

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

І.Е. Яковенко, О.А. Пермяков

Технологічна оснастка Конструкції. Перспективи.

Навчальний посібник
для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка»,
133 «Галузеве машинобудування»

Харків
НТУ «ХП»
2024

УДК 621.7

Я47

Рецензенти:

Купріянов О.В., д-р. техн. наук, проф., Українська інженерно-педагогічна академія;
Клочко О.О., д-р. техн. наук, проф., Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

*Рекомендовано вченою радою НТУ «ХПІ»,
протокол № 7 від 15 вересня 2023 р.*

як навчальний посібник для студентів спеціальностей
131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування»

Яковенко І.Е.

Я 47 Технологічна оснастка. Конструкції. Перспективи.: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков – Харків: НТУ «ХПІ», 2024. – 312с.

ISBN 978-617-05-0461-6

Розглянуто основні типові конструкції та принципи роботи технологічної оснастки машинобудівного виробництва: верстатних затискних пристроїв; інструментальних систем; пристроїв, які забезпечують додаткові технологічні можливості верстатних систем; технологічної оснастки контролю параметрів об'єктів обробки та складання машин. Окремо розглянути питання технологічної оснастки автоматизованого машинобудівного виробництва на базі багатофункціональних верстатів різноманітного компонування, та вдосконалення таких систем з урахуванням сучасних тенденцій CAD/CAM/CAE виробництва, «Індустрії 4.0», CALS technology та ін. Розглянуто перспективні напрямки розвитку технологічної оснастки провідних зарубіжних компаній у галузі верстатобудування та виробництва технологічної оснастки машинобудівних підприємств.

Призначено для студентів усіх форм навчання спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» та інших спеціальностей галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Іл. 279. Табл. 6. Бібліогр. - 35 назв.

УДК 621.7

ISBN 978-617-05-0461-6

© І.Е. Яковенко, О.А. Пермяков

© НТУ «ХПІ», 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. ТИПОВІ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ.....	10
1.1. Патрони.....	10
1.1.1. Самоцентруючі патрони.....	11
1.1.2. Цангові патрони.....	22
1.1.3. Мембранні патрони.....	27
1.1.4. Повідкові патрони.....	29
1.2. Центри.....	32
1.2.1. Спеціальні центри.....	33
1.2.2. Обертаючі центри.....	34
1.2.3. Плаваючі центри.....	35
1.2.4. Хомутики.....	36
1.3. Оправки.....	38
1.3.1. Конічні оправки.....	38
1.3.2. Циліндричні оправки для вільного встановлення виробів.....	39
1.3.3. Циліндричні оправки для кріплення заготовок під пресом.....	40
1.3.4. Шліцьові оправки.....	41
1.3.5. Консольні оправки з пластинчастими пружинами.....	42
1.3.6. Цангові оправки.....	43
1.4. Лещата.....	44
1.4.1. Лещата механічні.....	45
1.4.2. Гідравлічні лещата.....	46
1.4.3. Лещата поворотні пневматичні.....	47
1.4.4. Лещата з встановлюваною опорною губкою.....	48
1.4.5. Лещата універсальні, що налагоджуються.....	48
1.4.6. Лещата з механогідравлічним приводом.....	49
1.4.7. Лещата із пружинним приводом.....	50
1.5. Пристрої для плоскошліфувальних верстатів.....	51
1.5.1. Електромагнітні та магнітні пристрої.....	52
1.6.2. Вакуумні пристрої.....	53

1.6. Пристрої для протяжних верстатів.	54
1.7. Пристрої для зубообробки.	57
1.7.1. Пристрої для обробки зубчастих циліндричних коліс.....	57
1.7.2. Пристрій для обробки валів-шестерень.....	60
1.7.3. Пристрій для обробки конічного колеса.	61
1.7.4. Пристрої для операцій закруглення зубів.	62
1.8. Спеціальні пристрої.	63
2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЧНА ОСНАСТКА.....	66
2.1. Загальні відомості.	66
2.2. Допоміжні пристрої для обробки осьовим інструментом.	68
2.2.1. Пристрої для закріплення свердл.	68
2.2.2. Пристрої для закріплення розгорток.....	74
2.2.3. Пристрої для осьового налаштування інструменту.	76
2.2.4. Пристрої для закріплення інструментів під час нарізування різьблення.	79
2.3. Допоміжний інструмент для токарної обробки.	88
2.4. Патрони та спеціальні пристрої для протяжного інструменту.	90
2.4.1. Патрони для закріплення протяжок у верстаті.	91
2.4.2. Пристрої для закріплення протяжок при формуванні гвинтових пазів (шліців).	93
2.5. Пристрої для закріплення фрез.....	93
2.5.1. Проміжні втулки.	94
2.5.2. Допоміжний інструмент для кріплення кінцевих фрез.....	95
2.5.3. Допоміжний інструмент для кріплення насадних фрез.	96
2.6. Пристрої для розточувальних інструментів.....	97
3 ДОДАТКОВІ ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ.....	106
3.1. Елементи, що підвищують жорсткість заготовки.	107
3.1.1. Люнети.	107
3.1.2. Додаткові настановні елементи.	109
3.2. Пристрої для координування та спрямування інструменту.	112
3.2.1. Кондукторні втулки.	112

3.2.2. Напрямні втулки.....	114
3. 2.3 Шаблони та установи.	115
3.2.4. Копіри.....	116
3.3. Елементи розширення технологічних можливостей обладнання.	118
3.3.1. Багатошпиндельні насадки.	118
3.3.2. Багатошпиндельні револьверні головки.....	120
3.3.3. Поворотні та ділильні пристрої.....	123
3.3.4. Фіксатори.	127
3.3.5. Кутові головки для фрезерних верстатів.....	129
4 ПРИСТРОЇ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ І СПЕЦІАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ	132
4.1. Особливості технологічної оснастки для верстатів із ЧПУ.	132
4.2. Особливості затискних пристроїв для верстатів з ЧПУ.	134
4.3. Особливості пристроїв для закріплення інструментів на верстатах з ЧПУ.....	138
4.4. Базові модулі (оправки) інструментальної системи.....	141
4.4.1. Оправки з конусом 7:24.....	144
4.4.2. Оправки HSK.....	147
4.4.3. Оправки Coromant Capto.	150
4.5. Система допоміжного інструменту багатофункціональних верстатів із ЧПУ.	153
4.6. Система допоміжного інструменту для токарних верстатів із ЧПУ.	156
4.7. Система допоміжного інструменту з призмою, що базує, для верстатів з ЧПУ токарної групи.	162
4.8. Приклади конструкцій допоміжного інструменту.	164
4.8.1. Розточувальні збірні головки.....	164
4.8.2. Збірний перехідний патрон для кріплення інструменту з конічним хвостовиком.....	167
4.8.3. Патрон для кріплення кінцевих фрез.....	168
4.8.4. Базовий агрегат із змінними цангами.	169

4.8.5. Роликовий патрон.	169
4.8.6. Різьбонарізний патрон.	170
4.9. Пристрої для агрегатних верстатів та автоматичних ліній.	171
5 КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ	177
5.1. Основні схеми та елементи контрольних пристроїв.	180
5.1.1. Основні конструктивні схеми контрольних пристроїв.	181
5.1.2. Настановні елементи контрольних пристроїв.	184
5.1.3. Механізми та елементи закріплення деталей.	185
5.1.4. Вимірювальні пристрої.	186
5.2. Механізми передачі.	190
5.3. Типові схеми контрольних пристроїв для вимірювань відхилень розташування поверхонь.	191
5.3. Приклади застосування контрольних-вимірювальних пристроїв.	195
5.5. Розрахунок точності контрольних-вимірювальних пристроїв.	203
5.6. Координатно-вимірювальні машини.	206
5.6.1. Типи координатно-вимірювальних машин.	209
5.6.2. Методи вимірів. Контактне та безконтактне сканування.	214
5.6.3. Математичне та програмне забезпечення КВМ.	226
5.6.4. Техніка вимірювань на КВМ.	230
6 СКЛАДАЛЬНІ ПРИСТРОЇ	235
6.1. Загальні відомості.	235
6.2. Класифікація складальних пристроїв.	235
6.2.1. Нерозбірні спеціальні складальні пристрої.	238
6.2.2. Універсально-збірні пристрої для складальних робіт.	239
6.2.3. Спеціалізовані складальні пристрої (ССП).	241
6.3. Базування деталей у складальних пристроях.	241
6.4. Вузли та елементи складальних пристроїв.	244
6.5. Особливості проектування уніфікованих елементів.	247
6.6. Визначення зусиль затискання деталей при складанні.	251
6.7. Розрахунок точності складання в пристрої.	251

7 ТЕНДЕНЦІЇ ЗАРУБІЖНИХ ВИРОБНИКІВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ	255
7.1. Нові концептуальні рішення в галузі базування та закріплення заготовок.	256
7.1.1. Розвиток універсальних пристроїв.....	256
7.1.2. Пристрої з адитивною технологією виробництва.	258
7.1.3. Пристрої з базуванням заготовки за контуром.	260
7.1.3. Концептуальні рішення для пристроїв, що скорочують допоміжний час технологічної операції.	265
7.1.4. Пристрої для високошвидкісної обробки.....	274
7.2. Тенденції виробництва оснастки, що розширює технологічні можливості верстатів.	276
7.2.1. Високошвидкісні інструментальні головки для дрібнорозмірного осьового інструменту.	276
7.2.2 Модульні блоки для виконання операцій, які не характерні для верстатів з ЧПУ токарного компонування.	278
7.2.2.2. Технологічні модулі для вихрового нарізування гвинтових поверхонь.	281
7.2.3. Розвиток інструментальних систем з метою підвищення точності та якості обробки.	284
7.2.4. Інструментальні системи із внутрішньою подачею ЗОТР у зону обробки.....	291
7.2.5. Системи для налаштування інструменту.....	293
7.2.6. Обробка інструментом із великим вильотом.	298
7.3. Перспективи розвитку контрольно-вимірювальних систем.	300
7.3.1. Вдосконалення контактних вимірювальних пристроїв.	300
7.3.2. Технологічна оснастка для контролю точності верстатів. ...	301
7.3.3. Розвиток систем контролю несправного інструменту.....	305
7.3.4. Прогресивні системи безконтактного контролю та вимірювань.	306
ЛІТЕРАТУРА	309

ВСТУП

Курс *«Технологічне оснащення. Конструкції. Перспективи»* є подальшим продовженням курсу «Технологічні основи машинобудування» для студентів за спеціальністю «Інженерна механіка» та «Галузеве машинобудування», спрямованим на глибше вивчення основних питань, пов'язаних із технологічною підготовкою машинобудівного виробництва. Предметом дисципліни є система знань та практичних навичок, які пов'язані із завданнями вибору уніфікованого технологічного оснащення, проєктування спеціальних пристроїв та оснащення необхідного для виконання технологічних операцій, техніко-економічного обґрунтування їх застосування.

Автори постаралися висвітлити різні аспекти створення та експлуатації оснастки безпосередньо технологічної складової операцій виробничого процесу машинобудівного виробництва: обробка – складання – контроль. Питання використання технологічного оснащення для допоміжних операцій виробничого процесу, які пов'язані з транспортуванням, переміщенням, складуванням, зберіганням заготовок і деталей у цьому посібнику не розглядалися.

У посібнику досить докладно розглянуті принципи роботи та конструкції верстатних пристроїв та інструментальних систем для різних груп обладнання, що дозволяє використовувати отримані знання при виборі найбільш ефективних засобів технологічної оснастки при виконанні різноманітних операцій, а також створенні нових компоновальних та конструкторських рішень у процесі проєктування технологічного оснащення.

Особливу увагу у посібнику приділено питанням та принципам створення нового та використання існуючої технологічної оснастки для автоматизованого виробництва на верстатах з ЧПУ, як найбільш перспективного обладнання у сучасному машинобудуванні. Розглянуто принципи функціонування та конструкції типових елементів, затискних пристроїв, інструментальних та допоміжних систем, виділено їх переваги та недоліки, що дозволяє обґрунтовано вибрати найбільш ефективний варіант технологічного оснащення для конкретної виробничої ситуації.

Досить коротко описані основні положення, принципи роботи та конструкції пристроїв при використанні різних систем технологічного обладнання для реалізації контрольних-вимірювальних функцій як у ході виконання технологічного процесу, так і після його закінчення, що дозволяє вибрати контрольну або координатно-вимірювальну систему у разі необхідності виконання різних контрольних операцій у процесі виготовлення машини. Розглянуто різноманітні фізичні методи виконання контрольних

операцій, принципі роботи вимірювальної техніки, та сфера її використання у сучасному виробництві.

Також розглянуто класифікація, особливості проектування та використання пристроїв для виконання складальних робіт, в основному для забезпечення нероз'ємних та роз'ємних з'єднань елементів конструкцій машин. Питання складальних процесів, які пов'язані з використанням робототехнічних робочих місць у посібнику не розглядаються, тому що вони більш детально розглянуто у інших навчальних курсах напрямку «Прикладна механіка» та «Галузеве машинобудування».

Окремо розглянуто тенденції вдосконалення технологічного оснащення світових лідерів верстатострументальної промисловості з урахуванням нових досягнень у галузі обробки матеріалів різанням, забезпечення гнучкості виробничих систем, високошвидкісної обробки у питаннях оптимізації виробничих процесів та підвищення точності виготовлення та складання виробів.

1. ТИПОВІ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНИХ ПРИБОРІВ

Як зазначалося вище, конструкції верстатних пристроїв можна розділити на кілька класів, і, якщо конструкції спеціальних пристроїв досить різноманітні з точки зору компоновальних рішень, використовуваних настановних і затискних елементів, силових приводів та ін., то універсальні безналагоджувальні пристрої характеризуються типовими компоновками, які варіюються в залежності від розв'язуваних завдань на технологічній операції. Прикладами універсальних пристроїв можуть служити кулачкові та повідкові патрони, машинні лещата, ділильні голівки та інші. Універсальні пристрої застосовують зазвичай в індивідуальному та дослідному виробництвах та дуже часто є невід'ємною частиною верстата. Витрати допоміжного часу обслуговування універсальних пристроїв, особливо з ручним керуванням, підвищені, але за умов названих виробництв ці витрати є основним економічним чинником, який впливає на технологічну собівартість.

Розглянемо кілька основних типів таких пристроїв.

1.1. Патрони.

При обробці деталей типу тіл обертання, а деяких випадках в деталях не тілах обертання, але які мають центральну вісь у поперечному перерізі (квадрат, прямокутник тощо), досить поширеним технологічним оснащенням є патрони. Вони широко застосовуються при обробці на токарних, токарно - револьверних, шліфувальних верстатах, пруткових автоматах, багатофункціональних верстатах тощо. Патрони реалізують одну з двох основних схем базування циліндричних тіл, розглянутих раніше, базування довгого циліндричного тіла по подвійній напрямній і упором в торець або базування короткого циліндричного тіла по опорній площині і центруванням кулачками. Патрони зазвичай застосовуються для закріплення заготовок щодо їх довжини до діаметру $L/D < 4$. При відношенні $4 < L/D < 10$ заготовку зазвичай встановлюють у центрах, а для передачі крутного моменту від шпинделя на заготовку використовують або повідковий патрон, або хомутик. Тобто, при базуванні в центрах патрони використовуються як механізм, який забезпечує передачу моменту, що крутить, зі шпинделя на заготовку. Патрони з механічним закріпленням заготовки прості в обслуговуванні, але ведуть до збільшення допоміжного часу на встановлення та закріплення заготовки. До пристроїв, що забезпечують швидке та надійне закріплення заготовок,

відносяться патрони пневматичні та гідравлічні, патрони з використанням пластичної маси та ін.

Опис та аналіз всього різноманіття конструкцій патронів не є метою даного посібника, ми розглянемо лише деякі, найпоширеніші конструкції.

1.1.1. Самоцентруючі патрони.

Найбільшого поширення набули три типи універсальних самоцентруючих патронів: спіральні патрони на кшталт Кушмана, рейкові на кшталт Форкарта і ексцентриккові патрони з черв'ячною передачею на кшталт Форкарта і Герберта. Універсальність та простота обслуговування забезпечили їм широке використання у виробництві.

1.1.1.1. Спіральні патрони.

Трикулачковий патрон, показаний на рисунку 1.1, складається з корпусу 3 з привертнм до нього фланцем (фланець на кресленні не показаний).

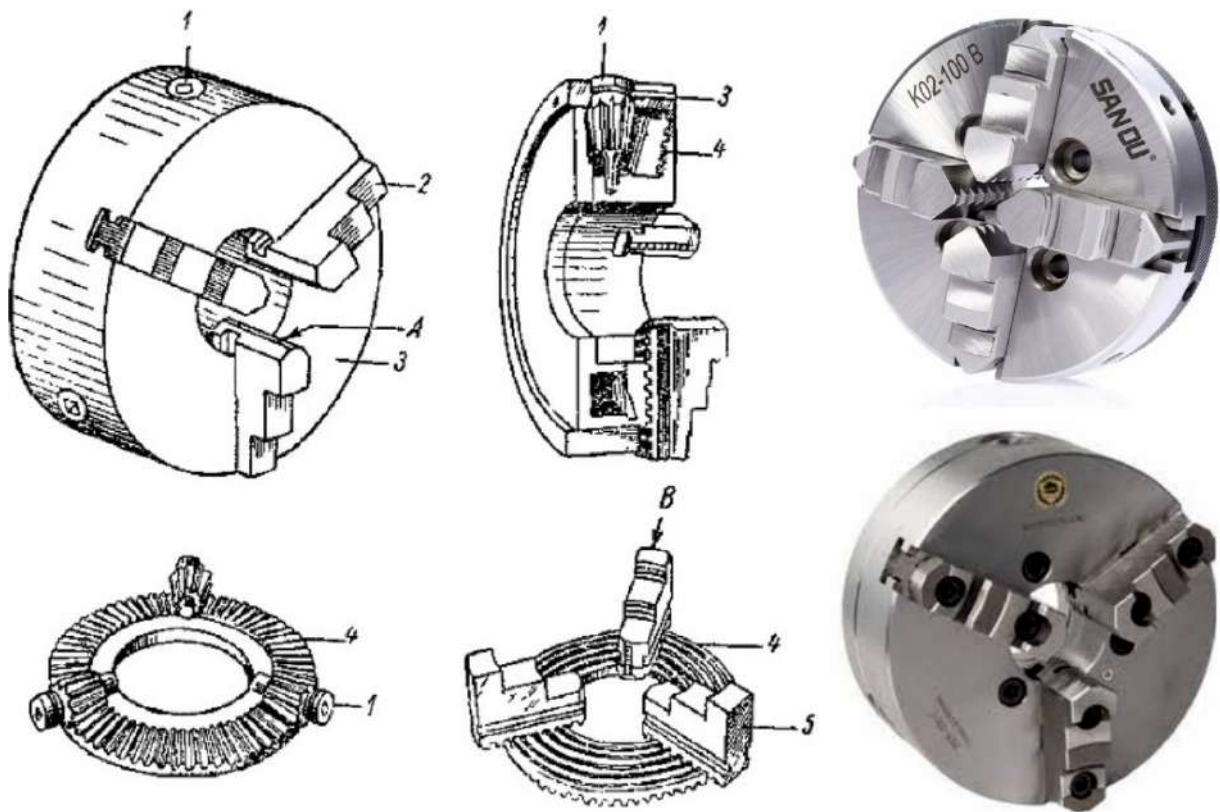


Рисунок 1.1 – Спіральний трикулачковий та чотирикулачковий самоцентруючий патрон

У корпус патрона поміщений диск — равлик 4 на одному торці якого нарізані зубці, а на іншому архімедова спіраль. З зубцями диска зчіплюються три конічні шестерні 1, вмонтовані в корпус патрона, а в зачеплення зі

спіраллю входять зубці кулачків 2. При обертанні равлика 4 кулачки 2 переміщуються у радіальних пазах корпусу.

Спіральні патрони прості за конструкцією. забезпечують великий діапазон затиску, зручні в управлінні і мають порівняно високий коефіцієнт корисної дії. Однак ці патрони мають низку істотних недоліків. Зважаючи на те, що радіуси кривизни на різних ділянках спіралі різні, прилягання зубів кулачків відбувається не по всій ширині останніх, а по лініях (вузьких майданчиках). При цьому неминучі високі питомі тиски, що вимагають високої твердості поверхонь, що стикаються. При загартуванні равлика до необхідної твердості початкова точність патрона внаслідок короблення знижується. Зазвичай равлик піддається лише поліпшенню, яке забезпечує високу твердість, тому в експлуатації патрон швидко втрачає початкову точність і вимагає часті перевірки та підшліфування кулачків. Бруд і дрібна стружка, що потрапляють у патрон, затягуються в клиноподібні зазори між зубами кулачків та спіраллю і у свою чергу прискорюють зношування.

Кулачки патронів застосовуються цільними та збірними, що складаються з основи та насадного кулачка. Конструкція кулачків дозволяє базувати і затискати заготовки використовуючи як зовнішні, так і внутрішні поверхні.

Шляхом регулювання положення кулачків можна встановити концентричне або ексцентричне положення щодо центру патрона. Патрон з регульованими кулачками зручний у одиничному та дрібносерійному виробництві. Забезпечуючи звичайне центрування, він водночас дозволяє проводити обробку ексцентрикових поверхонь та швидко центрувати некруглі вироби.

Чотирикулачкові самоцентруючі патрони працюють за таким же принципом, проте використовуються значно рідше, в основному для навантаженої чорнової обробки, оскільки через чотири кулачки виникає невизначеність положення реальної осі щодо теоретичної.

1.1.1.2. Рейкові патрони.

Рейковий патрон (рис.1.2) складається з масивного корпусу 9, в радіальних напрямних якого ковзають кулачки 1, 6 та 8. Крім радіальних напрямних, в корпусі є три прямокутні замкнуті пази, в яких переміщуються рейки 2, 5 і 7. У виточенні корпусу поміщений також зубчастий вінець 4. При складанні зубчастий вінець та рейки закладаються з боку лівого торця патрона та утримуються від випадання диском 10.

Патрон приводиться в дію гвинтом 8. При обертанні гвинта переміщається гайка-рейка 2, що обертає вінець зубчастий 3. Зубчастий вінець

своєю чергою переміщає рейки 5 і 6. На бічній площині рейок профрезеровано косі зубці, з якими зчеплені зубці кулачків. При одночасному переміщенні рейок кулачки рівномірно переміщуються до центру або віддаляються від нього. З правого боку гвинта 8 поміщено упорний підшипник, що виключає аксіальне переміщення гвинта.

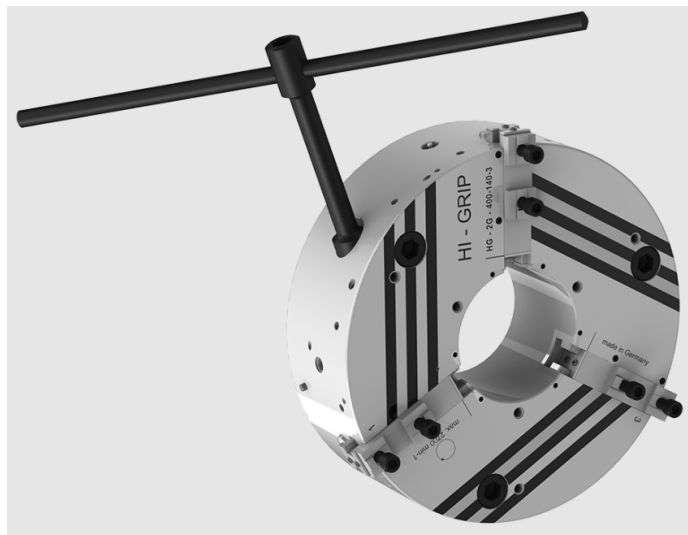
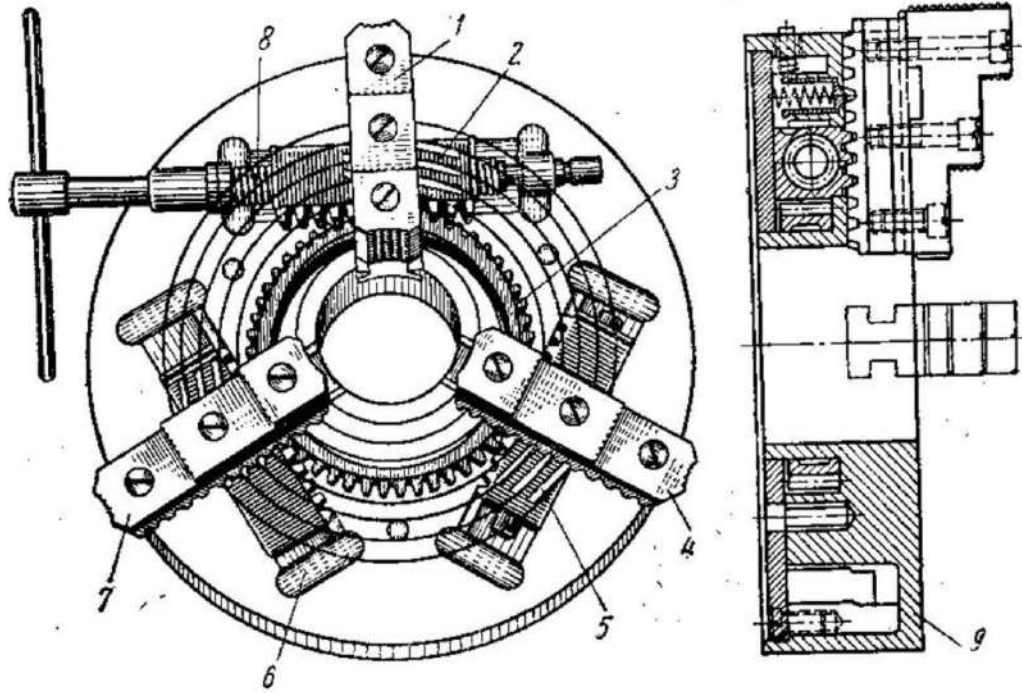


Рисунок 1.2 – Рейковий трикулачковий самоцентруючий патрон

Зубці на рейках і кулачка прямолінійні, тому прилягання один до одного відбувається по всій ширині кулачків. Тиск на зубцях, що виникає при затиску виробу, розподіляється більш рівномірно, ніж у спіральних патронах, та передається на корпус. Крім того, завдяки можливості загартування і

шліфування зубців, останні можуть бути виготовлені дуже точно при високій твердості поверхонь, що труться.

Зміщенням рейок у крайнє положення кулачки виводяться із зачеплення з рейками та легко виймаються. Це забезпечує зручне змащення та чищення патрона.

За повний робочий хід рейок кулачки переміщуються трохи більше за величину кроку зачеплення їх з рейками. Діапазон затиску можна збільшити перестановкою кулачків щодо рейок на один або кілька зубів. Більш капітальне переналагодження проводиться шляхом заміни насадних кулачків або зміною всього комплексу (основних та насадних кулачків у зібраному вигляді).

Коефіцієнт корисної дії рейкових патронів нижче, ніж у спіральних патронів. Це пояснюється додатковим тертям бічних поверхонь рейок у пазах корпусу та низьким ККД гвинтовій парі. У той же час вони дають сильніше затискне зусилля і точніше центрують.

Гвинт, упорний підшипник, основні кулачки, рейки та зубчастий вінець зазвичай виготовляються з легованої сталі та виконують поверхневе загартування на глибину до 0,5 мм. Корпус патрона виготовляється з литої або кутої сталі.

До недоліків рейкових патронів слід віднести можливість затиску тільки з одного положення, несприятливі умови затиску зсередини тому що тиск передається на зубчастий вінець, а також їх загальну складність і необхідність контролювати попадання стружки в рейкові пази корпусу.

1.1.1.3. Ексцент рикові пат рони.

Спіральні та рейкові кулачкові патрони використовуються переважно в індивідуальному та дрібносерійному виробництві. У багатосерійному виробництві від патрона не потрібна універсальність, тому що в ньому багаторазово затискають один виріб з невеликим розкриттям кулачків. Напружена робота механізму універсального патрона в умовах такого виробництва призвела б до швидкого його зносу та втрати точності. Для багатосерійного виробництва патрон повинен бути компактним, потужним та зносостійким, і допускати переналагодження на інші розміри та форми деталей.

На рисунку 1.3 показаний ексцентриковий патрон, що відповідає цим вимогам. У корпус 1 вмонтовано черв'ячне колесо 4, на торці якого є три виступи (іноді три пази), окреслені дугами кіл, розташованими ексцентрично щодо центру патрона. Основні кулачки 2, поміщені в радіальних пазах корпусу, входять в зачеплення з ексцентричними виступами, прилягаючи

щільно до них по всій своїй ширині. При обертанні черв'яка 3 черв'ячне колесо 4 своїми виступами рівномірно переміщує кулачки до центру або від центру.

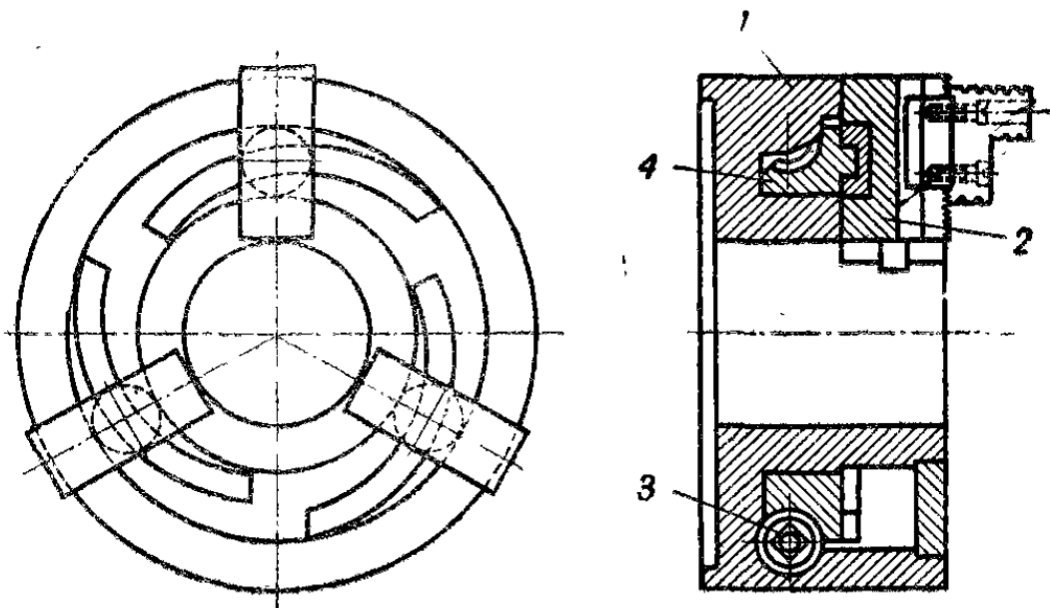


Рисунок 1.3 – Ексцентриковий трикулачковий самоцентруючий патрон із черв'ячною передачею

Патрон забезпечує велику силу та точність затиску. Щільне прилягання профілю по всій ширині кулачків сприяє рівномірному розподілу тиску на великій площі та підвищує зносостійкість. Переналагодження патрона здійснюється шляхом переміщення чи заміни насадних кулачків.

Для закріплення виробу по необробленим поверхням користуються набором загартованих насадних кулачків. Для вторинного закріплення за обробленими поверхнями застосовують так звані «сирі» кулачки (без термічної обробки).

«Сирі» насадні кулачки, розточені відповідно до розмірів та форми виробу, дають підвищену точність центрування.

При конструюванні насадних кулачків необхідно передбачати, щоб затиск деталі, що обробляється, відбувався при середньому (щодо граничних переміщень) положенні основних кулачків.

1.1.1.4. Клинові патрони.

Для механізованого затиску застосовують самоцентруючі трикулачкові клинові патрони, що швидко переналагоджуються та конструкції яких показані на рисунку 1.4. Вони призначені для базування та закріплення заготовок типу валу та диску при обробці на токарних верстатах.

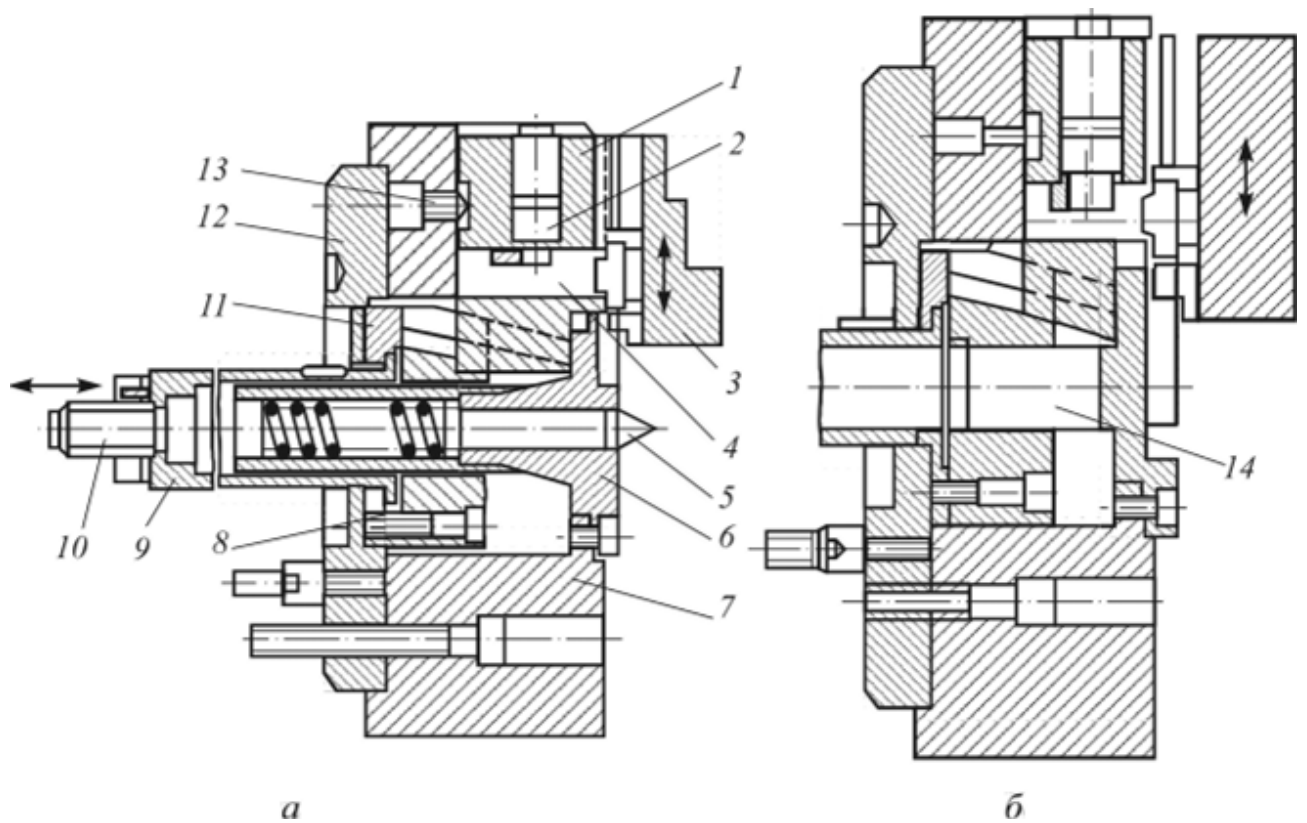


Рисунок 1.4 - Самоцентруючі трикулачкові клинові патрони для обробки заготовок типу вал (а) та диск (б)

Патрон (рис.1.4,а) складається з корпусу 7, основних 1 і накладних 3 кулачків, змінної вставки 6 з плаваючим центром 5 і ексцентриків 2, в кільцеві пази яких входять штифти 13. Швидке затискання і розтискання накладних кулачків при їх переналагодженні виконується тяглами 4 через ексцентрики 2. Для обробки заготовок типу вал у патрон встановлюють змінну вставку 6 з плаваючим центром 5 і виточкою по зовнішньому діаметру. Заготовку розташовують у центрах (у центрі 5 і задньому центрі верстата) і затискають плаваючими кулачками за допомогою втулки 8 з клиновими замками, яка з'єднана з приводом, закріпленим на задньому кінці верстата шпинделя. Розтискання здійснюється за допомогою фланця 11. Для виконання робіт у патроні з самоцентруючими кулачками змінну вставку 6 замінюють вставкою 14 (рис.1.4,б), яка не має виточення по зовнішньому діаметру, завдяки чому забезпечується самоцентрування патрона. Патрон кріплять на шпиндель верстата за допомогою фланця 12. До приводу патрон приєднують втулкою 9 та гвинтом 10.

1.1.1.5. Безключові патрони.

Усі розглянуті вище патрони наводяться на дію з допомогою ключа. Існує кілька конструкцій безключових кулачкових патронів з ручним приводом, керованих важелем або маховичком (типу Фостера, Барнера, Берда та ін.).

Безключові патрони застосовуються у багатосерійному та масовому виробництві і мають ту перевагу, що допоміжний час на затискання та відкріплення виробу в них зведено до мінімуму. На рисунку 1.5 показано безключовий патрон Фостера. При невеликому зусиллі з боку робітника цей патрон забезпечує швидкий та надійний затиск виробу.

Привід здійснюється через планетарний механізм. Чотири сателіти 4 зчеплені з шестернею з внутрішнім зчепленням 1 і з шестернею 16, яка укріплена шпонкою на корпусі патрона. Нерухома шестерня 1 утримується від обертання сухарем 15, пригвинченим до корпусу передньої бабки верстата. Шестерня 14 має на своєму торці, зверненому до затискних кулачків, три ексцентричні пази а -b -c -d, у які входять ролики 18 трьох важелів 6, що мають вісь гойдання 17. Осі важелів закріплені в корпусі патрона. Важелі введені для посилення затиску. У них передбачені отвори, які вкладені циліндричні сухарики 7. У квадратні отвори сухариків входять виступи 11 повзунів 8, які переміщуються в радіальних пазах патрона. Гвинти 9 служать для регулювання основних кулачків 10 щодо повзунів 8. Насадні кулачки 12 закріплюються на основних кулачках гвинтами.

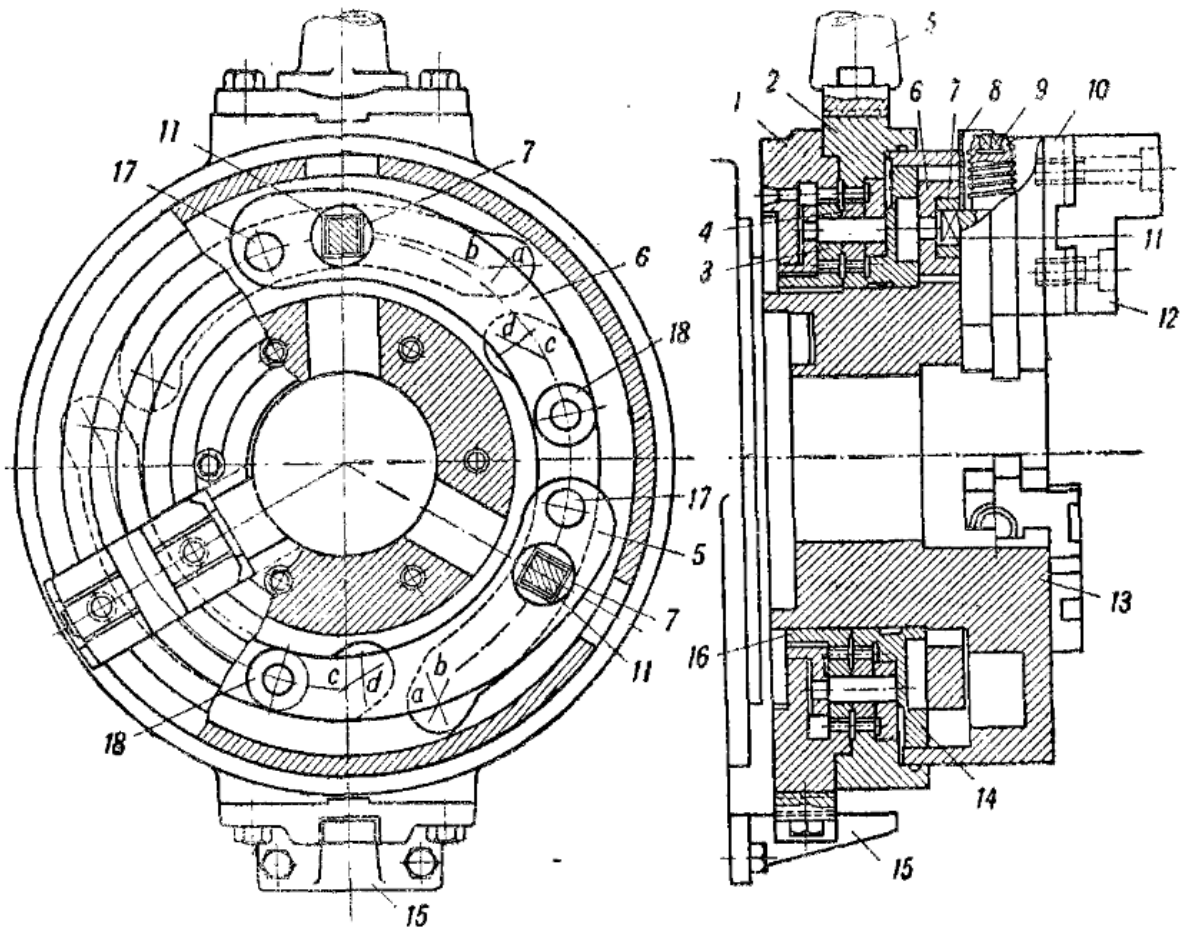


Рисунок 1.5 – Безключовий патрон із планетарним механізмом.

При обертанні шпинделя обертається корпус патрона 13 і пов'язана з ним шпонкою шестерня 16, що змушує котитися зчеплені з нею сателіти 3 по нерухомій шестірні внутрішнього зачеплення 1. Сателіти 4, посаджені на загальні осі з сателітами 3, обертають при цьому шестерню-диск 14 з тим самим числом оборотів, яке має корпус патрона 13. В даному випадку відносний рух корпусу патрона 13 і шестерні-диска 14 дорівнює нулю, і кулачки патрона займають постійне становище.

При повороті рукоятки 5, прикріпленої до шестірні 2, у свою чергу зчепленою з сателітами 4, що котяться по ній, останні отримують від неї додатковий рух, що викликає відповідний додатковий рух шестерні-диска 14, яка несе на своєму торці криволінійні пази для роликів. При цьому ролики 18 котяться по криволінійних пазах диску і повертають важелі; пов'язані з важелями кулачки патрона переміщуються до центру та затиснуть виріб. При зворотному обертанні рукоятки здійснюється розтискання. Конструкція патрона дозволяє приводити його в дію на ходу верстата, завдяки чому патрон може бути використаний при пруткових роботах замість цангового. До переваг патрона слід віднести можливість незалежного регулювання кожного його кулачка, що дозволяє використовувати цей патрон і для затиску некруглих виробів.

1.1.1.6. Пружинно-важільні патрони.

На рисунку 1.6 зображено дуже простий пружинно-важільний патрон Берда. Кулачки патрона 6 переміщуються важелями 4, посадженими на осях 5. Конічна втулка 3 розсуває важелі за допомогою сильної пружини 2, що дає необхідну силу затиску на кулачках. Змінюючи розмір і натяг пружини, можна регулювати силу затискання. Розтискання патрону проводиться переміщенням штока 1 і втулки 3 вправо за допомогою важільної системи, яку не показано на рисунку. При розтисканні долається пружність пружини.

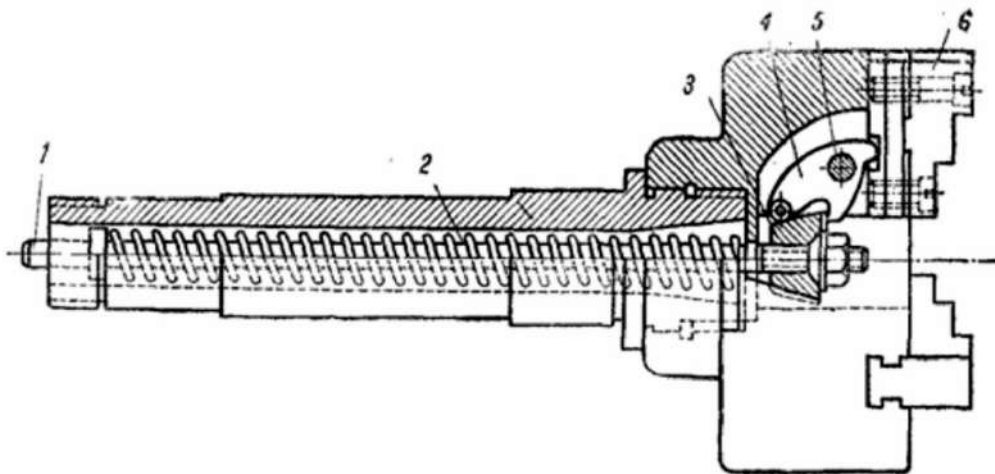


Рисунок 1.6 - Пружинно-важільний патрон

1.1.1.7. Пневматичний та окарний патрон.

У багатосерійному та масовому виробництвах основне застосування мають пневматичні та гідравлічні патрони. Ці патрони забезпечують неослабний під час обробки затиск, зручні в експлуатації та завдяки простоті механічної частини добре зберігають точність.

Гідравлічні патрони застосовуються не дуже часто і зазвичай лише в тих випадках, коли від конструкції потрібні малі габарити або відсутня компресорна установка. При рівних габаритах тиск мастила в середньому втричі вищий, ніж тиск повітря у пневматичних патронах.

Найбільшого поширення набули пневматичні патрони. Пневматичним патроном прийнято називати агрегат, що складається з пневматичної установки та власне патрона. У пневматичну установку входить повітряний циліндр з поршнем і штоком, трубопровід та арматура, зазвичай ці елементи уніфіковані та нормалізовані і в цьому розділі не розглядатимуться. Патрони, які використовують повітряний циліндр, поділяються на універсальні та спеціальні. Як універсальні патрони найбільшого поширення набули трикулачкові самоцентруючі патрони з колінчаторичажним і клиновим механізмом. Застосовуються також дво- та чотирикулачкові пневматичні патрони. Як спеціальні пристрої, застосовуються цангові пневматичні патрони, пневматичні оправки та ін.

На рисунку 1.7 показано конструкцію пневматичного патрона. Поршень пневмоциліндра пов'язаний з тяглом 1, який пов'язаний з втулками 3 і 4, між якими встановлена втулка 5 з клиновими скосами. Тяга, переміщуючись, змушує ковзати втулки 3,4,5 вздовж осі змінної накладки вставки 2 і, завдяки впливу клину втулки 5 переміщає у радіальному напрямку основні кулачки 7, на яких закріплені змінні кулачки 8.

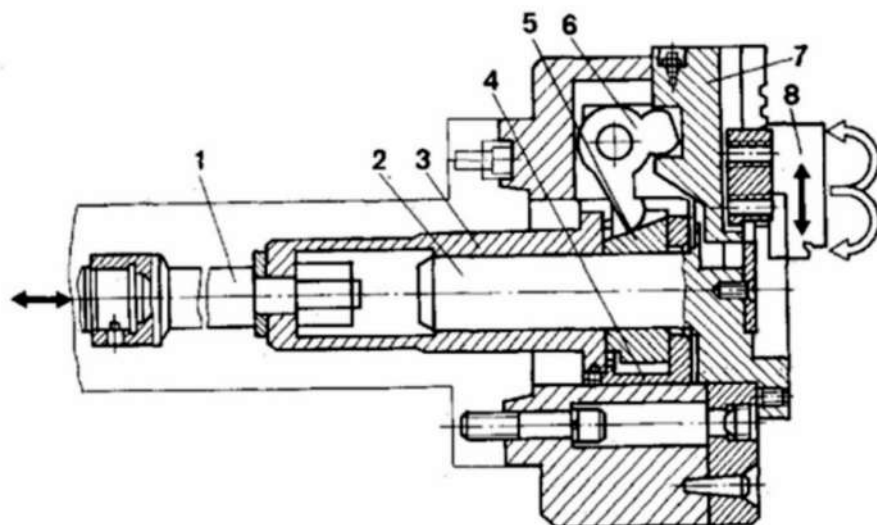


Рисунок 1.7 - Пневматичний патрон

Довжина ходу кулачків становить 3-5 мм. Тому при зміні діаметра оброблюваних деталей змінні кулачки доводиться переставляти чи міняти.

Основними деталями патрона з клиновим затискачем і пневматичним приводом (рис.1.8) є: корпус 1 з трьома радіальними пазами, кулачки 2 з губками 3 і кільце 5, що має три похилих отвори.

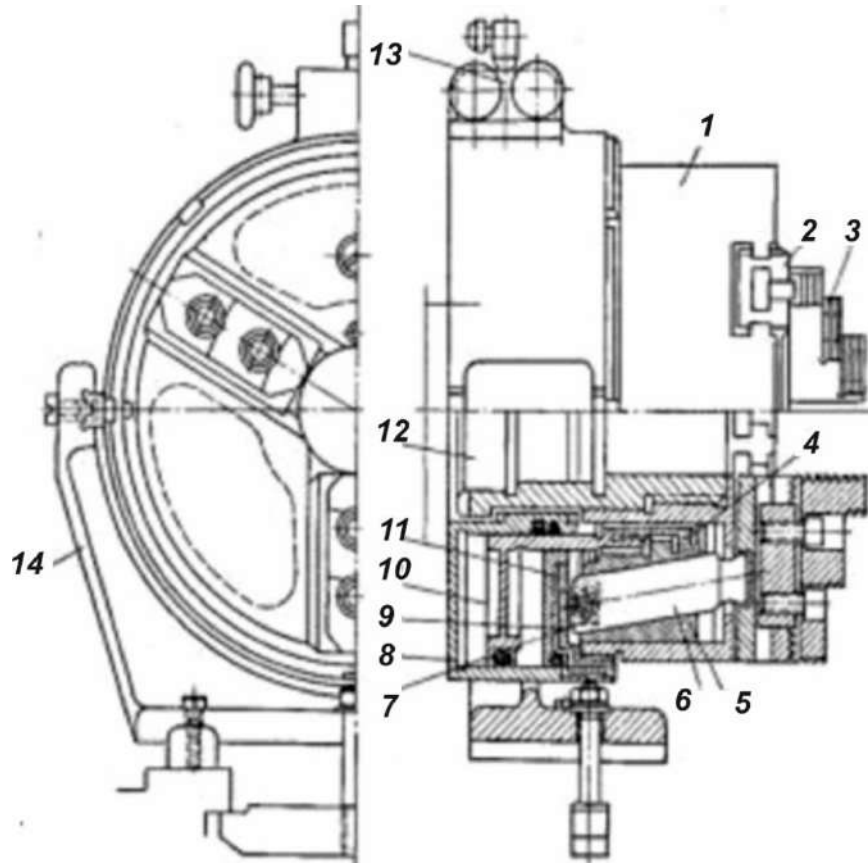


Рисунок 1.8 – Патрон з пневматичним приводом та клиновим затискачем

Через отвори кільця проходять стрижні 6. На задніх торцях стрижнів у спеціальних прорізах вставлені ролики 7. Ролики притискаються до днища 9, що закриває кільцеве виточення корпусу. Передні кінці стрижнів 6 входять в пази кулачків 2. Патрон накручується на передній кінець шпинделя через спеціальну різбову втулку 12. На стойці 14 підвішується, нерухомий відносно патрона, пневматичний циліндр 8. З передньої сторони циліндр щільно закритий кришкою 11. У циліндрі встановлено робочий поршень 10, жорстко пов'язаний з втулкою 4. Бурт цієї втулки поміщений у виточці кільця 5. Управління приводом патрона здійснюється розподільним краном 13. Для закріплення оброблюваної заготовки відкривають доступ стиснутому повітрю в праву порожнину циліндра 8, стиснене повітря переміщає поршень вліво, а разом з ним втулку 4 і кільце 5. Переміщення кільця 5 вліво викликає зсув стрижнів 6 і кулачків 2 з губками 3 до заготовки, що затискається. Після закріплення заготовки права порожнина циліндра контактує з атмосферою.

Під час обробки деталей утримується кулачками за рахунок самогальмуючого кута нахилу між стрижнями 6 і кільцем 5. Звільнення заготовки (або закріплення оброблюваної по внутрішньому діаметру) проводиться пуском стисненого повітря в ліву порожнину циліндра. Патрон призначено в основному для напівчистої та чистої обробки невеликих деталей. Патрон при тиску стисненого повітря 0,4 МПа розвиває зусилля затиску 20000Н при ході кулачків діаметром 10 мм. Основна перевага патрона розглянутої конструкції – безпека у роботі. Закріплена заготовка утримується не постійним впливом стисненого повітря, а клиновим затискачем.

1.1.1.8. Чот ирикулачкові пат рони з незалежними кулачками.

Чотирикулачкові патрони з незалежними кулачками застосовуються, головним чином, при затиску виробів некруглої форми або при необхідності проводити обробку поза центром симетричної деталі, а також при розточуванні у виробі кількох отворів, що лежать на різних осях. За допомогою незалежних кулачків виріб вивіряють у двох взаємно перпендикулярних напрямках, поки не досягнуть точного збігу осі оброблюваної поверхні з віссю обертання шпинделя.

На рисунку 1.9 показаний простий чотирикулачковий патрон з автономним регулюванням переміщення кулачків. Кулачки 2 закріплені в пазах чавунної планшайби 1. Якщо послабити затяжку болтів 3, обертаючи ключем гвинти 4, можна переміщати кулачки в радіальному напрямку. Кожен кулачок допускає самостійне регулювання. Променеві пази *a* в корпусі патрона служать для кріплення додаткових деталей - затяжних болтів, упорів, центруючих втулок, тощо.

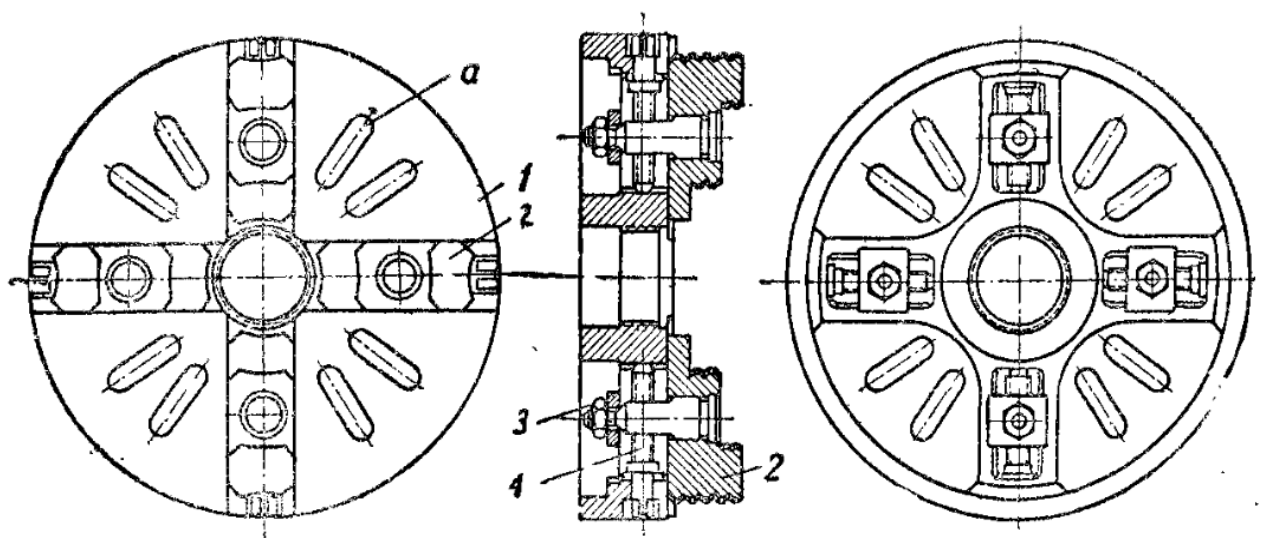


Рисунок 1.9 – Універсальний чотирикулачковий патрон

Для затискання великих виробів використовують патрони важкого типу.

Чотирикулачкові патрони, внаслідок їх простоти та надійності дії (сильне закріплення), є звичайним засобом затискання заготовок в умовах індивідуального виробництва. Самоцентруючі чотирикулачкові патрони застосовуються рідко – через нестабільність положення осі заготовки щодо осі шпинделя.

1.1.2. Цангові патрони.

Поряд з патронами для затискання прутків застосовуються цангові патрони для центрування та затискання одиночних виробів по обробленим поверхням. Реалізують схему базування по подвійній напрямній та опорною по осі обертання заготовки. Ці патрони забезпечують підвищену точність центрування і зазвичай мають упори для точної установки виробів уздовж осі. Широко використовуються для затискання тонкостінних виробів (рис.1.10).

Точність центрування в цангових пристроях залежить від сили затягування цанги, зношування деталей центруючого механізму та ін. Експериментально встановлено, що цанги з непарним числом пелюсток забезпечують більш стабільне центрування, ніж цанги з парним числом.

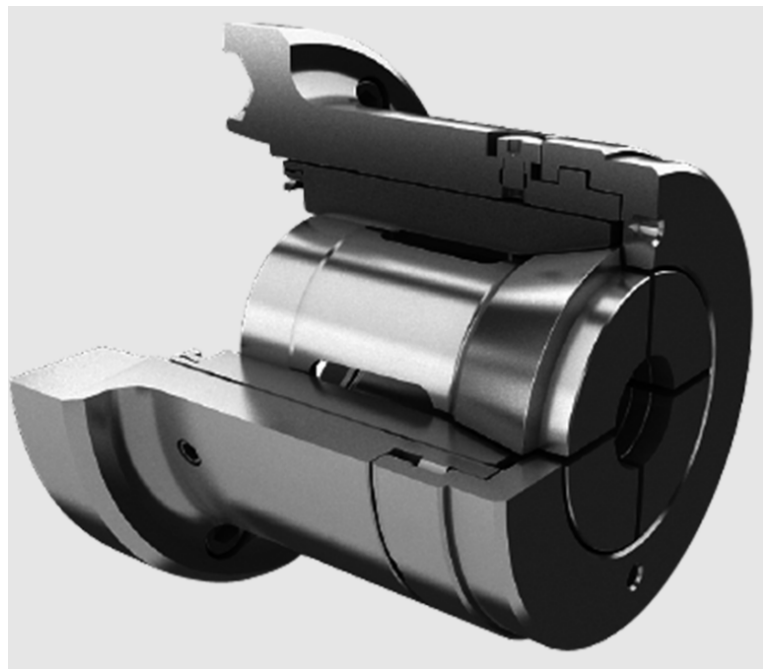


Рисунок 1.10 - Цанговий патрон у розрізі

На токарних автоматах для закріплення гарячекатаних прутків часто використовуються типові цангові патрони, що самоцентруються (рис.1.11,*а-в*). Пристрій складається з цанги 1, клинів 2, пружини 3 і упорного диска 4 (див. рис.1.11,*а*). Для одношпиндельних токарних автоматів застосовуються цангові патрони з натискною втулкою 5, при цьому гайка 6 (нагвинчена на

шпиндель) є упором для пружини (див. рис.1.11,б). Для затиску тонкостінних труб застосовуються цангові патрони, в яких клини 2 (розташовані у вікнах фланця) підпружнені, наприклад, мембраною 7.

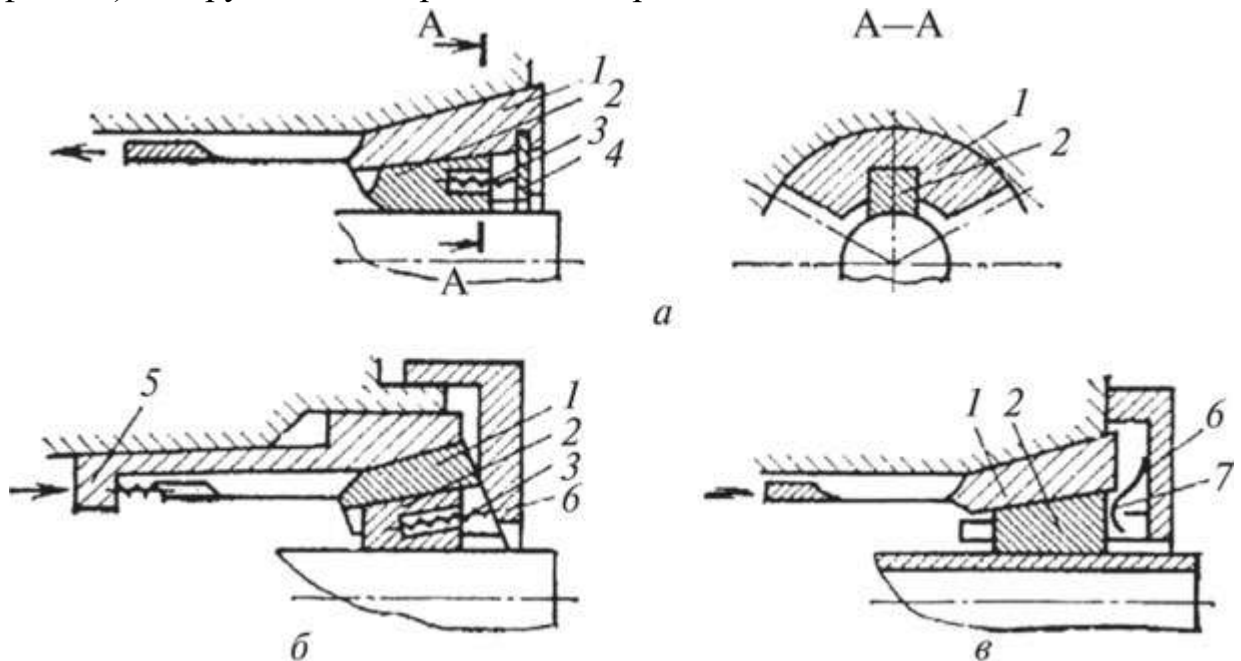


Рисунок 1.11 - Схеми типових самоцентруючих цангових патронів для закріплення гарячекатаних прутків на токарних автоматах

Коли типові конструкції цангових патронів не задовольняють параметру жорсткості, доцільно використовувати цанги підвищеної жорсткості (рис.1.12).

Конструкції таких пристроїв складаються з цанги 1, клинів 2, пружини 3 і упорного диску 4 (як звичайні цанги, але в них є доповнення). Наприклад, шпонка 5 (див. рис.1.12а), додаткова нерухома цанга 7, зусилля якої передається від конусної пружної втулки 6 (див. рис.1.12,б), плаваючий лонет у вигляді здвоєних пружних клинів 8 і 9 (див. рис.1.12,в) штифтів 10, що входять в поздовжній паз пружного клину 2 (див. рис.1.12,г) або пружного плаваючого сепаратора 11, що забезпечує синхронний рух клинів 2 (див. рис.1.12,д).

Використання цангових патронів не змінює загального підходу до забезпечення точності обробки, який було розкрито при аналізі інших патронів, що самоцентруються.

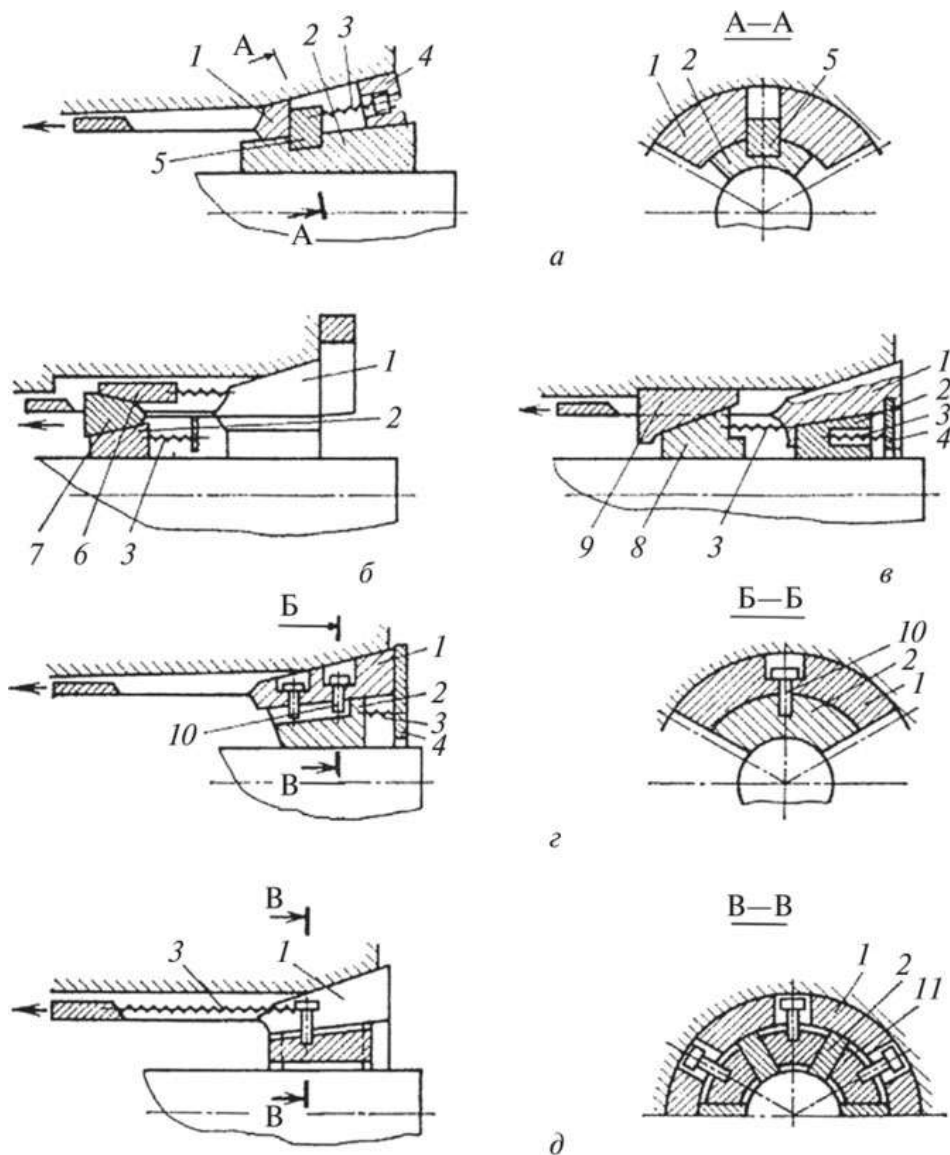


Рисунок 1.12 - Схеми цангових патронів із розширеними технологічними можливостями

1.1.2.1. Універсальний цанговий патрон із затяжкою через шпindel.

Патрон (рис.1.13) закріплюється на шпинделі верстата 1. У виточці фланця 2 сцентровано загартований і точно відшліфований корпус патрона 3, який має внутрішній конус під цангу. Загартована та відшліфована цанга б, з трьома широкими прорізами, своїм циліндричним хвостовиком та зовнішнім конусом з великою точністю сцентрована у корпусі. До цанги закріплюються сирі, змінні вкладиші 3. Упор 4 трьома шпонкоподібними виступами входить у прорізи цанги, забезпечуючи точну установку виробу вздовж осі. Упор закріплюється гвинтом. При затягуванні патрона заготовка щільно притискається до упору. Вкладиші розточуються та розшліфовуються на місці, у зібраному патроні. Для цього на торці цанги б передбачена кільцева проточка

a, в яку закладається спеціальне кільце 7, що дає можливість міцно затягнути цангу перед розточуванням і шліфуванням.

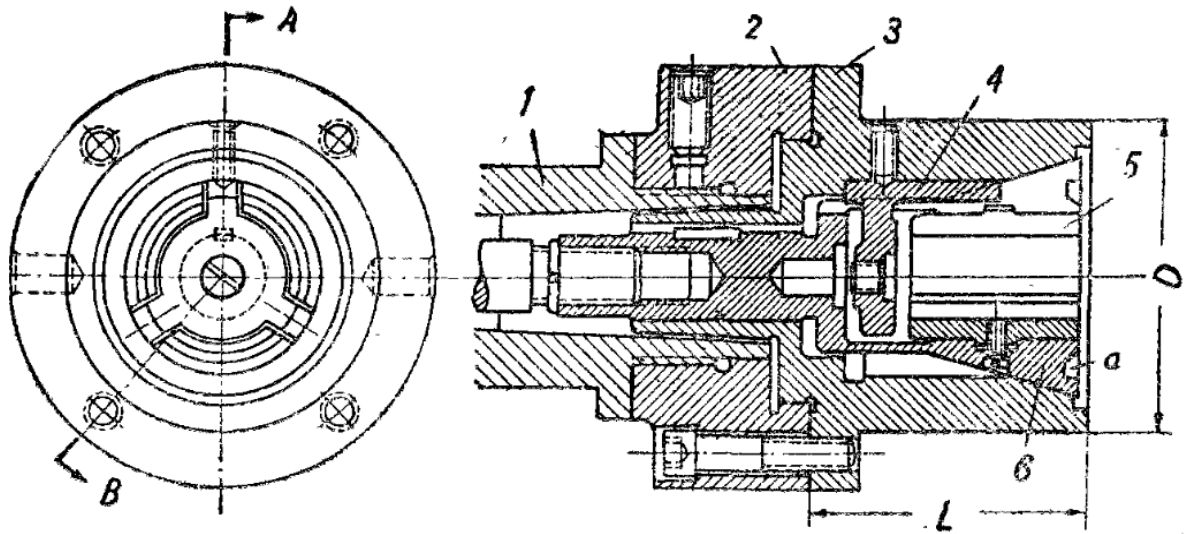


Рисунок 1.13 – Універсальний цанговий патрон із затяжкою через шпиндель

1.1.2.2. Універсальний цанговий патрон із затяжкою від ключа.

Патрон (рис.1.14) складається з корпусу 2, цанги 3 та конічних шестерень 4 та 5. Шестерня 5 має різьблення і є гайкою для цанги. Обертаючи ключем шестерню 4, обертають гайку-шестерню 5 і переміщують цангу, здійснюючи затиск заготовки. Щоб цанга не поверталася разом із гайкою, вона застопорена шпонкою 1.

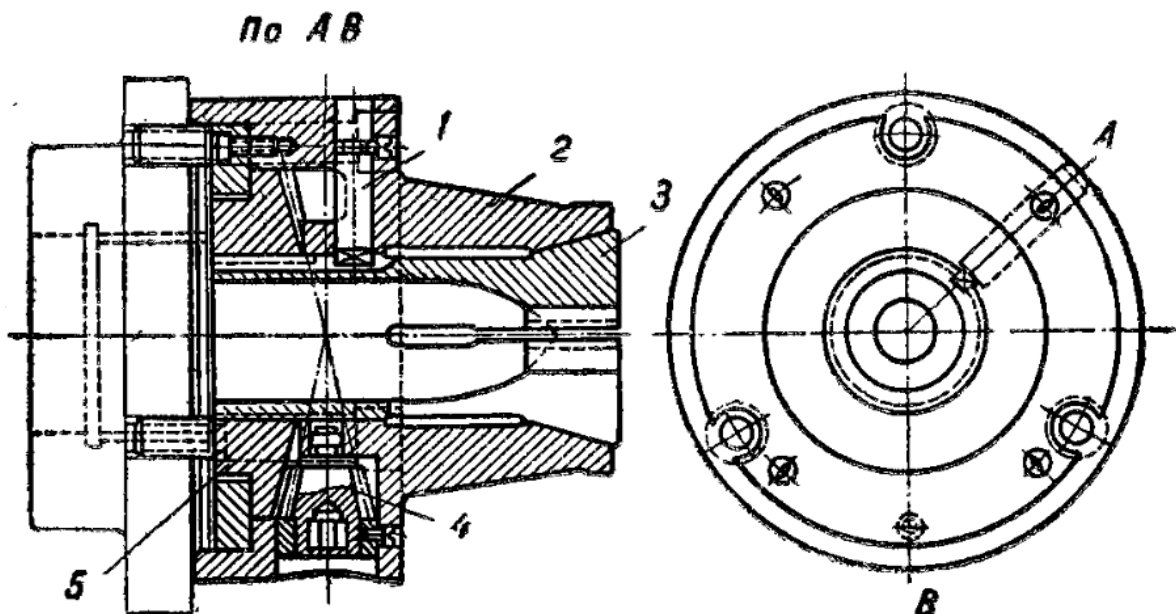


Рисунок 1.14 – Універсальний цанговий патрон із затяжкою від ключа

Патрон встановлюється за допомогою перехідної планшайби і може бути використаний на будь-якому токарному або револьверному верстаті. Для

кожного розміру патрона виготовляється комплект змінних цанг, що забезпечують певний діапазон діаметрів затиску заготовки.

Патрон відноситься до першого типу (з цангою, що втягується). При необхідності отримання точних осьових розмірів патрони доповнюються регульованими упорами, які виступають як опорна база при встановленні та закріпленні заготовки і забезпечують мінімальну похибку базування в осьовому напрямку.

1.1.2.3. Універсальний цанговий патрон із затяжкою маховичком.

Патрон з маховичком (рис.1.15) зручний для використання при короткочасних токарних операціях, коли затягування ключем стомлює і веде до великої втрати часу. Затискання та відкриття патрона можуть виконуватися пригальмовуванням маховичка. При повороті маховичка 3, пов'язаний з ним диск 4 із зубчастим вінцем внутрішнього зачеплення, передає обертання через проміжні шестерні 5 і 6 центрально розташованій шестерні-гайці 7, яка в залежності від напрямку обертання втягує або виштовхує цангу 10.

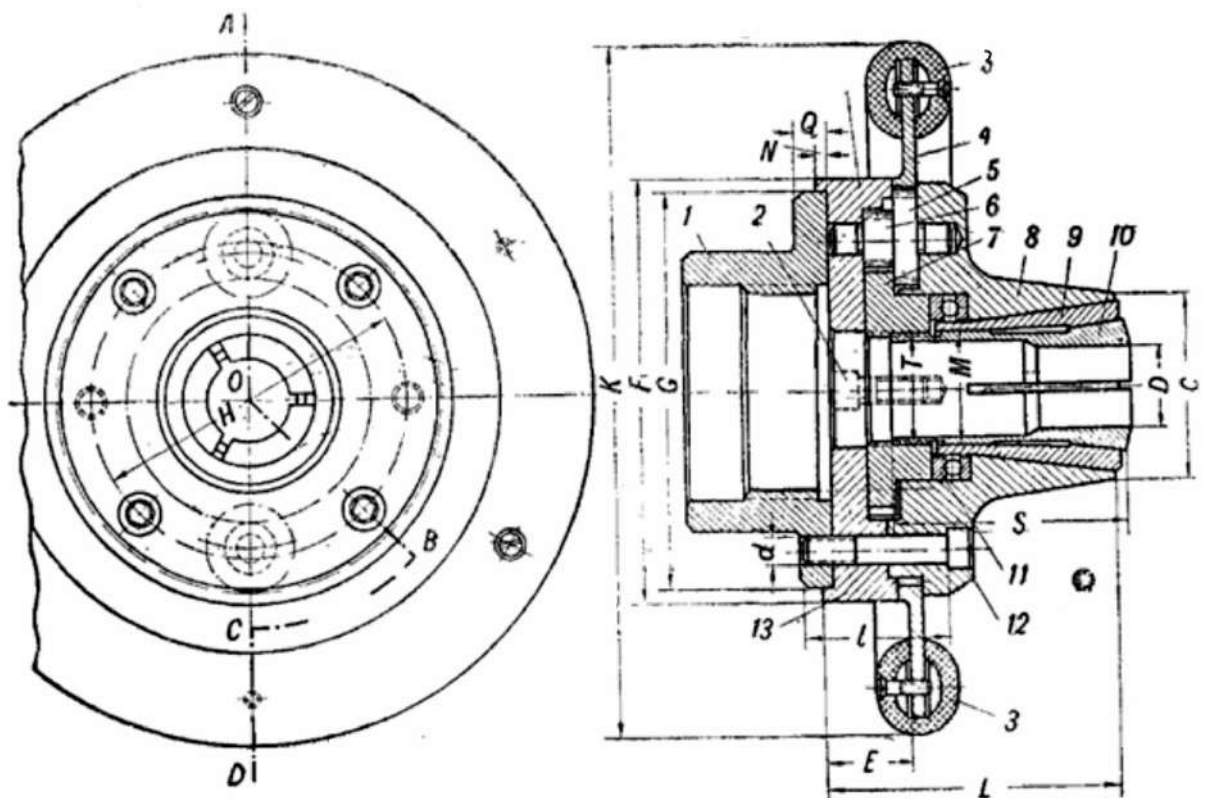


Рисунок 1.15 – Цанговий патрон із маховичком

Можливість примусового розтискання дозволила застосувати цангу з малим кутом конуса і підвищити силу затиску патрона. Для тієї ж мети різьблення на цангах виконується з дрібним кроком (18-20 ниток на дюйм, залежно від розміру патрона). Для зменшення зусилля, яке потрібно на затиск,

між шестернею 7 і корпусом патрона 5, поміщено упорний шарикопідшипник 11, що знижує втрати на тертя.

Кріплення патрона до фланця 1 виконується гвинтами 12. Кришка 13 кріпиться до корпусу двома гвинтами 2. Для поліпшення захоплення внутрішня поверхня маховичка виконується хвилястою. Крім звичайних цанг можуть застосовуватися цанги для квадратного та шестигранного профілів.

1.1.3. Мембранні патрони.

В умовах масового виробництва велике поширення набули спеціальні пристрої - мембранні патрони (рис.1.16), що застосовуються для зменшення деформації заготовок та підвищення точності обробки. За своєю конструкцією мембранні патрони поділяють на гвинтові та кулачкові. Мембранні патрони застосовують на токарних та внутрішньошліфувальних верстатах, якщо необхідно обробити партію заготовок з високою точністю центрування. Кулачки патронів пересуваються одночасно, що дозволяє здійснювати швидкий затиск заготовки.

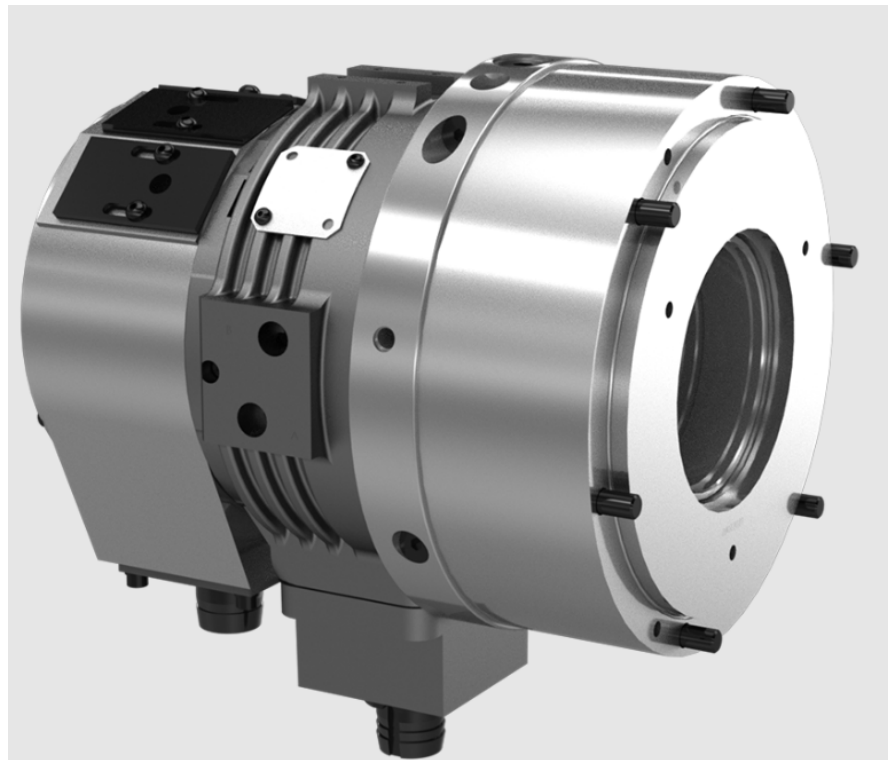


Рисунок 1.16 – Загальний вигляд мембранного патрона

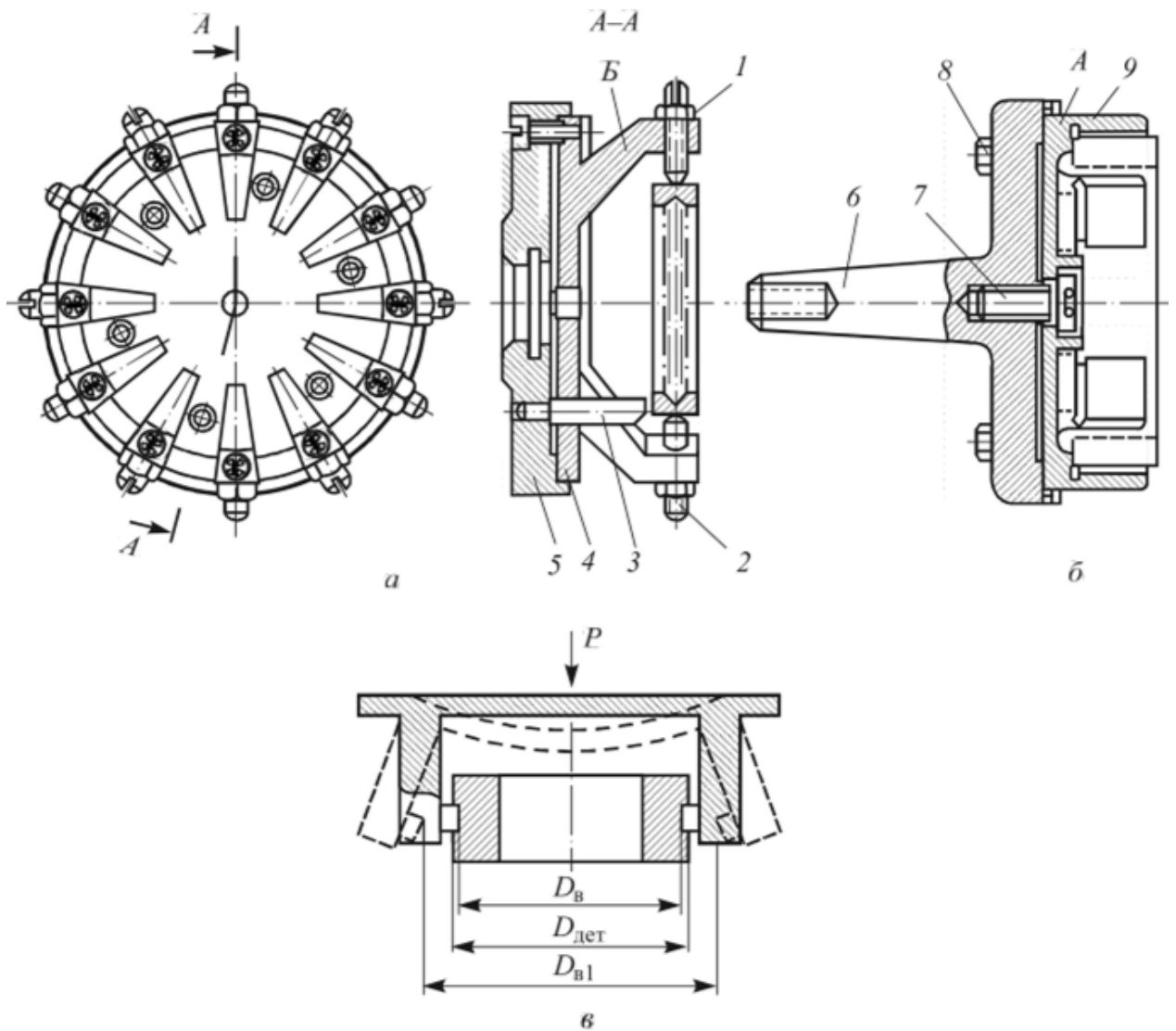


Рисунок 1.17 - Схема мембранного патрона для внутрішньошліфувальних верстатів

Гвинтовий мембранний патрон показано на рисунку 1.17,*а*. Кулачки Б патрона виготовляють з пружинної сталі 65Г або сталі У7 за одне ціле з мембраною 4, що прикріплюється гвинтами до планшайби 5. Планшайба нагвинчується на бабку верстата. У кулачки Б вкручені гвинти 2, що фіксуються гайками 1. Гвинти визначають положення заготовки в радіальному напрямку; в осьовому напрямку переміщення обмежується упорами 3 запресованими в планшайбу.

На рисунку 1.17,*б* показано кулачковий мембранний патрон, що складається з оправки 6, натискного гвинта 7 і мембрани 9, встановленої у виточці оправки. До фланця оправки патрон прикріплюється гвинтами 8. Мембрана 9, що є тонкостінним диском з шістьма виступами-кулачками, працює як плоска пружина. Після встановлення заготовки до упору А

Принцип роботи патрона ось у чому. Кулачки 5, вільно посаджені на осях 4, після установки оброблюваної заготовки в центрах притискаються до її поверхні пружинками 8, закладеними в ковзні стаканчики 7. Під впливом моменту сил різання деталей починає обертатися за годинниковою стрілкою і силою тертя захоплює притиснуті до її поверхні кулачки. Виникають сили, що діють на ексцентрики з боку заготовки. Ці сили, будучи нахиленими до нормалі профілю під кутами тертя, створюють моменти щодо осей ексцентриків. Ексцентрики продовжують повертатися за годинниковою стрілкою, причому в дотик із заготовкою приходять нові ділянки затискного профілю, що мають великі радіуси-вектори. В результаті кулачки захоплюють заготовку і, долаючи момент різання, приводять його у обертання разом із шпинделем. Зі збільшенням крутного моменту на різці сили затиску автоматично збільшуються. Кулачки 5 своєю напівциліндричною поверхнею а притискаються до радіусних виточок у переставних плитках 3. При такій конструкції затискне зусилля, що діє на кулачки з боку заготовки, сприймається не осями кулачків, а опорними поверхнями плиток.

Затискний профіль кулачків теоретично окреслюється по логарифмічній спіралі, яка потім замінюється дугою кола. Кут підйому профілю вибирається таким, щоб, з одного боку, був можливий затиск (при дуже великих кутах кулачки не захоплять виріб), а з іншого, щоб не виникало самогальмування (при дуже малих кутах неминуче самогальмування, що ускладнює знімання виробу зі верстата). Насправді кути підйому беруть у межах 11° - 14° . Для збільшення коефіцієнта зчеплення на затискному профілі нарізають зубці.

При затиску заготовок різних діаметрів відстань між осями кулачків (постійні кулачки) регулюється перестановкою плиток 3 на зубчастій поверхні повзуна 2. Зубчаста (рейкова) поверхня повзуна і плиток забезпечує стійке положення кулачків щодо центру патрона. Повзун 2, встановлений в паз корпусу патрона 1, затиснутий між двома пружинами 6 і може плавати в напрямку, перпендикулярному осі оброблюваного валу. Застосування плаваючого повзуна забезпечує рівномірний затиск заготовки обома кулачками та усуває можливість появи невірноваженої поперечної сили на виріб. Переставляючи плитки з кулачками по зубчастій (рейковій) поверхні повзунів 5, можна робити затиск заготовок діаметром від 30 до 125 мм.

Оброблювані вали встановлюються в кулачках патрона шляхом натискання на їх скошені краї. При повороті валу вліво кулачки розходяться і відкривають доступ до центру. Для зняття з верстата оброблений вал повертають ліворуч і одночасно відводять центр задньої бабки.

Другий варіант патрона - з переставними кулачками (універсальний повідковий патрон Форкарта) показаний на рисунку 1.19. Кулачки 2

встановлено в плаваючих повзушках 1, пов'язаних між собою гвинтом з правим і лівим різьбленням, що дозволяє розсувати повзушки відповідно до діаметру затиску.

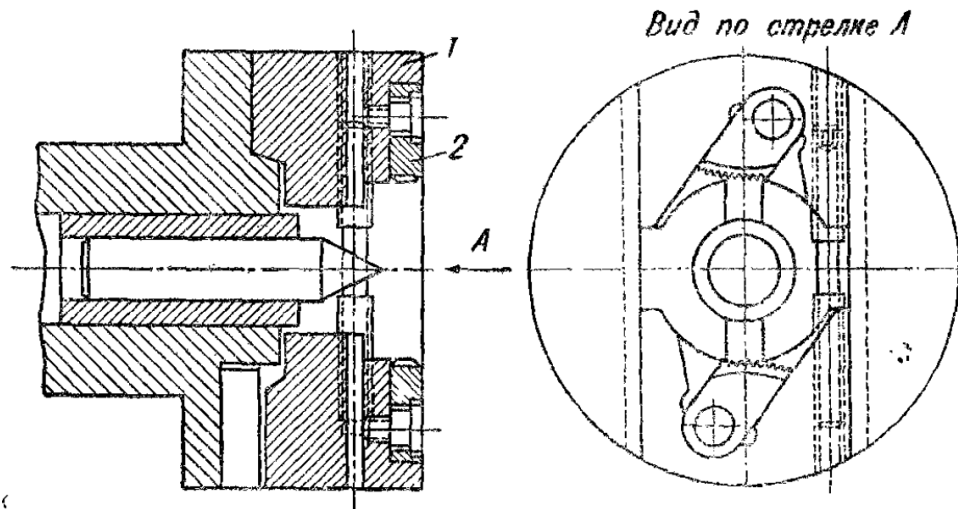


Рисунок 1.19 – Самозатискний повідковий патрон з кулачками, що переставляються двозначним гвинтом.

Самозатискні повідкові патрони зі змінними кулачками працюють так само, як і наведені вище патрони. Особливість їх у тому, що відстань між осями кулачків у них незмінна, і для затискання виробів різного діаметра застосовують змінні кулачки. При кожному патроні цього типу є набір змінних кулачків різної довжини.

Патрон (рис.1.20) призначений для базування та передачі крутного моменту заготовкам типу вал, встановленим у центрах токарних верстатів, у тому числі з ЧПУ.

При підтиску заготовки піноллю задньої бабки підпружинений плаваючий центр 2 потопав, і торець заготовки встановлюється на базуючий торець рухомого корпусу 4 з попереднім натягом. При подальшому русі пінолі корпус 4 переміщається в осьовому напрямку, стискаючи зворотню пружину 5, і повертається за годинниковою стрілкою по гвинтовому пазу щодо встановленої в корпусі 6 циліндричної шпонки із зубчастими секторами 8.

Вінець корпусу 4 виконаний з круговим пазом 3, в якому встановлені сухарі 9 із закріпленими на них кулачками 7. При повороті корпусу 4 зубчасті колеса-кулачки 7, встановлені на осях 1 і які входять в зачеплення із зубчастим сектором 8, повертаються проти годинникової стрілки до зіткнення із заготовкою із зусиллям натягу, що створюють пружини 11, які закріплено на штифтах 10 і 12 у корпусі 4 і сухарях 9. Після фіксації кулачків 7 на поверхні заготовки подальший поворот кулачків припиняється. Це усуває можливість зміщення заготовки із плаваючого центру. При подальшому повороті корпусу 4 до упору корпус 6, сухарі 9 (з осями 1 і кулачками 7) переміщуються в пазу

корпусу 4, розтягуючи пружини 11. При цьому корпус 4, кулачок 7, заготовка і захисний кожух переміщуються в осьовому напрямку. Затиск заготовки здійснюється одночасним базуванням на плаваючий центр та нерухомий торець корпусу 6.

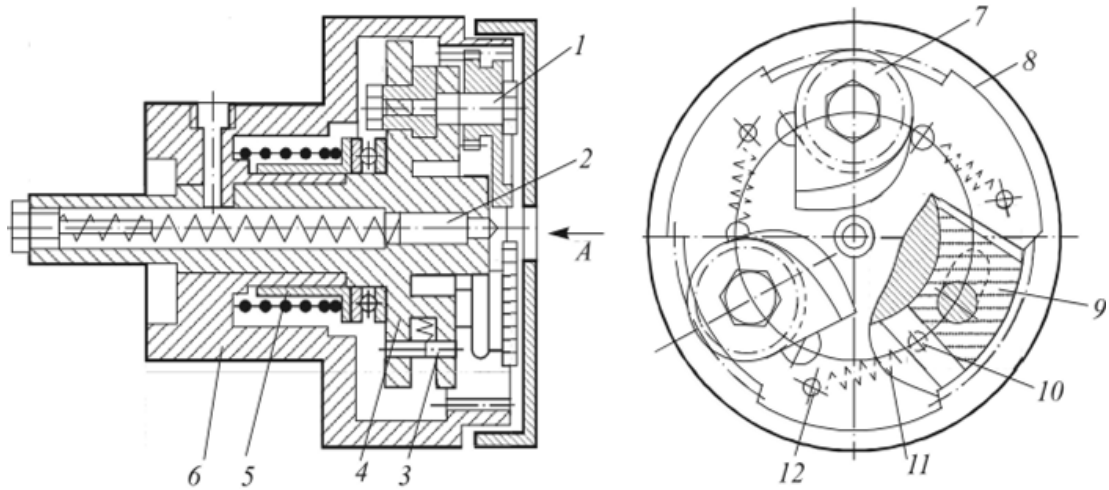


Рисунок 1.20 - Повідковий самозатискний трикулачковий патрон

1.2. Центри.

Центри токарних і круглошліфувальних верстатів служать для центрування та підтримки виробів при їх обробці. Короткий конус центру має кут 60° . Довгий конус (конус Морзе або метричний), яким він входить в отвір шпинделя, має кут близько 3° (кут самогальмування), що забезпечує надійне закріплення центру в отворі за рахунок сил тертя. Звичайні токарні центри стандартизовані. Для встановлення центрів у шпинделях з великими діаметрами конусних отворів застосовують перехідні втулки. Форма центрових отворів також нормалізовано.

На рисунку 1.21 показано два типи центрових отворів: тип *a* - без запобіжного конуса, тип *б* - із запобіжним конусом. Призначення запобіжного конуса - уберегти опорну поверхню отвору від випадкових вибоїн. Наявність запобіжного конуса дозволяє також проводити підрізування торця без зменшення опорної поверхні. Конус центру повинен прилягати до центрового отвору на всій конічній поверхні останнього.

При обробці важких деталей на великих верстатах з метою збільшення міцності застосовують центри з кутами 75° і 90° .

Отвір під задній центр, що виконує роль підшипника, заповнюють густим мастилом. Іноді застосовують центри з автоматичним підведенням мастила. При сильному нагріванні або інтенсивному зносі центрового отвору періодично здійснюють регулювання затягування.

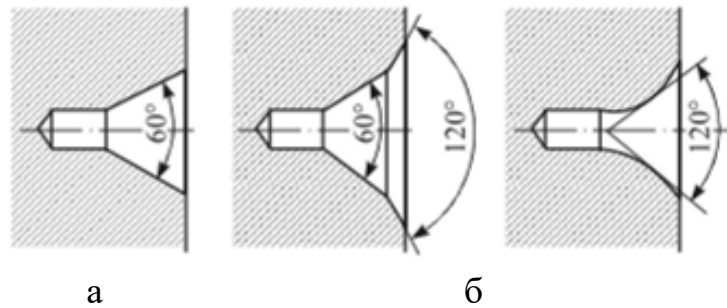


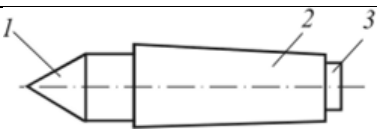
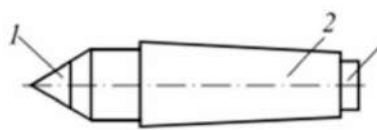
Рисунок 1.21 – Центрові отвори

Центри виготовляють з вуглецевої сталі У7А і піддають термообробці до твердості 50-55HRC. Іноді їх роблять із швидкорізальної сталі або наплавляють на короткий конус центру твердий сплав. Такі центри мають підвищену теплостійкість і дозволяють працювати з підвищеними режимами різання. Крім центрів звичайної форми для задніх бабок застосовують спеціальні центри, а для передніх - плаваючі центри.

1.2.1. Спеціальні центри.

У таблиці 1.1 наведено типові конструкції спеціальних центрів та сферу їх раціонального використання. Конструкції плаваючих та обертових центрів будуть розглянуті окремо.

Таблиця 1.1 – Спеціальні центри

Ескіз	Призначення
	Звичайний центр. Застосовується при обробці будь-яких заготовок
	Зворотній центр. Застосовується при обробці дрібнорозмірних валиків або осей з діаметром до 4мм та конусним торцем.
	Зрізаний напівцентр. Застосовується при підрізуванні торців
	Центр із сферичною робочою частиною. Застосовується при обточуванні конусів методом поперечного зміщення задньої бабки, тому що не порушує роботу центру
	Рифлений центр. Застосовується передачі крутного моменту безпосередньо заготовки, (використання доцільно лише 1 раз, оскільки ушкоджується центровий отвір)
	Центр із твердосплавною робочою частиною. Застосовується при значних температурах та інтенсивного нагріву внаслідок тертя заготовки та центру

1.2.2. Обертаючі центри.

На рисунку 1.22 показані конструкції центрів, що обертаються. Тип А-для звичайних центрових отворів і тип Б-для установки порожнистих циліндрів. Центровий палець l обертається у кулькових або роликів підшипниках 2, встановлених з певним натягом у корпусі 3. У швидкохідних верстатах зазвичай застосовують шарикопідшипники; у верстатах для важких робіт роликопідшипники. Поєднання центрового пальця з внутрішніми кільцями підшипників також виконується з натягом. Осьові сили сприймаються завзятим шарикопідшипником 5. Як задню опору центрового пальця використовується досить щільне кільце ущільнення, яке виконує роль підтримуючого елемента. Центровий палець має бути добре відцентрований. Точність центрування характеризується биттям робочого конуса центрового пальця і переважно залежить від точності підшипників кочення.

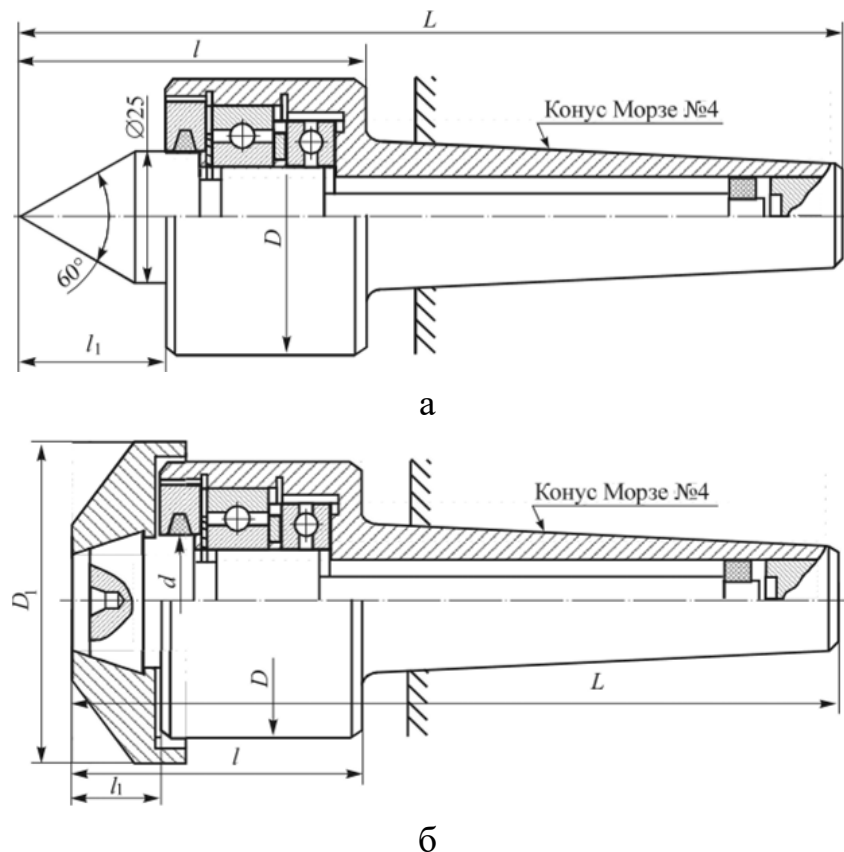


Рисунок 1.22 – Центри, що обертаються.

Більш складна конструкція центру, що обертається, який забезпечує передачу великих осьових зусиль і контроль зусилля притиску упору осьового переміщення до торця заготовки показано на рисунку 1.23. При підтиску заготовки центром, що обертається, за допомогою пневмо- або гідроприводу пінолі задньої бабки центр через підшипники 6, 14 і фланець 9 стискає пакет тарілчастих пружин 10. При цьому індикатор покажчика 8 величини осьових

сил показує значення деформації тарілчастих пружин і осевого зусилля. Перед експлуатацією індикатор тарують, навантажуючи центр наперед відомою осевою силою.

Задній кінець центру 2 обертається в голчастому підшипнику 11, який кріпиться в корпусі 1 заглушкою 12. Фланець 9 пов'язаний з корпусом 1 за допомогою гвинта 13. Переміщення фланця в осевому напрямку обмежується кільцем 7. Витіканню мастила перешкоджає ущільнення 3, яке змонтовано у гайці 4 та закріплюється гвинтом 5.

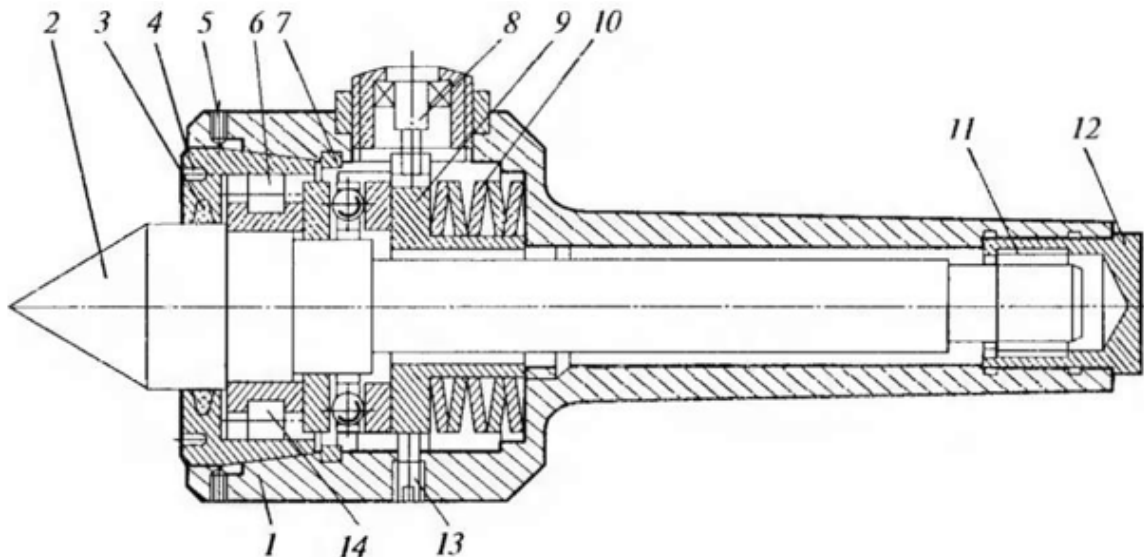


Рисунок 1.23 - Центр, що обертається, з тарілчастими пружинами

Для отримання високої точності робочий конус центрового пальця, а також конусний хвостовик корпусу шліфуються в зібраному вигляді.

Центри, що обертаються, бажано застосовувати в швидкохідних верстатах і в багаторізцевих верстатах, що працюють з великими навантаженнями на центрах. На великих верстатах для важких робіт застосовуються спеціальні центри, що обертаються, які становлять одне ціле зі шпинделем задньої бабки верстата. При проектуванні центрів, що обертаються, необхідно передбачати можливість регулювання підшипників у міру їх зносу, гарне мастило і мінімальний виліт зі шпинделя задньої бабки.

1.2.3. Плаваючі центри.

Плаваючі центри закріплюються в шпинделі передньої бабки верстата або є вбудованою частиною патрона. Вони дозволяють робити точну установку виробів вздовж осі деталі. На рисунку 1.24 показано одну з конструкцій такого центру. Він складається з корпусу 3, плаваючого пальця 5, пружини 6 і упорної шайби 4. Після того як встановлений в центри виріб натиском з боку задньої бабки доведено до упору 4, плаваючий палець стопориться гвинтом 2 через сухар 1. Плаваючий палець сполучається з отвором по посадці ковзання.

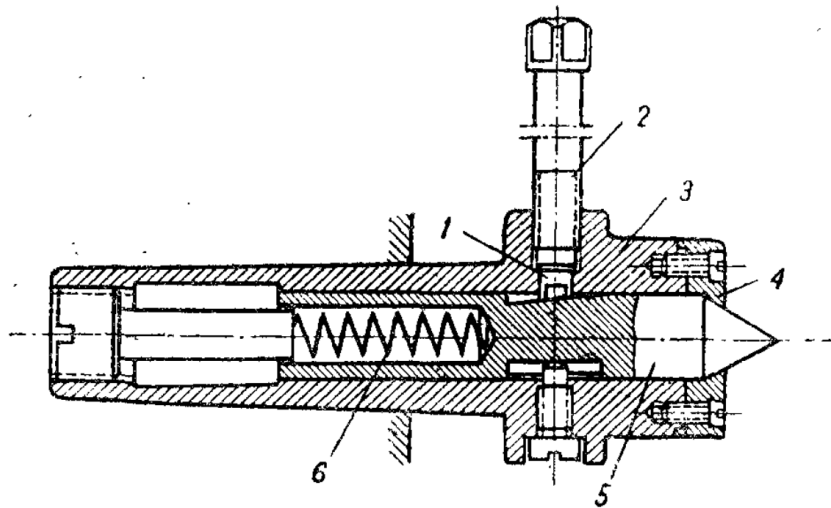


Рисунок 1.24 – Центр, що плаває

1.2.4. Хомутики.

Найбільш простий повідковий пристрій для передачі обертального руху заготовки - гвинтовий хомутик (рис.1.25), установка та закріплення якого вимагають багато часу. У звичайному гвинтовому хомутику затиск заготовки *1* виконується за рахунок гвинта *3*, встановленого в корпусі хомутика *2* і який потребує ручного затиску ключем. Повідкові гвинтові хомутики мають один повідець, тому форма заготовки в поперечному перерізі спотворюється і деталь виходить некруглою.

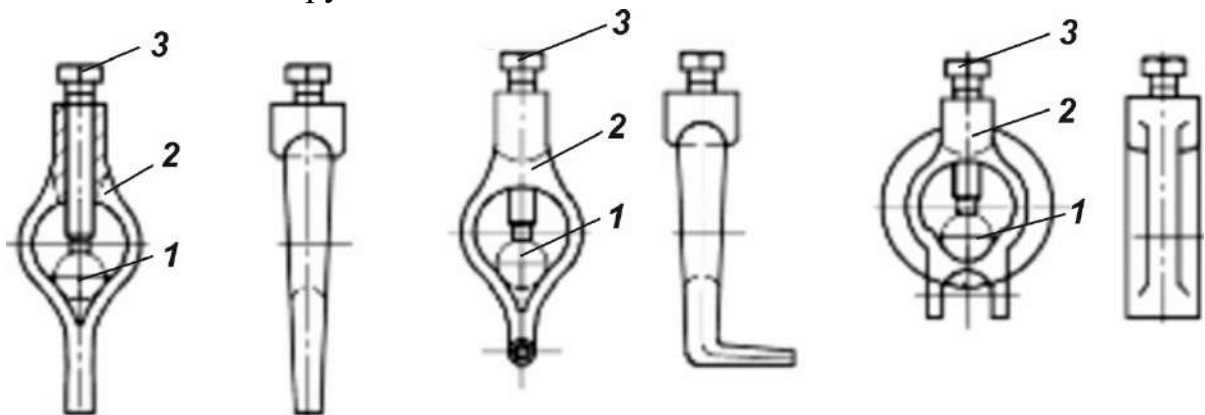


Рисунок 1.25 – Виконання гвинтових хомутиків залежно від конструкції планшайби шпинделя

Для скорочення часу при встановленні заготовки в центрах для легких токарних, а також для шліфувальних робіт замість повідкових патронів часто застосовують самозатискні хомутики з ексцентриковим кулачком (рис.1.26)

У корпусі хомутика *1* на осі встановлений кулачок *3*. Після встановлення хомутика на вал, ексцентрик під дією пружини *2* притискається своїм профілем з насічкою до поверхні валу. При пуску верстата повідковий палець

планшайби 4 захоплює хвостовик ексцентрика. Хомутик автоматично заклинюється на валу та передає йому обертання.

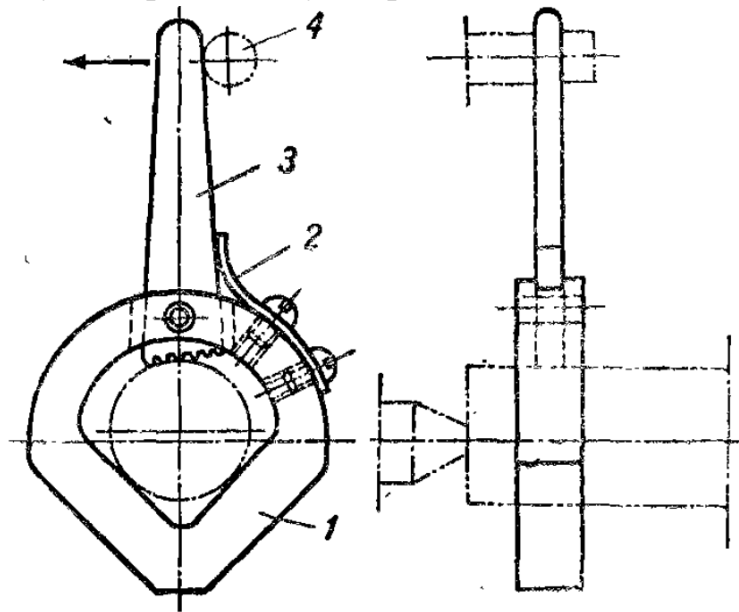


Рисунок 1.26 - Самозатискний хомутик

Кут підйому затискного профілю ексцентрика 11° - 14° .

На рисунку 1.27 наведено схему хомутика з двома повідками. Така конструкція дозволяє усунути похибку одноповодкових хомутиків.

У кільцевому зазорі між корпусом 8 і кришкою 7 розташовані кульки 13, важелі 10 і 15, натискні сухарі 12 і 14. Ексцентрик 11, встановлений на кривошипі 9, служить для затиску заготовки, яка центрується призмою, розташованої в корпусі 8. Обертанням кривошипу 9 ексцентриситет збільшується чи зменшується, що дозволяє використовувати хомутик для певного діапазону діаметрів заготовок. Заготовку 17 з хомутиком встановлюють в упорних центрах, а планшайбу приводять у обертальний рух. Повідковий палець натискає на важіль 10, що передає зусилля натискним сухарям 12 і 14, кулькам 13 і важелю 15, який притискається до пальця. Тому окружне зусилля ділиться на рівні частини між обома хвостовиками і горизонтальні складові взаємно врівноважуються як спрямовані в різні боки.

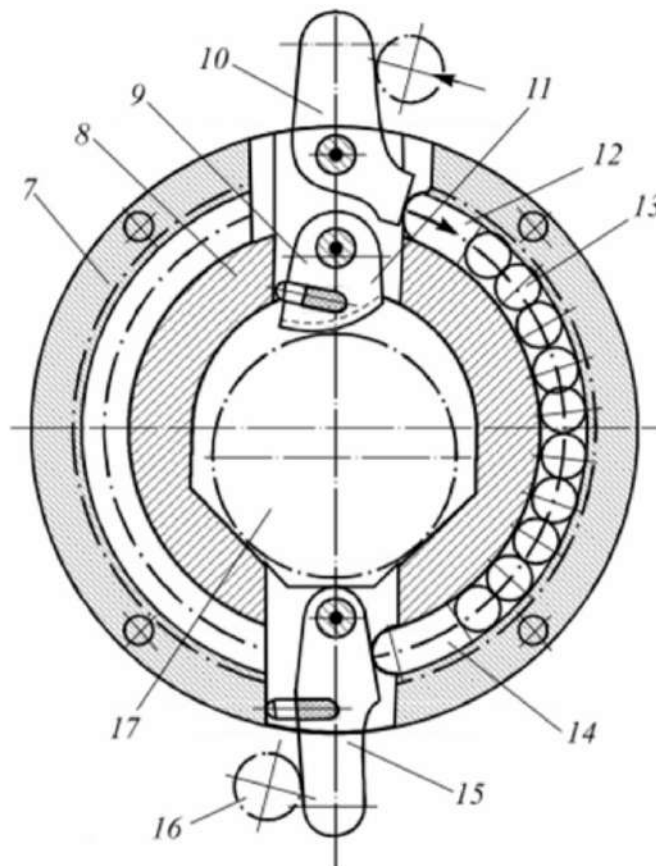


Рисунок 1.27 –Хомутик із двома повідками

1.3. Оправки.

Оправки застосовуються для встановлення та закріплення заготовок з центральними гладкими або шліцьовими отворами. На практиці використовується кілька типів оправок. Розглянемо найбільш широко використовувані.

1.3.1. Конічні оправки.

Оправка, яка показано на рисунку 1.28, використовується для встановлення виробів з гладкими циліндричними отворами. Вони призначені для встановлення деталей з базовим отвором довжиною до $1,5d$, виготовленим з полями допусків H6, G6, Js6, H7, G7, Js7, H8 або H9. Діаметр d_2 конусної частини оправки береться трохи менше за мінімальний граничний діаметр отвору. Для номінальних діаметрів базових отворів оброблюваних деталей від 3 до 6 мм – конусність 0,00055; понад 6 до 18 мм - конусність 0,00050 та понад 18 мм - конусність 0,00040. Точність центрування –5...10 мкм.

Вироби утримуються силою тертя. При легких роботах заклинювання виробу можна отримати ударом лівого торця оправки о дерев'яну підкладку. Конічні оправки добре центрують. Основний їх недолік у тому, що при

виготовленні партії деталей останні змінюють своє положення вздовж осі. Тому конічні оправки не придатні для роботи на налаштованих верстатах за упорами. При дуже довгих отворах та великій конусності центрування також стає ненадійним.

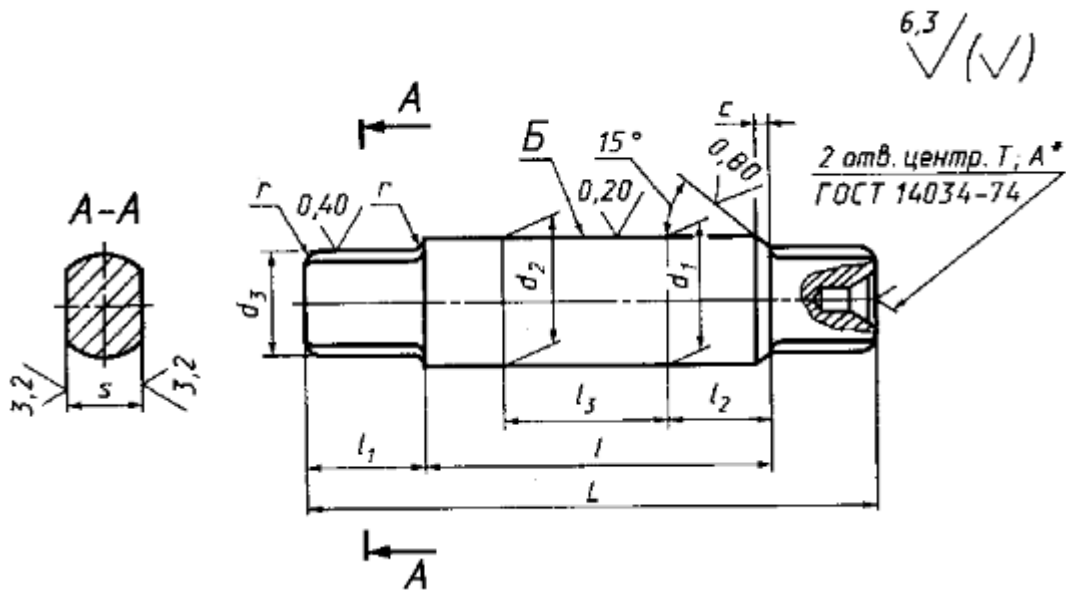


Рисунок 1.28 – Конічна оправка

Незважаючи на значні переваги конічних оправок, їх застосування пов'язане з неминучістю похибок вимірювання за рахунок кутового перекосу деталей, що перевіряються. Іншим недоліком конічних оправок є порівняно невисока продуктивність процесу контролю і найчастіше надмірна вага оправки із встановленою на ній деталлю.

1.3.2. Циліндричні оправки для вільного встановлення виробів.

Ці оправки мають буртик та затяжну гайку (рис.1.29). Вироби надягають на оправку вільно і утримуються від провертання моментом тертя, що виникає на торцях внаслідок осьового затиску. При необроблених торцях необхідно застосовувати сферичні шайби. Шайба 2 швидкозмінна з прорізом. Гайка 3 має розмір діаметра менше діаметра отвору, що дозволяє встановлювати чергову деталь, не згвинчуючи гайки. Буртик забезпечує сталість положення виробу щодо оправки.

Робоча частина оправки робиться по посадці ковзання JT7, а для отворів, виготовлених у системі валу, діаметр робочої частини повинен відповідати прохідній стороні калібру отвору. Недолік оправок - неточність центрування, що обумовлюється впливом зазору в поєднанні.

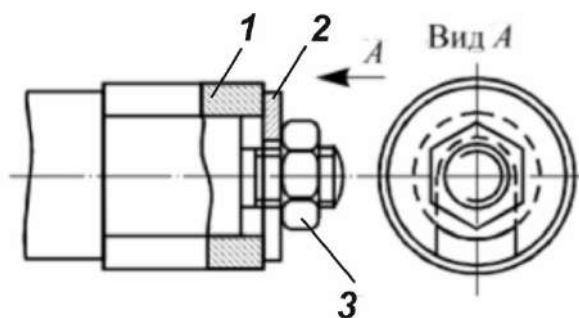


Рисунок 1.29 – Циліндричні оправки для вільного встановлення виробів

Циліндричні оправки з посадкою ковзання можуть застосовуватися для виробів, допуск на биття яких більший за суму допусків на діаметри базового отвору та оправки плюс допуск на биття самої оправки.

Для довгих втулок використовуються оправки з виточкою. Виточування полегшує насадку і знімання втулок і спрощує виготовлення оправок. Короткі вироби (диски) потребують дуже точного виконання торцевих поверхонь, які в цьому випадку поряд з отвором відіграють роль основної бази.

Для обробки коротких деталей застосовують консольні розсувні кулькові оправки (рис.1.30).

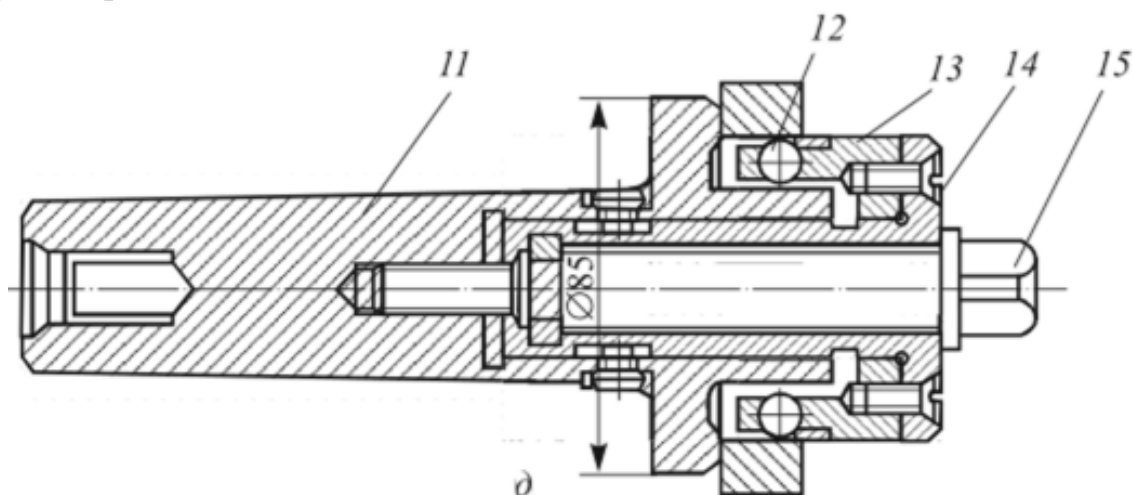


Рисунок 1.30 - Розсувна консольна кулькова оправка

У сепараторі 13 є шість отворів з кульками 12, що знаходяться в контакті з конусом 11 корпусу оправки. Осьове переміщення сепаратора в оправці проводиться гвинтом 15 через втулку 14, яка ковзає та до якої прикріплений сепаратор. При переміщенні кульок заготовка центрується і одночасно підтискається до осьового упору.

1.3.3. Циліндричні оправки для кріплення заготовок під пресом.

Оправки для пресової посадки виробів (рис.1.31) дозволяють поряд із зовнішніми поверхнями обробляти один або обидва торці і широко

використовуються на багаторізцевих токарних верстатах. Для зручнішого та швидкого базування заготовок на оправках передбачена напрямна частина. Довжина напрямної частини береться рівною $1/3 - 1/2$ довжини отвору. Між робочою та напрямною частиною є виїмка для виходу різця при підрізуванні торців. Діаметр робочої частини оправки виконується за пресою, а напрямної частини - легкоходової посадки. Для отворів, виготовлених за системою валу, допуски на діаметри оправок підбираються такими, щоб і в цьому випадку забезпечити ті ж самі посадки, тобто пресою на робочій ділянці і легкоходову на напрямній ділянці оправки.

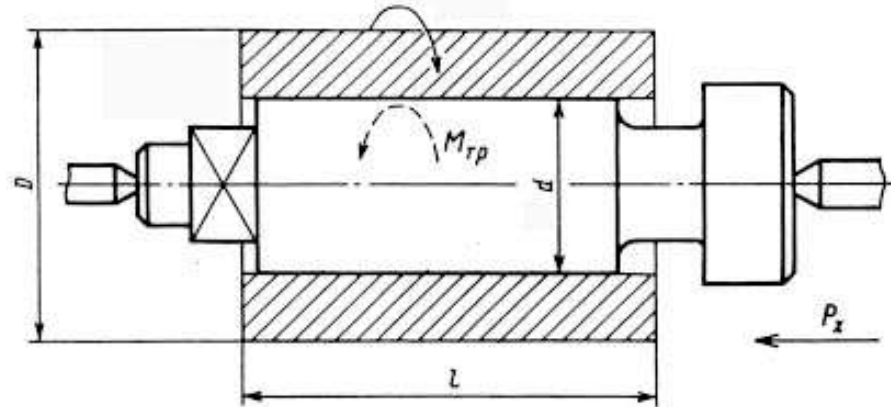


Рисунок 1.31 – Оправка для заготовок, які встановлюються під пресом:

$M_{рез}$ – момент сил різання; P_x - сила опору різання; $M_{тр}$ - момент тертя лежить на поверхні контакту; d – діаметр оправки; D - діаметр оброблюваної заготовки; l - довжина оброблюваної заготовки

1.3.4. Шліцьові оправки.

Шліцьові оправки (рис.1.32) застосовуються для обробки деталей зі шліцьовими отворами. Центрування шліцьового валу з отвором втулки проводиться або по зовнішньої поверхні (по діаметру D), або по внутрішній (по діаметру d). Оправка для шліцьових отворів, як і шліцьові поверхні, уніфіковані та нормалізовані.

При центруванні по зовнішньому діаметру поверхню сполучення біля валу (оправки) з великою точністю отримують за рахунок круглого шліфування, а поверхня сполучення біля втулки (виробу) – протягуванням. Центрування по зовнішньому діаметру зазвичай застосовується у масовому виробництві (автомобільна та тракторна промисловість). При центруванні по внутрішньому діаметру поверхню сполучення у втулки (виробу) з великою точністю отримують внутрішнім шліфуванням; поверхню сполучення біля валу (оправки) після нарізки черв'ячною фрезою піддають поздовжньому шліфуванню вздовж осі, одночасно шліфуючи і бічні площини шліців.

Центрування за внутрішнім діаметром широко застосовується в верстатобудуванні. На рисунку 1.32 показано приклад шліцьової оправки. Заготовка встановлюється на оправку 1 з упором в регульовальну втулку 6. Закріплення заготовки здійснюється через розрізану стопорну шайбу 2 обертанням гайки 3 навколо шпильки 4, положення якої зафіксовано віссю 5.

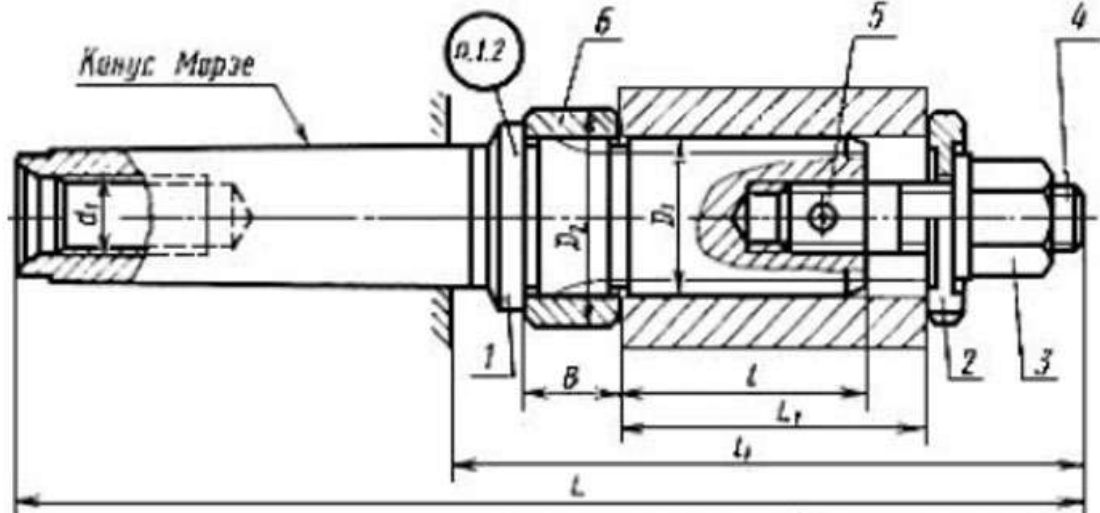


Рисунок 1.32 – Шліцьова оправка

1.3.5. Консольні оправки з пластинчастими пружинами.

На рисунку 1.33а показана консольна оправка для закріплення заготовки 2 по внутрішній циліндричній поверхні. Втулка 4, встановлена в корпусі 1 оправки, затягується гвинтом 5. При цьому для закріплення заготовки осьові сили сприяють сплющуванню тарілчастих пружин 3 та їх частковому розподілу, що збільшує зовнішній діаметр пружин на 0,1...0,4 мм залежно від їх розмірів.

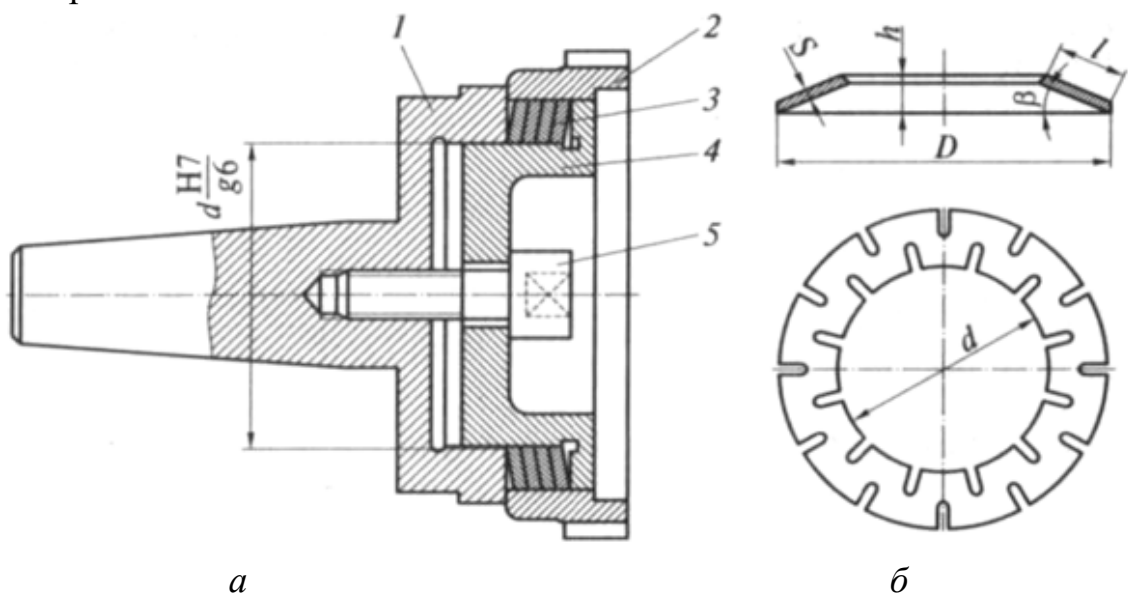


Рисунок 1.33 - Консольна оправка з пластинчастими (тарілчастими) пружинами

Тарілчасті пружини (рис.1.33,б) виготовляють з пружинної сталі марки 60С2А, термічно обробленої до твердості 40... 45 НРС. Товщина пружини S становить 0,5... 1,25 мм. При відтисканні гвинта 5 (див. рис.1.33,а) пружини 3 повертаються у вихідне положення, а заготовка 2 легко знімається з оправки.

Базову поверхню заготовки виконують з точністю не грубіше JT11. Максимальне сплющення пружин допускається в межах $3/4$ їхньої повної висоти.

При встановленні заготовок із протяжною зовнішньою базовою поверхнею застосовують оправки з двома пакетами симетрично розташованих тарілчастих пружин. Розміри тарілчастих пружин нормалізовані, тому їх обирають за довідковими таблицями.

1.3.6. Цангові оправки.

Служать для центрування та затиску заготовок по задалегідь обробленому отвору.

У конструкцію будь-якої цангової оправки в якості основних елементів входить цанга (втулка, що пружить) і розжимний конус. Пружні властивості цанг забезпечується поздовжніми прорізами, по три з кожного боку, розташованими в шаховому порядку. Кожен проріз зазвичай заходить за середину довжини цанги і закінчується отвором, просвердленим перпендикулярно до осі. Цанга 6 з поздовжніми прорізами, переміщаючись за допомогою гайки 9 по конусу 7, пружно розтискається і закріплює заготовку 8. Штифт 10 утримує її від повороту, а гайка 5 служить для розтискання при знятті обробленої деталі. Таким чином цанга центрує оброблювану заготовку та утримує її від повертання силами тертя (рис.1.34).

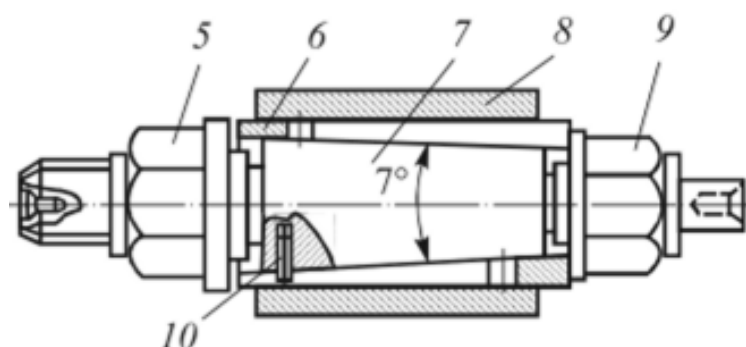


Рисунок 1.34 – Затискач виробу на цанговій оправці з нерухомим конусом

Крім розглянутого варіанта широко застосовуються цанги з односторонніми прорізами. Іноді такі прорізи роблять безпосередньо в корпусі

оправки, надаючи йому пружну властивість. Прорізів роблять три, чотири та більше.

Ще один варіант конструкції оправки з нерухомою в осьовому напрямку цангою, але рухомим розтискним конусом наведено на рисунку 1.35.

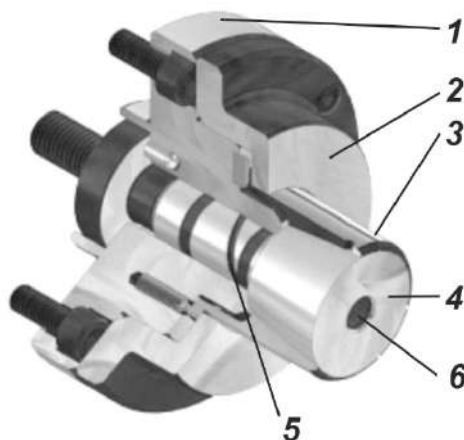


Рисунок 1.35 - Конструкція оправки з рухомим конусом

Цанга 3 встановлена в корпусі оправки 1 і закріплена кришкою 2. При повороті ключа в отворі 6 клин 4 при обертанні завдяки гвинтовій канавці 5 здійснює осьове переміщення і конічної поверхнею розсуває пелюстки цанги. Така конструкція ефективніше розглянутої вище з погляду часу закріплення завдяки тому, що кут підйому гвинтової канавки на клині більше, ніж у різьблення.

Конус, що розтискає цангу, можна розглядати як круглий клин, а сполучення цанги з розтискним конусом - як клинове з'єднання. З'єднання цанги з розтискним конусом (клином) за відомих умов може виявитися самогальмуючим і для звільнення обробленої деталі знадобиться силою виштовхувати конус із конусного гнізда цанги.

1.4. Лещата.

Лещата призначені для закріплення заготовок при їх обробці на різних типах верстатів (в основному фрезерних та свердлильних). Залежно від конструкції затискних губок, базування може здійснюватися по напрямній плоскій поверхні з опорою на базу установки (за відсутності такої обов'язково вивірка положення заготовки), або з використанням подвійної напрямної і опорної поверхні при базуванні циліндричних заготовок. В цьому випадку затискні губки виконують у вигляді призм, що додатково забезпечує самоцентрування заготовки щодо осі призм. Для захисту заготовки, що затискається, від пошкоджень губками лещат застосовують захисні накладки

з м'яких матеріалів (алюміній, мідь, гума, дерево). Робочі поверхні губок та захисних накладок мають насічку для більш надійної фіксації.

1.4.1. Лещата механічні.

Схему ручних поворотних лещат наведено на рисунку 1.36.

Рухлива губка при обертанні гвинта рухається, залишаючись паралельною нерухомій губці, від чого лещата отримали назву паралельних. Паралельні поворотні лещата складаються з плити-основи 1 і поворотної частини 2, рухомий 3 і нерухомий 4 губок. Паралельність переміщення рухомої губки забезпечується направляючою призмою 5 та здійснюється за допомогою ходового гвинта 6 і гайки 7. По круговому Т-подібному пазу переміщається болт 11 з гайкою 10. За допомогою рукоятки 12 можна притиснути поворотну частину 2 до плити-основи лещат під заданим кутом. При звільненні болта 11 поворотну частину повертають навколо осі 9 для установки на потрібний кут. Губки паралельних лещат відливають із сірого чавуну; ходовий гвинт, болти та інші деталі виконують з конструкційної вуглецевої сталі. Для продовження терміну служби губок та збільшення міцності затиску деталей (заготовок) у процесі роботи робочі частини (накладні губки) виготовляють із інструментальної сталі марки У8 з хрестоподібною насічкою; після загартування їх прикріплюють гвинтами до основних губок.

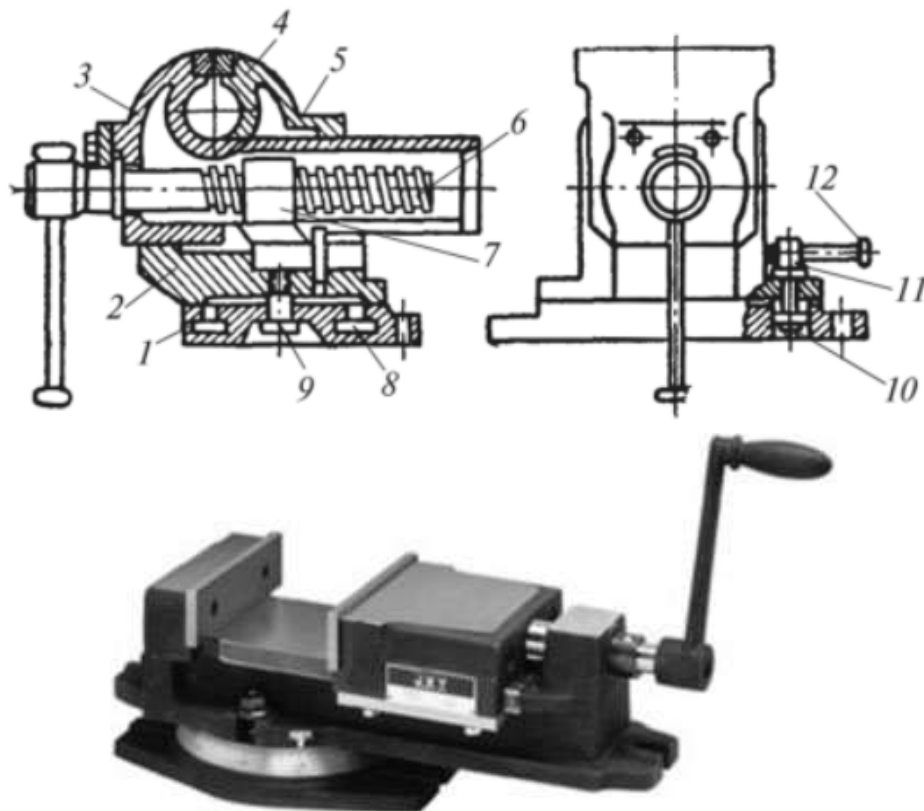


Рисунок 1.36 – Лещата паралельні поворотні механічні

1.4.2. Гідравлічні лещата.

На рисунку 1.37 наведено конструкцію універсальних лещат з гідравлічним приводом.

Лещата являють собою корпус 10 з нерухою 3 і рухою 9 губками. Заготовки можна встановлювати як на площину направляючих планок, так і в змінні настановно-затискні налагодження 5 і 6, які закріплюються на губках лещат за допомогою двох штирів - циліндричного 11 і ромбічного 12. Заготовки притискаються до змінної насадки 5 нерухої губки 3 за допомогою змінної поворотної губки 8. Сила затиску передається рухомий губці 9 від гідроциліндра 2 двосторонньої дії через гвинт 4. Поворотна губка 8 шарнірно закріплена на осі 7 рухомий губки 9, що забезпечує можливість самовстановлення при закріпленні заготовок з непаралельними площинами. Положення рухомої губки регулюють обертанням рукоятки 1.

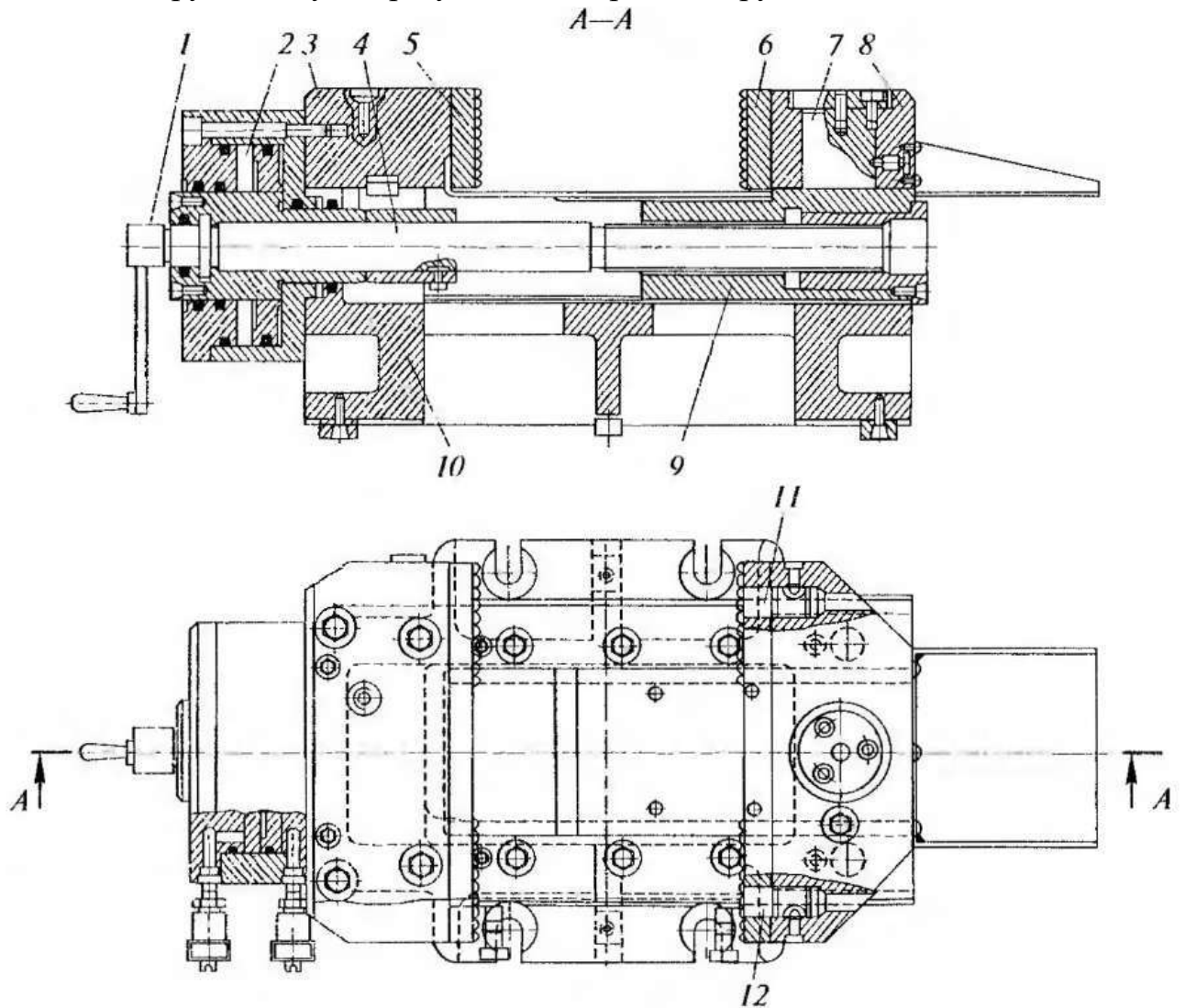


Рисунок 1.37 - Лещата гідравлічні

1.4.3. Лещата поворотні пневматичні.

На рисунку 1.38 наведено конструкцію універсальних поворотних пневматичних лещат.

Затискаючи губки лещат - змінні. Губки встановлюють на пальцях 3 і закріплюють болтами 4. Попереднє налаштування на заданий розмір здійснюють пересуванням лівої губки, гвинтом 1. Остаточне закріплення виконується правою губкою від пневматичного приводу. Лещата можуть повертатися щодо плити 2. Для закріплення їх на плиті служать гайки 5. При тиску повітря $p=0,40$ МПа зусилля затиску досягає 25000 Н. Рух рухомої губки досягає 6 мм.

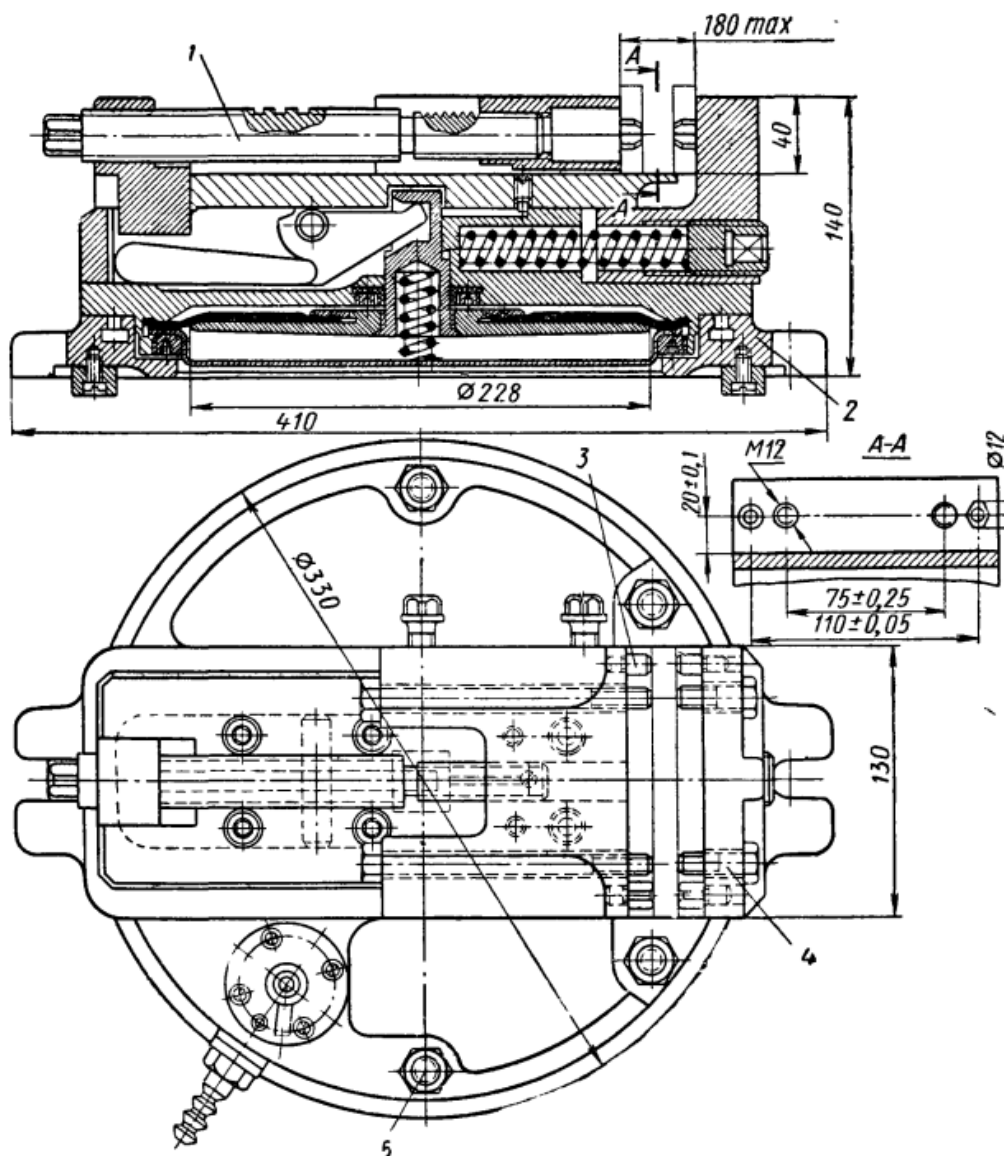


Рисунок 1.38 - Пневматичні лещата поворотні

1.4.4. Лещата з встановлюваною опорною губкою.

Лещата пневматичні поворотні з встановлюваною опорною губкою показані на рисунку 1.39.

Лещата складаються з основи 11 і поворотного корпусу 10 з вбудованим пневмоциліндром. При повороті рукоятки 6 розподільного крана в положення затиску стиснене повітря надходить у штокову порожнину пневмоциліндра, в результаті чого поршень 7 зі штоком 8 опускається вниз, повертаючи за годинниковою стрілкою важіль 1. Важіль переміщує рухому губку 2 вправо, притискаючи заготовку до нерухомої губки 3.

Швидке переналагодження нерухомої губки здійснюється поворотом рукоятки 5 проти годинникової стрілки, при цьому виступ планки 4 виходить із паза корпусу лещат. Після цього губку перемішують у потрібне положення доти, поки виступ планки 4 не увійде у відповідний паз корпусу. До губок можуть кріпитися змінні налагодження.

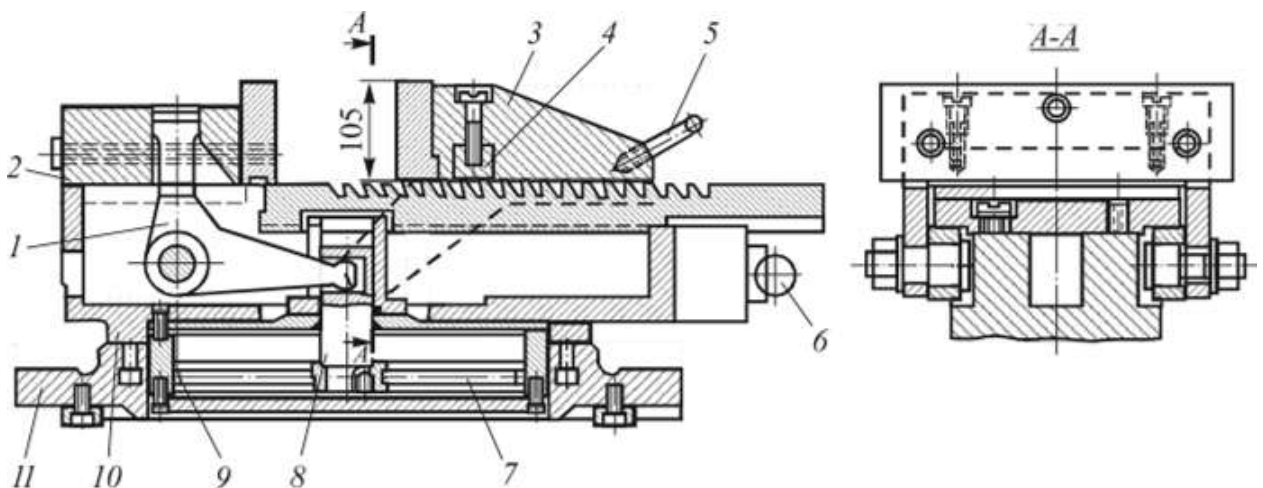


Рисунок 1.39 - Пневматичні поворотні лещата з переставною губкою

1.4.5. Лещата універсальні, що налагоджуються.

У порівнянні з попередньою конструкцією, універсальні лещата, що переналагоджуються, мають більш широкі експлуатаційні можливості (рис.1.40). Такі лещата застосовують для закріплення різних за формою та розмірами заготовок, що встановлюються на робочій поверхні обох губок 4, що несуть змінні налагодження. Попереднє налаштування на заданий розмір здійснюють гвинтом 7, затискач від пневматичного приводу.

Лещата можуть повертатися щодо плити 2, для закріплення їх на плиті служать гайки 3. При тиску повітря $p=0,4\text{МПа}$ зусилля затиску досягає

28000Н. Величина переміщення рухомої губки за один оборот гвинта дорівнює кроку гвинта; хід губки при затиску 5-6 мм.

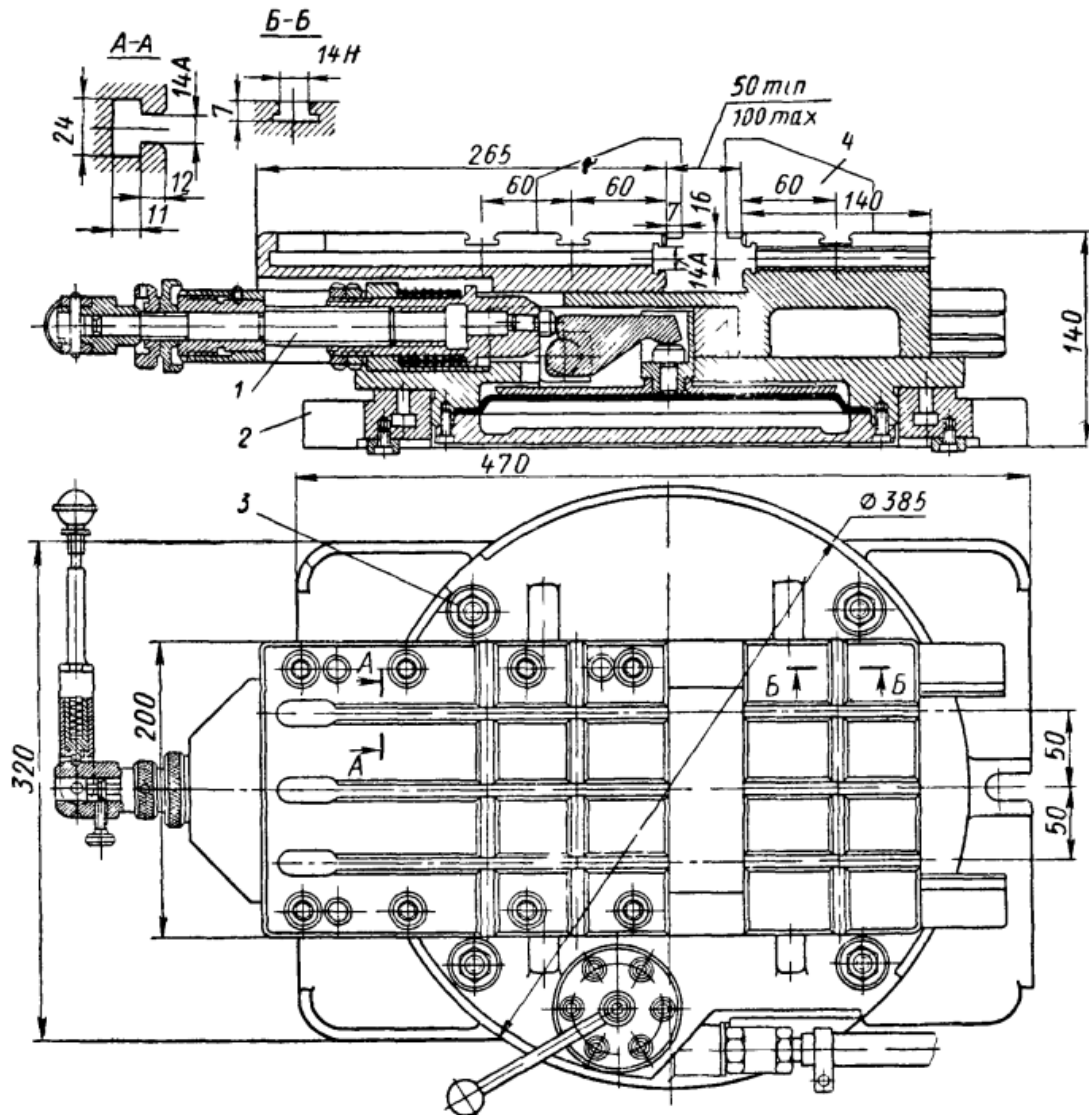


Рисунок 1.40 - Лещата універсальні, що налагоджуються

1.4.6. Лещата з механогідравлічним приводом.

На рисунку 1.41 наведено схему лещат з механогідравлічним приводом.

Попереднє закріплення роблять за допомогою рукоятки 7, при повороті якої гвинт 12 підводить рухливу губку 1 до заготовки (до зіткнення). Вісь 5 зчеплена з гвинтом за допомогою штифта 6. При збільшенні зусилля (у момент упору рухомої губки в заготовку) штифт 6 віджимається і гвинт 12 вимикається.

Подальшим обертанням рукоятки 7 передається рух тільки внутрішньому гвинту, яким через плунжери 11 і 9 створюється в гідравлічному середовищі додатковий тиск, що передається рухомій губці 1 через поршень 2 та траверсу 3.

Тарілчасті пружини 10 забезпечують плавне зростання затискаючого зусилля, а пружини 4 після закінчення затиску відводять поршень у початкове положення. Отвір 8 служить для заливання мастила в гідравлічну порожнину.

При відношенні площ плунжера та поршня, що дорівнює 1:5 і зусилля на рукоятці, що дорівнює 80 Н, сила затиску становить близько 3000Н.

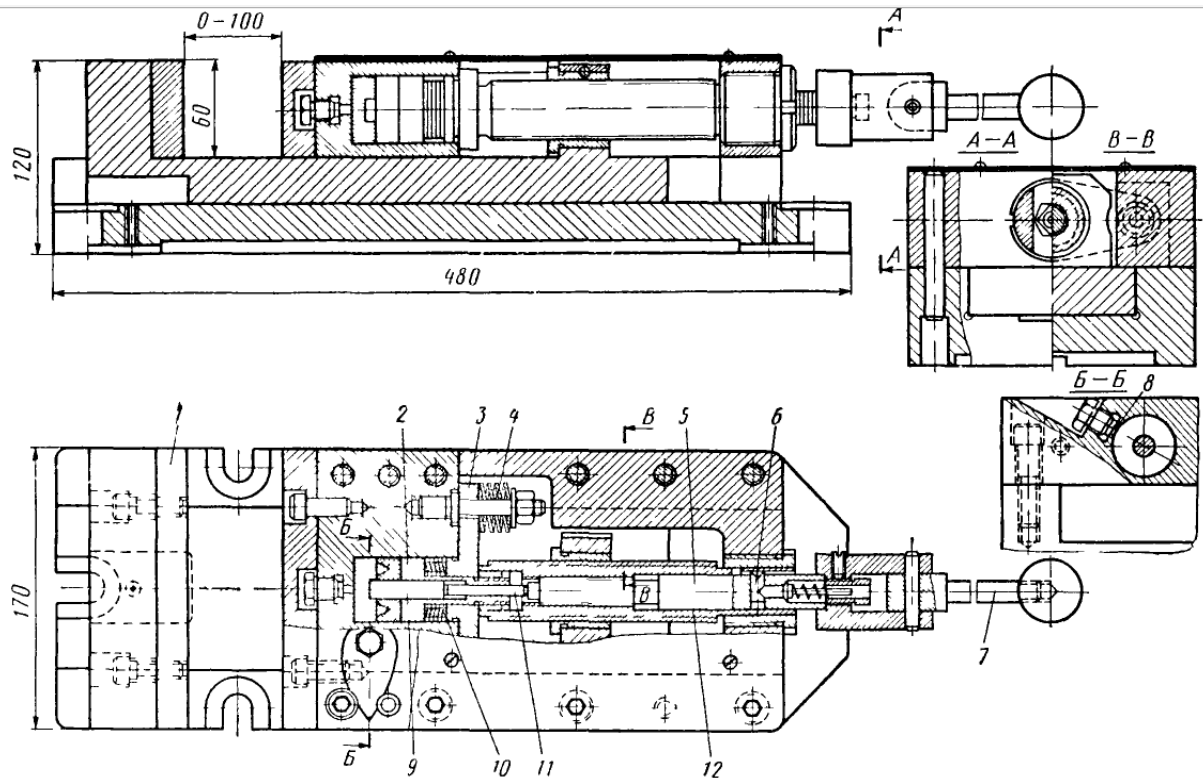


Рисунок 1.41 - Лещата з механогідравлічним приводом

1.4.7. Лещата із пружинним приводом.

Використання пневмоприводу на верстатах, що працюють автоматично, вимагає спеціальних заходів захисту від непередбаченого падіння тиску повітря в мережі. Більш надійним є застосування лещат із пружинним приводом, для яких пневматика використовується лише для розтискання лещат. Універсально-налагоджувальні лещата з пружинно-гідравлічним приводом показані на рисунку 1.42. Заготовки, що обробляються, встановлюються в зоні змінних наладок А.

Лещата складаються з корпусу з нерухомою губкою 3. У розточування корпусу встановлено поршень 1. Пакет тарілчастих пружин 2 через буртик втулки 6 і упорний підшипник 7 переміщує вліво за допомогою гвинта 5 рухому губку 4, яка затискає заготовку. При розкріпленні заготовки під дією тиску мастила поршень 1 переміщується вправо, стискаючи пакет тарілчастих пружин 2. При цьому гвинт 5 переміщує губку 4 вправо, розкріплюючи

заготовку. Зусилля затиску, яке розвивається пакетом тарілчастих пружин, становить від 25 до 80кН, що достатньо для утримання заготовок при середніх режимах обробки. Джерелом тиску мастила є пневмогідравлічний підсилювач, що створює тиск мастила 5...6 МПа при тиску повітря 0,4...0,5 МПа. На верхній та бічних поверхнях губок виконана сітка Т-подібних і шпонкових пазів, призначених для встановлення та закріплення змінних наладок, як спеціальних, так і компонованих з елементів УСП. Сітка пазів має розміри 8, 12 або 16 мм.

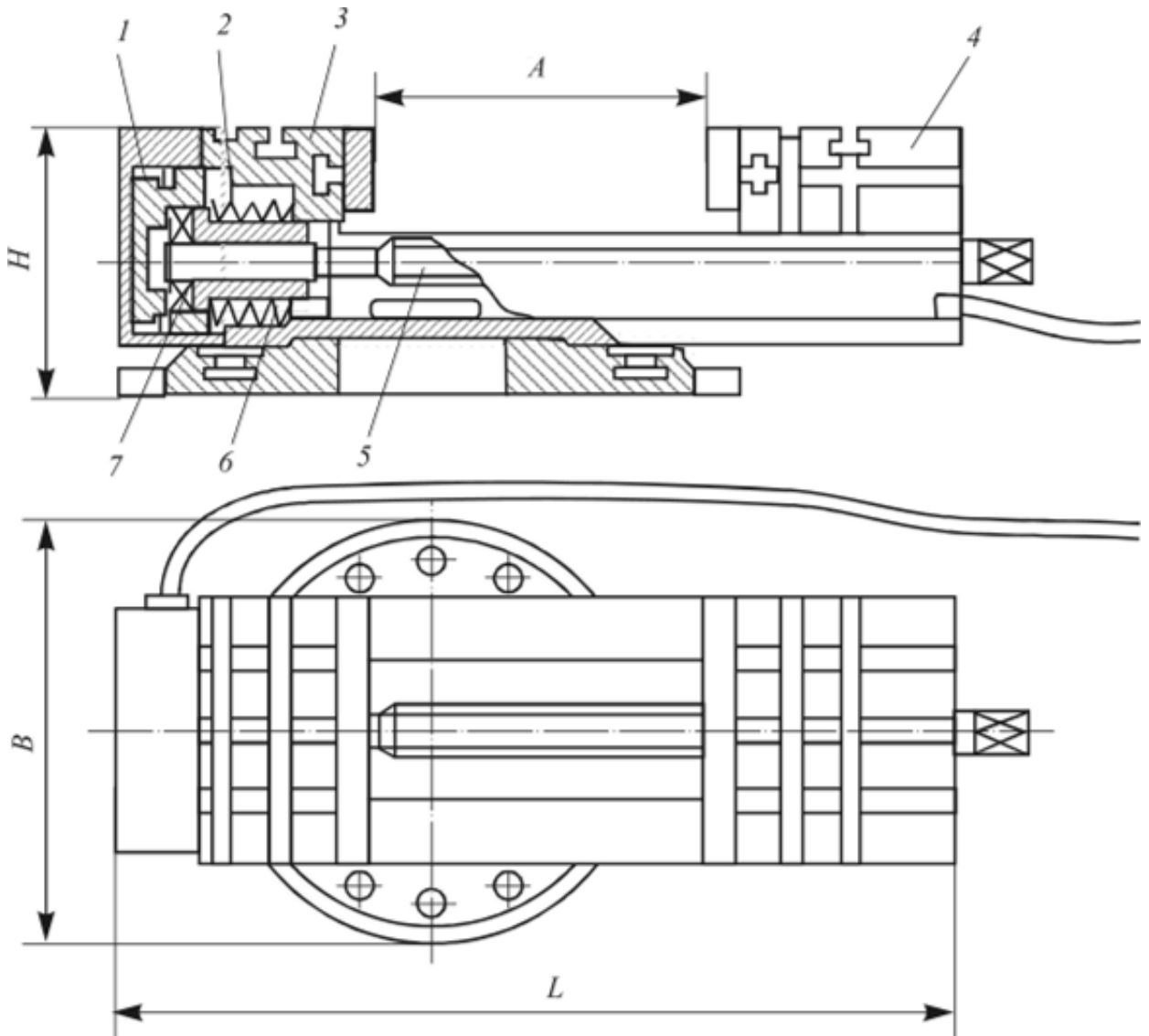


Рисунок 1.42 - Лещата з пружинно-гідравлічним приводом

1.5. Пристрої для плоскошліфувальних верстатів.

Пристрої для плоскошліфувальних верстатів – це, в основному, крім лещат, електромагнітні та магнітні плити різних типів та розмірів, а також спеціальні вакуумні пристрої.

1.5.1. Електромагнітні та магнітні пристрої.

Заготовка щільно притискається до магнітної плити базовою поверхнею. Для роботи електромагнітних плит необхідний постійний струм, тому у верстатів встановлюють генератори, що перетворюють змінний струм на постійний. Одна з переваг електромагнітних плит у порівнянні з магнітним оснащенням інших типів полягає в тому, що при їх використанні можна змінюючи силу струму регулювати силу затиску заготовки в залежності від необхідного режиму обробки.

Електромагнітні плити забезпечують надійне та швидке закріплення заготовок. Після шліфування оброблену деталь необхідно зняти з плити та усунути залишкову намагніченість.

На відміну від електромагнітних магнітні плити, що застосовуються на плоскошліфувальних верстатах, не потребують джерела енергії. Полюсами в них є постійні магніти з нікель-алюмінієвого сплаву, намагнічені на електричних установках.

Верхня частина магнітної плити (рис.1.43,а) виконана із залізних пластин 1 і 2 з немагнітними прошарками 3 між ними. Сильні постійні магніти 5 можна переміщати, поперемінно замикаючи їх на залізні пластини і заготовку 6, що закріплюється. На рисунку 1.43,б показано положення магнітів при закріпленні заготовки 6, а на рисунку 1.43,в - під час її зняття і установки. Перемикання магнітів роблять рукояткою 4. Нижню частину плити закріплюють на столі верстата прихоплювачами та болтами.

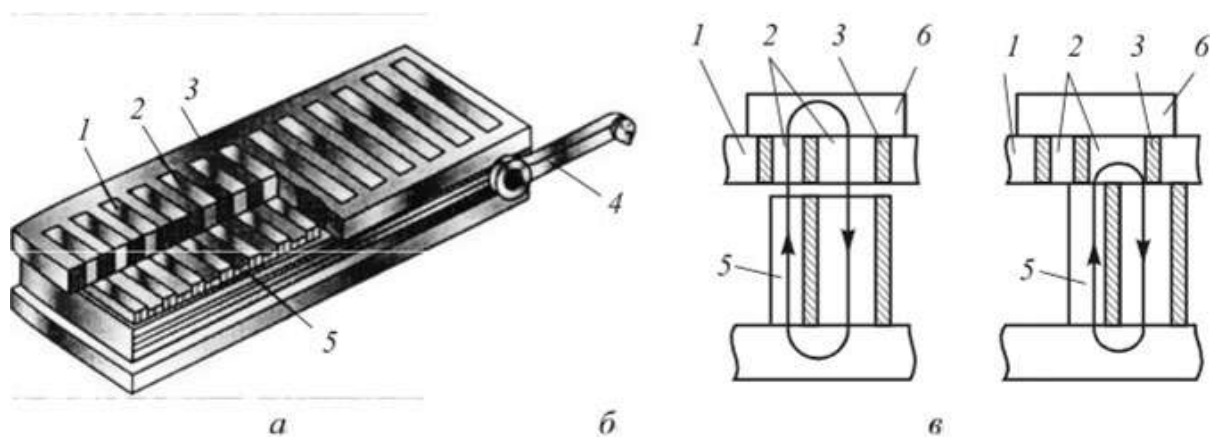


Рисунок 1.43 - Влаштування магнітних плит для плоскошліфувальних верстатів

Крім магнітних та електромагнітних плит для закріплення шліфованих заготовок застосовуються лекальні лещата, універсальні притиски, настановні планки та плити тощо.

Лекальні лещата відрізняються від машинних лещат точністю виготовлення та можливістю кантування. Їхні бічні поверхні паралельні одна одній і перпендикулярні до основи. Для закріплення лещат передбачають різьбові отвори. Найчастіше їх кріплять на магнітній плиті. Лещата виготовляють із сталі, піддають загартуванню та шліфують з усіх боків.

1.6.2. Вакуумні пристрої.

Пристрої з вакуумним затисканням заготовки застосовують на чистових операціях для затискання заготовок із різних матеріалів із добре обробленою плоскою базовою поверхнею.

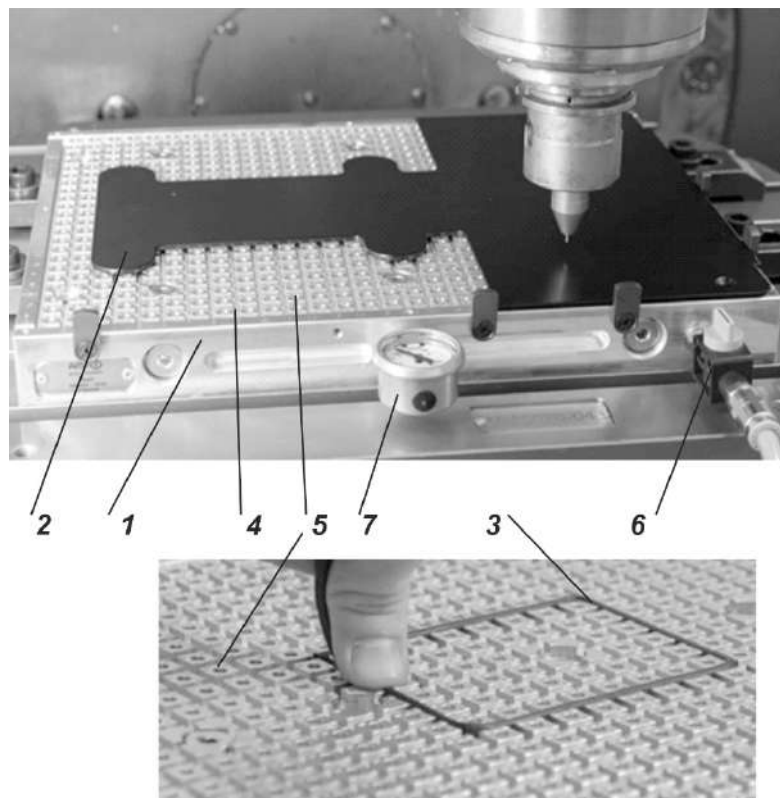


Рисунок 1.44 – Приклад вакуумного пристрою

Зазвичай на опорній поверхні корпусу пристрою 1 (рис.1.44) по контуру, що відповідає конфігурації базової поверхні оброблюваної заготовки 2, виконується спеціальна канавка 4 (або на поверхні корпусу передбачена мережа канавок), в якій розміщується гумова прокладка або ущільнювальний шнур 3. У момент встановлення заготовки цей шнур повинен виступати над настановною площиною пристрою на певну висоту. Після включення пристрою в мережу вакуумного насоса через штуцер 6 порожнини корпусу і проміжних канавках, які ізольовані прокладкою 3, створюється розрідження через сопла 5. Завдяки цьому відбувається багатоточковий притиск заготовки.

Контроль за тиском у системі та, відповідно, зусиллям притиску здійснюється манометром 7.

Відкріплення заготовки здійснюється відновленням доступу вакуумної порожнини до атмосфери.

Ущільнювальний шнур виконують з вакуумної гуми марок 1015, 9024 або 7889 (ISO). Розміри шнура та канавки впливають на працездатність пристрою. При контакті заготовки із поверхнею плити шнур повинен заповнювати канавку та деформуватися за висотою на 5-10%.

Вакуумне технологічне оснащення доцільно застосовувати для кріплення наступних видів заготовок:

- корпусні деталі з тонкими стінками, (закріплення в лещатах призводить до жолоблення);
- заготовки, що обробляються по всьому контуру;
- тонколистові заготовки;
- м'які або крихкі матеріали, що легко руйнуються під навантаженням (дерево, пластик, скло тощо);
- великогабаритні заготовки складної форми, що потребують тривалого процесу закріплення за допомогою наборів механічних притисків;
- заготовки, обробка яких доцільна за один установ без переналагодження;
- закріплення немагнітних матеріалів.

1.6. Пристрої для протяжних верстатів.

При протягуванні оброблювана деталь центрується і прямує щодо осі протяжки самою протяжкою. У процесі протягування сила різання притискає деталь, що обробляється, до опорної поверхні планшайби, встановленої в отворі станини верстата. При протягуванні отвору оброблювану деталь не закріплюють у пристрої, тому пристрої не мають спеціальних затискних елементів. Протягування різних отворів в деталях координатним методом застосовують рідше. При обробці цим методом деталі встановлюють у спеціальному пристрої, який забезпечує розташування осі протягнутого отвору щодо інших базових поверхонь деталі із заданою точністю. Для протягування отворів в деталях з необробленими базовими торцями необхідно застосовувати пристрої зі сферичними опорами, що самовстановлюються. При використанні жорстких опор протяжка може зламатися.

На рисунку 1.45 показано нормалізований пристрій зі сферичною самовстановлюваною опорою, що застосовується для протягування круглих та шліцьових отворів у різних деталях.

На сферичну поверхню 1 планшайби 2 встановлена теж зі сферичною поверхнею самовстановлювальна опорна шайба 3 зі змінною втулкою 4. При протягуванні отвору в деталі з необробленими торцями шайба 3 може вільно переміщатися по сферичній поверхні 1 планшайби 2 і забезпечувати правильне положення осі протяжки щодо осі отвору. Шайба 3 притискається до поверхні сферичної планшайби 2 чотирма плоскими пружинами 5.

Для правильної роботи кульової самовстановлювальної шайби 3 необхідно виконати вимогу

$$L R \geq \sin \varphi,$$

де L - Відстань від осі сферичної опори до точки докладання сили, що діє на торець цієї опори; R — радіус сферичної опори; φ — кут тертя на сферичних поверхнях, що сполучаються; $\operatorname{tg}\varphi=f$ (f – коефіцієнт тертя на сферичних поверхнях).

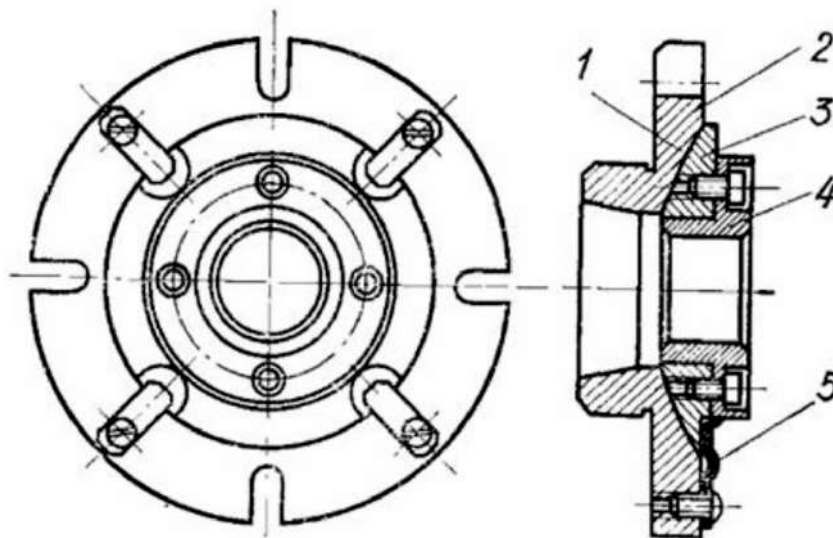


Рисунок 1.45 - Пристрій з опорою для протягування отворів

На рисунку 1.46 показано пристрій для встановлення різних деталей при протягуванні в них шпонкових пазів на протяжних верстатах. На планшайбі 1 гвинтами 5 закріплена напрямна втулка 4 (для вертикально-протяжних верстатів втулка може бути встановлена вільно), на яку центральним базовим отвором встановлюють оброблювану деталь 2. Напрямна втулка 4 має прямокутний паз, в якому встановлена загартована змінна пластина 3. Пластина протяжки забезпечує задану відстань між нижньою опорною поверхнею шпонкової протяжки та віссю отвору оброблюваних деталей. Для коротких протяжок в індивідуальному виробництві використовують набір змінних пластин, що дозволяє обробити паз за кілька переходів замість

застосування однієї довгої протяжки. Направляюча втулка 4 також забезпечує симетричне переміщення шпонкової протяжки щодо вертикальної площини, яка проходить через вісь оброблюваної шпонки деталі.

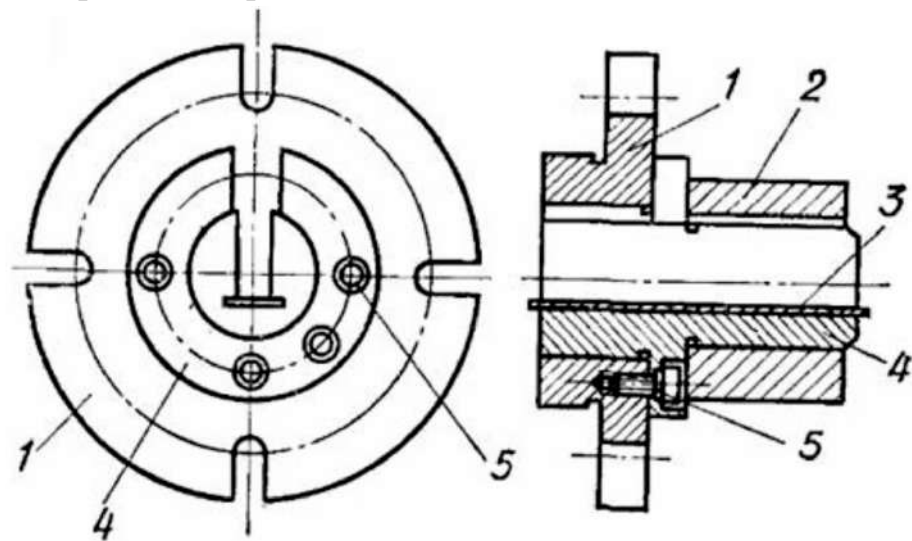


Рисунок 1.46 - Пристрій для протягування шпонкових пазів в отворах

Деталі при зовнішньому протягуванні плоских і фасонних поверхонь встановлюють і закріплюють у спеціальному одно- або багатомісному пристрої, в якому затиск і розтискання оброблюваних деталей проводиться від гідро- або пневмоприводу. Протягування зовнішніх поверхонь деталей здійснюється спеціальними протяжками на протяжних верстатах у багатосерійному та масовому виробництвах (рис.1.47).

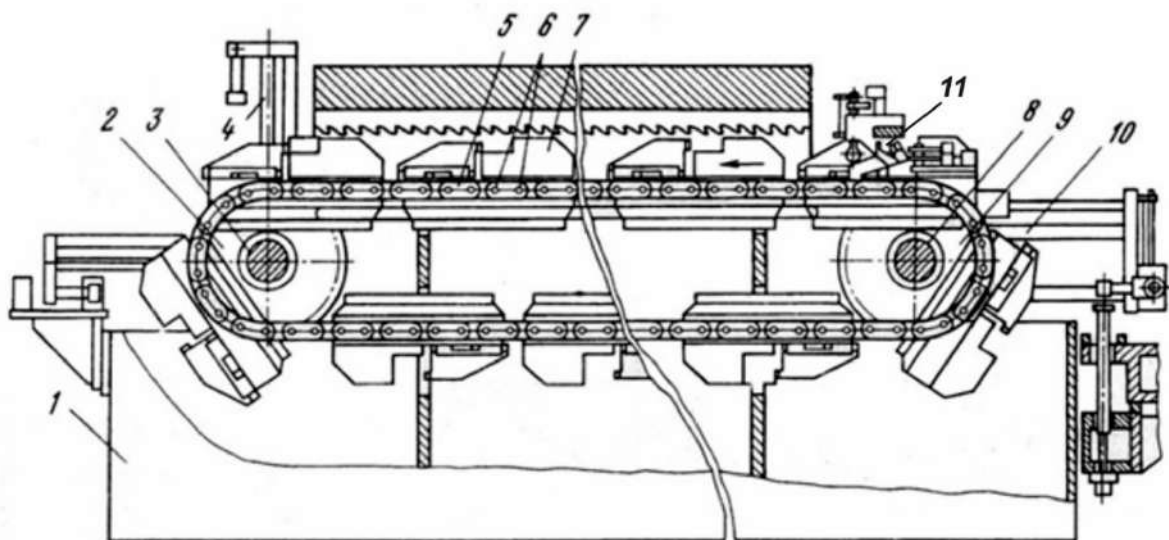


Рисунок 1.47 - Пристрій з безперервним прямолінійним переміщенням заготовки при зовнішньому протягуванні

На станині 1 встановлені ведучий 3 і ведений 8 вали, які завдяки зірочкам 2 і 9 здійснюють безперервне переміщення тягового ланцюга 5, на якій

встановлені затискні пристрої 7 (на даній схемі у вигляді лещат). На початковій позиції руху механізмом 11 здійснюється завантаження заготовки та її автоматична фіксація. Після виходу із зони обробки деталь розфіксується та переміщається в зону подальшого транспортування маніпулятором для вивантаження 4.

1.7. Пристрої для зубообробки.

При зубофрезеруванні заготовок циліндричних зубчастих коліс їх базою є отвір та торець, які мають бути попередньо оброблені. При встановленні на верстаті вісь отвору заготовки повинна збігатися з віссю обертання оправки, а базовий торець повинен бути перпендикулярним до його осі обертання.

Оправка або інша центруюча частина пристрою повинна мати радіальне биття менше 0,02 мм, а частина пристрою, на яку спирається базовий торець - торцеве биття, що не перевищує теж 0,02 мм.

Внаслідок великої різноманітності форм, розмірів та модулів зубчастих коліс різноманітні й способи їх встановлення та закріплення на зубофрезерних верстатах. Розглянемо найпростіші схеми пристроїв.

1.7.1. Пристрої для обробки зубчастих циліндричних коліс.

У більшості випадків використовуються типові конструкції пристроїв, в яких застосовуються або пристрої з ручним закріпленням, або швидкодіючим закріпленням (пневматичним, гідравлічним, різними притискними приводами). Найчастіше ці пристрої поставляються разом із верстатами. Можуть застосовуватися як на зубофрезерних, так і на зубодовбальних верстатах. Найпростіший пристрій з ручним затисканням наведено на рисунку 1.48.

На поворотному столі верстата встановлюється досить масивний корпус пристрою 4, всередині якого закріплена оправка 2. Базування заготовки 1 здійснюється за рахунок установки на опорну пластину 3 і центрування по короткому циліндру оправки 2. Заготовка закріплюється гайкою 6 через шайбу 5. Для скорочення часу установки може застосовуватися швидкозмінна шайба, конструкція якої була розглянута раніше.

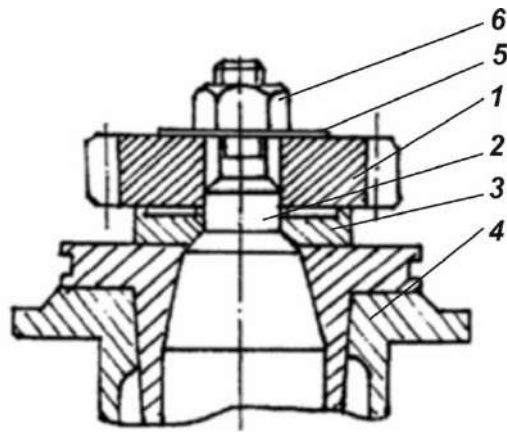


Рисунок 1.48 - Схема закріплення заготовки гайкою у пристрої зубофрезерного верстата

Для збільшення жорсткості конструкції практично у всіх моделях зубофрезерних верстатів передбачена траверса 1 з встановленим в ній центром, який підводиться до оправки 3, встановленої в корпусі пристрою на поворотному столі з заготовкою 2 перед початком обробки (рис.1.49). Конструкція траверси визначається конструкцією верстата та може бути з поворотним або лінійним переміщенням.

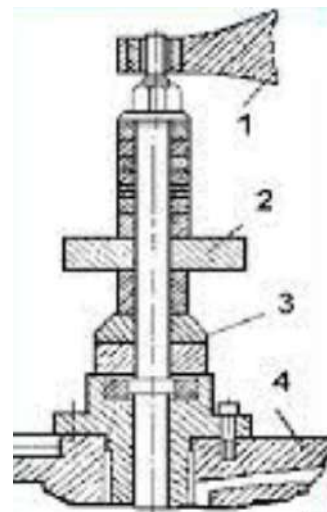


Рисунок 1.49 - Траверса зубофрезерного верстата

На рисунку 1.50 наведено конструкцію затискного пристрою з пневматичним затиском заготовки для нарізування зубів циліндричного колеса.

Заготовка спирається на торець циліндричної оправки корпусу 2 і центрується по діаметру виступаючої частини. Корпус встановлений на опорній плиті 3, яка, у свою чергу, базується на столі верстата по centruючих шпонках 7 і закріплюється Т-подібними болтами.

Усередині корпусу змонтовано пневмоциліндр 1 з регулювальним болтом 4, встановленим на штоку, що дозволяє використовувати пристрій для обробки коліс з різною шириною маточини. Затиск заготовки здійснюється при скиданні тиску в системі за рахунок розтискання пружини, встановленої в пневмоциліндрі 1. При подачі повітря в камеру пневмоциліндра через штуцер А шток переміщується вгору, стискаючи пружину та розкріплюючи заготовку. Знявши швидкозмінну шайбу 5 робітник знімає оброблену деталь і встановлює нову заготовку.

Така схема дозволяє виключити можливість розкріплення заготовки за відсутності тиску у пневмосистемі пристрою.

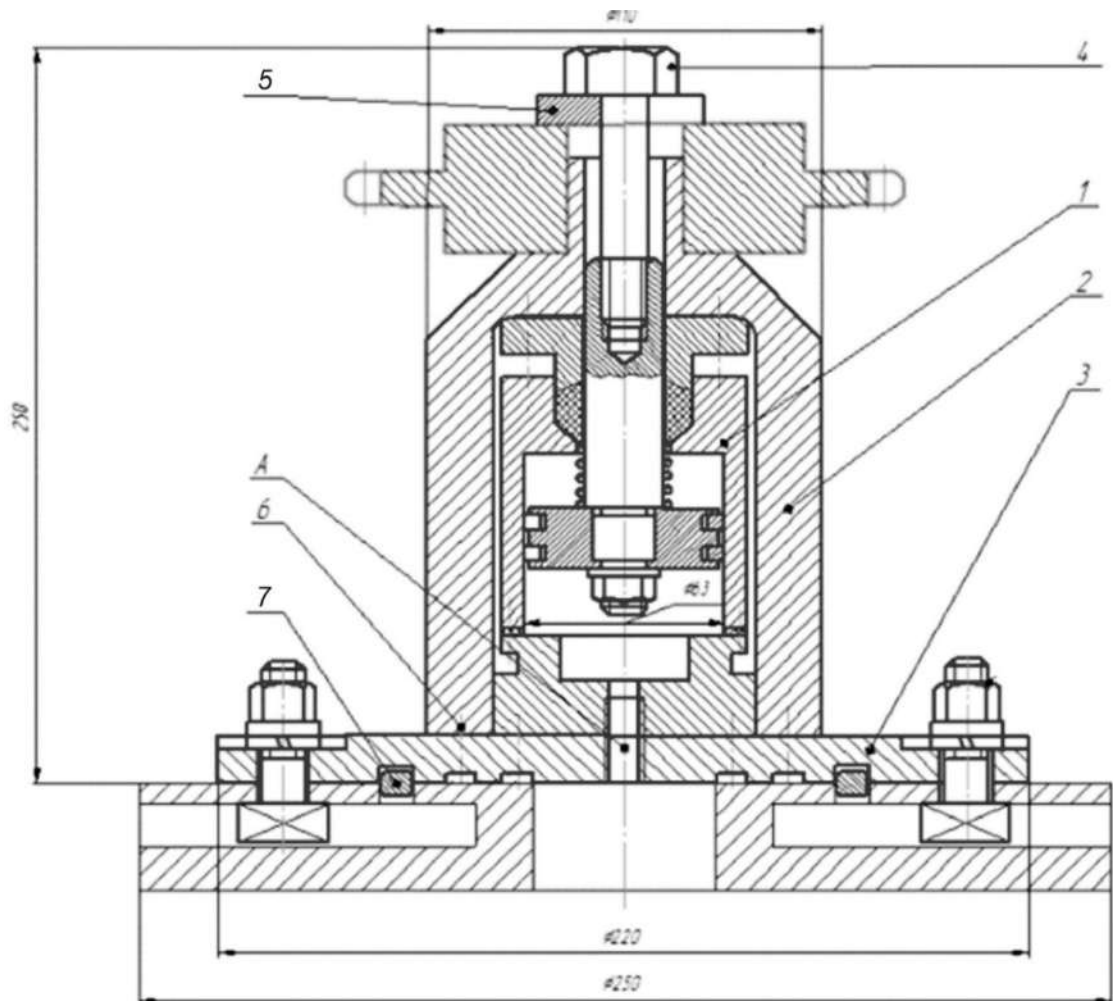


Рисунок 1.50 - Схема закріплення заготовки в пневматичному пристрої зубофрезерного верстата

Недоліком використання пристроїв при встановленні на жорстку оправку із зазором є втрата точності встановлення та можливе радіальне биття заготовки, що може бути викликане розбіжністю осей отвору та оправки або ексцентриситетом базового отвору щодо зовнішнього діаметра заготовки. Виключити цю похибку можна, наприклад, при застосуванні самоцентруючих

оправок (кулачкових, гідропластових, кулькових, цангових та ін.). Що дозволяє забезпечити центрування зубчастого колеса навіть при установці заготовок пакетом. На рисунку 1.51 наведено конструкції оправок з пружними елементами, що забезпечує точність центрування в межах 0,02 мм.

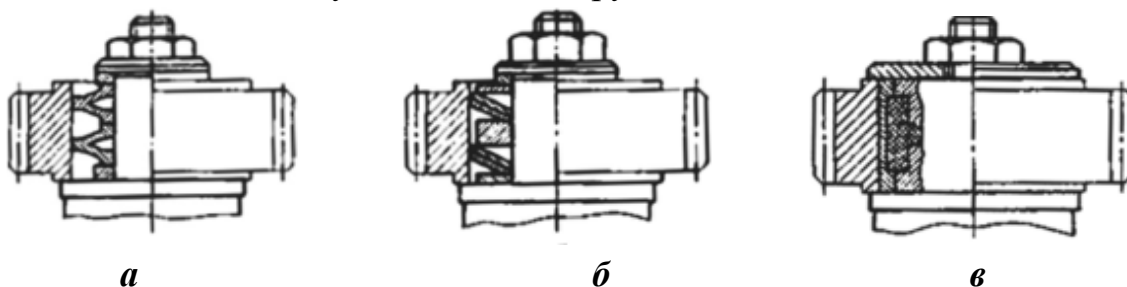


Рисунок 1.51 - Схеми застосування пружних шайб (а), тарілчастих пружин (б), та гідропласту (в) у затискних пристроях

Пристрої з розтискними втулками забезпечують встановлення заготовок без зазору і є жорсткішими, ніж кулькові та пружинні (рис.1.52,а). Закріплення заготовки 1 здійснюється завдяки розтисканню втулки 2 на корпусі 3. Зняття заготовки 1 забезпечується закручуванням гайки 4 і витягуванням втулки вгору.

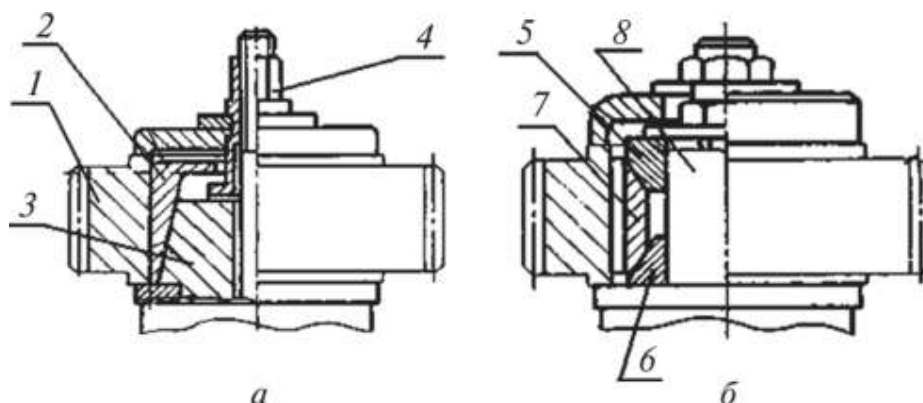


Рисунок 1.52 - Схеми пристроїв із жорсткими розтискними втулками для зубофрезерних верстатів

Для полегшення переналагодження пристрою при великій номенклатурі деталей з різними діаметрами базових отворів центруючий вузол виконується знімним (рис.1.52,б). У цій конструкції два конусних кільця 5 і 6 розтискають центруючу втулку 7. Встановлені на оправці 8 кільця 5 і 6 та втулка 7 при переналагоджуванні замінюються для встановлення заготовок з іншим діаметром базового отвору.

1.7.2. Пристрій для обробки валів-шестерень.

Заготовки валів-шестерень 1 базують по центрових отворах за допомогою рухомого верхнього центру 2 і плаваючого нижнього (підпружиненого) центру 3 (рис.1.53). Привід заготовки здійснюється за нижню шийку

кулачками 4, розташованими на конусному кільці 5. При переміщенні вниз штока гідроциліндра кулачки за рахунок лінійного переміщення по конусній поверхні стискаються і закріплюють нижню шийку заготовки, забезпечуючи її обертання в центрах 2 і 3.

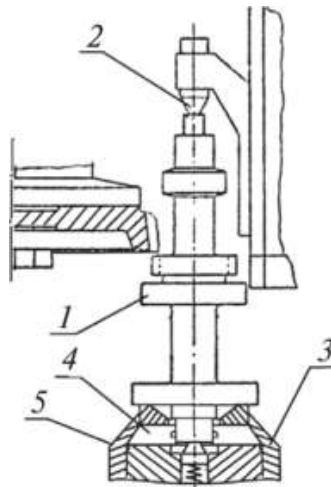


Рисунок 1.53 - Схема пристрою для обробки циліндричних валів-шестерень на зубодолбіжному верстаті

Конічні вали-шестірні або шестерні з довгою маточиною зазвичай центруються по зовнішній поверхні валу або маточини і затискаються цанговим патроном. Базування заготовки 1 здійснюється за двома шийками А та Б з упором у торець Т (рис.1.54). При переміщенні штока гідроциліндра 2 цанга 3 (подвійної дії) спочатку затискає шийку А, а потім шийку Б.

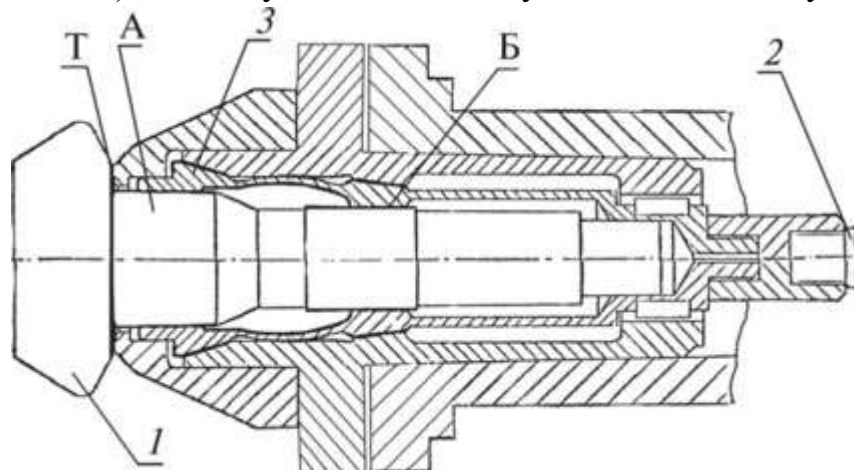


Рисунок 1.54 – Схема цангового патрона для закріплення конічного валу-шестірні

1.7.3. Пристрій для обробки конічного колеса.

На рисунку 1.55 наведено схему встановлення та закріплення заготовки при нарізуванні зубів конічного колеса.

Заготовка 5 встановлюється на зовнішній діаметр зовнішньої мембрани тарілчастої пружини 4 з упором в торець опорного кільця 6. Під дією зусилля

затиску шток 3 переміщається у втулці 10 встановленої в оправці 7 і стискає внутрішні 4 і зовнішні 2 мембрани закріплюючи тим самим заготовку.

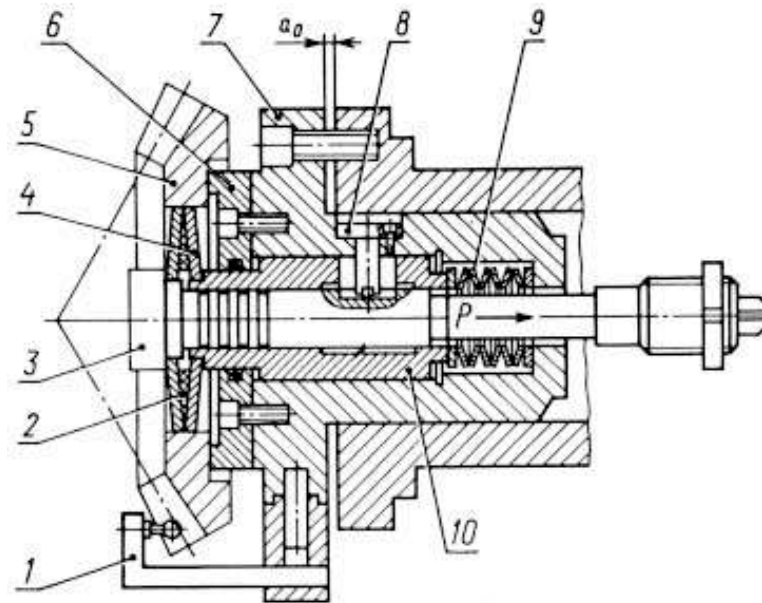


Рисунок 1.55 - Затискний пристрій для обробки конічного колеса

Одночасно стискається пружина 9, яка забезпечує розтискання заготовки після закінчення докладання зусилля затиску. Шпонка 8 забезпечує лінійне переміщення штока 3 щодо втулки 10 і запобігає повороту штока. При необхідності базування положення заготовки щодо осі обертання при вже нарізаних зубцях використовується знімний або відведений після закріплення фіксатор 1.

1.7.4. Пристрої для операцій закруглення зубів.

При ручному встановленні заготовки на зубозакруглювальному верстаті пристрій може бути суміжним - все залежить від конструктивного виконання та розмірів заготовки (рис.1.56,а). Заготовка 4 вручну встановлюється на фланець 2, що має центруючий виступ. Механізм фіксації заготовки розташований у круговому пазу фланця 2, що дозволяє орієнтувати западини заготовки зуба щодо інструменту. Цей механізм складається з сухаря 3, що переміщається в круговому пазу ручного фіксатора 5. Закріплення заготовки здійснюється за допомогою швидкозмінної шайби 1 та тяги 3 гідроциліндра верстата.

Автоматизований пристрій зубофасочного верстата для фрезерування фасок на торцях зубців шестерень складається з корпусу 1 з вбудованим пневмоциліндром 2 (рис.1.56,б). Після встановлення заготовки 3 на опору (базування по короткій циліндричній поверхні та установчій площині опори)

4 автоматичний фіксатор визначає положення заготовки і шток 6, опускаючись, закріплює заготовку притиском швидкозмінною шайбою 5.

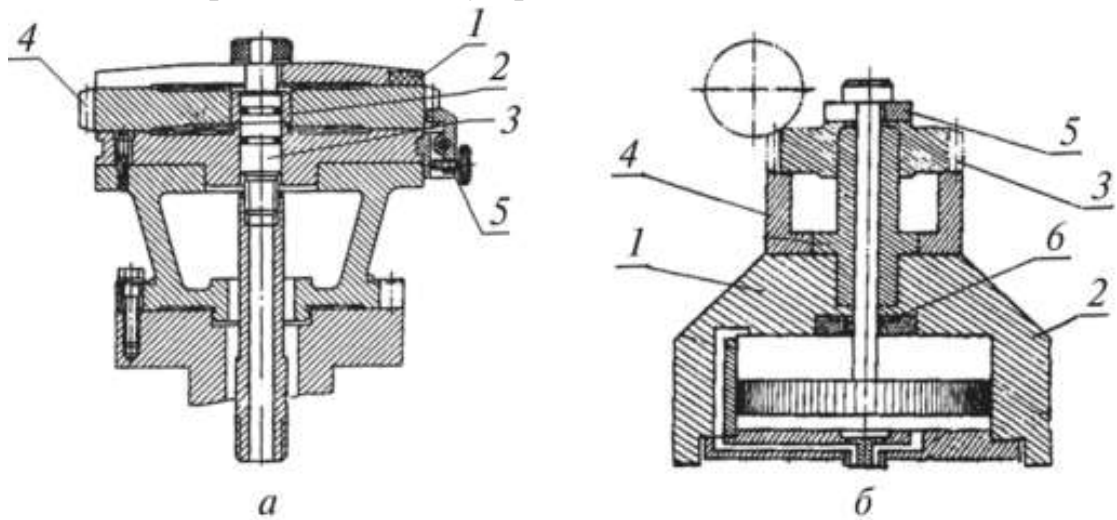


Рисунок 1.56 - Схема ручного (а) та автоматизованого (б) пристрою з фіксаторами для встановлення заготовок на зубофасочному верстаті

1.8. Спеціальні пристрої.

Спеціальні установчо-затискні пристрої для металорізальних верстатів відіграють важливу роль у забезпеченні точності, безпеки та ефективності процесу металообробки. Цей тип пристроїв призначено для базування та закріплення конкретного об'єкта обробки, з його формою та геометричними параметрами, тому при їх створенні застосовують індивідуальне проектування, що має на увазі широке різноманіття конструкцій. Спеціальні пристрої можуть забезпечувати високу точність установки заготовки, автоматизацію процесу закріплення заготовки, надійність закріплення, однак, вимагають великих фінансових і матеріальних витрат при їх проектуванні та виробництві.

Розглянути всі різноманітні варіанти неможливо. Однак необхідно зазначити, що розглянута в першій частині посібника методика та послідовність проектування спеціальних пристроїв є основою їх створення.

Зазначимо лише основні відмінності спеціальних пристроїв від розглянутих раніше універсальних (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Порівняльні характеристики універсальних та спеціальних пристроїв

Універсальні пристрої	Спеціальні пристрої
Призначені для обробки різних деталей та виконують загальні функції. Вони більш універсальні і можуть використовуватися для різних програм.	Розробляються та виготовляються під конкретні деталі та операції обробки. Вони зазвичай налаштовуються та оптимізуються для виконання певних завдань
Хоча і можуть забезпечувати задовільну точність та якість, можуть бути менш точними для конкретних деталей	Можуть бути більш точними та надійними, оскільки вони розробляються з урахуванням конкретних вимог розмірів, форми та параметрів деталей.
Зазвичай більш швидкі в налаштуванні та зміні інструменту, оскільки вони - призначені для широкого спектру деталей.	Можуть вимагати більш тривалого налаштування, оскільки вони розроблені для конкретних деталей та операцій
Завдяки стандартизації та масовому - виробництву зазвичай більш доступні з точки зору вартості.	Вимагають додаткового часу та витрат на проектування та виробництво (іноді до 50%-60% вартості спеціального верстата). Та відповідно вони можуть бути дорожчими порівняно з уніфікованими аналогами.
Можуть легко адаптуватися до різних - завдань і деталей, що забезпечує більш високу гнучкість у виробництві.	Хоч і оптимізовані для конкретних завдань, зазвичай можуть бути менш гнучкими і менш підходити для обробки інших деталей.

Запитання для самоконтролю

1. *Для яких технологічних операцій використовують патрони?*
2. *Які типи патронів ви знаєте?*
3. *Як працюють спіральні патрони?*
4. *Як працюють рейкові патрони?*
5. *Як працюють ексцентрикові патрони?*
6. *У чому особливість роботи клинових патронів?*
7. *Як працюють важільні патрони? У чому їх переваги?*
8. *Як працюють пневматичні патрони?*
9. *У чому особливість чотирикулачкового патрона із незалежними кулачками?*
10. *У чому полягає принцип роботи цангових патронів?*
11. *Які типи цангових патронів ви знаєте?*
12. *Навіщо призначені мембранні патрони?*
13. *Що таке повідковий патрон і в чому його переваги перед звичайним?*
14. *Які види центрів ви знаєте?*
15. *Що таке плаваючий центр і коли він застосовується?*
16. *Для чого потрібні хомутики?*
17. *Які види оправок ви знаєте?*
18. *У чому переваги цангових оправок?*
19. *Як працюють механічні лецата?*
20. *У чому переваги гідравлічних лецат?*
21. *Як працюють електромагнітні пристрої?*
22. *У чому недоліки магнітних пристроїв?*
23. *Коли доцільно застосовувати вакуумні пристрої?*
24. *Які пристрої застосовуються для закріплення вал-шестірни при нарізанні конічного колеса?*
25. *У чому особливості затискних пристроїв для операцій зубозаокруглення ?*

2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЧНА ОСНАСТКА

2.1. Загальні відомості.

Обробку на верстатах при автоматичному отриманні заданого розміру виконують при точному встановленні та фіксації різального інструменту. Положення заготовки в попередньо налаштованій технологічній системі визначається пристроєм, а положення різального інструменту залежить від пристроїв, що забезпечують його зв'язок з виконавчими органами верстата, такими як супорт, шпиндель, револьверна головка тощо.

Інструментальні пристрої призначені для базування, регулювання, закріплення та заміни інструментів на верстатах. Це передбачає, що вихідне становище інструменту у системі координат верстата має бути точно визначено. Оскільки розміри інструменту при переточках змінюються, а траєкторія руху робочих органів верстата залишається постійною, то коригування має виконуватися за допомогою допоміжного інструменту, що регулюється, а на верстатах з ЧПУ можливе програмне коригування траєкторії руху інструменту. Різальні інструменти, встановлені у спеціальних пристроях, попередньо налаштовують поза верстатами за допомогою спеціальних приладів, після чого їх встановлюють безпосередньо на верстати. Спеціальні пристрої забезпечують компенсацію зносу різальної частини інструменту і зростаючі зусилля різання, здійснення підналагодження на розмір, обробку виробів кількома інструментами одночасно, попереджають поломки.

Таким чином, призначення пристроїв для інструменту зводиться до забезпечення:

- зв'язку робочого інструменту з обладнанням;
- самовстановлення інструменту;
- швидкої зміни інструменту;
- переміщення інструменту за напрямом, що збігається з напрямом подачі обладнання;
- переходу виконавчої поверхні обладнання до інструменту (перехідні втулки)
- забезпечення додаткових технологічних можливостей.

Розглянемо вимоги, які пред'являються до інструментального оснащення, допомагають забезпечити ефективну та безпечну роботу обладнання, а також досягти високої якості обробки.

Точність інструменту

Процеси базування та кріплення повинні забезпечувати максимальну точність роботи інструменту. Це особливо важливо при металорізальній операції, де десятки долі міліметрів можуть впливати на якість і розмір деталі, що обробляється.

Надійність

Пристрої повинні бути надійними та стійкими до великих навантажень, особливо якщо вони використовуються для обробки важких матеріалів або за великого обсягу роботи.

Простота використання

Важливо, щоб пристрій було легко встановити та настроїти. Оператор повинен мати можливість швидко та ефективно закріпити інструмент, не витрачаючи багато часу на цю операцію.

Безпека

Безпека оператора та всього робочого середовища є однією з найважливіших вимог. Проєкт пристроїв повинен уникати можливості поранення під час їх використання.

Сумісність із інструментами

Пристрої мають бути сумісні з різними типами інструментів (фрезами, свердлами, різцями тощо), що використовуються на верстатах.

Можливість регулювання

Деякі технологічні завдання можуть вимагати зміни кута або положення інструменту. Тому важливо, щоб пристрій мав можливість регулювання відповідно до конкретних потреб обробки.

Відповідність стандартам та нормативам

Проєкт та виготовлення пристроїв повинні відповідати вимогам та нормативам безпеки та якості, що застосовуються до металорізальних верстатів та інструментів.

Мінімальний вплив на якість обробки

Пристрої повинні мінімізувати вібрації та інші фактори, що можуть впливати на якість обробки металу.

Тут навмисно не використовується термін «допоміжний інструмент», як це записується при оформленні технологічної документації, тому що він не відповідає своєму значенню. Йдеться не про інструмент, нехай і допоміжний, а про **пристрої** для інструментів.

Базування інструменту - це надання його різальному лезу (лезам) необхідного положення у системі координат несучого його елемента металорізального верстата. Однолезовий інструмент зазвичай базується по вершині або по лінії його робочої кромки. У багатлезового інструменту

зазвичай базування включає лінії проекції номінальних поверхонь розташування лез інструмента на площину, перпендикулярну до напрямку подачі або відносного переміщення інструменту та оброблюваної поверхні заготовки.

Зазвичай установка інструменту в пристрої здійснюється за явними базами (площинами, циліндричною або конусною поверхнею та ін.), хоча теоретично можна використовувати і осьову лінію (приховану базу).

2.2. Допоміжні пристрої для обробки осьовим інструментом.

У даному розділі будуть розглянуті варіанти інструментального оснащення в основному для універсальних верстатів з ручним керуванням, детальніше варіанти оснастки для верстатів з ЧПУ будуть розглянуті далі.

Кріплення осьового інструменту в патроні або шпинделі верстата здійснюється через хвостовик. Поверхні хвостовиків поділяються на циліндричні та конічні. Конусність хвостовиків зазвичай відповідає 1:20 (конус Морзе), 7:24 або 1:5. В індивідуальному та неавтоматизованому виробництві найбільшого поширення набули хвостовики з конусом Морзе номерами від 1 до 6, що виконуються з лапкою або різьбленням.

Найбільш поширеним є три типи кріплення інструменту на оправках:

- 1) на циліндричній оправці та осьовій шпонці;
- 2) на циліндричній оправці та торцевої шпонці;
- 3) на конічній оправці та торцевої шпонці.

Кінці шпинделів універсальних верстатів (за винятком цангових) з конічними посадковими поверхнями мають вісім виконань. Перші три з конусом Морзе, решта з конусністю 7:24 (для свердлильних, розточувальних та фрезерних верстатів). Сучасні верстати із ЧПУ виконуються з різними варіантами оправок, які будуть розглянуті далі.

Доцільність використання конусності 7:24 в кінці шпинделів та оправок обумовлена тим, що довжина конічного з'єднання зменшується на 60%, а це дозволяє, порівняно з конусом Морзе, знизити деформацію шпинделя та його знос за рахунок зменшення сили затягування конуса оправки в шпинделі верстата. Для сучасних верстатів із ЧПУ це дозволяє організувати автоматичну зміну інструменту, оскільки відсутній конус самогальмування. Оправки та кінці шпинделів з конусністю 7:24 виконуються укороченими та є уніфікованими для різних типів верстатів.

2.2.1. Пристрої для закріплення свердл.

При виборі та розрахунку пристроїв для закріплення свердл основними вихідними даними є осьова сила P_0 (Н) і крутний момент $M_{кр}$ (Нм) при

свердлінні; розміри, точність і якість поверхневого шару оброблених поверхонь; модель верстата; спосіб обробки; модель хвостовика.

Свердла виконуються з конічним або циліндричним хвостовиком, так як передній кінець шпинделя універсального верстата виготовляється з отвором під конічний хвостовик (конус 1:20 або 7:24) або циліндричний хвостовик, що вважається спеціальним.

2.2.1.1. Оправки з конусом Морзе.

Коли у свердла діаметр конусного хвостовика більший за діаметр його різальної частини, практично завжди хвостовик замінюють циліндричним. Таке рішення вважається доцільним через зниження металоємності інструменту, спрощення його конструкції та вільного переміщення через кондукторну втулку. З цих міркувань свердла діаметром до 10 мм виконуються з циліндричним хвостовиком. Для верстатів із внутрішнім конусом 7:24 свердла із конусом 1:20 (конусом Морзе) встановлюються через перехідні втулки.

Для свердл з конічним хвостовиком використовуються жорсткі короткі та довгі втулки з конусом Морзе, на агрегатних верстатах, автоматичних лініях та верстатах з ЧПУ застосовуються регульовані втулки з хвостовиком.

На рисунку 2.1 представлені типові схеми встановлення інструментів на універсальних свердлильних верстатах.

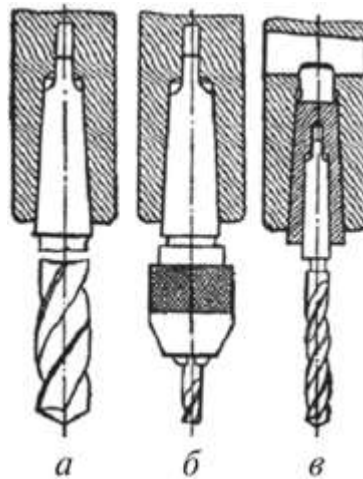


Рисунок 2.1 - Схеми встановлення свердлів у патрони на універсальних свердлильних верстатах

Відмінність в установці та кріпленні свердлів зводиться до безпосереднього закріплення конічного хвостовика свердла в конічному отворі шпинделя верстата (рис.2.1,*а*) або закріплення свердл з циліндричним хвостовиком за допомогою трикулачкового (рис.2.1,*б*) або цангового затискного патрона або перехідний втулці (рис.2.1,*в*).

Принцип роботи клинових пристроїв зводиться до переміщення клину. Свердла встановлюються так, щоб лапка свердла увійшла до пазу. Щоб видалити (вийняти) інструмент через вікно у шпинделі, зазвичай використовують оснастку для виштовхування інструменту у вигляді клину.

Перехідні втулки застосовуються, коли номер конуса Морзе у верстаті шпинделя не відповідає номеру конуса на свердлі.

2.2.1.2. Затискні патрони.

Затискні патрони використовуються для закріплення інструменту або заготовок із циліндричним хвостовиком.

На рисунку 2.2,а представлено класичний трикулачковий свердлильний патрон для сверدلів діаметром до 20мм з ручним закріпленням ключем.

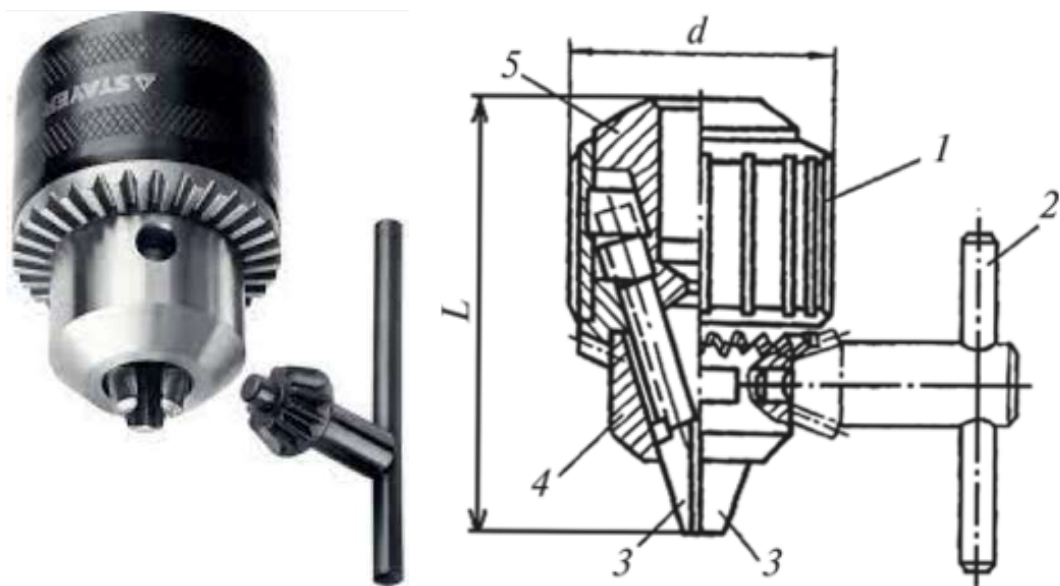


Рисунок 2.2 - Схема свердлильного трикулачкового патрона з ключем

У корпусі патрона 1 похило розташовані три кулачки 3, що мають різьблення, що зв'язує їх з гайкою 4 (рис.2.2,б). Ключ 2 обертає обойму 1 і гайку 4 (за годинниковою стрілкою). При цьому кулачки 3 опускаються вниз, центрують і затискають циліндричний хвостовик свердла. При обертанні ключа, а разом із ним обойми проти годинникової стрілки, кулачки, піднімаючись, розходяться і звільняють хвостовик свердла.

Незважаючи на широке поширення трикулачкових свердлильних патронів, вони не забезпечують високої точності центрування, під час роботи сили закріплення свердла слабшають, що викликає його биття. Крім того, різьблення та кулачки піддаються сильному зносу, особливо в момент послаблення сил закріплення свердла. Необхідність використання ключа не забезпечує стабільності сили затискання та потребує значних витрат

допоміжного часу. Тому навіть за умов дрібносерійного виробництва доцільно використовувати безключові патрони (рис.2.3).

2.2.1.3. Безключові патрони.

Безключові патрони дозволяють використовувати не тільки свердла, але зенкери та розгортки з циліндричним хвостовиком діаметром від 0,5 до 16 мм. Патрони можуть мати зовнішній хвостовик з конусом Морзе, який встановлюється в патрон верстата, або вкорочений внутрішній конус Морзе (без хвостовика). Для ручного інструменту можна використовувати патрони з циліндричним хвостовиком.

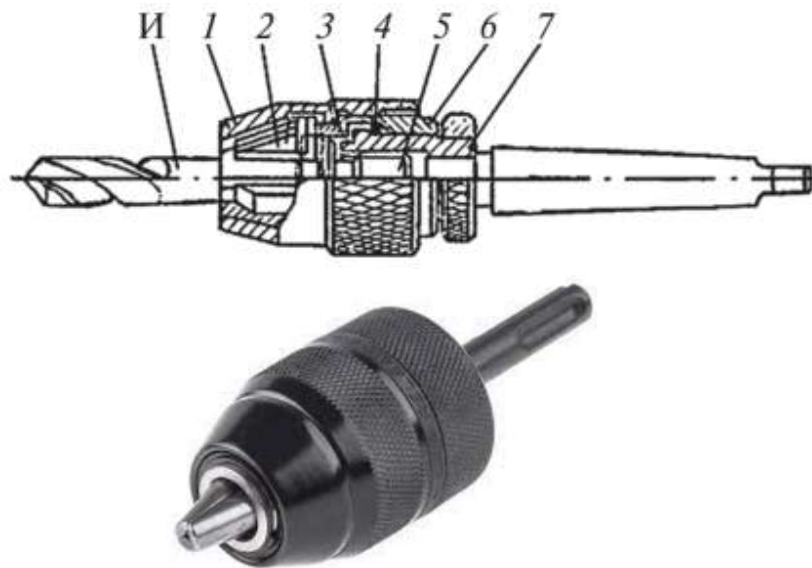


Рисунок 2.3 - Схема безключового трикулачкового патрона

Як і у патрона з ключем, у безключовому патроні розміщені кулачки 2 (під кутом 120°). При обертанні рукою (за годинниковою стрілкою) за зовнішню поверхню корпусу патрона 1, що має сітчасті канавки, разом з ним обертається обойма 3 з кулачками 2. Кулачки своїми Т-подібними торцями передають обертання гвинту 5, що має ліве різьблення, який викручується з втулки 7 і зміщує кулачки по конічній поверхні вліво та закріплюють хвостовик різального інструменту (свердла, розгортки та ін.).

На відміну від патрона з ключем, у якому сила закріплення інструменту під час роботи слабшає, у безключовому патроні ця сила зростає. Відбувається це за рахунок того, що гвинт 5, пов'язаний з втулкою 7 (з лівим різьбленням), під дією сил різання та крутного моменту, гвинт прагне вивертитися з втулки і тим самим збільшує силу закріплення хвостовика інструменту.

При необхідності заміни свердла корпус повертається в протилежному напрямку (проти годинникової стрілки), гвинт 5 вкручується у втулку 7 і тягне за собою Т-подібні торці кулачків 2, розкріплюючи хвостовик свердла. Для

полегшення цієї операції між буртиком втулок 7 та 6 розміщені кульки 4, які зменшують сили тертя та величину зусиль для розкріплення інструменту.

2.2.1.4. Швидкозмінні патрони.

Найбільш простим та ефективним рішенням є швидкозмінні патрони, що фіксуються кульками (рис.2.4).

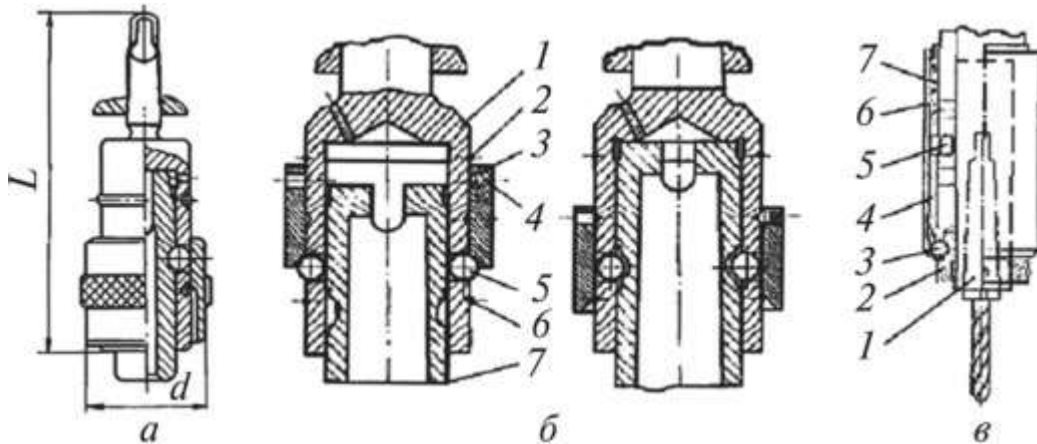


Рисунок 2.4 - Схема швидкозмінного патрона з кульками для роботи з невеликими зусиллями різання

Швидкозмінні патрони зручно використовувати при послідовній обробці на універсальному обладнанні отворів свердлом (зенкером, розгорткою) за необхідності скорочення допоміжного часу на зміну інструменту.

На рисунку 2.4,б представлено патрон 1 з провідними (одною або двома) кульками 5, що передають невеликий крутний момент. На величину цього параметра слід звернути особливу увагу і не використовувати ці патрони при роботі в напружених умовах. При зміні втулки 7 (з інструментом) втулку 3 піднімають до другого упорного кільця 6, кулька 4 (з пружиною) зафіксує осьове положення втулки 3.

При використанні свердла з конічним хвостовиком свердло закріплюється, як завжди, в подовжувачі (див. рис.2.4,в). Сам подовжувач 1, з профільною регульовальною гайкою 2, вставляється в шпindelь верстата до упору в торець гайки. Гайка 2 має проточку, в яку входять кульки 3, розміщені в корпусі швидкозмінного патрона 4, укріпленого на зовнішньому діаметрі шпинделя гвинтом 5. На корпусі змонтована обойма 6, на яку впливає пружина 7. Конусна частина обойми контактує з кульками 3 та оберігає подовжувач від випадіння. Для зміни подовжувача необхідно, подолавши зусилля пружини, відтягнути обойму, при цьому конічна поверхня створює вільний простір, в якому розміщуються кульки, коли подовжувач видаляється зі шпинделя верстата.

Широке поширення для закріплення інструментів з циліндричним хвостовиком отримали не тільки кулачкові, але і цангові патрони (діапазон хвостовиків інструментів, що закріплюються, не перевищує 20 мм).

Принцип роботи цангового патрона для закріплення інструментів аналогічний до цангових пристроїв для закріплення заготовок.

2.2.1.5. Патрони із торцевим ущільненням.

Патрон із торцевим ущільненням (рис.2.5) використовується при свердлінні ежекторними, рушничними та іншими спеціальними свердлами, коли необхідно забезпечити підведення ЗОТР до інструменту через отвір у шпинделі.

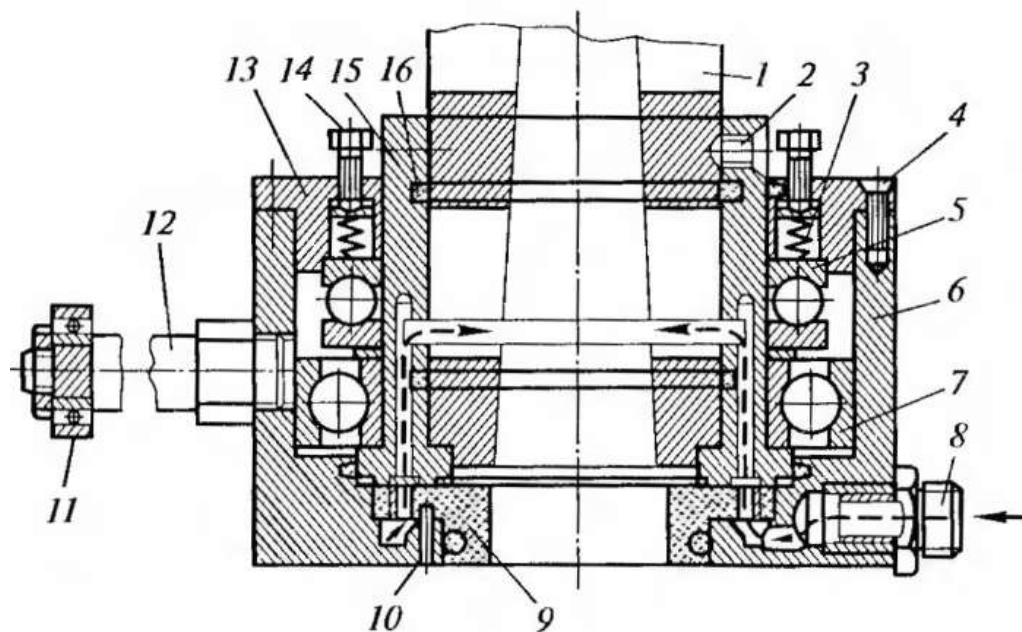


Рисунок 2.5 - Патрон з торцевим ущільненням для подачі ЗОТР під високим тиском

Втулка 15, що обертається, патрона закріплюється на шпинделі 1 верстата гвинтами 2. У канавках посадкового отвору втулки розташовані ущільнювальні кільця 16. У нижню торцеву поверхню втулки 15 упирається текстолітове кільце 9, пов'язане штифтами 10 з корпусом 6, який змонтовано на підшипниках 5 і 7, та при обертанні втулки 15 залишається нерухомим. Зверху до корпусу гвинтами 4 прикріплена кришка 13. Палець 12 з роликком 11 ковзає при осьовому переміщенні шпинделя за упорною планкою, яка закріплена на станині верстата, і утримує патрон від обертання.

ЗОТР підводиться до патрона через штуцер 8 і далі надходить до інструменту через кільцеву канавку і отвори в текстолітовому кільці 9, а також через кільцеву канавку, отвори втулки 15 і отвір шпинделя. Ущільнення між торцем втулки 15 і кільцем 9 утворюється при стиску пружин 3 болтами 14.

При роботі патрона додаткове ущільнення створюється ЗОТР, що подається, яка діє на вільну поверхню кільця 9, підтискуючи його до торця обертової втулки. Величина тиску в зоні контакту торцевих поверхонь втулки і кільця визначається ставленням площі контакту до площі вільної поверхні кільця 9, на яку тисне рідина, що подається.

Кільце ущільнювача 9 в патроні виконано з текстоліту ПТК, стабільно працює при швидкості ковзання до 330 м/с при питомому тиску до 11 МПа.

2.2.2. Пристрої для закріплення розгортки.

У машинобудуванні використовуються кілька схем встановлення розгортки. Жорстка установка розгортки здійснюється за тією ж схемою, що і установка свердла та зенкерів.

Застосування спеціальних пристроїв для розгортки (тобто працюючих за попередньо виконаним отвором) вимагає збігу положення осей отвору, що обробляється, і шпинделя. При забезпеченні співвісності в межах 50 мкм застосовуються жорсткі, а при великих зсувах осей використовуються самовстановлювані патрони для забезпечення точності обробки та запобігання від поломки. Самовстановлювані патрони (рис.2.6) поділяються на:

- гойдаючі (можуть встановлюватися під кутом до осі шпинделя);
- плаваючі (що дозволяють інструменту переміщатися перпендикулярно до осі інструменту);
- гойдаючі та плаваючі одночасно.

Такі патрони компенсують розбіжність осей шпинделя і отвору, забезпечують самовстановлення інструменту по осі оброблюваного отвору шляхом його зміщення у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

Патрон, що гойдається (рис.2.6,а) закріплюють у шпинделі верстата конічним хвостовиком корпусу 1. В отворі корпусу на штифті 4 з деяким зазором встановлена втулка 5 з конічним отвором під хвостовик розгортки. Кулька 3 і підп'ятник 2 утворюють осьову опору втулки 5. При роботі втулка може гойдатися в межах наявного зазору (в результаті чого розгортка повертається на деякий кут щодо осі шпинделя), а отже забезпечує суміщення осі розгортки з віссю отвору.

Патрони, що плавають, забезпечують вільне поєднання осі розгортки з віссю оброблюваного отвору без перекошу інструменту. Корпус патрона 15 (рис.2.6,б) з конічним отвором під інструмент розміщений у виточці хвостовика 14, яким патрон кріпиться в шпинделі верстата. У фланці корпусу запресовані два штифти 11, на які надіті втулки 12. Такі ж два штифти 6 запресовані у двох діаметрально протилежних отворах торця хвостовика 14. На штифтах 6 також знаходяться втулки.

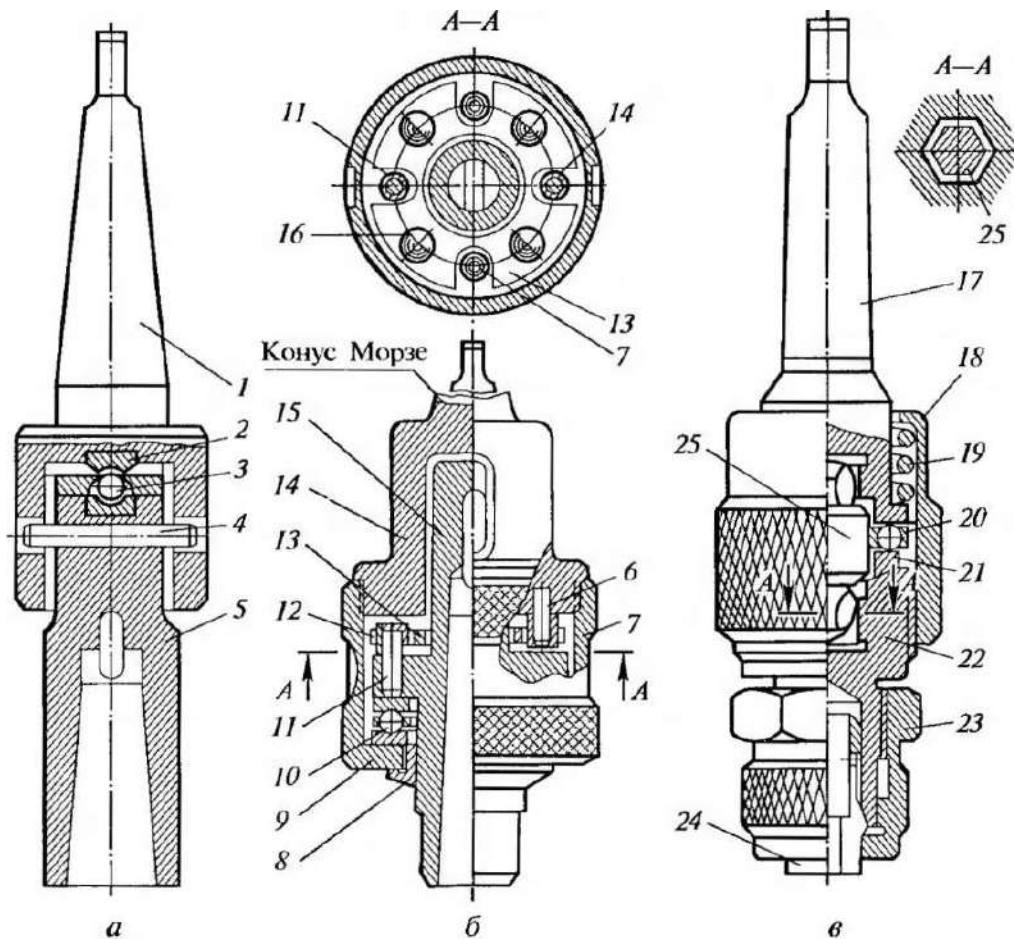


Рисунок 2.6 - Патрони для кріплення розгорток: а – гойдається; б - плаваючий; в – гойдається і плаває

Між фланцем корпусу і торцем хвостовика розташоване повідкове кільце 13, у чотирьох гніздах якого розміщені кульки 16, що передають осьове зусилля інструменту через фланець корпусу на торець хвостовика. У повідковому кільці є також чотири пази, в які входять втулки штифтів 11 і 6. При роботі патрона крутний момент від хвостовика 14 до корпусу 15 передається через штифти 6, повідкове кільце 13 і штифти 11.

Фланець корпусу підтискається до торця хвостовика гайкою 7, з'єднаною з хвостовиком різьбленням. Між гайкою та фланцем корпусу для зменшення тертя розташовані кульки 10. Кульки розміщені в сепараторі між двома кільцями 9. Втулка 8 на корпусі оберігає патрон від забруднень. Конструкція патрона виключає перекіс інструменту при роботі і допускає зміщення (плавання) корпусу 15 з інструментом в площині, перпендикулярної до осі обертання, на величину до 1,5 мм.

Патрони для кріплення розгорток з циліндричним та конічним хвостовиками допускають як кутові зміщення інструменту («хитання»), так і радіальні його зміщення в площині перпендикулярної до осі («плавання»). У шпинделі верстата патрон закріплюється хвостовиком 17 (рис.2.6,в). Між

торцем хвостовика і торцем втулки 22 на шайбі 21 в сепараторі 20 встановлені кульки, через які хвостовик сприймає від втулки осьову силу різання під час роботи інструменту.

Крутний момент від хвостовика до втулки передається через повідець 25, що має по кінцях закруглені шестигранні виступи, грані яких зсунуті один на одного на 30° . Верхній виступ повідця входить у шестигранний отвір хвостовика, а нижній – в аналогічний отвір втулки 22. Втулка підтискається до хвостовика пружиною 19, яка діє на фланець гайки 18, пов'язаної різьбленням з втулкою 22. Інструмент в патроні закріплюється з допомогою гайки 23, яка при обертанні через різьблення втулки 22 зміщує в осьовому напрямку цангу 24.

Таке відносно вільне положення розгортки необхідне при чистовій обробці отворів.

Для насадних зенкерів і розгорток великих діаметрів застосовують спеціальні оправки, які дозволяють досить точно позиціонувати і передавати великі значення крутного моменту на інструмент (рис.2.7).

Базування здійснюється по конічному або циліндричному отвору в інструменті, а передача крутного моменту - через торцеві шпонки.

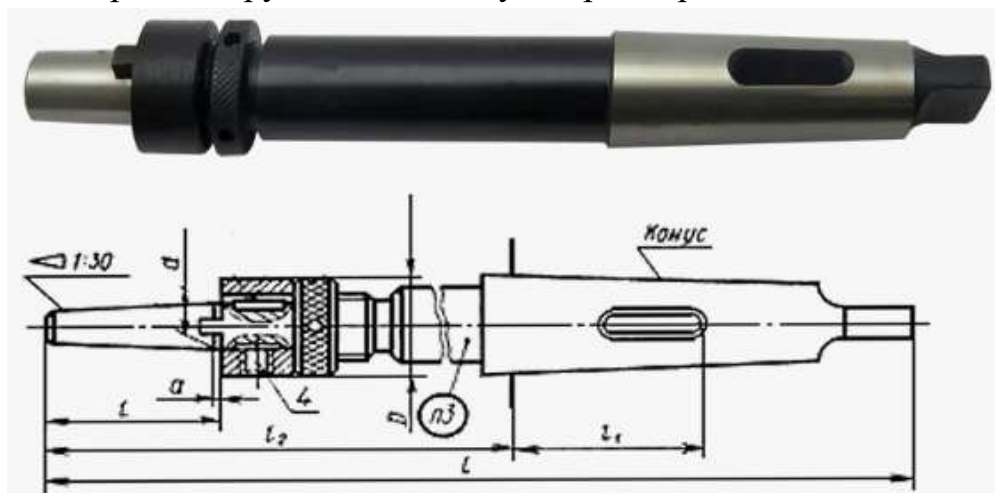


Рисунок 2.7 – Оправки для насадних зенкерів та розгорток

2.2.3. Пристрої для осьового налаштування інструменту.

Після переточування інструменту виникає необхідність додаткового налаштування його положення щодо заготовки, що обробляється.

Налаштування осьового інструменту по довжині після переточування або заміни досягається регулюванням осьового положення стрижня швидкозмінного патрона в шпинделі за допомогою двох гайок (рис.2.8). Це налаштування може здійснюватися поза верстатом, що значно скорочує допоміжний час на технологічній операції.

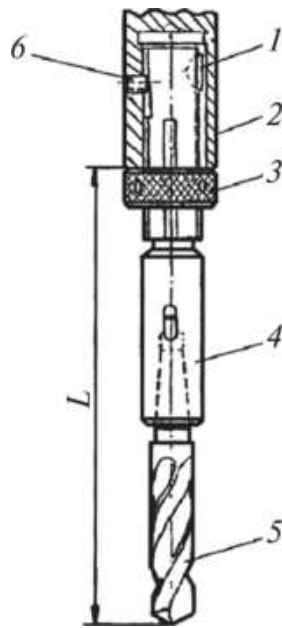


Рисунок 2.8 - Приклад установки інструменту з подовжувачем у патрон верстата

Після переточування інструменту (свердла) 5 його встановлюють в подовжувач 4 і налаштовують на заданий розмір L поза верстатом за допомогою гайки 3. Потім подовжувач зі свердлом встановлюється в патрон 2 по шпонці 1 і закріплюється гвинтом 6. Для прискорення процесу зміни інструменту подовжувачі заздалегідь налаштовують на заданий розмір і зберігають в інструментальній шафі.

На агрегатних верстатах дуже часто використовують спеціальні пристрої для налагодження кількох осьових інструментів різного типу поза зоною обробки (рис.2.9).

Пристрій складається з корпусу 1, на якому встановлена стояка 2, а на ній обертальний диск 4 зі штифтами-еталонами (пальцями) 3, 7, 8, 9. Кількість штифтів, що встановлюються в диск, дорівнює кількості інструментів верстата, що мають різні налагоджувальні розміри. У корпус 1 встановлюються втулки 11, 13, внутрішній діаметр яких дорівнює посадковим діаметрам патронів у шпинделях. Налагоджувальний комплект, що складається з інструменту та патрона, встановлюють в отвір втулки. Повертаючи диск 4 навколо осі стояку 2, підводять штифт-еталон, який налагоджено на розмір, до інструменту. Обертаючи гайку на патроні, переміщують інструмент до збігу вершини інструменту з торцем штифта-еталона і фіксують це положення контргайкою.

Кожну вимірювальну позицію налагоджують за відповідним зразком, розмір якого визначається значенням налагоджувального розміру інструменту. Пристрій для налагодження інструменту забезпечує точність

розташування різального інструменту у напрямку робочої подачі в межах від $-0,1$ до $+0,1$ мм.

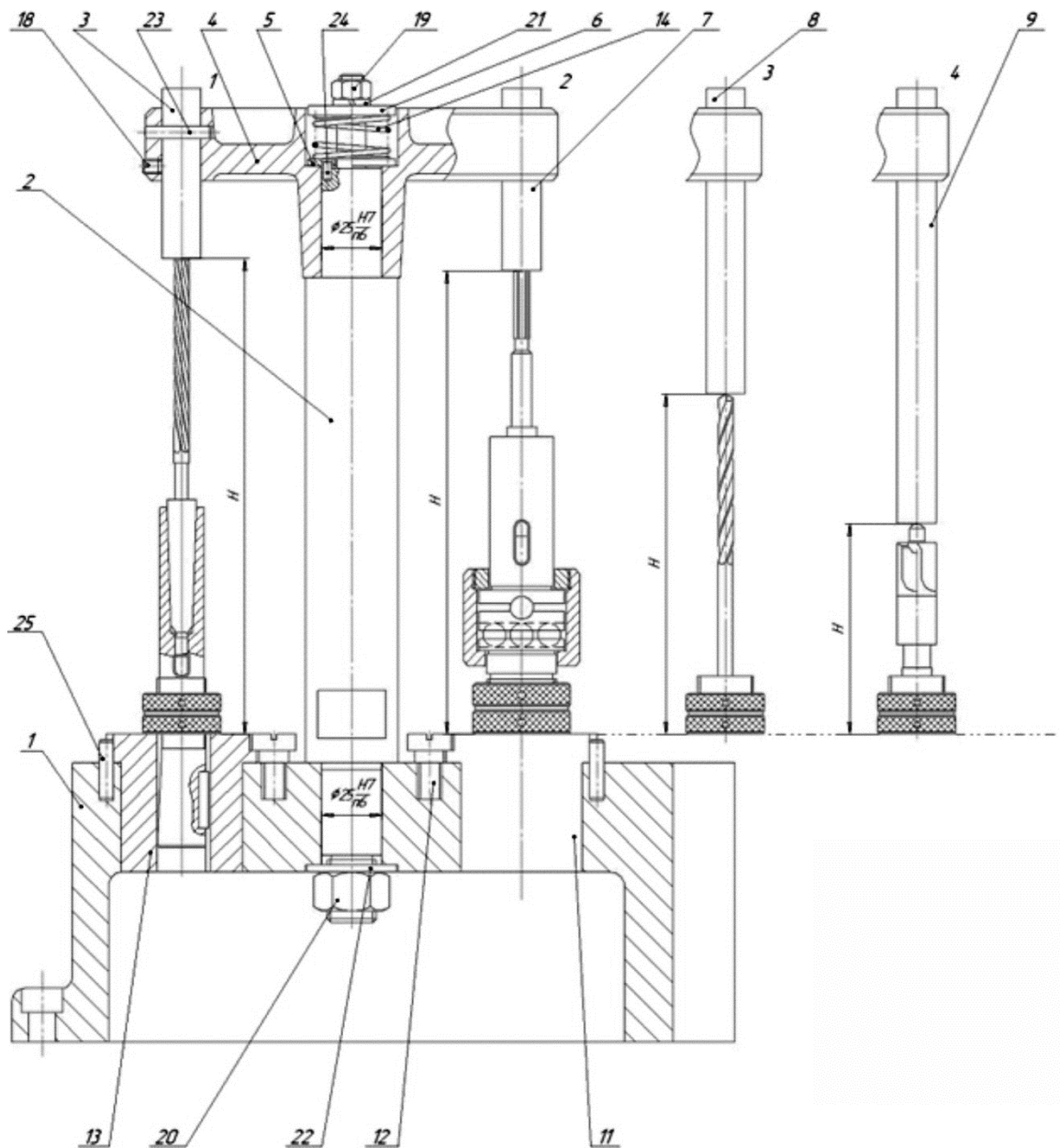


Рисунок 2.9 – Пристрій для налаштування комплекту осьового інструменту поза верстатом

Інструменти з циліндричними хвостовиками також дозволяють легко проводити осьове регулювання та зміну різального інструменту. Зазвичай циліндричні хвостовики сполучаються з гніздами по системі отвору з посадкою "руху" ($H6/G6$). Хвостовик інструменту (або вставки) діаметром менше посадкового отвору в патроні (шпинделі) на $0,03-0,08$ мм. Передача крутного моменту зазвичай здійснюється через шпонки, лиски, квадрати, шліци, різьблення, замки та інші елементи.

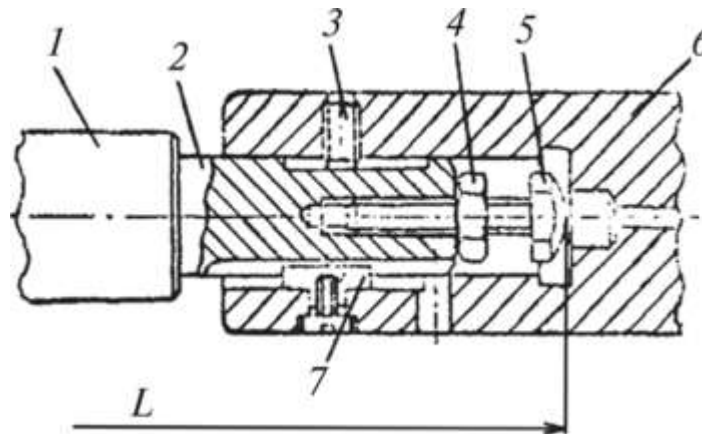


Рисунок 2.10 - Схема встановлення та налагодження на заданий розмір інструменту з циліндричним хвостовиком

На рисунку 2.10 наведено приклад оправки для встановлення та регулювання інструменту *1* (зенкерів, цековок тощо) з циліндричним хвостовиком *2*. За рахунок регулюючого гвинта *5* забезпечується задане значення настановного розміру *L*. Задане положення гвинта *5* фіксується гвинтом *4*. Інструмент вільно встановлюється в оправці *6* і орієнтується по шпонці *7* відносно гвинта *3*, за допомогою якого визначається та фіксується положення інструмента на оправці.

2.2.4. Пристрої для закріплення інструментів під час нарізування різьблення.

Як і при виконанні операції розгортання отвору, різьбонарізанню вимагає забезпечення співвісності інструменту та отвору. При обробці отворів мітчиками зазвичай існує небезпека поломки інструменту (особливо при обробці глухих отворів, роботі затупленим інструментом, у складних умовах виходу стружки тощо), тому патрони забезпечуються запобіжними пристроями, налаштованими на заданий (максимальний) крутний момент. У момент перевантаження вони автоматично вимикаються. Якщо на верстатах неможливо здійснити зворотне обертання шпинделя (для викручування мітчика), використовуються спеціальні реверсивні патрони. Так само, як і в умовах розгортання, при нарізанні різьблення, використовуються жорсткі та самовстановлювані патрони.

Якщо комплект складається з чорнового, напівчистового та чистового мітчиків, то навантаження на перший мітчик (чорновий) становить 50÷60%, на другий — 30÷35%, а на третій — лише 10÷15%.

Однопрохідне нарізання різьблення машинним мітчиком може здійснюватися з обертанням мітчика при нерухомій заготовці, з обертанням

заготовки і мітчиком, що не обертається, або з мітчиком, що обертається, і заготовкою.

При нарізанні наскрізного різьблення гайковими мітчиками обертання здійснюється мітчиком з прямим або з вигнутим хвостовиком.

Мітчики поділяються на машинно-ручні, машинні гайкові, трубні, конічні, збірні (регульовані та нерегульовані) та комбіновані.

Умови роботи мітчиків та його конструктивні особливості враховуються під час проектування оснащення їх закріплення.

При нарізанні різьблення на верстатах застосовують два способи обробки: найчастіше застосовується спосіб самозакручування (самозатягування) без примусової подачі інструменту, рідше - копіювальний спосіб з примусовою подачею.

При застосуванні способу самозатягування привід подач відключається (від шпинделя верстата) тому використання швидкозмінних патронів (зі змінними вставками для мітчиків або плашок) найбільш доцільно.

При застосуванні способу з примусовою подачею, а подача шпинделя не дорівнює кроку різьби, що нарізається, використовуються патрони з пружинними компенсаторами, які дозволяють забезпечити осьове переміщення інструменту (мітчика, плашки) незалежно від переміщення шпинделя.

При можливому перевантаженні мітчика (глухий отвір, значний припуск і т.д.) слід використовувати запобіжні патрони, що самовиключаються (налаштовуються на певний крутний момент).

Якщо виконана умова точного (до 0,1 мм) суміщення осі шпинделя з віссю отвору, що обробляється, то можна використовувати жорстке кріплення мітчика; якщо така умова не виконується, слід застосувати самовстановлювані або плаваючі патрони.

При нарізанні різьблення комплектом машинних мітчиків на агрегатних верстатах та верстатах з ЧПУ доцільно використовувати патрони зі швидкозмінними елементами (зі вставкою із закріпленим у ній мітчиком).

Автоматичне налаштування на заданий крутний момент здійснюється в запобіжному патроні за рахунок створення зв'язку між розміром мітчика, що закріплюється, квадратом мітчика і запобіжною муфтою.

При застосуванні різьбонарізних головок (для нарізування зовнішнього різьблення) не потрібно реверсування, а можливість регулювання середнього діаметра різьблення та встановлення в одному корпусі різних гребінок дозволяє спростити оснащення для встановлення інструменту. Однак при виборі оснастки слід враховувати конструктивні особливості роботи різьбонарізних головок (з самозатягуванням або примусовою подачею, з

різьбонарізною головкою, що обертається або не обертається тощо). Зазвичай під час роботи з самозатягуванням різьбонарізна головка закріплюється за допомогою компенсаційного патрона.

2.2.4.1. Плаваючий компенсуючий різьбовий патрон.

На рисунку 2.11 представлена схема плаваючого та компенсуючого різьбового патрона. Особливістю даної конструкції патрона є створення їм умов вільного переміщення мітчика в площині, перпендикулярної осі обертання, і зведеного переміщення мітчика при русі шпинделя з подачею більшою, ніж крок різьблення. Іншими словами, дане рішення забезпечує зміщення «плавання» в площині, перпендикулярної осі обертання патрона, якщо вісь отвору, що нарізається, не компенсує невідповідності подачі кроку різьблення.

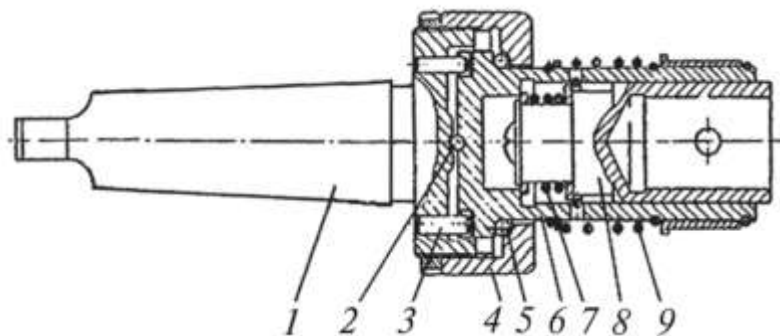


Рисунок 2.11 - Схема різьбового патрона, що плаває і компенсує.

Патрон встановлюється хвостовиком *1* у шпиндель верстата. Мітчик закріплюється у вкладиші *8* тримача *6*. Кульки *5* упираються в заплечики тримача *6*, а кулька *2* - у площину фланця хвостовика *1*. Кришкою *4* регулюється вільне переміщення тримача *6* в площині перпендикулярної осі хвостовика. Крутний момент передається від хвостовика *1* через пальці *3*, тримач *6* і вкладиш *8* до мітчика.

При розбіжності (відхиленні від співвісності) осі оброблюваного отвору і осі шпинделя верстата мітчик направляється по отвору, що обробляється, за рахунок того, що пальці *3* входять в пази тримача з зазором, а він, у свою чергу, також встановлений в отворах фланця хвостовика і кришки з зазором. При цьому кульки *2*, *5* забезпечують більш легке зміщення мітчика по отвору, що обробляється. Пружинні компенсатори *7* та *9* забезпечують додаткову можливість переміщення мітчика щодо тримача *6* та хвостовика *1*.

2.2.4.2. Оправки швидкозмінного кріплення мітчиків.

Для швидкого встановлення та кріплення мітчиків можуть використовуватися оправки з кульками (рис.2.12).

Мітчик *1* встановлюється у втулці *2* з отвором під гладкий хвостовик мітчика. Кулі *3* встановлені в трьох отворах втулки *2*, яка, в свою чергу, центрується в оправці *6* і утримується від випадання буртиком *4*. Кулі *3* займають циліндричний хвостовик мітчика *1* завдяки конічній поверхні і пружині *5*. Квадрат *7* мітчика *1* входить до вікна оправки *6*, яка і передає крутний момент інструменту.

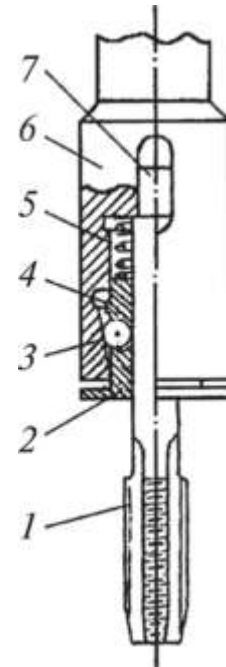


Рисунок 2.12 - Схема пристрою (оправки) з кульками для швидкозмінного кріплення мітчиків

Для вилучення мітчика *1* з оправки *6* достатньо натиснути на втулку *2*. Кут конуса в оправці становить 17° (ухил $8^\circ 30'$), що забезпечує створення радіального зусилля, що діє на циліндричний хвостовик мітчика, приблизно в 6 разів більшого осевого зусилля, що розвивається пружиною *5*.

Різьбонарізні патрони з осовою компенсацією і регульованим крутним моментом забезпечують нарізання різьби від М3 до М42 як в наскрізних, так і в глухих отворах. Змінні різьбонарізні вставки дозволяють швидко переналагоджувати патрони на нарізування різьблення різних діаметрів.

Якщо в процесі різання виникає неприпустимо великий крутний момент, то спрацьовує муфта система вставки і мітчик зупиняється.

2.2.4.3. Швидкозмінна запобіжна головка.

На рисунку 2.13 представлена схема (рис.2.13,*а*) швидкозмінної запобіжної головки для встановлення мітчиків та її фото (рис.2.13,*б*).

Корпус *1* запобіжної головки закріплюється на патроні верстата. З іншого торця в нього встановлюється втулка *2*. Мітчик встановлюється в квадратний отвір корпусу *1* і втулку *2*. Затиск мітчика виконується кульками *3* при

переміщенні втулки 8 пружиною 4. Крутний момент до корпусу 1 від різьбонарізного патрона передається поводком 5 через кульки 6, які стиснути кільцями 8 і 9. Регулювання крутного моменту забезпечується зміною величини деформації тарілчастих пружин 7 при обертанні гайки 10 через шайбу 13. При установці мітчика 2 втулка зміщується вправо, пружина 4 стискається, кульки 6 розходяться. При переміщенні втулки 2 ліворуч кульки 6 затискають квадратний хвостовик мітчика.

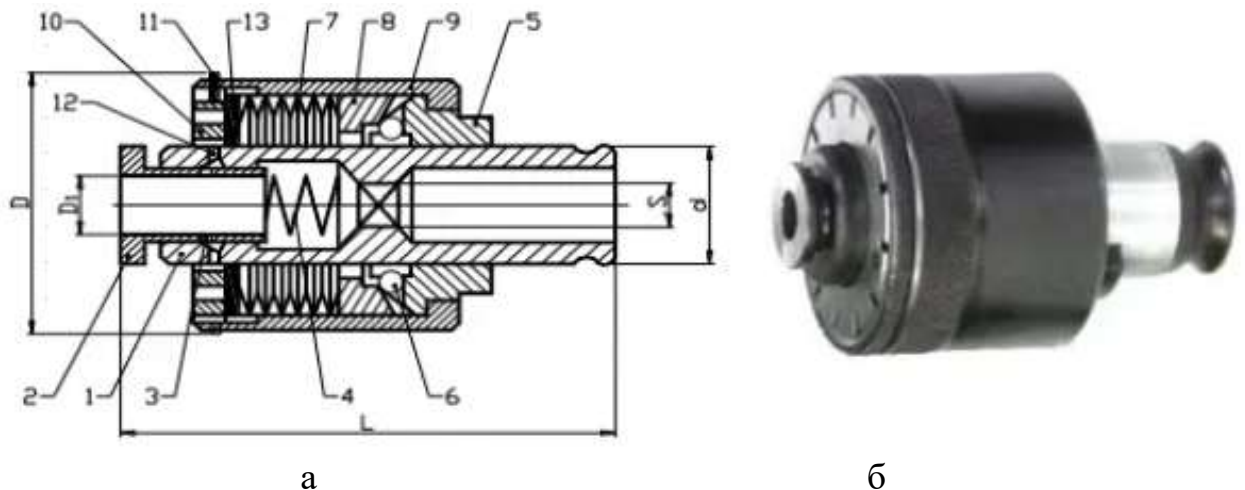


Рисунок 2.13 - Схем та конструкція запобіжної головки для мітчиків

Якщо зусилля різання перевищать задані, кульки 6 вийдуть з лунок корпусу, повідець 5 почне прокручуватися і корпус 1 з мітчиком через збільшені сили тертя зупиниться.

2.2.4.4. Реверсивні патрони для нарізування різьблення.

На верстатах, що не мають пристрою для реверсивного обертового руху шпинделя, застосовують реверсивні патрони для нарізання різьби. На шпиндель свердильних верстатів встановлюються реверсивні головки за допомогою хвостовика чи чашки. Хвостовик може встановлюватися через перехідну втулку або безпосередньо в шпиндель верстата.

На рисунку 2.14 представлено схему реверсивної головки для нарізування дрібних різбових отворів мітчиком, що встановлюється на пінолі верстата за допомогою чашки 2 при базуванні отвором кронштейна 1.

Мітчик встановлюється в патрон 7. При обертанні шпинделя верстата втулка 3 обертається в тому ж напрямку, а втулка 6 - у зворотному. Відбувається це тому, що на початку роботи мітчика він входить в отвір заготовки і сприймає осьове зусилля, яке передає патрону 7 з валом, і зміщує їх вгору. При цьому кільце 5 диска входить в контакт з конусною поверхнею втулки 3, що обертається за годинниковою стрілкою.

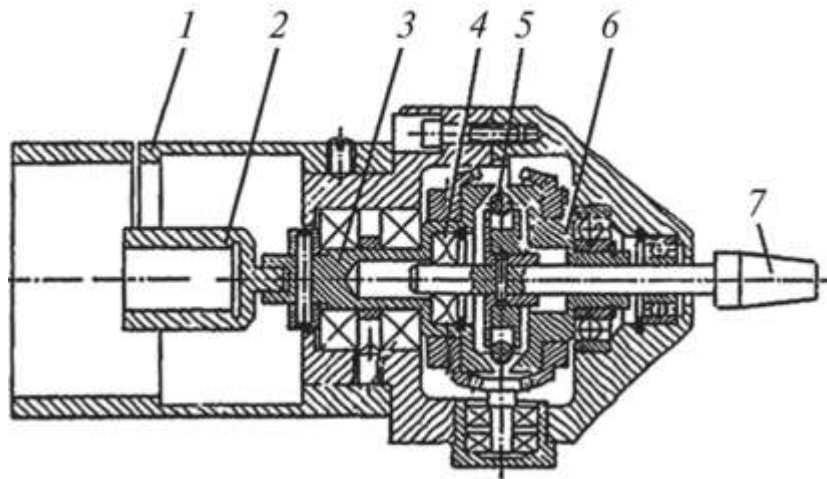


Рисунок 2.14 - Конструкція реверсивного патрона для нарізування різьблення мідчиком

Після нарізування різьблення в отворі заготовки піноль верстата підтискається кільцем 5, входить в контакт з конусною поверхнею втулки б і патрон 7 з валом починає обертатися проти годинникової стрілки (у напрямку, зворотному обертанню верстата шпинделя), а мідчик викручується з отвору.

2.2.4.5. Реверсивні головки для нарізування різьблення.

Розглянемо схему реверсивної головки для нарізування різьблення на верстаті свердлильного (рис.2.15,а). Корпус 2 головки закріплюють на пінолі шпинделя стяжним гвинтом 1. Для нарізання різьблення обертання від шпинделя верстата передається від валу 3 через муфту 5 до валу 6. При перемиканні муфти зворотного ходу 5 в нижнє положення вал 6 отримує зворотний рух через конічні зубчасті колеса 4, 8 та 7.

Схема іншої конструкції реверсивної головки зображено рисунку 2.15,б. Обертання від шпинделя свердлильного верстата за допомогою конуса 14, диска 11 і фрикційних дисків 13, закритих гайкою 12, передається до корпусу патрона 10. Крутний момент для нарізання різьблення до валика 15 з мідчиками передається зубами 9 і 19. Нижня частина патрона 21 є нерухомою за допомогою шпильки 17, яка може ковзати уздовж вертикального паза станини або корпусу пристрою. Нижній упор 16 встановлюють на задану висоту в залежності від глибини різьби. У момент, коли упор 17 зачепить нерухому поверхню упору 16, патрон буде зупинений. Мідчик, продовжуючи загвинчуватися в заготовку, переміщає валик 15 вниз, вводячи в зачеплення зубці 19 і 20. Передача обертового руху від шпинделя до різального інструменту відбуватиметься через зубчасті колеса 18, але у зворотному напрямку і значно більшою швидкістю. Фрикційна муфта, яка складається з

диска 11 і фрикційних дисків 13, дає можливість уникнути навантаження мітчиків та їх можливої поломки.

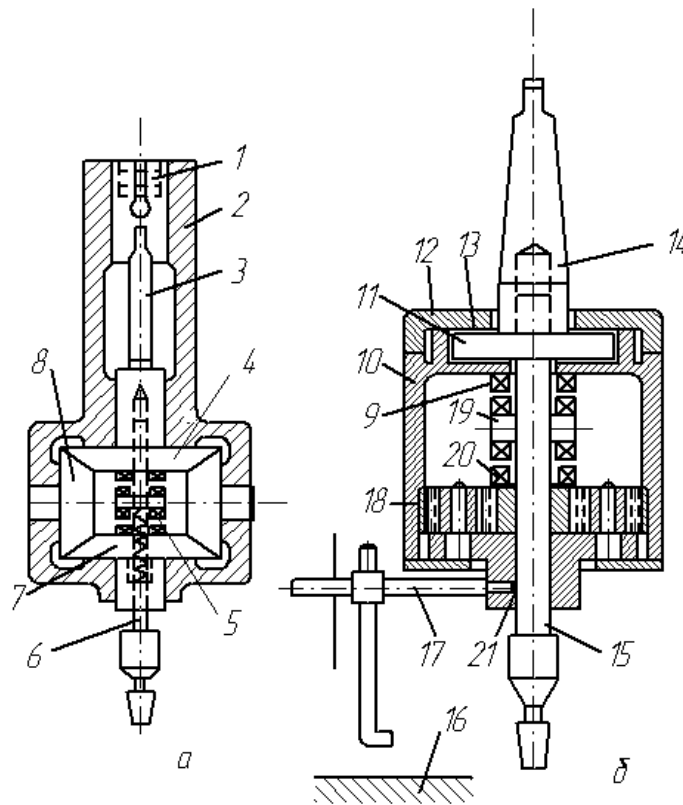


Рисунок 2.15 - Реверсивні головки для нарізування різьблення мітчиками

2.2.4.6. Різьбонарізні головки.

Різьбонарізні головки застосовують для нарізування зовнішньої та внутрішньої різьби на револьверних, токарних, свердлильних, агрегатних, болторізних верстатах. Головки дозволяють регулювати середній діаметр різьби, що нарізається, і допускають установку в одному корпусі різних гребінок, що робить інструмент універсальним.

Принцип пристрою та роботи гвинторізних головок однаковий, видозмінюється лише конструктивне оформлення вузлів відповідно до призначення головок. Різьбоутворюючим елементом в головці є чотири дискові різьбові гребінки 2 з кільцевими витками та забірним конусом (рис.2.16,а).

Гребінки розташовуються на спеціальних кулачках 4 рівномірно по колу і на рівній відстані від центру, що визначається діаметром різьби, яка нарізається. Опорна поверхня кулачків має нахил, що забезпечує розташування гребінців під кутом ϕ нахилу різьблення до осі головки. Витки кожної гребінки зміщені в осьовому напрямку щодо витків іншої гребінки на $1/4$ кроку. Таким чином, гребінки певного кроку різьблення утворюють

комплект, в якому кожна гребінка має свій номер і встановлюється на певне місце в головці.

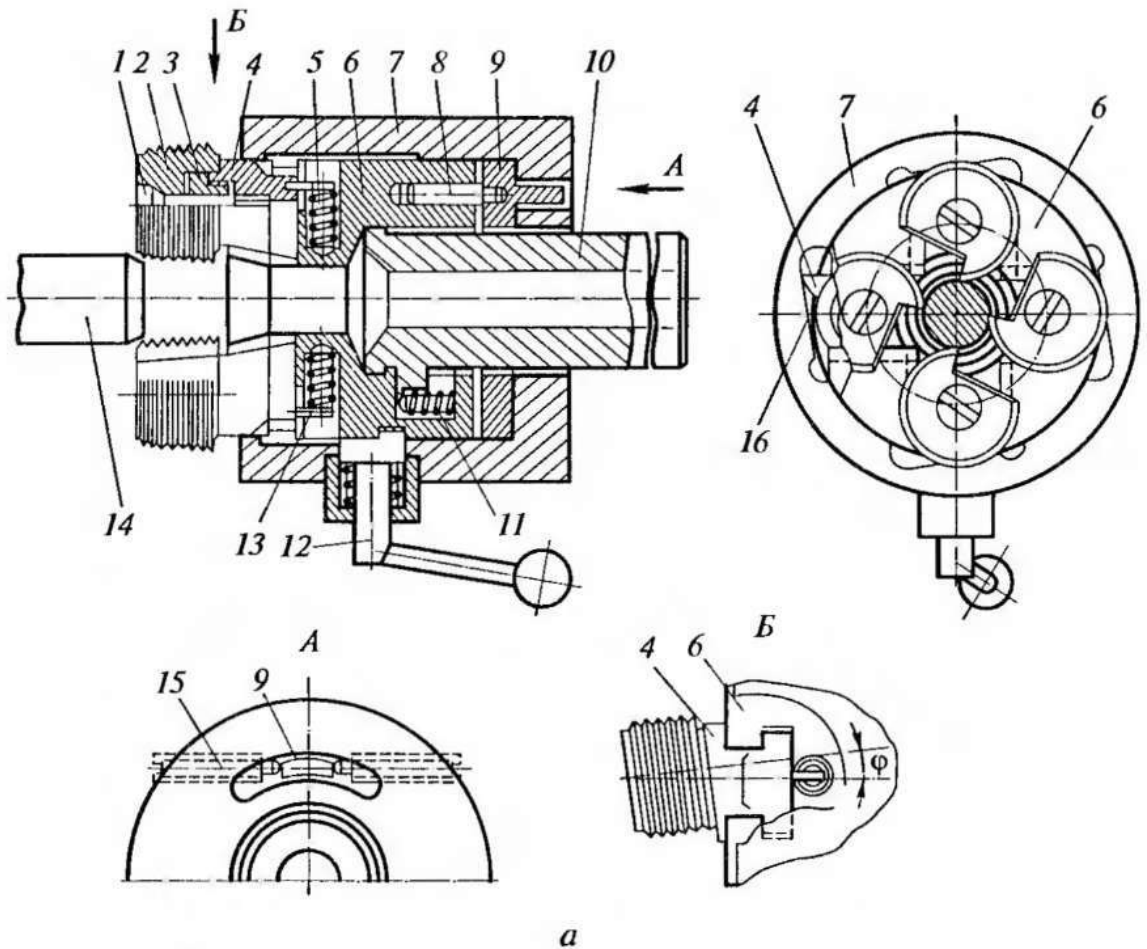


Рисунок 2.16 - Гвинторізна головка, що не обертається в робочому положенні

Гребінки в комплекті відрізняються між собою умовною відстанню від базового торця гребінки до осі западини різьблення, яке зростає для ряду гребінок 1, 2, 3, 4,..., n на $1/n$ частини кроку. Гребінки 2 встановлюють на кулачки за допомогою спеціальних зірочок 3, що дозволяють повертати гребінку на деякий кут після переточування.

Кріплення гребінок до кулачків здійснюється гвинтами 1. Кулачки 4 розташовані в T-подібних пазах корпусу 6 і знаходяться під впливом пружин 5, які впираються в штифти 13, пов'язані з кулачками. Пружини прагнуть відвести кулачки з гребінцями від центру і підтискають кулачки скошеними торцями до похилих опорних поверхонь 16 обойми 7. Поворотом обойми щодо корпусу регулюють діаметр різьби, що нарізається. Цей поворот здійснюється гвинтами 15, які розташовані в обоймі і упираються у виступ кільця 9, що має штифт 8, який входить в отвір корпусу 6. При повороті кільця 9 корпус з кулачками також повертається, положення опорної точки кулачків щодо

похилої опорної поверхні обойми змінюється, і гребінки зміщуються у радіальному напрямку. Головка налаштовується зазвичай за еталонним гвинтом або прохідним різьбовим калібром.

Головка закріплюється на верстаті хвостовиком 10 який знаходиться в отворі корпусу; виступ хвостовика входить у паз корпусу. Пружина 11 підтискає корпус до хвостовика. Рукоятка 12 знаходиться у вихідному положенні. При нарізанні різьблення подача головки дорівнює (або більше) кроку різьби, що нарізається. Для роботи з подачею, більшою ніж крок різьблення, головка в верстаті повинна кріпитися за допомогою патрона, що компенсує цю розбіжність.

Незадовго до кінця робочого ходу подачу головки припиняють. Хвостовик з обоймою зупиняється, а гребінки разом з корпусом, що захоплюються заготовкою, що обертається, продовжують рухатися вздовж її осі, нарізуючи різьблення (самозатягуються).

Робочі поверхні кулачків виходять із обойми, кулачки разом із гребінцями під дією пружин розходяться в радіальному напрямку, скоси кулачків зрушують обойму у бік хвостовика. З розведеними кулачками головка відводиться від обробленої деталі.

У робоче положення гребінки повертаються поворотом рукоятки 12 з ексцентриком, палець якого входить у поздовжній паз корпусу головки. При повороті рукоятки обойма насувається на скоси кулачків і стискає кулачки разом із гребінцями до центру у вихідне робоче положення. При необхідності розведення гребінок наприкінці робочого ходу може бути виконане вручну поворотом рукоятки з ексцентриком без вимкнення подачі.

2.2.4.7. Рухомий патрон для кріплення плашок.

Рухомий патрон для кріплення плашок (рис.2.17) складається з прямої оправки 4 з конусним хвостовиком і рухомий втулки-плашкотримача 2 з п'ятьма гвинтами 1 для кріплення плашки.

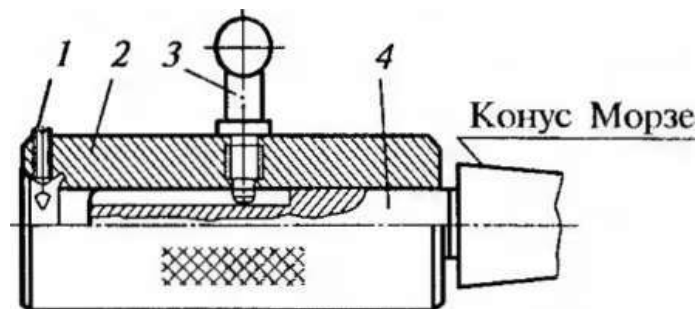


Рисунок 2.17 - Рухомий патрон для кріплення плашок та мітчиків з втулкою

Кінець рукоятки 3, загвинченої у втулку, служить шпонкою і входить у паз оправки. Оправка своїм хвостовиком вставляється в отвір пінолі задньої бабки, забезпечуючи цим хороше центрування плашки при нарізанні різьблення. До однієї оправки доцільно мати кілька втулок, що дозволить заздалегідь встановити та закріпити у втулках різні плашки. Набір налаштованих втулок дозволяє під час роботи швидко замінювати плашки (шляхом зміни втулок) без зайвих втрат допоміжного часу.

2.3. Допоміжний інструмент для токарної обробки.

Швидка зміна різців особливо необхідна на багаторізцевому (багатошпиндельному) токарному верстаті. І тут можуть бути використані швидкозмінні державки (рис.2.18). Різець 2 закріплюється в державці 4 болтами 12 через прокладку 3, яка утримується пружним гвинтом 5. Державка 4 має рифлення і закріплюється на основі 6 за допомогою гвинтів 11 і сухарів 1. Основа 6 державки 4 встановлюється на супорті верстата.

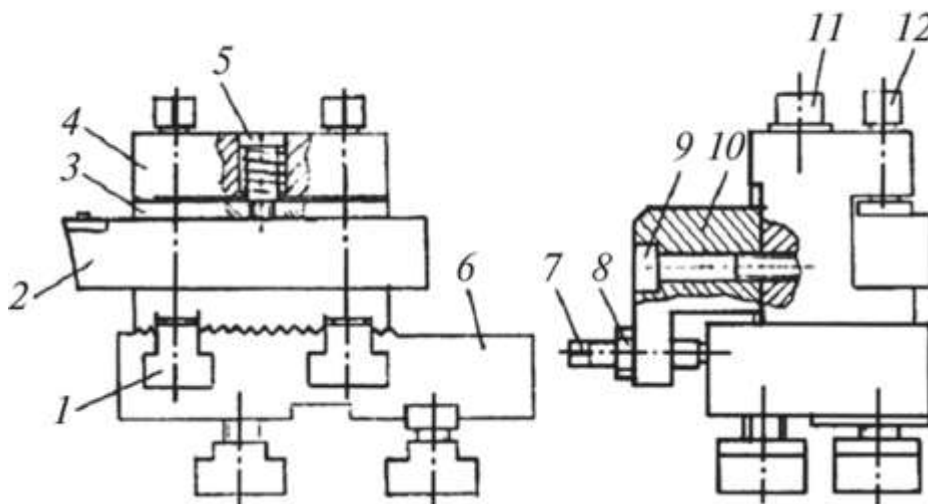


Рисунок 2.18 - Схема швидкозмінних різцевих державок

У поперечному напрямку державка 4 фіксується гвинтом 7 і гайкою 8, встановленими на кронштейні 10, який скріплений з державкою 4 гвинтами 9. Налаштування різця 2 на заданий розмір (в осьовому і поперечному напрямку) проводиться в зборі з державкою поза верстатом.

При використанні на токарних верстатах різцевих блоків їх налагодження здійснюється поза верстатом (рис.2.19). Різці 4-9-12 і 14 закріплюються гвинтами 3 (по два на кожен різець) у корпусі 1 швидкозмінного різцевого блоку (різдедержавки). Регулювання різцевого блоку здійснюється гвинтами 13. Сам блок після установки різців на заданий розмір центрується на супорті верстата шпонковим пазом, розташованим у основі 16, фіксується в

поздовжньому напрямку опорою 2 і закріплюється чотирма гвинтами 13 з сухарями 15.

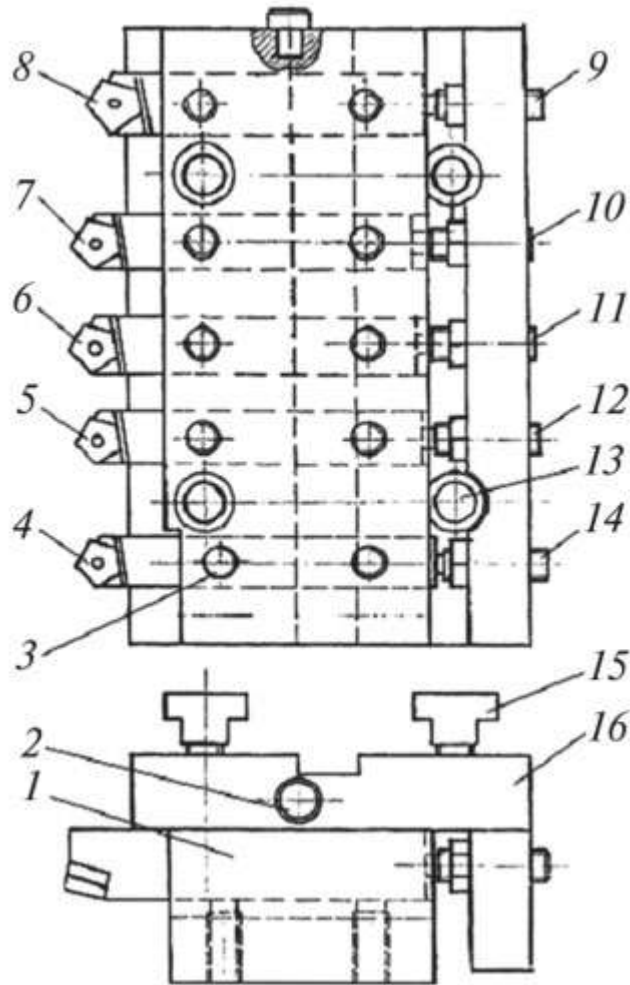


Рисунок 2.19 - Схема швидкозмінного різцевого блоку:
1 - корпус; 2 - опора; 3, 9-14 - гвинти; 4-8 - різці; 15 - сухарі; 16 - основа

Так як налаштування різців на заданий розмір поза верстатом здійснюється за тими ж базами, якими проводиться фіксація різцевого блоку на верстаті, точність його установки залишається високою.

Токарно-револьверні верстати і сучасні багатоцільові верстати традиційного токарного компонування як інструментальне технологічне оснащення використовують різні конструкції револьверних головок для встановлення різальних інструментів або інструментальних блоків.

На рисунку 2.20 представлено схему звичайної шестипозиційної револьверної головки.

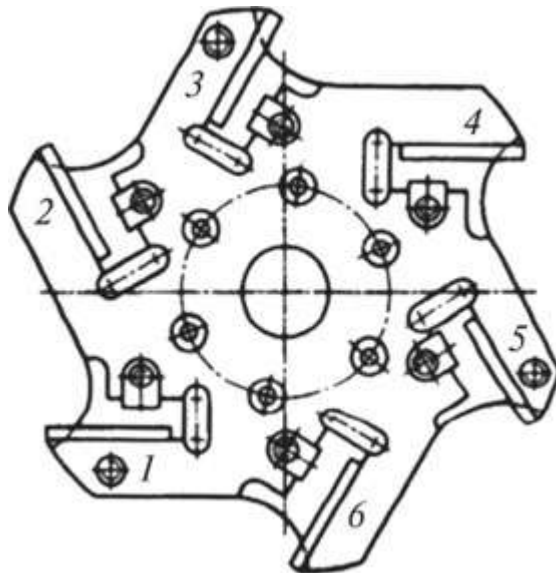


Рисунок 2.20 - Схема 6-ти позиційної револьверної головки

Конструкція такої револьверної головки має на увазі безпосередню установку і закріплення одночасно або до шести різцевих вставок для токарних робіт, або трьох інструментальних блоків, або шести інструментів для обробки внутрішніх поверхонь заготовок, або можлива комбінація з перерахованих вище варіантів установки. Безпосередня схема установки залежить від габаритів інструментальних блоків та різальних інструментів. У блоках зазвичай встановлюються перехідні втулки з різцями розточування або оправки з різцевими вставками.

У сучасних верстатах з ЧПУ конструкція револьверних головок більш складна та має на увазі не тільки встановлення нерухомих інструментів або інструментальних блоків, а й установки блоків з автономним обертанням інструменту, які ми розглянемо трохи далі.

2.4. Патрони та спеціальні пристрої для протяжного інструменту.

На протяжних верстатах для закріплення інструменту застосовуються робочі (для переднього хвостовика) та допоміжні (для заднього хвостовика протяжки) патрони, що забезпечують власне робочий та допоміжний (холостий) ходи протяжки.

Патрони виконуються різної конструкції – залежно від їх призначення.

Патрони забезпечують підведення протяжки, її закріплення та виконання робочого ходу, а потім відведення у вихідне положення після обробки заготовки.

Глибину отвору прийнято оцінювати стосовно його глибини (L) до діаметра (D). Якщо $L/D > 5$, то отвір вважається глибоким. Обробка глибоких

отворів вимагає спеціального технологічного оснащення для підведення ЗОТР, повітря тощо.

2.4.1. Патрони для закріплення протяжок у верстаті.

При протягуванні базового отвору (циліндричного або шліцьового) застосовуються протяжки різної конструкції зі стандартними хвостовиками. Захоплення та звільнення протяжки здійснюються за хвостовик спеціальним патроном в автоматичному режимі.

На рисунку 2.21 представлена схема патрона, що застосовується на горизонтально-протяжних верстатах.

Два прямокутних пружних кулачка 3 охоплюють практично весь робочий корпус хвостовика протяжки. Знімні втулки 5 патрона 1 можуть бути виконані у вигляді сегмента, в цьому випадку забезпечуватиметься фіксоване положення протяжки.

Патрони зазвичай працюють у автоматичному режимі. Принцип роботи більшості патронів зводиться до того, що захоплення хвостовика протяжки здійснюється (на початку робочого ходу) замковою частиною, виконаною у вигляді гільзи 2 (стакану), за рахунок пружних кулачків 3 (або сухариків). Наприкінці зворотного ходу робочого повзуна стакан замковою частиною упирається в упорне кільце верстата і, долаючи силу пружини 4, переміщається доти, поки кулачки 3 (або сухарики) не звільнять хвостовик протяжки. Знімна втулка 5 служить для направлення хвостовика та підтискання кулачків до корпусу замкової частини.

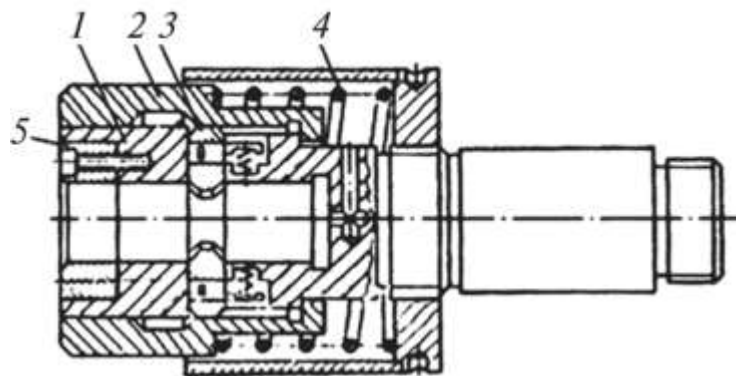


Рисунок 2.21 - Схема автоматичного робочого патрона для горизонтально-протяжного верстата

При установці шпонкової протяжки в патрон 3 передній скіс її хвостовика розводить кулачки 2, стискаючи пружини 1, які потім входять в пази її замкової частини (рис.2.22), звільняють протяжку з патрона шляхом невеликого переміщення протяжки вгору, розводячи цим кулачки.

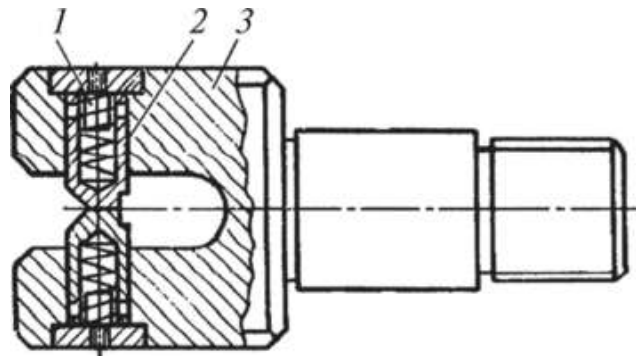


Рисунок 2.22 - Схема патрона для невеликих шпонкових протяжок

Вертикально-протяжні верстати набули більш широкого поширення, ніж горизонтальні, і оснащуються уніфікованими конструкціями автоматичних патронів, що забезпечують швидкозміненість та взаємозамінність.

На вертикально-протяжному верстаті протяжка 7 у вихідному положенні утримується допоміжним патроном 4, встановленим на каретці 3 (рис.2.23).

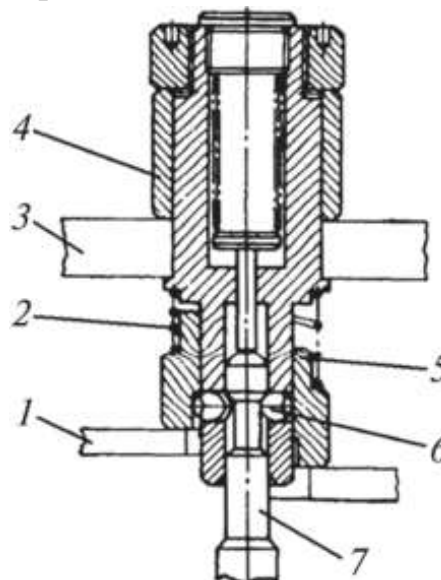


Рисунок 2.23 - Схема допоміжного патрона вертикально-протяжного верстата

Каретка 3 з патроном 4 і протяжкою 7 переміщуються вниз. Передній хвостовик проходить заготовку, входить в робочий патрон верстата, втулка 5 упирається в упорну пластинку 1 допоміжної каретки, переміщається вгору, долаючи силу пружини 2. При цьому кульки 6 потрапляють в кільцеву виточку втулки 4 і звільняють верхню замкову частину протяжки. При поверненні протяжки у вихідне положення (вгору) втулка 5 сходить з упорної планки, закріплюючи кульками 6 верхню замкову частину протяжки 7. Каретка з патроном і протяжкою повертається у вихідне положення.

2.4.2. Пристрої для закріплення протяжок при формуванні гвинтових пазів (шліців).

Протягування гвинтових шліцьових отворів вимагає застосування спеціальних пристроїв, які значно відрізняються від звичайних необхідністю створення умов оберտального руху інструменту (рис.2.24). Залежно від кінематичної схеми протягування може здійснюватися при нерухомій заготовці 1 і протяжці 4, що обертається (при її поступальному русі) або при обертальному русі заготовки 1 і поступальному русі протяжки 4 (у цьому випадку потрібен поворотний пристрій).

Пристрої для обертання протяжки простіші та надійніші (ніж обертання заготовки), тому їх застосування знайшло найбільш широке використання.

Пристрій для протяжки 4 (інструменту) у вигляді копірного пальця 2, що входить в направляючі канавки протяжки, забезпечує її поворот. Копірні пальці 2 встановлюються у втулці 3, закріпленої в пристрої столу верстата 5 (рис.2.24,а). Обертання протяжки 4 може здійснюватися і за допомогою копірної гайки, яка входить у напрямні пази протяжки та забезпечує її обертання (рис.2.24,б).

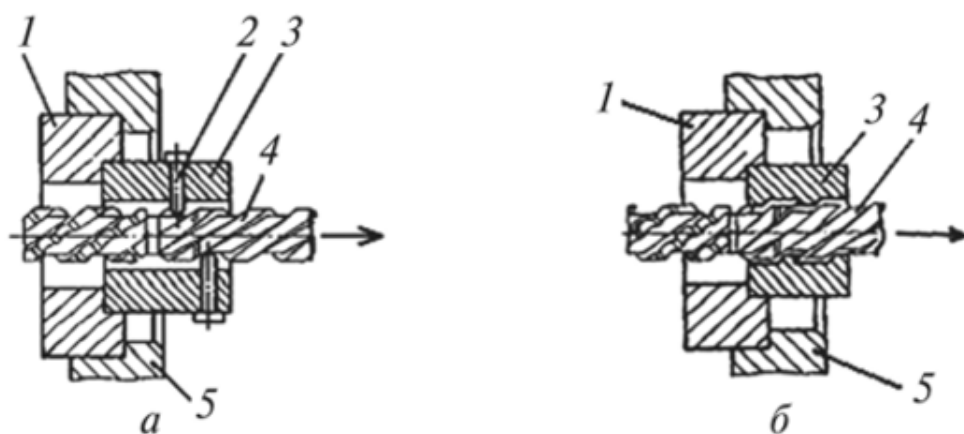


Рисунок 2.24 - Схеми пристроїв для протягування гвинтових каналів

2.5. Пристрої для закріплення фрез.

Оправки для дискових, торцевих, кутових та інших насадних фрез під час обробки на універсальних верстатах виконуються з конусом Морзе (1:20) або конусністю 7:24. Оправки з хвостовиком, що мають конус Морзе, на універсальному устаткуванні зазвичай встановлюються безпосередньо в шпindelь верстата, а з конусністю 7:24 через перехідні втулки. Праворізьальні фрези кріпляться на оправці гвинтом з правим різьбленням, ліворізьальні - з лівим.

На горизонтально-фрезерних верстатах оправки кріпляться з одного боку в шпindelі, з іншого - у підшипнику сережки верстата. Для підвищення

жорсткості опраки можуть виконувати ступінчастими, при цьому зона кріплення інструменту дещо звужується (рис.2.25).

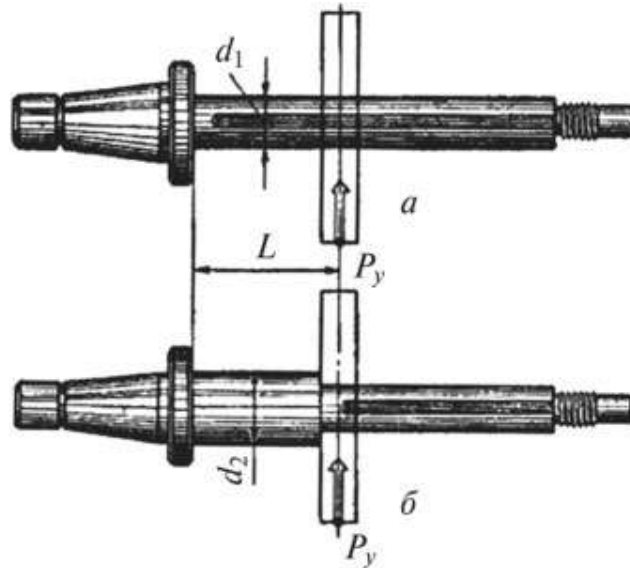


Рисунок 2.25 - Схема фрезерних оправок: а - Звичайна; б - підвищеної жорсткості

2.5.1. Проміжні втулки.

При фрезеруванні часто використовуються проміжні втулки. Однак слід враховувати таке: чим більше проміжних елементів, тим важче забезпечити точність та жорсткість кріплення інструменту (фрези). Рекомендується закріплювати фрези (створювати момент затягування інструменту) зусиллям близько 16 000 Н/см. При зниженні зусилля затягування у 2 рази стійкість фрез через виникнення вібрацій також зменшується у 2 рази.

При налаштуванні на розмір набору фрез (що забезпечують задану відстань між паралельними поверхнями, що обробляються) між фрезами розміщують дистанційні кільця, підбираючи їх зі стандартних наборів.

З метою скорочення часу на переналагодження фрез на новий розмір використовуються кільця розрізні 1 (рис.2.26,а), які встановлюються разом з дистанційними. Кільця розрізу складаються з двох половин і легко замінюються при переналагодженні фрез на новий розмір.

При невеликих змінах налагоджувального розміру між набором стандартних дистанційних кілець 2 встановлюється кільце налаштування 3 з круговою шкалою, що значно знижує час регулювання налагоджувального розміру (рис.2.26,б).

Перехідні втулки кінцевих фрез з конічним хвостовиком виконуються з конусом 1:20 або 7:24 і підтягуються до гнізда шпинделя верстата за допомогою шомпола.

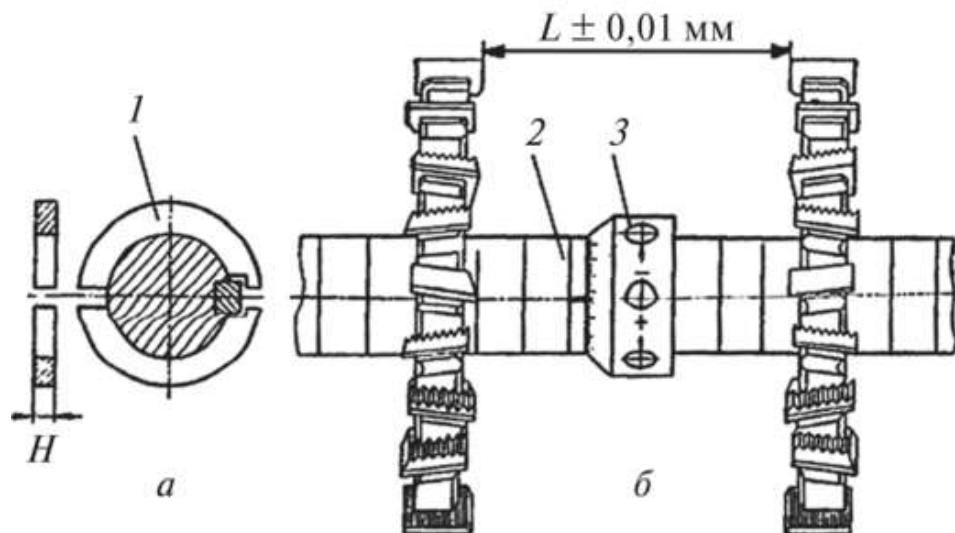


Рисунок 2.26 - Схеми розрізного кільця налагодження (а) і регульованого настроювального кільця (б)

При використанні конічних фрез виникають осьові сили, які прагнуть витягнути інструмент з цангового патрона, в цих випадках на інструменті виконують завзяті буртики або нарізають спеціальне різьблення.

2.5.2. Допоміжний інструмент для кріплення кінцевих фрез.

Кінцеві фрези з циліндричним хвостовиком зазвичай встановлюються в розрізній або кулачковій цанзі (рис.2.27). У фрези 1 (рис.2.27,а), при роботі якої виникають значні осьові зусилля, що прагнуть витягти інструмент з цанги 2 передбачається буртик, що конструктивно складніше, ніж виконання різьбового з'єднання. Тому зазвичай у цьому випадку на циліндричному хвостовику кінцевої фрези виконується зовнішня різьба (рис.2.27, б). Фреза 6 встановлюється в цангу 4, загортається в різьбове кільце 3 до упору в центр 2. У міру того, як кільце 3 наворачується на різьбову частину хвостовика фрези 6, воно переміщується вправо, досягає торця цанги 4. Конусна цанга 4 переміщується у загорнутій до упору (до буртика) накидної гайки 5, розташованої в корпусі патрона 1. Цанга 4 стискається і затискає хвостовик фрези. Причому в процесі роботи фрези сила закріплення не слабшає, а навпаки, зі збільшенням дотичних складових сил різання гайка сильніше затягується і цанга збільшує зусилля закріплення хвостовика фрези. Для розкріплення фрези достатньо повернути проти годинникової стрілки накидну гайку 5.

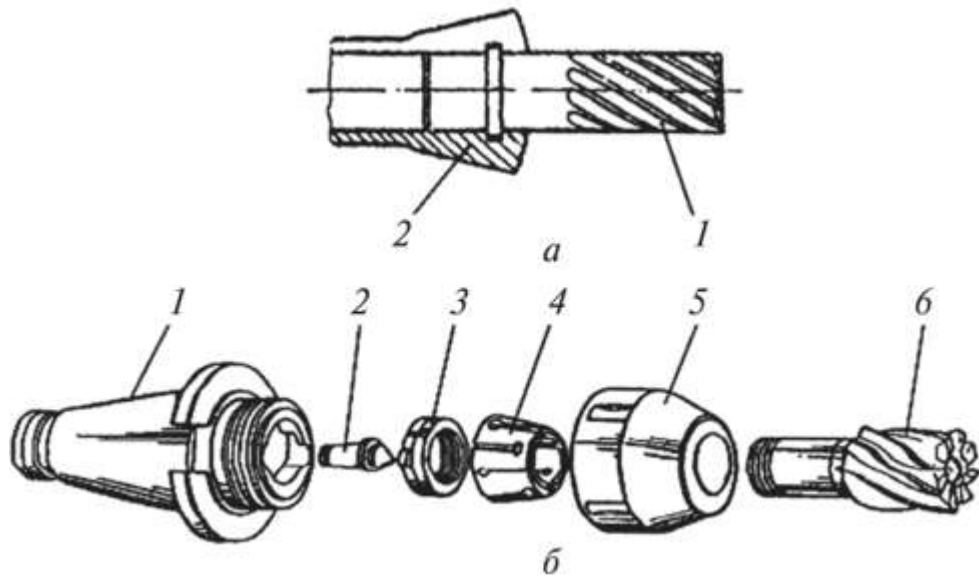


Рисунок 2.27 - Схема закріплення кінцевої фрези з буртиком (а) та з різьбленням (б) у цанговому патроні: а: 1 - фреза; 2 - цанга; б: 1 - патрон; 2 - центр; 3 - кільце; 4 - цанга; 5 - накидна гайка; 6 - фреза

2.5.3. Допоміжний інструмент для кріплення насадних фрез.

Установка та кріплення (рис.2.28) фрез 2 зазвичай здійснюється з їх посадкою на зовнішній або внутрішній конус 3 і наступною затяжкою гвинтом 1 в осьовому напрямку, враховуючи те, що конуси з кутом ухилу понад 3° (конусність 7:24) не мають кута самогальмування, але забезпечують швидкозмінність та надійне центрування. Тому на фрезах часто використовується конус 7:24, в цьому випадку передача крутного моменту здійснюється через торцеві шпонки. Однак посадка фрези на конус призводить до похибки налагоджувального розміру в осьовому напрямку.

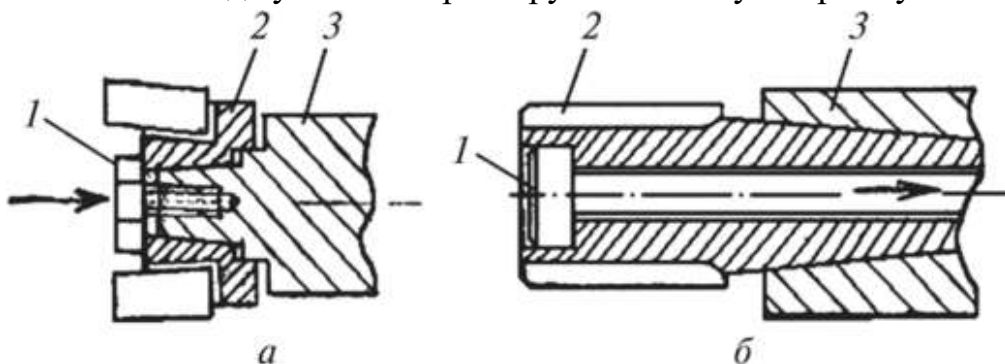


Рисунок 2.28. Схеми установки кріплення фрези з конусним отвором (а) та конусним хвостовиком (б)

Для забезпечення точності положення фрези в осьовому напрямку застосовують посадку фрези по циліндричному отвору з упором в торець корпусу (рис.2.29)

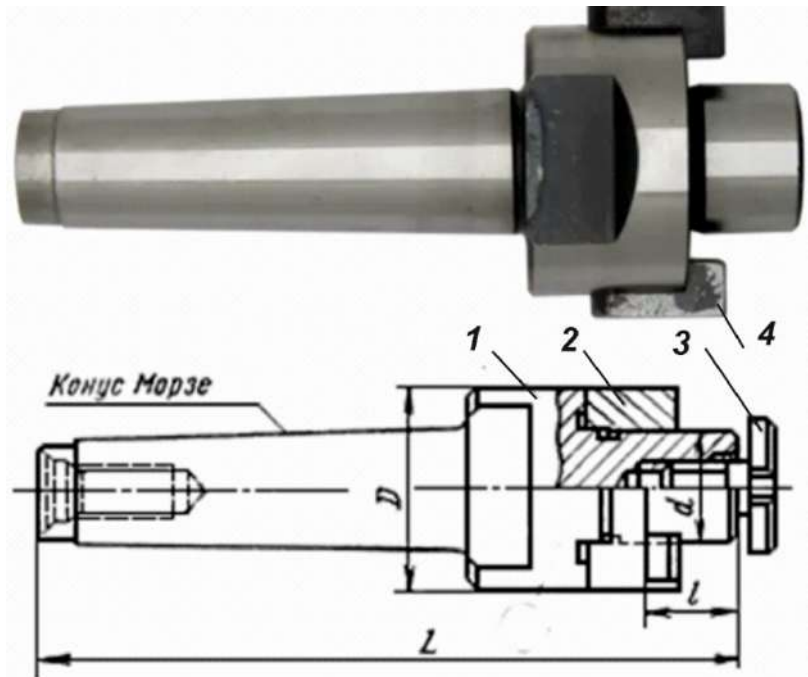


Рисунок 2.29 - Кріплення насадної фрези за допомогою гвинта

Корпус оправки 1 виконується у вигляді посадкового конуса (може виконуватися у вигляді конуса Морзе різних типорозмірів або фрезерного конуса DIN 2080; MAS 403). Фреза встановлюється за діаметром d приєднувальної циліндричної частини оправки, яка має розміри від 16 до 50мм і виконує функцію позиціонування інструменту на оправці. Закріплення фрези здійснює затискний гвинт 3 з торцевої частини оправки. "Сухарик" оправки або перехідні шайби 4 передають обертальний рух з оправки на фрезу.

2.6. Пристрої для розточувальних інструментів.

При розточуванні отворів застосовуються консольні оправки або двоопорні борштанги з напрямними. Кріплення інструменту може бути регульованим та нерегульованим. Регулювання вильоту різця може здійснюватися за допомогою підтискного плунжера, мікрометричним гвинтом та іншими способами. Кріплення різців залежить від їхньої конструкції.

Розточні різці можуть бути розміщені у вигляді блоку (рис.2.30) із заздалегідь встановленими на розмір різцями поза верстатом. Для їх швидкої зміни різцевий блок 3 закріплюється в борштангу 4 за допомогою сухаря 2 і гайки 1. Сухар 2 забезпечує центрування блоку різця 3 в борштангу 4.

Найбільш широке поширення на універсальному устаткуванні отримують регульовані однолезові розточувальні збірні головки зі змінними багатограними пластинами, що не переточуються.

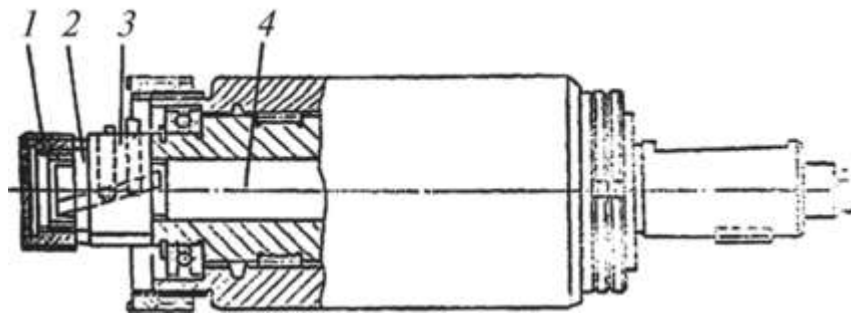


Рисунок 2.30 - Схема пристрою для швидкої зміни розточувального різцевого блоку

Методи кріплення розточувальних різців у гніздах оправок і борштанг поділяються на нерегульовані (рис.2.31,*а*) і регульовані (рис.2.31,*б-е*).

Нерегульовані способи кріплення зазвичай використовуються за досить широких допусків на налаштування різців на розмір. Закріплення зазвичай здійснюється одним або двома упорними гвинтами.

Регульовані способи кріплення можуть передбачати наступне кріплення упорного гвинта: торцеве (по осі паза) (рис.2.31,*б*), під кутом до різця (рис.2.31,*в*), за допомогою диференціальних різьблень (рис.2.31,*г*), фасонних упорних гвинтів (рис.2.31,*д*) або гайки-лімба (рис.2.31,*е*).

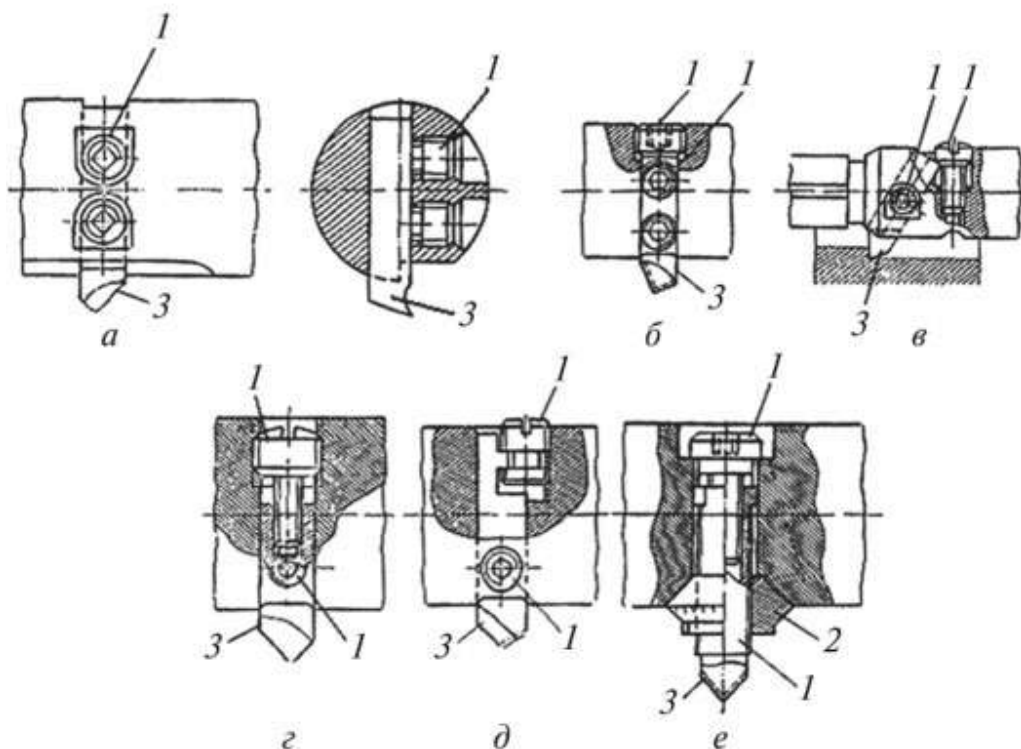


Рисунок 2.31 - Схеми нерегульованого (*а*) і регульованого (*б-е*) кріплення розточувальних різців у оправках: 1 - гвинт; 2 – гайка-лімба; 3 - різець

При обробці отворів, розташованих на великій відстані один від одного (у великих корпусних заготовках у вигляді блоків, коробок тощо), потрібен додатковий напрямок борштанги (рис.2.32).

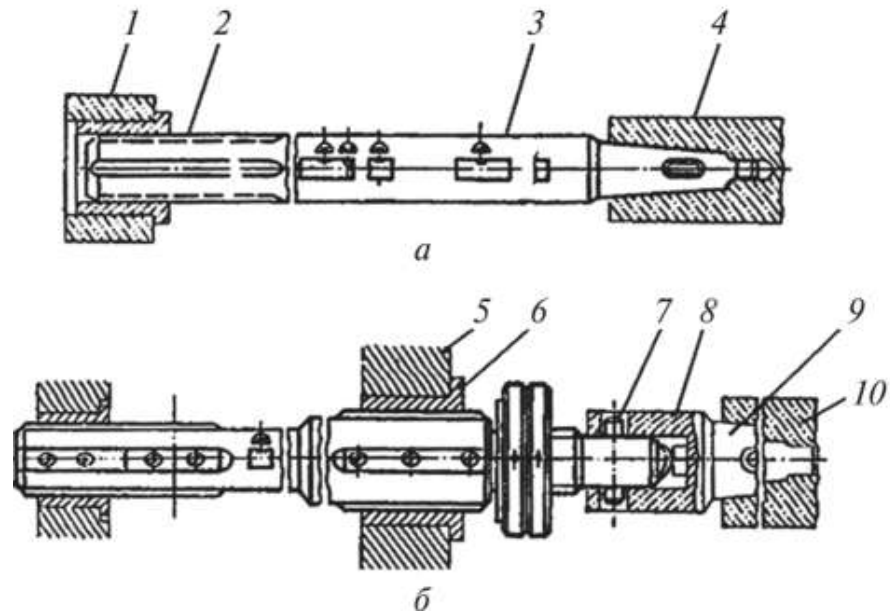


Рисунок 2.32 - Схема використання напрямних борштангу при обробці отворів, розташованих на великій відстані один від одного

З одного боку, борштанга 3 встановлюється в шпинделі 4, а з іншого - спирається своєю напрямною частиною 2 на люнет 1 заднього стояку верстата (рис.2.32,а). Борштанги для роботи з кондукторами можуть мати дві опори в направляючих втулках 6 кондуктора 5. У цьому випадку борштанга має хвостовик зі штифтом 7 і з'єднується зі шпинделем верстата за допомогою повідкового патрона 8 з хвостовиком 9, встановленого в шпинделі 10 верстата (рис.2.32,б).

На рисунку 2.33 представлена схема регульованої однолезової розточувальної збірної головки, призначеної для обробки отворів діаметром більше 130 мм. Головка складається з корпусу 5, на лівому торці якого є кутовий паз типу «ластівчин хвіст», за допомогою якого (за точною посадкою) встановлений різцетримач 2. Кронштейн 3 забезпечує збільшення діаметра отвору, що розточується. Штифти 6 і 7 є упорами радіального зміщення кронштейна 3 і тримача 2. За рахунок обертання гвинта 9 та повзушки 8 здійснюється налагодження головки на заданий розмір (D_p). При цьому різцетримач 2 переміщується щодо кронштейна 3. Гвинт 4 фіксує задане положення різальної кромки різця 1 за рахунок закріплення з'єднань «ластівчин хвіст».

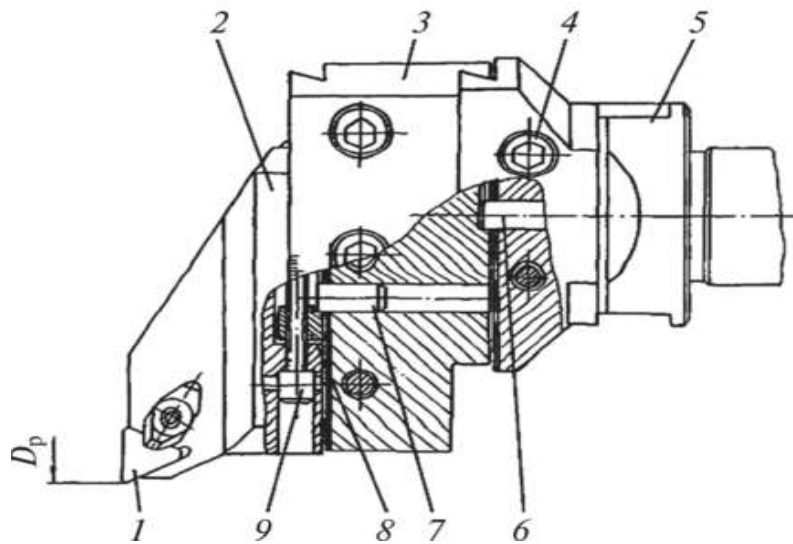


Рисунок 2.33 - Схема розточувальної головки

При розточуванні отвору з точністю до 7 квалітету оправки повинні забезпечувати точне регулювання вільоту різця.

Закріплення різця в оправці різцетримача може здійснюватися за допомогою гвинтів (рис.2.34).

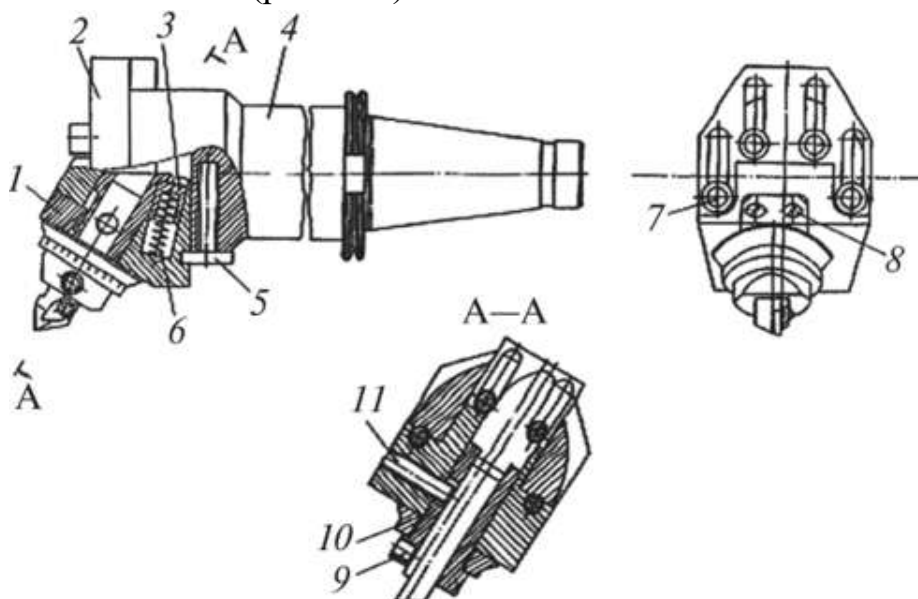


Рисунок 2.34 - Схема закріплення різця в різцетримачі:

1 - державка; 2 - різцетримач; 3 - плунжер; 4 - хвостовик; 5,7,9, 11 - гвинт; 6 - пружина; 10 - гайка

На координатно-розточувальних верстатах іноді використовуються розточувальні оправки з ексцентриковою подачею різця (рис.2.35). Такі оправки застосовуються під час налагодження положення різця з метою компенсації його зносу.

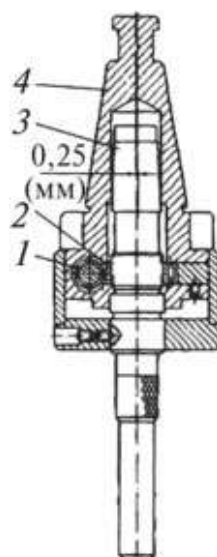


Рисунок 2.35 - Схема оправки з ексцентриковою подачею різця

Оправка 3 встановлена в конусний хвостовик корпусу 4 оправки, що має ексцентрикове розточування. Черв'як 1 обертає черв'ячне колесо 2, забезпечуючи зсув оправки 3. Так як вісь оправки 3 не збігається з віссю корпусу 4 (ексцентриситет - 0,25 мм), вершина різця зміщується в радіальному напрямку, забезпечуючи компенсацію нормального зносу.

На рисунку 2.36 представлена схема двозубої розточувальної головки, забезпеченої непереточуваними легкозмінними твердосплавними пластинами. Радіальні зусилля різання двозубої головки компенсуються протилежним розташуванням різальних елементів.

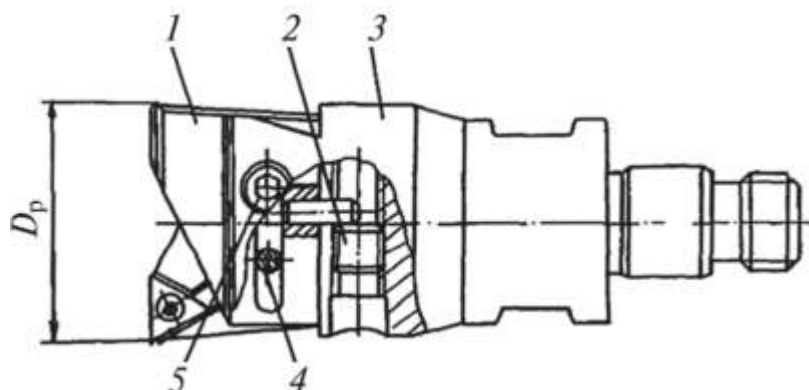


Рисунок 2.36 - Схема двозубої розточувальної головки:

Хвостовик оправки має зовнішнє різблення, він встановлюється в головку оправки верстата. Зазвичай подача на зуб дорівнює подачі голівки на один оборот. При цьому різальні кромки пластин розташовуються в одній площині (зазвичай, головний кут у плані тригранних пластин дорівнює 90° , чотиригранних - 75° , задній кут $\alpha = 7^\circ$, передній $\gamma = 0^\circ$). Може бути й інше розташування пластин, що забезпечує подачу на оборот, рівномірно

розподілену між двома протилежно розташованими різальними кромками. На лівому торці корпусу 3 двозубої головки виконаний кутовий паз (кут 30°) типу «ластівчин хвіст», на якому встановлені дві державки 1 з обмежувальними штифтами 4 і регулювальними гвинтами 2. Державки 1 для регулювання і установки заданого розміру пластин можуть переміщатися в радіальному напрямку. Фіксація заданого положення пластин здійснюється гвинтом 5.

Налаштування гвинта різальної кромки різця на розточувальній оправці може здійснюватися автоматично (рис.2.37).

Інструментальний хвостовик 3, що встановлюється в шпindelь верстата, з'єднаний з корпусом оправки 6 штифтами 5. Різець 2 закріплено в різцетримачі 1 гвинтами 9 і 10. Електродвигун 4, що включає блок управління, обертає ходовий гвинт 7. Цей обертальний рух перетворюється у поступовий рух товкача 8 та різцетримача 7, забезпечуючи переміщення різця 2 на задану величину. Електродвигун відключається, і починається обробка заготовки. Точність переміщення різця становить 3мкм.

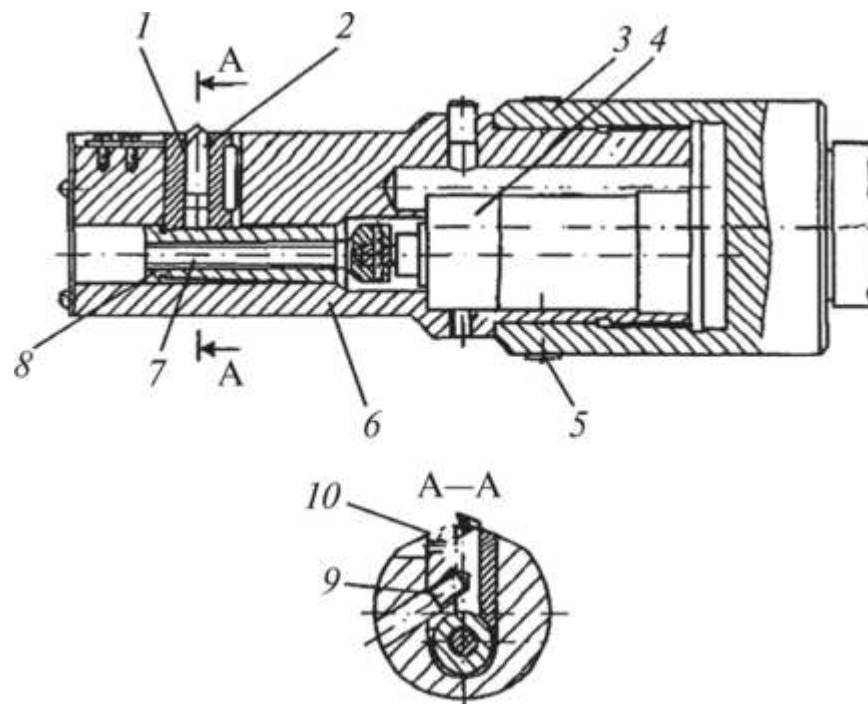


Рисунок 2.37 - Схема автоматичного регулювання гвинта різальної кромки різця в розточувальній оправці

Розточні різці з циліндричним хвостовиком встановлюються в патрони з поперечним переміщенням різцетримача (рис.2.38). Циліндричний хвостовик 4 згвинчується з корпусом 3 патрона. Шпонка 5 та гайка 6 дозволяють регулювати відстань від вершини різця до торця шпинделя верстата.

Обертанням мікрометричного гвинта 1 здійснюється регулювання положення різця, закріпленого в циліндричному отворі різцетримача 2.

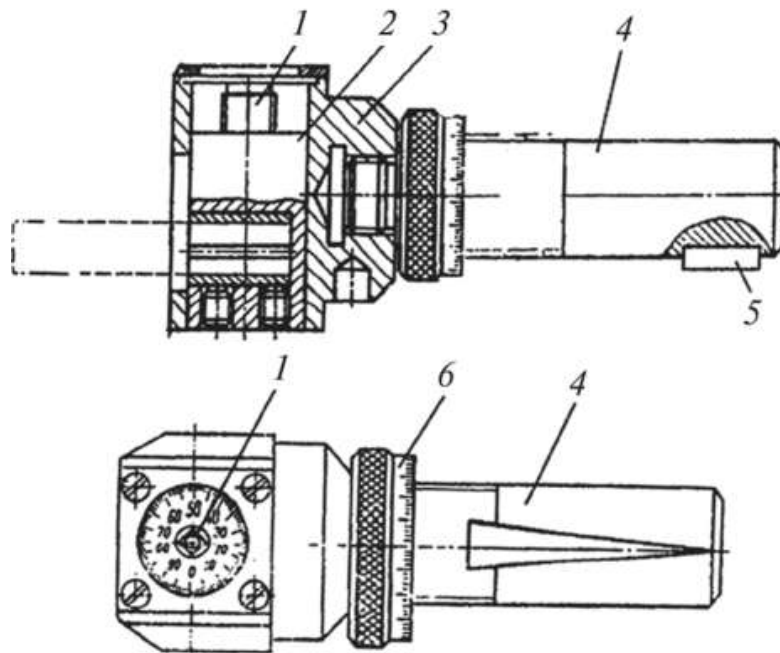


Рисунок 2.38. Схема патрона з циліндричним хвостовиком та поперечним переміщенням різцетримача

Обробку в отворах кільцевих канавок, виточок або конічних отворах на універсальних верстатах без ЧПУ зручно виконувати за допомогою спеціальної технологічної оснастки, що забезпечує додаткове переміщення інструменту в радіальному напрямку (рис.2.39).

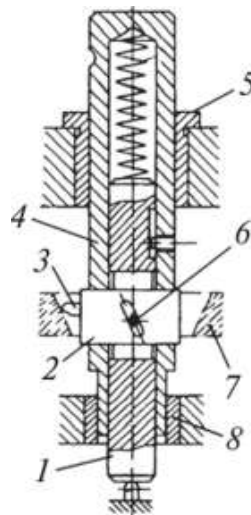


Рисунок 2.39 - Схема пристрою для переміщення різального інструменту (розточування конічного отвору)

При розточуванні конічного отвору втулка 4 вставляється в швидкозмінний патрон, що знаходиться в шпинделі вертикально-свердлувального (карусельного або токарного) верстата, і направляється

кондукторними втулками 5 і 8, встановленими в корпусі пристрою, в якому встановлена заготовка 7. При переміщенні шпинделя верстата зі втулкою виконується радіальне переміщення пластини 2 з розточувальним різцем 3 за рахунок того, що штифт 6 (встановлений на втулці 1) тисне на бічну поверхню похилого пазу пластини 2. В результаті підсумовування всіх трьох переміщень різець обробляє конічну поверхню заготовки 7.

На рисунку 2.40 показаний приклад закріплення інструменту обробки заготовки 4 при необхідності забезпечити радіальну подачу різцю 1.

Різець закріплено у борштангу 2 за допомогою державки 3. Державка встановлюється через стояк 7 на радіальному супорті планшайби 5, яка встановлена на шпинделі розточувального верстата (рис.2.40,а). Радіальне переміщення різця забезпечується переміщенням супорта. Консольні борштанги з циліндричним хвостовиком, що застосовуються, мають поздовжню лиску для надійного кріплення гвинтами (рис.2.40, б).

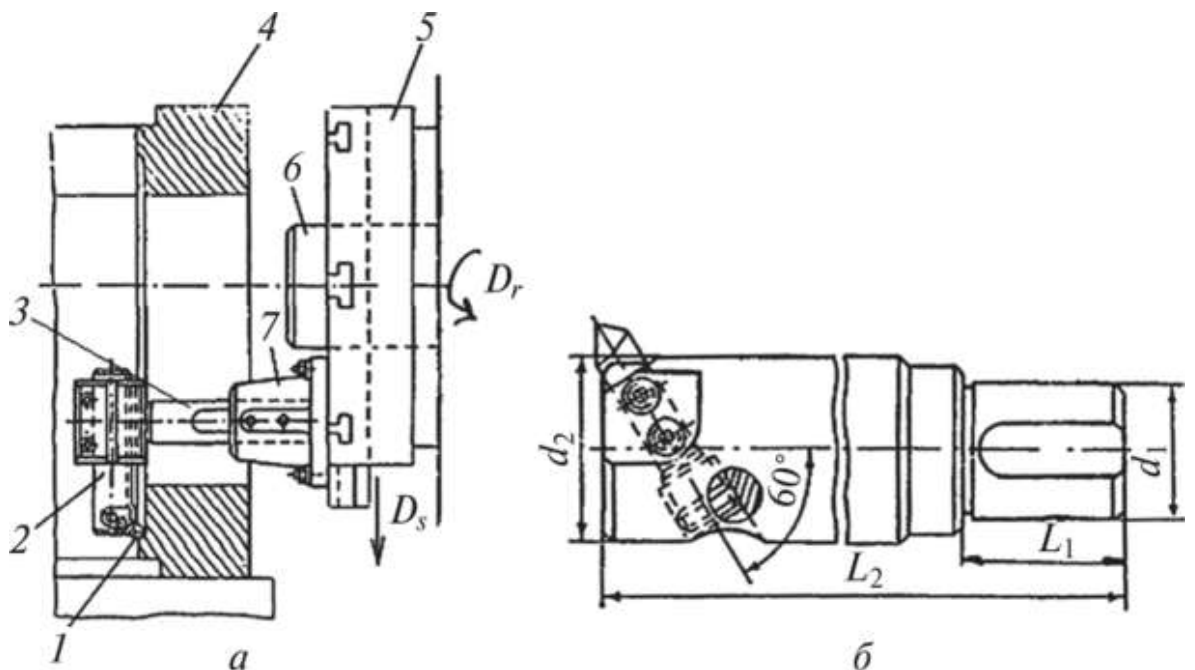


Рисунок 2.40 - Схема підрізування торця консольною борштангою

Запитання для самоконтролю

- 1. Що входить до інструментальної оснастки в машинобудуванні?*
- 2. У чому призначення інструментальної системи верстата?*
- 3. Які вимоги пред'являються до інструментальної оснастки?*
- 4. У чому переваги конуса 7:24 при встановленні осьового інструменту?*
- 5. Як здійснює закріплення осьового інструменту ключовий цанговий патрон?*
- 6. У чому особливість безключового цангового патрона?*
- 7. На якому принципі ґрунтуються швидкозмінні патрони?*
- 8. Які типи патронів використовуються для встановлення розгортки?*
- 9. Що забезпечують пристрої для налаштування осьового інструменту?*
- 10. У чому особливість патронів для нарізування різьблення?*
- 11. Як влаштовані реверсивні патрони та головки при нарізанні різьблення мітчиками?*
- 12. У чому переваги різьборізних головок?*
- 13. Як влаштовані патрони для закріплення протяжок у вертикально-протяжних верстатах?*
- 14. Для чого необхідні проміжні втулки та які їх конструкції застосовують при встановленні фрез?*
- 15. У чому особливість інструментальних систем для кріплення насадних фрез?*
- 16. Які типи інструментальної оснастки використовуються для встановлення різців при розточуванні?*

3 ДОДАТКОВІ ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ

У машинобудуванні застосовується велика група спеціальних та нормалізованих вузлів та механізмів технологічної оснастки, які розширюють можливості використовуваного обладнання, сприяють скороченню допоміжного часу, підвищують продуктивність та точність обробки. Додаткові та допоміжні елементи технологічної оснастки можна поділити на декілька груп (рис.3.1).



Рисунок 3.1 – Класифікація додаткових елементів технологічної оснастки

Розглянути все різноманіття конструкцій таких вузлів практично неможливо і не є метою даного посібника. Розглянемо принципи проектування та роботи найпоширеніших типів конструкцій таких пристроїв для різних класів металорізальних верстатів.

3.1. Елементи, що підвищують жорсткість заготовки.

3.1.1 Люнети.

Люнети застосовують як додаткові опори для зменшення прогину довгих деталей при $l > 12d$, оброблюваних на токарних і шліфувальних верстатах (l - довжина деталі, мм; d - найбільший діаметр деталі, мм). У машинобудівному виробництві застосовується досить різноманітні конструкції люнетів залежно від конфігурації заготовки, режимів обробки, конструкції верстата тощо.

За конструкцією люнети поділяють на універсальні та спеціальні. Універсальні люнети встановлюють або на верстаті (нерухомі люнети) або на каретці верстата, з якої вони переміщуються (рухливі). Універсальні люнети з розсувними кулачками застосовують при обробці деталей із різними діаметрами. Спеціальні люнети застосовують для обробки партії деталей.

За способом встановлення на верстаті люнети поділяють на нерухомі та рухливі. Рухливі люнети застосовуються при обробці дуже довгих нежорстких деталей і забезпечують сталість положення різального інструменту щодо опори, як і використовується люнет, що значно скорочує похибку обробки від пружних деформацій заготовки. Нерухомі люнети використовуються як додаткова опора різних по довжині поверхонь нежорстких деталей (наприклад, колінчастих валів).

За способом обертання заготовки люнети бувають з опорами кочення та ковзання: перші називають роликові люнети, а другі - кулачкові люнети. Роликові люнети використовуються при обробці деталей на високих швидкостях, проте вони більш дорогі і менш жорсткі ніж кулачкові. Кулачкові люнети використовуються при обробці на відносно невисоких швидкостях, оскільки зі збільшенням швидкості різання зростає тепловиділення в заготовку за рахунок зростання сил тертя, що призводить до додаткових теплових деформацій і, відповідно, збільшення похибки обробки.

На рисунку 3.2 показані конструкції найбільш поширених варіантів нерухомого (а) та рухомого (б) універсальних люнетів.

Нерухомий люнет притискається до станини 1 п'ятої 2 за допомогою кріпильного болта 3. У корпусі 4 люнета встановлені три опорні кулачки 6 з кутовим розташуванням один щодо одного - 120 градусів (замість кулачків можуть бути встановлені осі з шарикопідшипники), які забезпечують збіг віссю люнета. При установці заготовки 10 кришка 7 відкривається поворотом навколо осі 5. Після встановлення кришка опускається і щільно фіксується гвинтом 11 з корпусом 4. Остаточне положення заготовки 10 встановлюється гвинтами 8 і фіксується гвинтами 9 від можливого зміщення в процесі обробки.

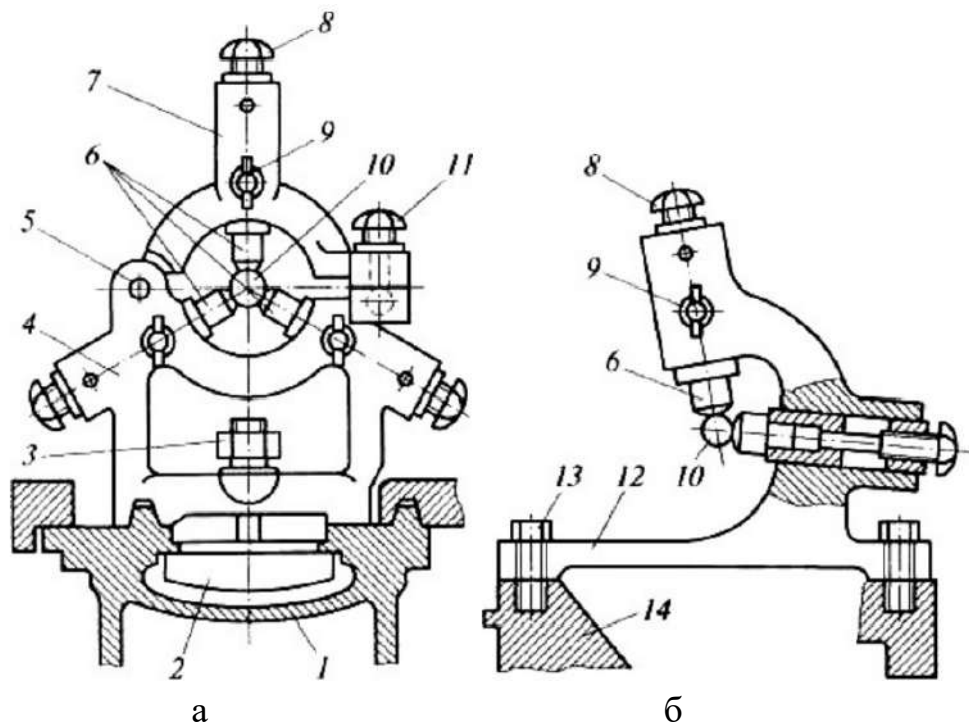


Рисунок 3.2 – Рухливий та нерухомий універсальний лунет

Корпус 12 рухомого двоточкового лунета закріплюється на супорті верстата 14 і фіксується болтами 13. Регулювальними гвинтами 8 підводять опорні кулачки 6 до торкання поверхні встановленої і закріпленої заготовки 10. Після остаточного вивіряння положення кулачків фіксується гвинтами 2.

На рисунку 3.3 показані конструкції сучасного нерухомого триточкового (а) та двоточкового відкритого (б) електронних лунетів. Завдяки електронному контролю переміщення настановних кулачків з підшипниками досягається висока точність позиціонування заготовки.

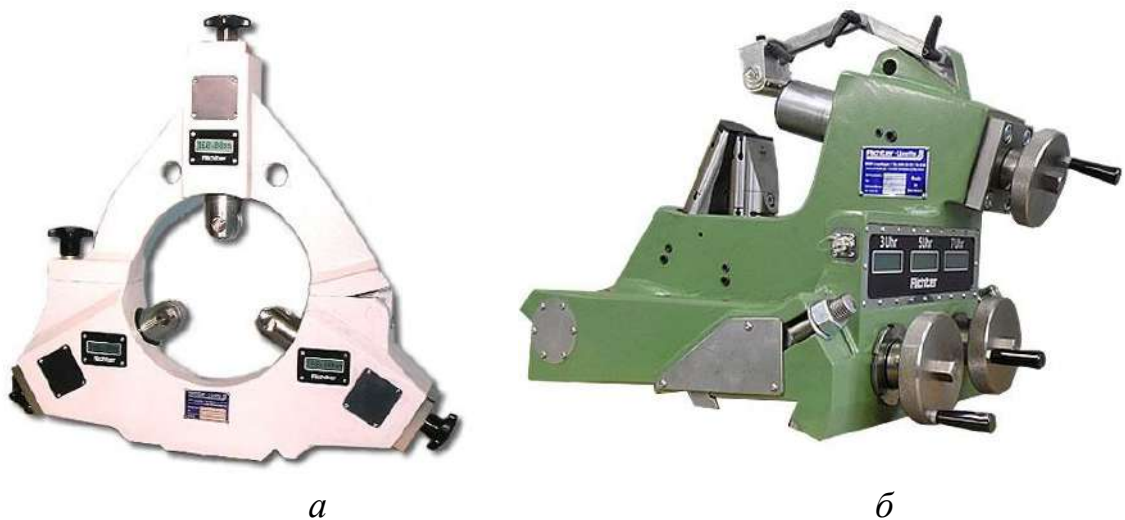


Рисунок 3.3 - Нерухомі лунети: а – електронний;
б -відкритий двоточковий шліфувальний

На сучасних токарних та багатофункціональних верстатах з ЧПУ застосовуються лунети оригінальної конфігурації, які дозволяють проводити

їх установку у необхідне положення для підтримки заготовок різних розмірів в автоматичному режимі.

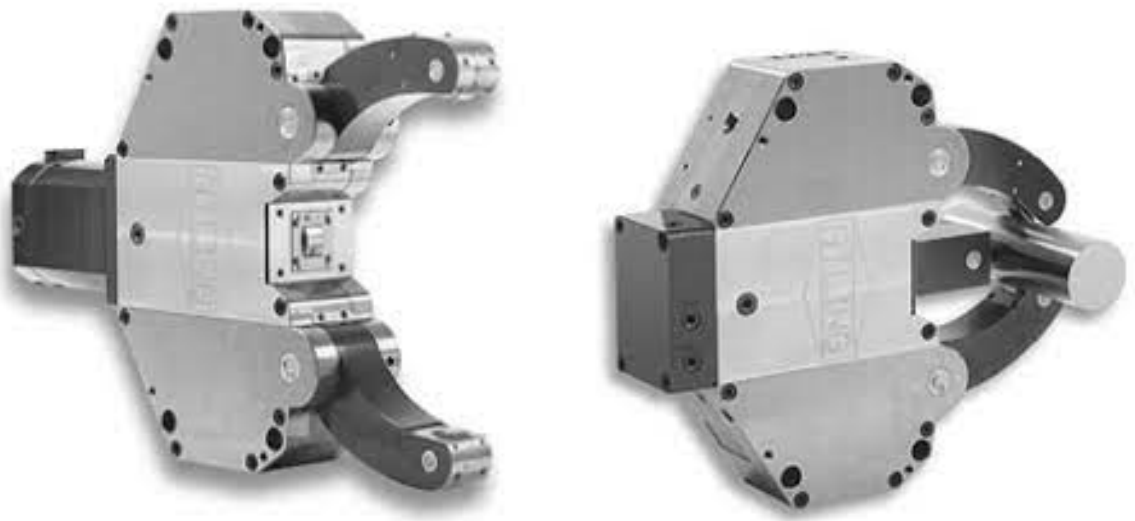


Рисунок 3.4 - Люнет токарного верстата з ЧПУ

3.1.2. Додаткові настановні елементи.

Додаткові настановні елементи призначені для надання додаткових жорсткості або стійкості заготовки в процесі обробки. Додаткова опора не повинна порушувати положення заготовки, досягнуте при встановленні на основні настановні елементи, тому додаткові настановні елементи роблять рухомими (підводними або самовстановлюючими). Однак після встановлення заготовки ці додаткові елементи необхідно жорстко зафіксувати, забезпечивши повну жорсткість системи.

Нерухливі опори використовують лише як основні. Регульовані опори застосовуються як основні та допоміжні опори. Частково конструкції деяких додаткових опор були розглянуті у першій частині посібника. Як основні вони служать для встановлення заготовок необробленими поверхнями при великих зніманнях припуску при механічній обробці, а також при вивірці заготовок по розмічувальних рисах.

Розглянемо конструктивні варіанти додаткових опор, що підводяться, з ручним управлінням (рис.3.5).

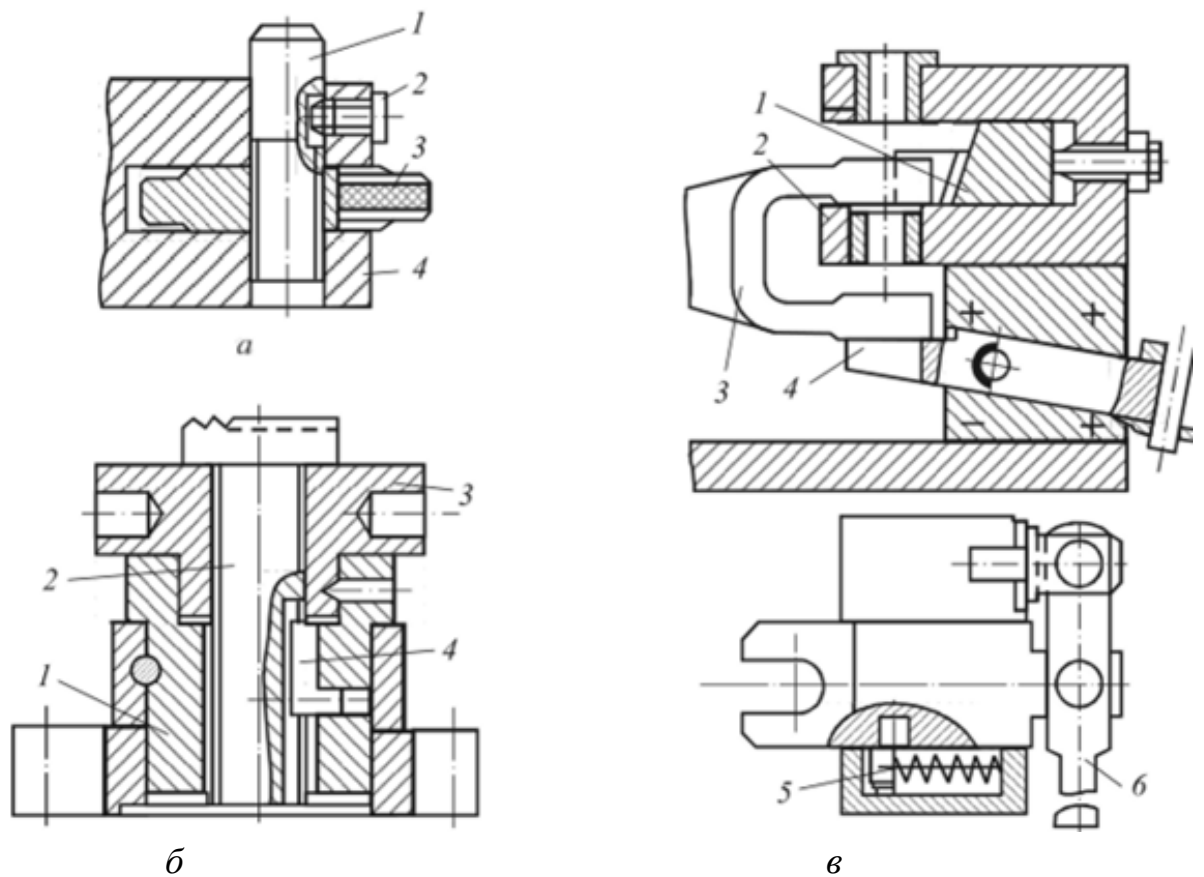


Рисунок 3.5 - Конструктивні варіанти опор, що підводяться.

У конструкції (рис.3.5,а) опору 1 підводять і відводять обертанням гайки 3. Для запобігання провороту опори передбачений гвинт 2, що своїм кінцем входить в паз опори.

У конструкції (рис.3.5,б) опора 2 переміщується вгору і вниз обертанням гайки 3. Від можливого обертання опору 2 утримує шпонка 4, встановлена в корпусі 1.

У конструкції (рис.3.5,в) перед встановленням заготовки 3 на постійну опору 2 рукояткою 6 відводять додаткову опору 4. Після встановлення заготовки до упору в призму 1 відпускають рукоятку 6 і 4 опора підводиться пружиною 5.

Плаваючі опори зазвичай застосовують як допоміжні, але якщо заготовка має складну форму і встановити її тільки на постійні опори важко, плаваючі опори можна застосовувати як основні. На рисунку 3.6 наведено конструкції самовстановлювальних опор, що застосовуються для збільшення жорсткості заготовки в пристрої. Опори з п'ятою, що гойдається (рис.3.6,а), компенсують похибки форми поверхні, на яку спирається натискний гвинт і оберігають її від зминання торцем гвинта. Самовстановлювані опори (рис.3.6,б-в) компенсують похибки настановної поверхні заготовки. Опори, що гойдаються

(рис.3.6,з) застосовують для вирівнювання опорної поверхні заготовки. Заготовка 3 спирається на два пальці 1 і 4, які мають можливість переміщатися в осьовому напрямку в отворах корпусу 5 і спираються на кінці коромисла 6. За рахунок обертання коромисла 6 навколо осі 7 закріпленої гвинтом 2 в корпусі заготовка встановлюється в необхідне положення щодо траєкторії руху інструмент.

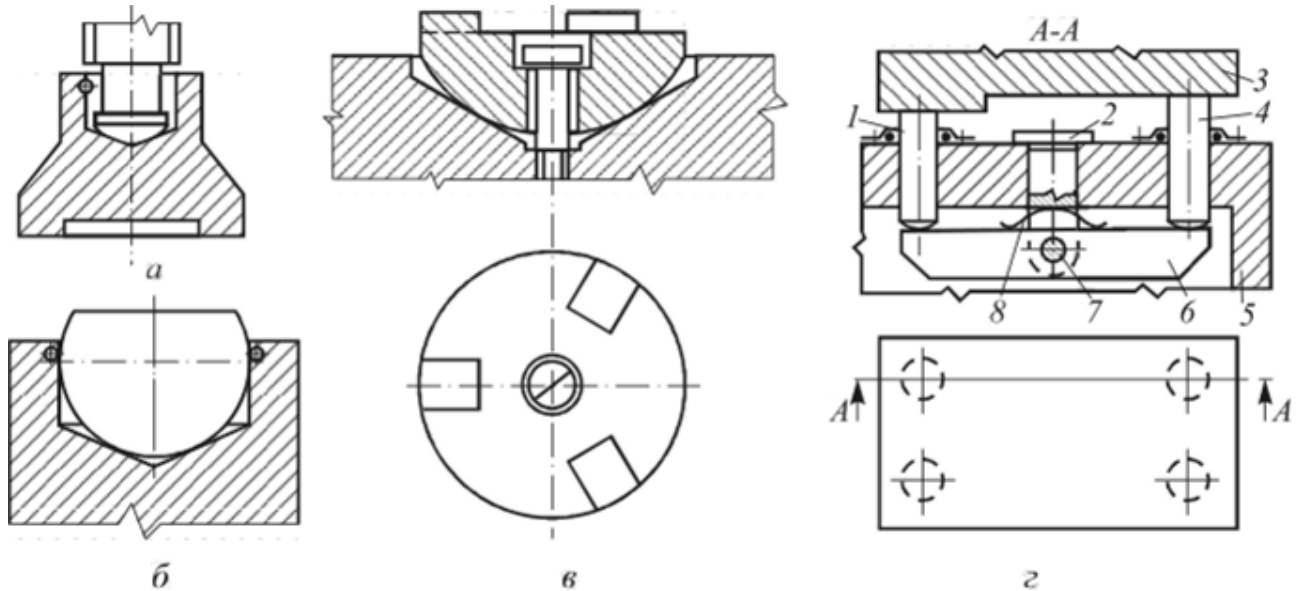


Рисунок 3.6 - Конструкції самовстановлювальних опор

Переваги самовстановлюваних опор:

- швидкість дії;
- можливість одночасного керування (стопоріння) кількома опорами від одного приводу (наприклад, через систему важеля);
- опора застосовується для обробки легких деталей, оскільки жорсткість пружини можна підібрати будь-яку.

Недолік:

- не може застосовуватися при встановленні важких заготовок і великих значення сил, що діють уздовж осі штиря.

Гідність опори, що підводиться в тому, що вона здатна витримати значно більші сили, що діють уздовж штиря.

Недоліки:

- низька продуктивність, пов'язана з ручним підведенням опори;
- неможливість одночасного керування кількома опорами;
- непридатність при обробці легких і м'яких деталей, так як при підведенні опори вручну до зіткнення з деталлю важко відчутти момент торкання і можна порушити положення деталі, яке визначається основними опорами.

3.2. Пристрої для координування та спрямування інструменту.

При виконанні свердління, зенкерування, розточування та інших операцій жорсткість різального інструменту, розточувальних оправок, борштанг та технологічної системи в цілому часто виявляється недостатньою. Для усунення пружного віджимання інструменту застосовують напрямні елементи у вигляді як кондукторних, так і направляючих втулок. Для прискорення налагодження верстатів та підвищення точності налагодження в конструкцію пристрою вводять спеціальні елементи, що визначають положення інструментів, яке відповідає робочому розміру налагодження. Такими елементами є шаблони та установи.

Таким чином, всі елементи та пристрої даного типу можна розділити на три групи:

- 1) для визначення положення та напрямку осьового інструменту - кондукторні втулки;
- 2) для швидкого встановлення інструментів розмір - шаблони, установи;
- 3) для визначення траєкторії руху інструменту щодо заготовки - копії.

3.2.1. Кондукторні втулки.

Кондукторні та напрямні втулки визначають положення осі інструменту щодо настановних елементів пристрою та підвищують його радіальну жорсткість. Точність діаметра отворів підвищується загалом на 50% проти обробки без кондукторних втулок.

Кондукторними називають втулки, в яких різальний інструмент спрямовується її робочою частиною. Вони застосовуються при обробці отворів стандартними свердлами, зенкерами та розгортками. Вони визначають положення осі інструменту щодо настановних елементів пристрою та підвищують його радіальну жорсткість. При цьому відпадає необхідність у розмітці, за рахунок чого підвищується точність розташування отворів та продуктивність праці. Підвищення жорсткості інструменту призводить до підвищення точності діаметра отвору, зменшення похибки положення осі отвору від теоретичного положення, дозволяє працювати на більш високих режимах різання.

Кондукторами або кондукторними плитами називають оснащені кондукторними втулками пристрої для обробки отворів на верстатах свердлильної групи.

Постійні втулки виконують без буртика або з буртиком, зазвичай за посадками $H7/n6$ або $H7/p6$ (рис.3.7,а). Ці втулки використовують у пристроях при дрібносерійному виробництві для обробки отвору одним інструментом, коли за час використання пристрою не потрібно замінити втулку у зв'язку зі зносом її робочої поверхні. Для визначення числа свердлінь через кондукторну втулку задаються її граничним зношуванням і використовують дані про середню інтенсивність зношування отворів, яка становить при свердлінні отворів діаметрами 10 - 20мм на 10м шляху при обробці чавуну $3\div 5\mu\text{м}$, сталі $40\div 4\mu\text{м}$. Орієнтовно число свердлінь через кондукторну втулку приймають $10000\div 15000$.

Змінні втулки застосовують у пристроях для масового та багатосерійного виробництва. Щоб не пошкоджувати корпус пристрою (кондуктор) при зміні втулок, їх встановлюють у проміжних втулках (рис.3.7,б) за посадками $H7/h6$ або $H7/g6$. Від провороту і підйому при обробці під дією стружки, що сходить, вони утримуються головкою гвинта.

Швидкозмінні кондукторні втулки застосовують у дрібносерійному та середньосерійному виробництві при виконанні багатоперехідних свердлильних операцій, коли отвір послідовно обробляють кількома інструментами (свердло, зенкер, розгортка). Вони відрізняються від змінних втулок зрізом на буртику, що дозволяє робити їх зміну, повністю не вигвинчуючи гвинт кріплення (рис.3.7,в). Для зручності використання буртик швидкозмінної втулки має накатку.

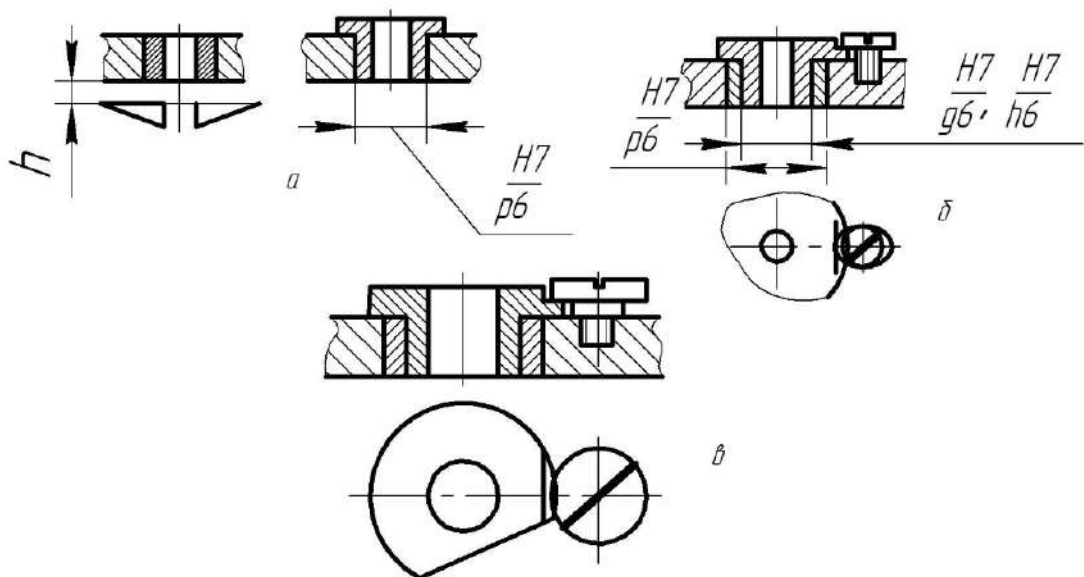


Рисунок 3.7 - Конструкції втулок для спрямування інструменту

Спеціальні кондукторні втулки застосовують у особливих випадках, коли застосування стандартних втулок неможливе або не дає ефекту. Розроблено

спеціальні втулки для обробки отворів у криволінійних поверхнях або похилих площинах (рис.3.8,*а*), при обробці отворів, які розташовані в поглибленні (рис.3.8,*б*), втулки зі скосом при невеликій відстані між осями отворів (рис.3.8,*в-г*).

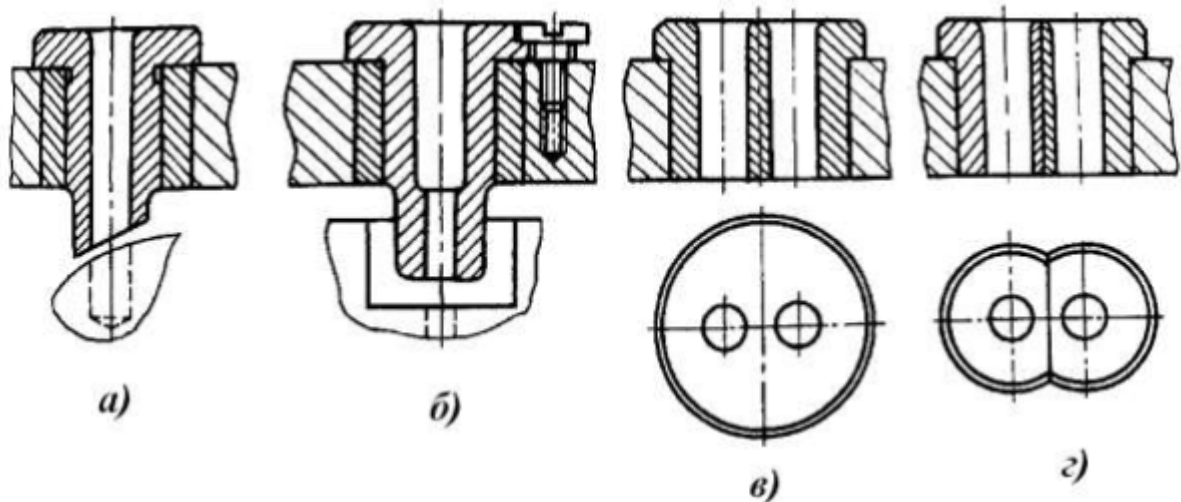


Рисунок 3.8 – Спеціальні кондукторні втулки

При свердлінні отворів діаметром до 25 мм для виготовлення втулок використовують інструментальну сталь марок У10А, У12А або 9ХС, загартовуючи до твердості 62÷65 HRC; при свердлінні отворів діаметром більше 25 мм втулки виготовляють із сталі 20 або 20Х з цементацією на глибину 0,8÷1,2 мм і загартуванням також до твердості 62÷65 HRC.

3.2.2. Напрямні втулки.

Направляючими називаються втулки, в яких різальний інструмент спрямовується своєю спеціально передбаченою спрямовуючою частиною (розточувальна оправка, борштанга). Інструмент може мати одну, або дві напрямні частини (передню та задню, рис.3.9).

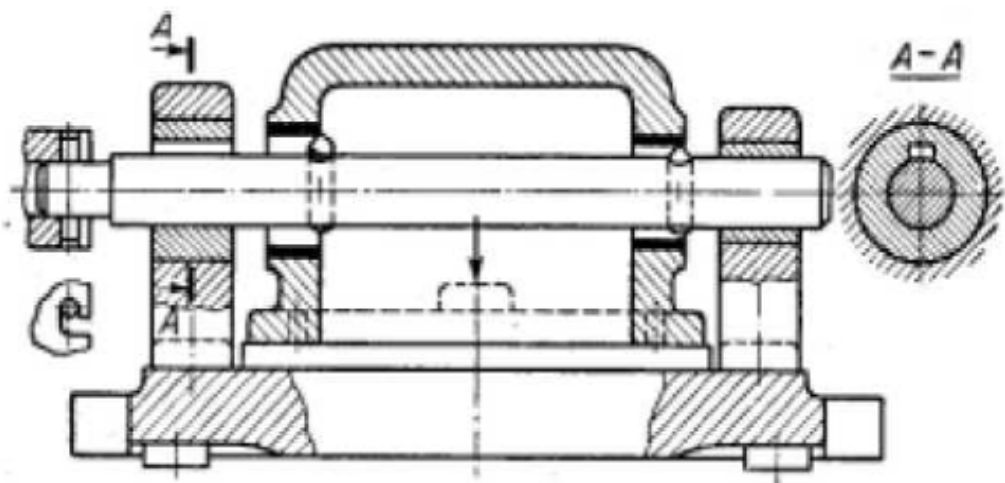


Рисунок 3.9 – Розточування отворів з борштангою, встановленої у двох напрямних втулках

Зазвичай напрямні втулки виконують обертовими на підшипниках ковзання або кочення (рис.3.10).

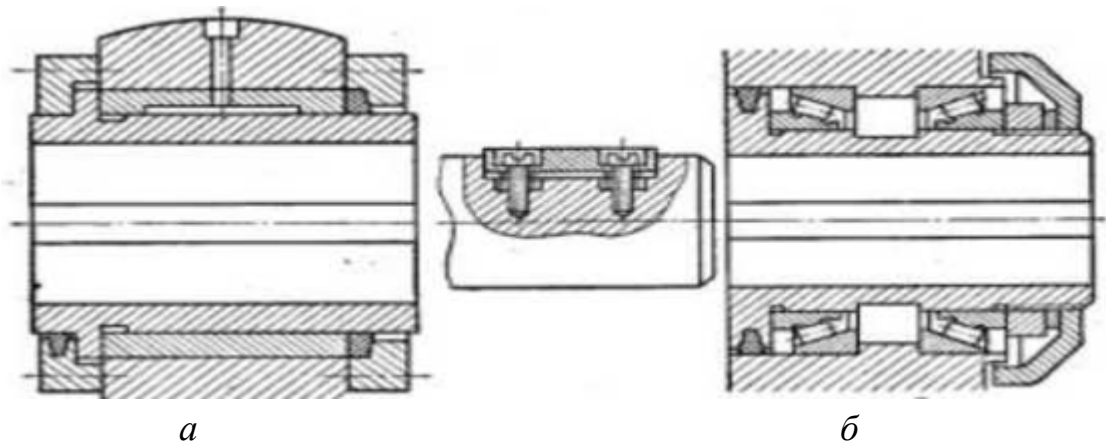


Рисунок 3.10 – Конструкція напрямних втулок на підшипниках:

а - ковзання; б - кочення

Напрямні втулки, змонтовані на кулькових або роликових підшипниках, мають дуже великі габаритні розміри, тому поширення набули втулки, змонтовані на голчастих підшипниках. Вони мають невеликий розмір у радіальному напрямку, точні (радіальний зазор не більше 15 мкм), зносостійкі, і для них допустима обробка на високих швидкостях різання.

3. 2.3 Шаблони та установи.

Шаблони та установи дозволяють швидко і точно виставити інструмент, виключаючи налаштування по пробним проходкам та промірам, яке займає багато часу. Для цього в конструкцію пристрою вводять спеціальні елементи (шаблони та установи), що визначають положення інструментів, що відповідає робочому настроювальному розміру. Застосування шаблонів зазвичай використовується для токарних робіт, а установив - для фрезерних. Підвищення продуктивності праці досягається в цьому випадку за рахунок скорочення часу на налагодження інструменту на верстаті.

Установи розміщують на корпусі пристрою так, щоб їх еталонні поверхні розташовувалися нижче оброблюваних поверхонь, щоб вони не заважали при встановленні та обробці заготовки, але в той же час до них був вільний доступ різального інструменту. Зазвичай висотний установ закріплюють одним гвинтом, а кутовий - двома гвинтами та двома штифтами на корпусі пристрою.

На рисунку 3.11 зображено конструкції установ:

- висотний – для встановлення фрези в одному напрямку (рис.3.11,а);
- кутовий – для встановлення фрези у двох напрямках (рис.3.11,б).

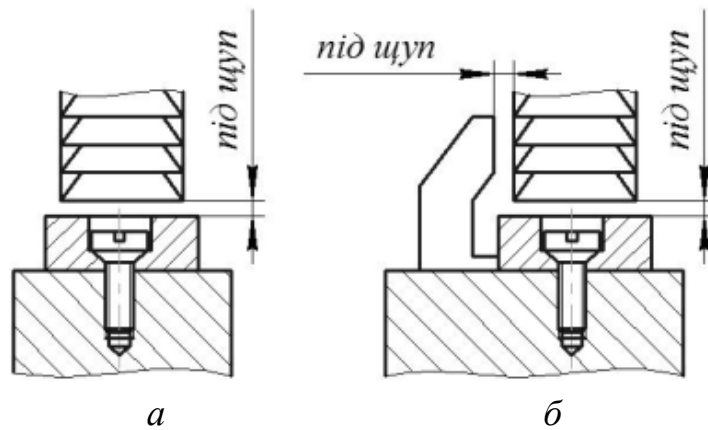


Рисунок 3.11 – Типи установ: а - висотний; б - кутовий

У процесі налагодження верстата між установом та фрезою застосовують щуп, який може щільно, але без затискання входити в зазор.

Безпосередній дотик фрези з установом неприпустимий, оскільки необхідно уникнути його пошкодження як у момент налагодження, так і під час механічної обробки заготовки.

Прикладом шаблону для встановлення різця може бути настановне кільце 1 (рис.3.12), що встановлюється на оправку разом з оброблюваною заготовкою 2. Різці підводять до шаблону - кільця 1 і у подальшому виконується обробка у розмір.

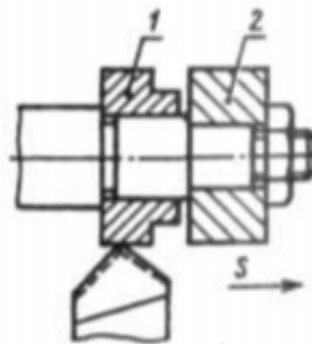


Рисунок 3.12 – Приклад шаблону токарної обробки

3.2.4. Копіри.

Копіри застосовують при обробці фасонних та складнопрофільних поверхонь на універсальних верстатах з ручним керуванням. Їх призначення - забезпечити траєкторію відносного руху інструменту і заготовки, яка потрібна для отримання необхідного контуру оброблюваної деталі. В результаті підвищується точність обробки контуру та продуктивність праці на операції.

Найбільш характерним прикладом обробки по копіру є фрезерування замкнутого контуру методом кругової подачі.

Копіри застосовуються при обробці на фрезерних, токарних, стругальних, шліфувальних та інших верстатах. На верстатах повинен бути встановлений пристрій, який забезпечує жорсткий розмірний зв'язок між копіром і інструментом, причому в напрямку переміщення копіра і інструменту жорсткого зв'язку не повинно бути.

У фрезерно-копіювальних верстатах забезпечення необхідної траєкторії руху інструменту здійснюється автоматично (рис.3.13).

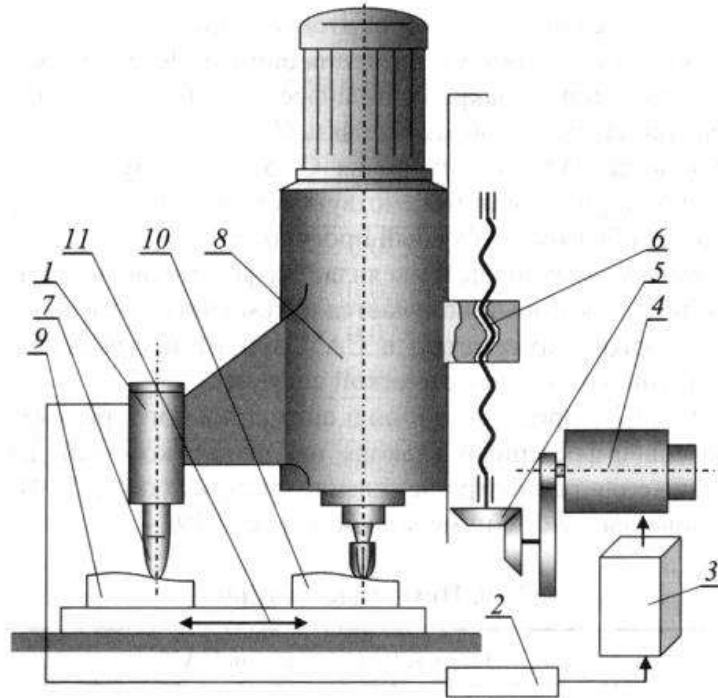


Рисунок 3.13 - Принципова схема роботи копіювально-фрезерного верстата

При включенні приводу подачі щуп 7 перетворювача 1 взаємодіє з профілем копіра 9 і виробляє сигнал у вигляді напруги, пропорційний до відхилення щупа. Ця напруга через електронний підсилювач 2 надходить на вхід підсилювача-перетворювача 3 комплектного регульованого електроприводу і викликає обертання двигуна постійного струму 4. Двигун через редуктор 5 і гвинтову пару 6 переміщує фрезерну бабку 8 у бік зменшення помилки, відбувається обробка деталі 10, яка встановлена на столі 11 фрезерного верстата. Корпус перетворювача переміщення 1 закріплено на фрезерній бабці, чим забезпечується негативний зворотний зв'язок системи керування.

У процесі функціонування системи управління фреза повторюватиме переміщення щупа 7, який взаємодіє з копіром 9, і формує необхідний профіль деталі.

Копіри зазвичай виготовляють із високовуглецевої або цементованої сталі, термічно обробленої до твердості $58\div 62$ HRC.

В даний час обробка по копірах здійснюється тільки в одиничному неавтоматизованому виробництві на дрібних підприємствах, так як верстати з ЧПУ практично зняли проблему застосування копіїв, внаслідок того, що будь-який профіль може бути представлений у вигляді набору кривих у цифровому коді, записаний як програма управління і реалізований на верстаті з ЧПУ.

3.3. Елементи розширення технологічних можливостей обладнання.

3.3.1. Багатошпindelьні насадки.

Багатошпindelьні свердлильні насадки (або головки) застосовують при одночасному обробленні кінцевим інструментом (свердлінні, зенкеруванні, розгортанні, нарізанні різі) декількох отворів в одній деталі або для послідовної позиційної обробки отворів в декількох деталях одночасно на агрегатному або свердлильному верстатах (рис.3.14).



Рисунок 3.14 – Загальний вигляд багатошпindelьної насадки

Багатошпindelьні свердлильні насадки поділяються на спеціальні та універсальні. Спеціальні насадки застосовують при обробці отворів у деталях одного типорозміру, тому відстань між осями шпindelів у таких насадках є постійною. Універсальні насадки застосовують для обробки отворів у деталях, різних за формою та розмірами; відстань між осями шпindelів у цих насадках можна змінювати відповідно до розташування отворів в оброблюваних деталях. Багатошпindelьні спеціальні насадки застосовують у багатосерійному та масовому виробництвах, а багатошпindelьні універсальні – у серійному виробництві.

На рисунку 3.15 наведено принципову схему двошпindelьної насадки.

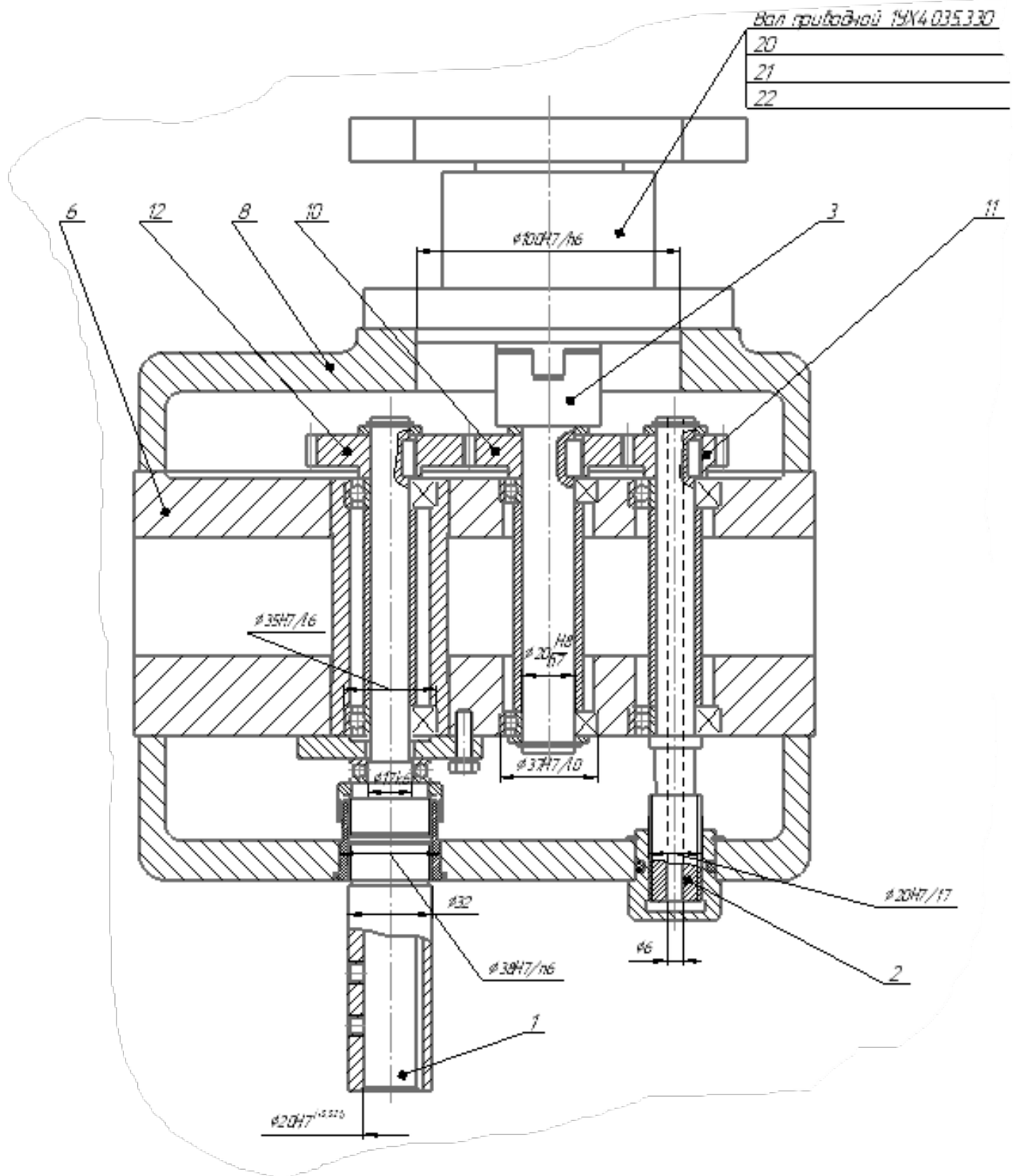


Рисунок 3.15 – Принципова схема багатошпindelної насадки

Привідний вал 20 через проміжний вал 3 і провідну шестерню 10, завдяки шестерні 12, передає обертання на шпindelні вали 1, які встановлено в корпусі 6. Для забезпечення подачі мастила провідна шестерня 10, яка пов'язана з шестернею 11, передає обертання валу 2 який керує роботою плунжерного насосу.

3.3.2. Багатошпindelні револьверні головки.

Поворотна багатошпindelна револьверна головка встановлюється на шпindel свердлувального верстата (рис.3.16). Корпус встановлений на гільзі 5 і закріплений за допомогою розтруба 4 і гвинта 6, що стягує.

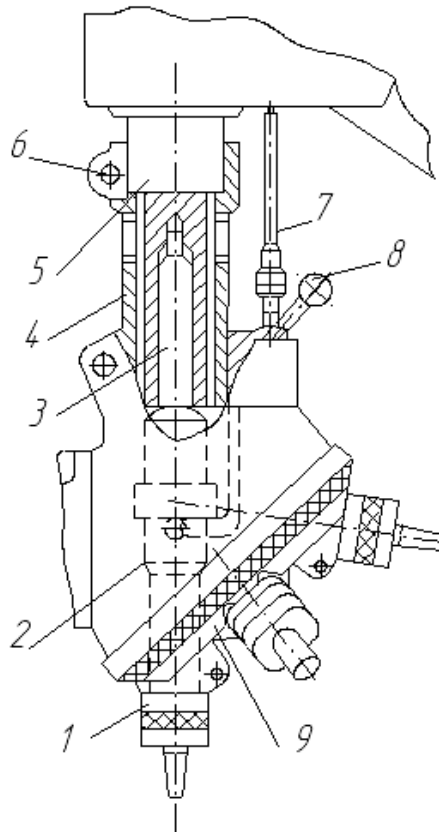


Рисунок 3.16 – Багатошпindelна револьверна головка для одиночних інструментів

У корпусі головки встановлений нахилений обертовий диск 9, в гніздах якого встановлені шпindelі 1. Диск закріплюється в заданих положеннях за допомогою фіксатора. Центральний вал головки 3 з'єднано зі шпindelем верстата за допомогою конусного хвостовика. Обертання від цього валу до окремих шпindelів головки передається через муфту 2. Іноді в конструкціях головок використовують зубчасті редуктори, які дають можливість прискорювати або уповільнювати обертання окремих шпindelів головки щодо шпинделя верстата.

Для заміни різального інструменту необхідно, не зупиняючи рух шпинделя верстата і витягнувши фіксатор диска 9, повернути його. Муфта 2 розчіплює вал 3 зі шпindelем головки. У головці передбачено ручне та автоматичне вимкнення фіксатора, відключення муфти та зупинка обертання диска. Це відбувається після підняття шпинделя верстата у верхнє положення. Товкач 7, упираючись у корпус шпindelної бабки, включає спеціальний

механізм (на рис.3.15 не зображений), при цьому повертає диск револьверної головки тільки в один бік до наступного положення фіксує втулки. Після опускання шпинделя диск головки фіксується в новому положенні, а муфта з'єднує вал 3 з новим шпинделем головки. Ручний поворот диска здійснюється за допомогою ручки 8. Такі револьверні головки дають можливість на одному верстаті виконувати у напівавтоматичному режимі свердління, розгортання, зенкерування, нарізування різьблення тощо.

Для підвищення гнучкості технологічної системи в теперішній час широко застосовуються спеціальні конструкції багатошпindelних револьверних головок для обробки отворів кінцевим інструментом (рис.3.17).



Рисунок 3.17 – Багатошпindelна револьверна головка

На рисунку 3.18 наведена конструкція револьверної головки багатоцільового токарного верстата з приводом інструменту, що обертається, виконаного за схемою передачі обертання на конкретну позицію револьверної головки. Головка відрізняється відсутністю осьового зміщення інструментального диска при його розфіксації, що унеможливує попадання в головку стружки і ЗОТР.

Дванадцятипозиційна головка має можливість обертання в обидві сторони, при цьому час позиціонування становить від 1с (поворот на 30° , тобто перехід до сусідньої позиції) до 3с (поворот на 180°). За характеристиками точності головка задовольняє загальним вимогам: стабільність (повторюваність) позиціонування $\pm 2''$; точність позиціонування (поділу) $\pm 6''$.

При відключеному гальмі обертання від двигуна 14 через зубчасті колеса передається на черв'як, а від нього - на черв'ячне колесо 16. Через шпонку 9

обертається втулка 8 з кульковими опорами 13, які зміщуються в кутовому напрямку щодо кулькових опор 12, пов'язаних з муфтою 4, що фіксує. Відстань між торцями опор при нерухомій муфті 4 зменшується, розтискаються тарілчасті пружини 15 до упору торця втулки 17 у виступ шпинделя 10 головки. Одночасно під дією пружин 2, встановлених в диску 3, муфта 4 виходить з зачеплення з торцевими напівмуфтами 19 і 20. Відбувається розфіксація револьверної головки без осьового зміщення інструментального диска; при цьому контроль розфіксації здійснюється безконтактним датчиком за рахунок осьового зміщення втулки 11 при взаємодії торцевої поверхні шпонки 9 і торцевого кулачка на втулці 11. При подальшому обертанні двигуна шпонка 9 за допомогою паза 6 обертає муфту 4 і через неї, шпиндель 10 з інструментальним диском.

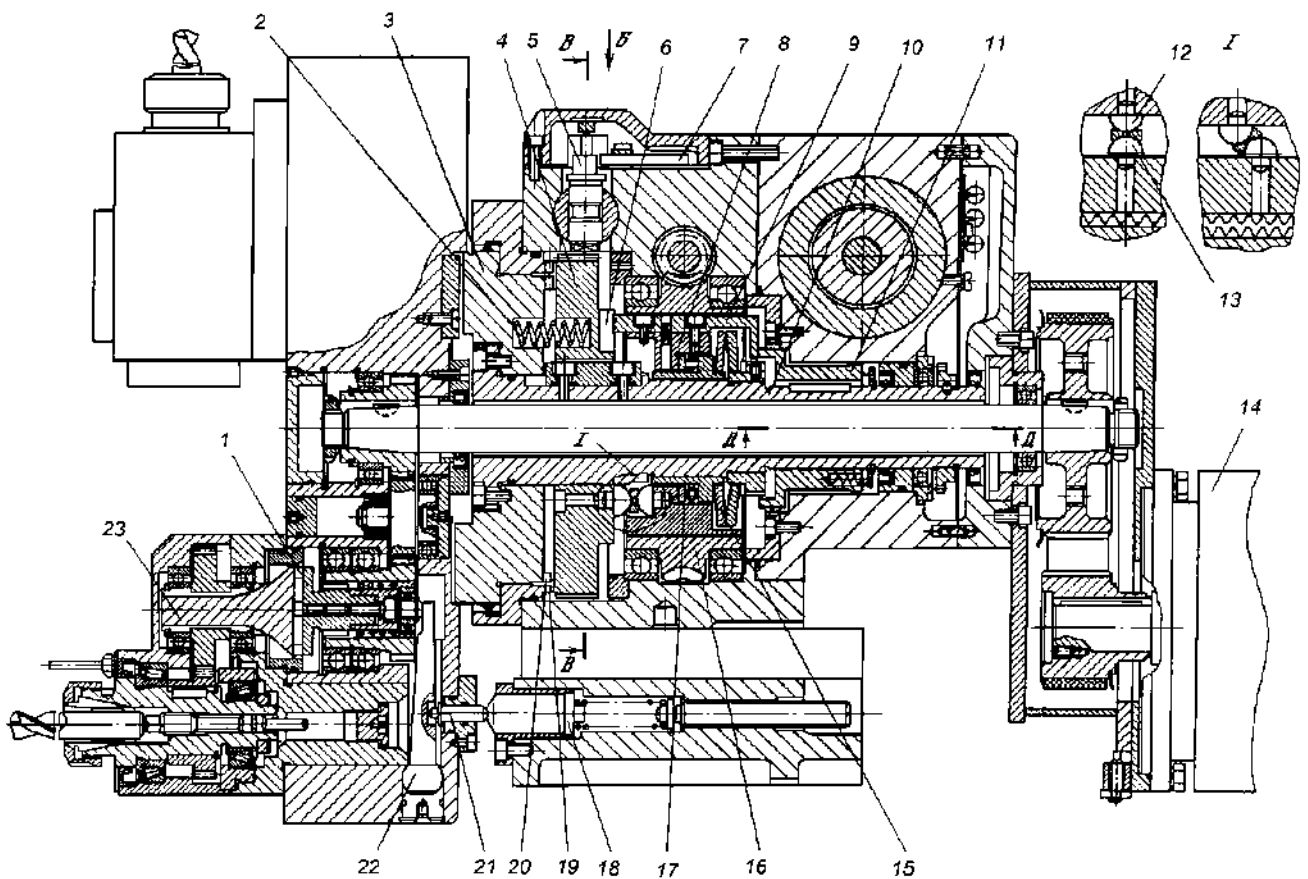


Рисунок 3.18 - Револьверна головка багатоопераційного верстата

Досягнення необхідної позиції контролюється датчиком кутових переміщень. Попередня фіксація для орієнтації зубів на деталях 4, 19 та 20 здійснюється за допомогою фіксатора. При відключеному електромагніті фіксатор за допомогою двох пружин виходить з фіксуючого паза в муфті 4. При досягненні заданої позиції (за сигналами датчика) двигун реверсується і при зафіксованій муфті 4 кулькові опори 12 і 13 зміщуються одна щодо одної.

Відстань між центрами кулькових опор збільшується, відбувається осьове зміщення муфти 4, її зубці входять у зачеплення з торцевими зубами напівмуфт 19 і 20, потім стискаються тарілчасті пружини. Контроль фіксації здійснюється при усуненні втулки 11 щодо датчика. Спрацьовує гальмо, відключаються двигун та електромагніт.

Обертання інструменту в робочій позиції здійснюється центральним приводом від двигуна 14. При цьому у відповідній позиції головки важіль 22 повертається штовхачем 21, що контактує з пружним упором 18. Включається кулачкова муфта 1 і через муфту 23 обертання передається на інструмент.

Наявність в голівці кількох обертових осьових і радіальних інструментів з великим вильотом обмежує технологічні можливості верстата, ускладнює програмування, яке повинне виключити можливість зіткнення інструменту з патроном або заготовкою, що обробляється. Необхідність розміщення інструментальних оправок з фіксуючими та приводними елементами приводів обертання інструментів призводить до значного збільшення габаритів револьверних головок та ускладнює їх конструкцію.

Застосування одноінструментальних шпindelних головок із незалежним приводом зі зміною інструментів з магазину маніпуляторами на кшталт свердлильно-фрезерних багатоцільових верстатів з ЧПУ забезпечує суттєве розширення технологічних можливостей верстата, більшу жорсткість та точність встановлення інструментів. Однак підвищується вартість верстата, ускладнюється його керування.

3.3.3. Поворотні та ділильні пристрої.

Ділильні пристрої призначені для того, щоб при одній установці деталі мати можливість надати їй кілька позицій з метою обробки ряду поверхонь, розташованих на заданій кутовій відстані однією від другої. Поворотні пристрої дозволяють обробляти заготовки в системі полярних координат, що в багатьох випадках значно зручніше, ніж перераховувати положення осей оброблюваних отворів в прямокутних системах координат. Поворотні пристрої іноді оформляються у вигляді столів, що допускають поворот планшайби в межах 360° та її нахил до площини основи на кут від 0 до 90° , що забезпечує просторову обробку заготовок. В автоматичних поворотно-ділильних пристроях обертання та фіксація поворотної частини відбувається без участі робітника. Пристрої оснащують механічними, пневматичними, гідравлічними та пневмогідравлічними приводами. Їх використовують при виготовленні різних інструментів (фрез, розгортки, зенкерів, мітчиків), нормалізованих деталей машин (головки болтів, грані гайок, корончасті

гайки), при фрезеруванні зубчастих коліс, пазів та шліців на торцях (зубчасті муфти) та інших деталей.

За використанням на верстатах ділильні та поворотні пристрої поділяються на накладні або знімні, що встановлюються на стіл верстата, та стаціонарні, вбудовані в верстат і одночасно є його вузлом. Накладні пристрої зазвичай складаються з нерухомого корпусу (або стійок) і поворотної частини, що несе робочу частину пристрою з заготовкою, що встановлюється на ній (рис.3.19).

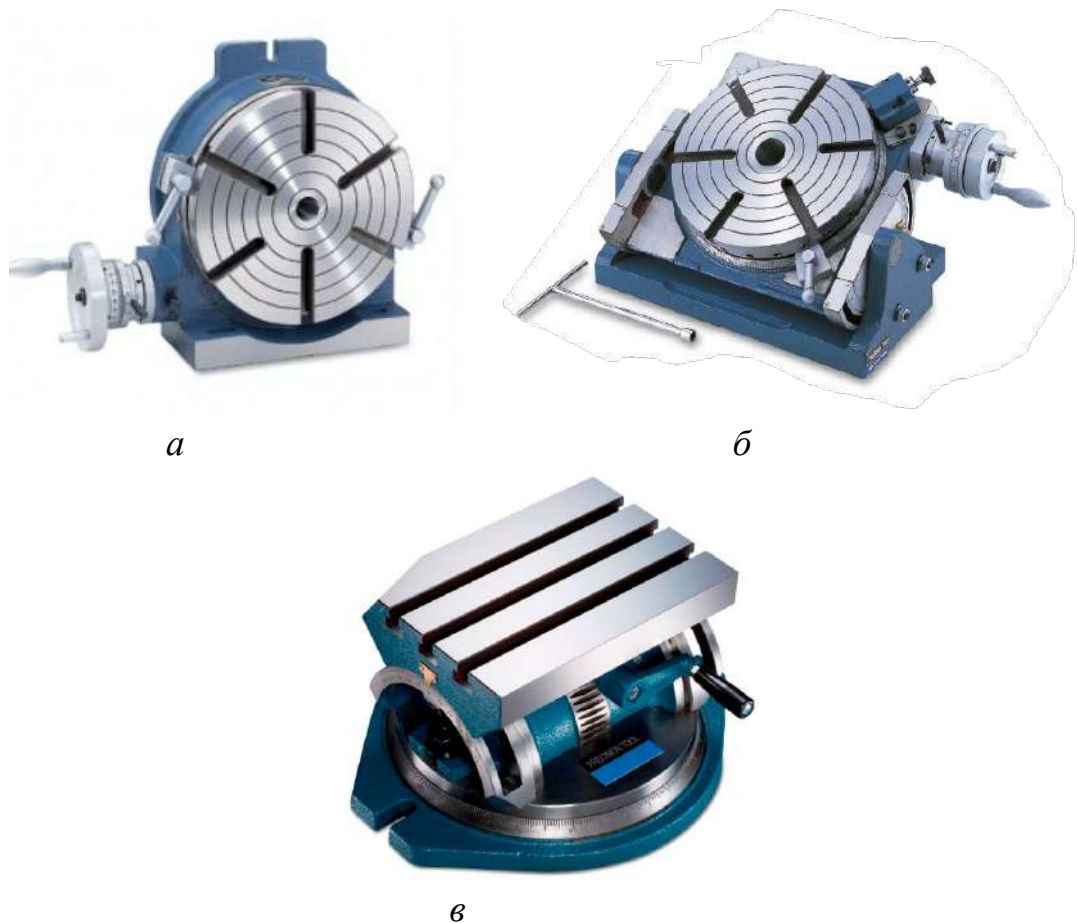


Рисунок 3.19 – Столи поворотні універсальні:

а - круглий з горизонтально-вертикальною віссю; б - круглий поворотний з нахилом; в – прямокутний поворотний з нахилом

На прямокутних поворотних столах фіксація пристрою чи затискних елементів здійснюється системою «шпонка – точний паз». Для орієнтації пристроїв їх встановлюють на столі верстата і базують по центральному поздовжньому пазу столу за допомогою штирів або шпонок. Такий спосіб забезпечує точність установки, проте призводить до подорожчання пристрою та збільшення допоміжного часу на установку пристрою, оскільки базування пристрою у напрямку паза вимагає додаткової вивірки.

Для круглих поворотних столів елементом фіксації пристрою є циліндричний палець та точний отвір для встановлення пристроїв на столі верстата з фіксацією по центральному отвору столу та поздовжньому пазу (фіксується штиром або шпонкою). Цей спосіб фіксації має ряд експлуатаційних та технологічних переваг:

- параметри точності при такому компонованні пристрою вищі та зберігаються в процесі експлуатації;
- великогабаритні компоновання пристроїв можна створювати на монолітній плиті, що забезпечує підвищену жорсткість системи та дозволяє працювати на більш високих режимах обробки.

Технологічною перевагою фіксації «палець - точний отвір» є можливість виготовлення великогабаритних базових деталей та складальних одиниць (плит, косинців тощо). (В УСП фіксація деталей здійснюється системою «шпонка – точний паз»)

Ділильні механізми працюють за двома схемами: з радіальною (рис.3.20,*а*) та осьюовою (рис.3.20,*б*) фіксацією поворотного елемента.

Пристрої з радіальною фіксацією мають невеликі осьові габарити (проте великі радіальні), підвищену точність поділу і низьку технологічність виготовлення.

Пристрої з осьюовою фіксацією мають мали радіальні габарити (проте дещо більші осьові), відносно невисоку точність поділу та високу технологічність виготовлення. Ця схема застосовується у машинобудуванні найбільш широко.

На рисунку 3.20,*б* зображена конструкція універсального поворотного столу з пневмоприводом і осьюовою фіксацією положення столу. Стіл складається з корпусу 6 (нерухома частина) та планшайби 5 (поворотна частина). На планшайбі 5 закріплено кільце 9, в якому по колу розташована певна кількість отворів. Точна індексація повороту планшайби на певний кут здійснюється одним з рейкових фіксаторів 8, що послідовно входять в отвори відповідного ряду в кільці 9 під дією пружин, розташованих у двох втулках 11, запресованих у корпус 6.

Кожен рейковий фіксатор 8 управляється ручками. Поворот планшайби 5 столу на один поділ здійснюється вручну. Для більшої жорсткості пристрою планшайбу після її повороту і фіксації притискають до корпусу 6 і віджимають від нього перед наступним поворотом. Притискання планшайби 5 до корпусу 6 виконує пневмопривід, вбудований в корпус, а віджим - пружина 2.

У пневмоциліндрі розміщується поршень 4 зі штоком 3, на кінці якого встановлена втулка 1. При надходженні стисненого повітря в штокову порожнину пневмоциліндру поршень зі штоком і втулкою переміщуються

вниз і втулка притискає планшайбу до корпусу. Коли повітря зі штокової порожнини через розподільний кран випускають в атмосферу, поршень 4 зі штоком 3 і втулкою 7 під впливом пружини 2 переміщуються вгору і планшайба 5 віджимається від корпусу 6.

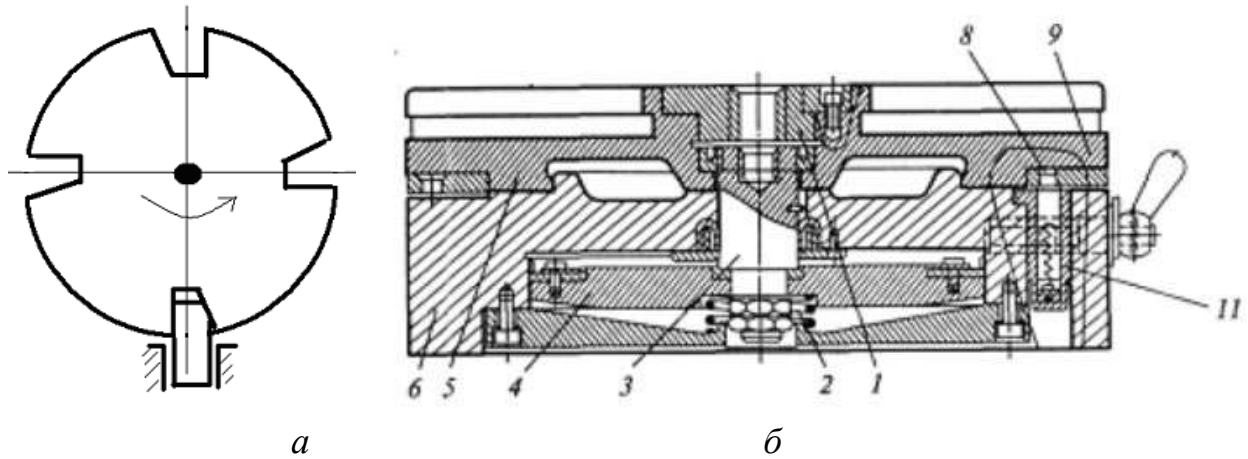


Рисунок 3.20 – Схеми фіксації поворотного елемента

Ділильні головки є найважливішим приладдям консольно-фрезерних верстатів, особливо універсальних, і значно розширюють технологічні можливості цих верстатів.

Ділильні головки служать:

- для установки осі заготовки, що обробляється, під необхідним кутом щодо шпинделя верстата;
- для періодичного повороту заготовки навколо її осі на певний кут (розподіл на рівні та нерівні частини);
- для безперервного обертання заготовки при нарізанні гвинтових канавок або гвинтових зубів зубчастих коліс.

Ділильні головки бувають:

- лімбові* з ділильними дисками (безпосереднього поділу, простого поділу, підлоги універсальні, універсальні);
- безлімбові* (без ділильного диска) із зубчастим планетарним механізмом та набором змінних зубчастих коліс;
- оптичні* (для точних поділів та контрольних операцій).

Зазвичай ділильні головки виготовляють одношпиндельними (рис.3.21).

Іноді застосовують багатошпиндельні (дво- та тришпиндельні) для одночасної обробки відповідно двох або трьох заготовок.

Безлімбові ділильні головки дозволяють робити процес розподілу за допомогою змінних зубчастих коліс. При цьому ручку ділильної головки повертають на один або кілька повних обертів. Однак конструкція та

кінематична схема безлімбових ділильних головок значно складніша, ніж лімбових.

Звичайна механічна універсальна ділильна головка (рис.3.21) складається з корпусу 5, ділильного диска (лімба) 4, шпинделя 7, задньої бабки 9. Заготовка встановлюється у центрах ділильної головки і задньої бабки (її також можливо встановлювати у патроні, який необхідно навернути на різьбовий кінець шпинделя. Відлік повороту рукоятки 1 з фіксатором 2 і, відповідно, заготовки на потрібний кут здійснюється за допомогою лімба 4. Лімб має кілька рядів отворів, рівномірно розташованих на концентричних колах. Для зручності відліку використовують розсувний сектор 3. Кут повороту заготовки у вертикальній площі контролюється лімбом 8. Ділильна голівка і задня бабка базуються на столі верстата по точному шпоноковому пазу і закріплюються Т-подібними болтами через пази 11.

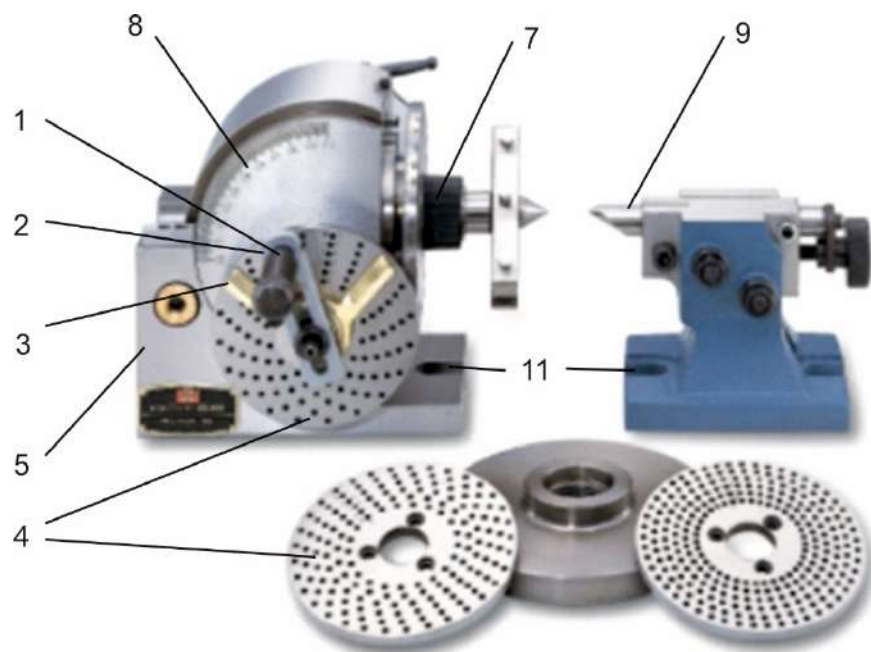


Рисунок 3.21 – Ділильна головка

Залежно від виду виконуваних робіт універсальну головку можна налагоджувати на безпосередній, простий та диференційний поділ.

3.3.4. Фіксатори.

Фіксатори поворотних пристроїв застосовують у пристроях лінійного та особливо кутового позиціонування. Вони призначені для точної установки вихідної ланки механізму позиціонування та запобігання його зміщенню під дією сил, що виникають у процесі обробки (рис.3.22). У ряді випадків для цього доводиться додатково застосовувати спеціальні затискні механізми (притиск до напрямних, див. рис.3.20,б).

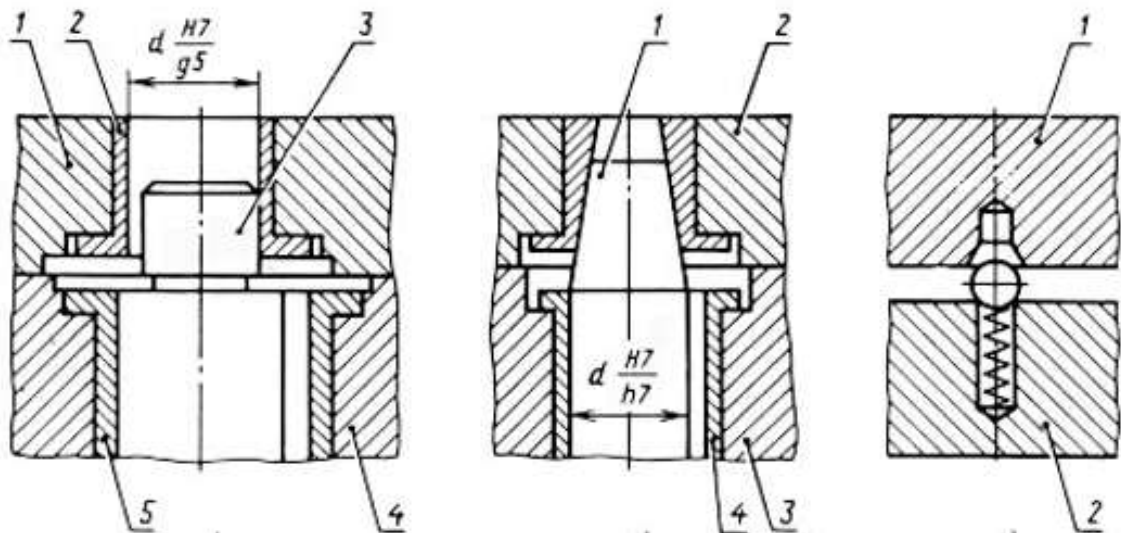


Рисунок 3.22 - Фіксатори ділільних пристроїв: а - з циліндричним пальцем (1 - поворотна частина пристрою; 2, 5 - втулки; 3 - циліндричний фіксатор; 4 - корпус пристрою); б - з конічним пальцем (1 - конічний палець; 2 - поворотна частина пристрою; 3 - корпус пристрою; 4 - втулка); в - кульковий (1 - поворотна частина пристрою; 2 - корпус пристрою)

Механізми попередньої фіксації застосовують у швидкохідних конструкціях з метою запобігання неспрацьовування основного механізму фіксації через неточне позиціонування при повороті або лінійному переміщенні пристрою.

Фіксатор з циліндричним пальцем може сприймати момент від сил обробки, але не забезпечує високої точності позиціонування через наявність зазорів у рухомих з'єднаннях.

Фіксатор з конічним пальцем забезпечує більшу точність позиціонування, тому що в даному випадку відсутня зазор між пальцем та втулкою.

Кульковий фіксатор найпростіший, забезпечує найменшу точність позиціонування і не сприймає момент сил обробки. Його поворотна частина переводиться на наступний поділ вручну до характерного клацання при западанні кульки в нове поглиблення.

Управління фіксатором у найпростіших пристроях здійснюється витяжною кнопкою або ручкою, закріпленою на рейковому зубчастому колесі або за допомогою педалі.

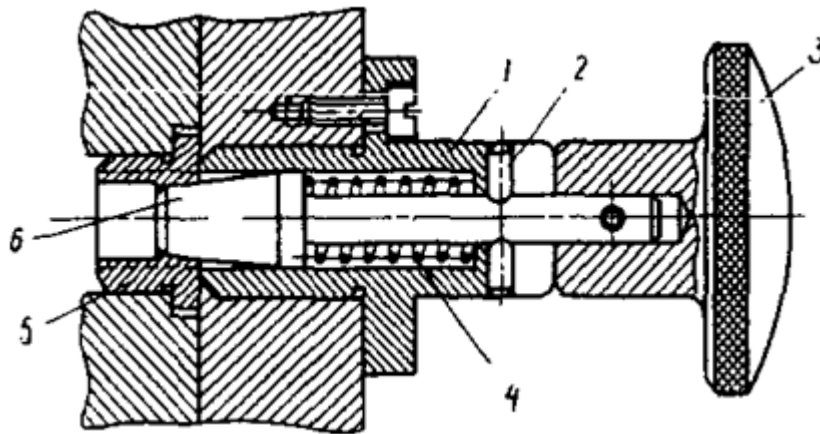


Рисунок 3.23 - Витяжний конусний фіксатор розподільчого пристрою

При фіксуванні деталі потрібно повернути головку 3 і ввести штифт 2 в пази напрямної втулки 1. При цьому конічний фіксатор 6 під дією пружини 4 переміститься вліво в напрямній втулці 1, встановленої в нерухомій частині пристрою, і заскочить в одну з втулок 5, встановлених в поворотній частині пристрою. З втулки 5 фіксатор 6 виводиться головкою 3; при цьому штифт 2 переміщається вправо по поздовжньому пазу напрямної втулки 1. Вийшовши з втулки 5, фіксатор 6 головкою 3 повертається на кут 90° і утримується штифтом 2 в цьому положенні.

3.3.5. Кутові головки для фрезерних верстатів

Кутова фрезерна головка є прецизійним інструментом, призначеним для застосування на верстатах, в першу чергу, на фрезерних центрах з ЧПУ. Завдяки тому, що шпиндель головки можна регулювати по кутку, то в одному положенні заготовки можна проводити обробку поверхонь, які не доступні для стандартних можливостей верстата. Завдяки цьому, кутова головка розширює технологічні можливості верстата, підвищує продуктивність роботи, скорочує підготовчий та операційний час і, в ряді випадків, виключає застосування спеціальних затискних пристроїв.

Розглянемо принцип роботи кутової головки для горизонтально-фрезерного верстата (рис.3.24).

Основу головки складає корпус 1. У регульованих головках шпиндельна головка 2 встановлена в корпусі з можливістю перекидання, яка дозволяє регулювати робочий кут шпинделя α від 0° до 90° (рис.3.24,а). Налаштування можна виконувати при ослабленні гвинтів 9. Значення кута α відраховується у віконці у напрямку погляду 7. У нерухомих головках типу (рис.3.24,б) шпиндельна головка є складовою корпусу, а робочий шпиндель з віссю затискного хвостовика 12 утворює кут $\alpha=90^\circ$. У верхній частині корпусу знаходиться кільце з кутвою шкалою 8, яке при ослабленні гвинта 10 можна

повернути в необхідне положення. На корпусі над шкалою встановлена стопорна цапфа 4, на поверхні якої є риски, що відносяться саме до кутової шкали і установки кута β .

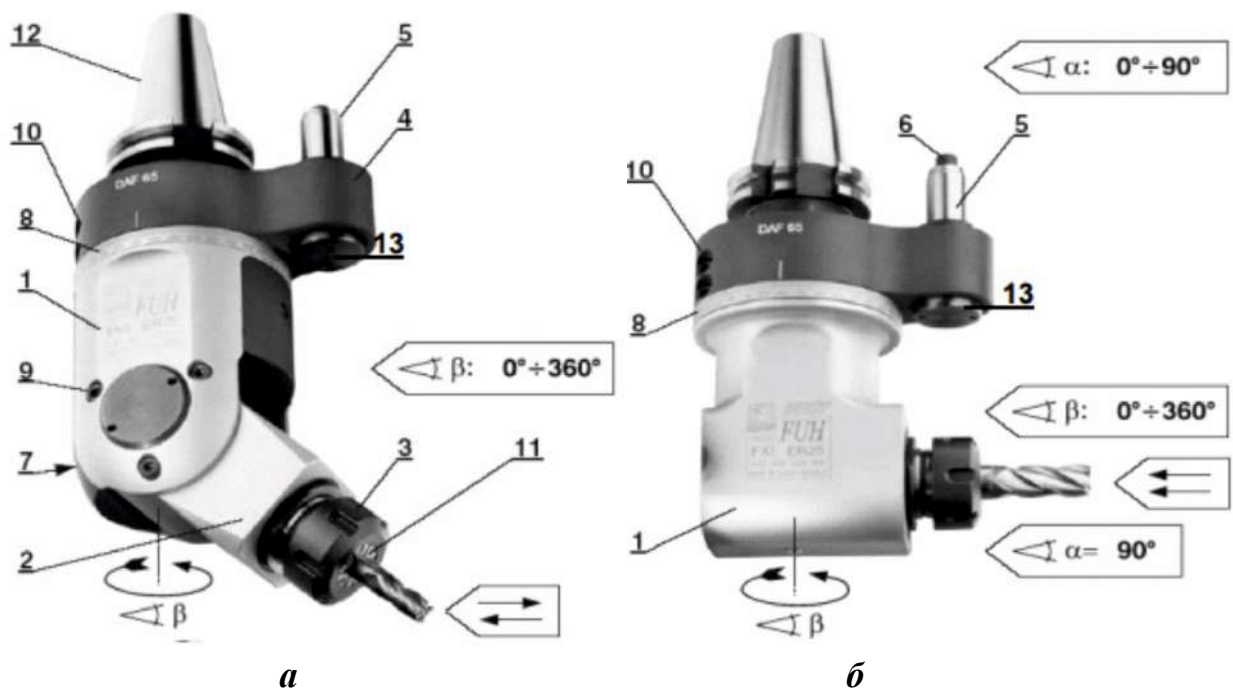


Рисунок 3.24 – Конструкції кутових головок для фрезерного верстата:
a – поворотна у горизонтальній та вертикальній площині;
б - тільки в горизонтальній

Установку можна виконати шляхом повороту корпусу щодо фіксуючого елемента при послабленні двох гвинтів 10. Відомий вал оснащено або затискним конічним хвостовиком, або циліндричним хвостовиком з поздовжньою шпонкою для посадки змінного конуса.

Блокування положення приводного валу або затискного конуса щодо стопорної цапфи 5 забезпечує блокувальний механізм фіксуючого елемента. Розблокування здійснюється шляхом стиснення пальця 6. Привідний вал у заблокованому стані не можна повертати.

Запитання для самоконтролю

- 1. На які групи діляться пристрої для координування та спрямування різального інструменту?*
- 2. Які втулки називаються кондукторними, а які напрямними?*
- 3. На яких операціях найбільше поширене використання копіїв і чому?*
- 4. Які типи фіксаторів ділильних механізмів ви знаєте?*
- 5. Для чого призначені пристрої, що орієнтують?*
- 6. У чому призначення установ?*
- 7. Які типові конструкції установ використовуються при фрезеруванні?*
- 8. У яких випадках використовуються опори, що самовстановлюються?*
- 9. Які типи ділильних пристроїв ви знаєте?*
- 10. Дайте порівняльні характеристики горизонтальних та вертикальних фіксаторів?*
- 11. Які пристрої розширюють технологічні можливості верстатів?*

4 ПРИСТРОЇ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ І СПЕЦІАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

4.1. Особливості технологічної оснастки для верстатів із ЧПУ.

Обробка деталей на верстатах з ЧПУ проводиться в різних організаційно-технічних умовах — в одиничному та дрібносерійному, а також у серійному та багатосерійному виробництві. Враховуючи, що вартість верстато-години роботи верстата з ЧПУ в кілька разів вища, ніж універсального верстата, дуже важливо скоротити підготовчо-заклучний та допоміжний час. Це досягається за рахунок механізації пристроїв для встановлення деталей. Для великих партій деталей (багатосерійне виробництво) доцільно використовувати спеціальні пристрої для кожної конкретної деталі чи групи деталей. Проте при малому обсязі партії значно збільшуються витрати на проектування та виготовлення пристроїв, віднесені до однієї деталі та погіршуються економічні показники.

Внаслідок технологічних особливостей верстатів з ЧПУ до верстатних пристроїв для цих верстатів пред'являються специфічні конструктивні вимоги.

1. Верстати з ЧПУ працюють із високою точністю.

Отже, пристрої до них повинні забезпечувати більш високу точність установки заготовок, ніж пристрої до універсальних верстатів. Для цього необхідно мінімізувати всі складові похибки пристрою:

- виключати похибку базування шляхом поєднання баз;
- похибка закріплення заготовок має бути зведена до мінімуму;
- точки застосування затискних сил потрібно вибирати таким чином, щоб по можливості повністю виключити деформацію заготовок;
- точність виготовлення пристрою до верстатів з ЧПУ має бути вищою, ніж до універсальних верстатів;
- похибка установки пристроїв на верстатах має бути мінімальною.

2. Верстати з ЧПУ мають підвищену жорсткість.

Отже, верстатні пристрої для них не повинні знижувати жорсткість системи ВПЗІ при використанні повної потужності верстатів, а значить, жорсткість пристроїв до цих верстатів повинна бути вищою за жорсткість пристроїв до універсальних верстатів. Пристрої бажано виготовляти із легованих сталей (з термічною обробкою робочих поверхонь) або модифікованих чавунів.

3. Оскільки на верстатах з ЧПУ переміщення інструменту задаються від початку відліку координат, пристрої повинні мати повне базування на верстаті, що забезпечує точне положення щодо нульової точки верстата.

4. Орієнтація інструментів для обробки отворів на верстатах з ЧПУ здійснюється за програмою. Отже, на верстатах з ЧПУ замість кондукторів застосовують прості настановно-затискні пристрої.

5. Важлива особливість верстатів з ЧПУ – обробка максимальної кількості поверхонь з однієї установки заготовки. Отже, настановні елементи та затискні пристрої не повинні перешкоджати підходу різального інструменту до оброблюваних поверхонь заготовки, забезпечуючи при цьому її закріплення без перехоплення. Найбільш ефективним є закріплення заготовок із боку опорної поверхні.

6. Верстати з ЧПУ є напівавтоматами або працюють у повністю автоматичному циклі. Вони забезпечують швидкий перехід від обробки однієї партії деталей до іншої із мінімальним простоем верстата. У цьому випадку основні витрати підготовчо-заключного часу пов'язані із встановленням та зніманням пристроїв. Отже, конструкції пристроїв повинні мати гнучкість, тобто забезпечувати швидку переналадку, орієнтацію та закріплення на верстаті, а також легке від'єднання та приєднання їх пневмо-або гідросистеми до джерела живлення.

Найбільша частка часу простою верстатів посідає на установку, закріплення, розкріплення і знімання оброблюваних деталей. Отже, скорочення часу на встановлення заготовок дозволяє підвищити ефективність використання верстатів, особливо багатоцільових. Доцільно при невеликому часі обробки застосовувати швидкодіючі ручні або механізовані затискачі. На розточувальних та багатоцільових верстатах для обробки заготовок з кількох сторін пристрої встановлюють на поворотному столі верстата.

Особливістю застосування верстатів із ЧПУ є збільшення часу на технологічну підготовку виробництва. У цьому плані вигідно застосовувати компонування із заздалегідь виготовлених уніфікованих агрегатів, вузлів та деталей або швидко переналагоджувати настановно-затискні пристрої.

Можливість обробки на верстатах з ЧПУ великої кількості поверхонь з однієї установки скорочує кількість верстатних пристроїв, необхідних для переустановлення заготовки. Відсутність напрямних елементів пристроїв, призначених для спрямування інструменту, підвищує точність обробки.

Спрощення конструкцій та здешевлення пристроїв поряд із скороченням їх числа забезпечує суттєву економію витрат на підготовку виробництва. Крім цього, скорочуються витрати на ремонт пристроїв та їх зберігання.

На верстатах з ЧПУ найбільш доцільно застосовувати системи оборотних переналагоджуваних пристроїв, тобто заздалегідь виготовлених пристроїв багаторазового використання, що не вимагають витрат часу та коштів на їх проектування та виготовлення.

4.2. Особливості затискних пристроїв для верстатів з ЧПУ.

Конструкція затискних пристроїв для верстатів з ЧПУ багато в чому визначається конфігурацією деталі, компонованням безпосередньо верстата, його технологічними можливостями, ступенем автоматизації процесу обробки тощо. У досить складних випадках позиціонування заготовки на верстаті використовують спеціальні пристрої, у всіх інших випадках прагнуть використовувати універсальні пристрої або їх комбінації.

Для верстатів з ЧПУ токарної групи або багатофункціональних верстатів з компонованням розташування силових агрегатів, яка характерна для токарних верстатів, як затискні пристрої використовуються традиційні для верстатів токарної групи установочно-затискні елементи (патрони різної конструкції, центри, люнети).

Швидкодія та можливість переналагодження є обов'язковими умовами для універсальних пристроїв верстатів з ЧПУ. Цим вимогам задовольняють патрони з програмним управлінням, у яких положення затискних елементів (кулачків) регулюється за командою системи з ЧПУ, клино-рейкові токарні патрони з гідравлічним приводом та інші пристрої.

Наприклад, на рисунку 4.1 представлена конструкція важільно-гвинтового патрона для токарних верстатів з ЧПУ з автоматичним регулюванням положення кулачків. Зусилля затиску передається від гідроциліндра верстата через тягу 1 і важелі 2 до основних 3 і накладних 4 кулачків зі змінними вставками 5. Кулачки 3 спираються на під'ятники регулювальних гвинтів 6, які увінчані в кулачки 4. Положення кулачків регулюється за допомогою валика 7 та конічних коліс 8.

Токарні патрони в умовах роботи на верстатах з ЧПУ, які обслуговує маніпулятори, повинні швидко перебудовуватися. Для цього, наприклад, спеціальні рейкові набойки оснащуються системами, що забезпечують автоматичну зміну штовхачів (кулачків) у патроні маніпулятором.

Токарні патрони в умовах роботи на верстатах з ЧПУ, які обслуговують маніпулятори, при обробці різних партій валів повинні швидко перебудовуватися з одного типорозміру на інший. Для цього використовуються різні схеми автоматичної зміни кулачків, які залежать від конструкції патрона, пристрою механізму затиску, типу маніпулятора тощо.

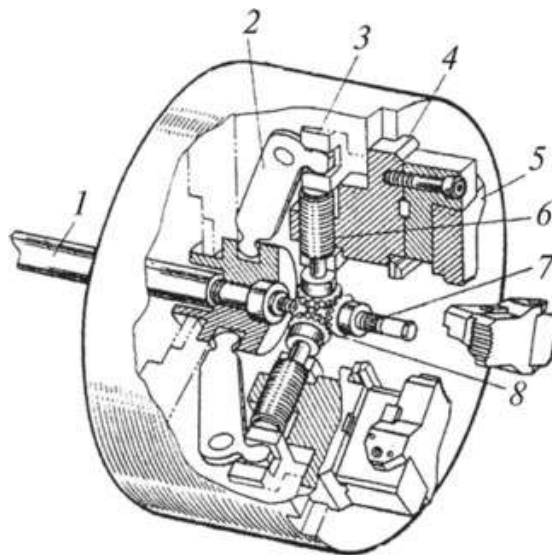


Рисунок 4.1 - Схема важільно-гвинтового патрона для токарних верстатів з ЧПУ з автоматичним регулюванням положення кулачків

Як приклад розглянемо схеми спеціальних рейкових патронів, оснащених системами, які забезпечують автоматичну зміну штовхачів (кулачків) у патроні маніпулятором (рис.4.2).

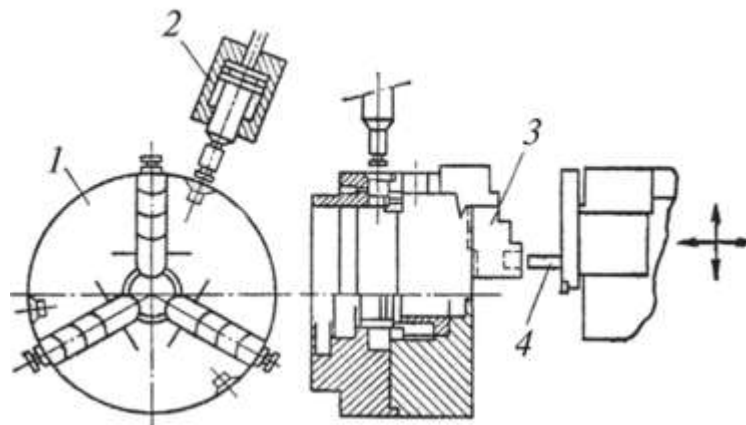


Рисунок 4.2 - Схема патрона токарних верстатів з ЧПУ з автоматичною послідовною зміною кулачків

Для автоматичної перестановки кулачків в трикулачковому патроні токарних верстатів з ЧПУ шпиндель верстата індексується послідовно в трьох положеннях, при яких шток поршня циліндра 2 розташований співвісно з одним з трьох отворів у патроні 1. Шток, переміщуючись вниз, виводить зуби косозубої рейки, з'єднаної з приводом патрону, з зачеплення з косими зубцями кулачка 3. Після цього захоплювач 4, встановлений в одній з позицій револьверної головки верстата, переміщається до торця патрона, входить в

торцевий отвір кулачка і переміщає його в радіальному напрямку на задану величину.

Після установки кулачка в необхідне положення поршень циліндра 2 піднімається і зубці рейки входять в зачеплення із зубами кулачка 3. Потім шпиндель разом з патроном повертається на кут 120° для регулювання положення наступного кулачка.

Принципові відмінності конструкцій пристроїв для верстатів з ЧПУ від пристроїв для аналогічних верстатів з ручним керуванням найбільш характерні для фрезерно-свердлильно-розточувальної групи та обробних центрів, в яких застосовують універсально-налагоджувальні елементи (базова частина - накладні плити), що у більшості випадків жорстко закріплюються на столах верстатів.

При роботі в ручному режимі монтажу пристрою для встановлення заготовки 1 елементи пристрою (змінні налагодження, базуючі та затискні елементи, складальні одиниці) встановлюють та закріплюють на накладних плитах 4 (рис.4.3).

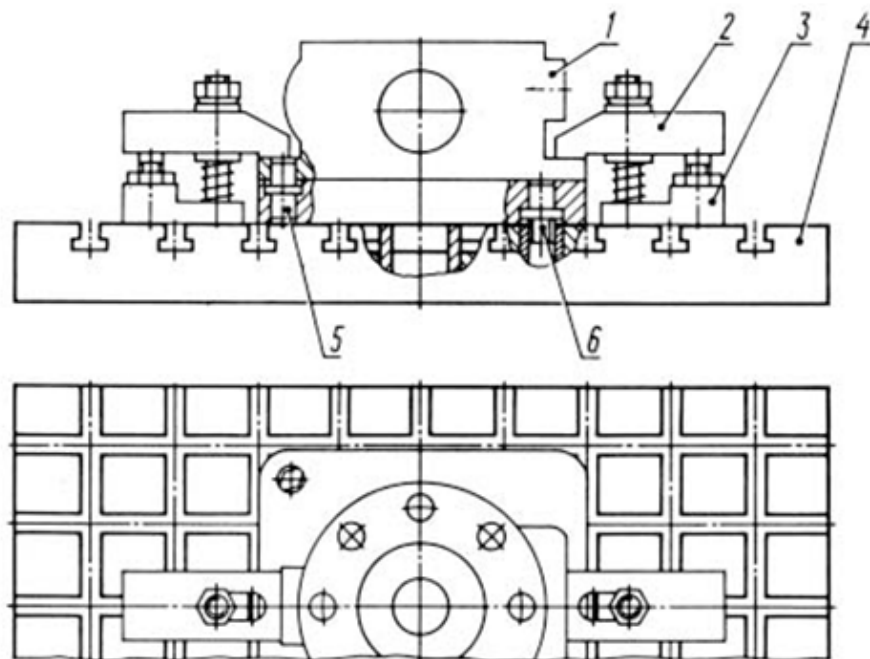


Рисунок 4.3 – Пристрій з урахуванням координатної плити: 1 – заготовка; 2 – прихоплювач; 3 – опора; 4 - плита

Базові накладні плити, як і для УСП пристроїв, виконують з пазами; сіткою пазів; сіткою різбових отворів; сіткою пазів та; пазами та сіткою циліндричних отворів; сіткою циліндричних і різбових отворів, що чергуються; сіткою ступінчастих отворів, верхня частина яких виконана циліндричної, а нижня - різбової. Циліндричні гладкі отвори використовують для базування настановних елементів 6, а пази - для кріплення настановних, додаткових 3 і затискних елементів 2. Компонування та закріплення

настановних та затискних елементів на базових плитах виконується гвинтами та сухарями через Т-подібні пази. При встановленні базових плит на поворотних столах обробних центрів підведення мастила до гідроциліндрів затискних пристроїв здійснюється через нерухомих вісь стола верстата. Базові плити жорстко закріплюються на столі верстата, тобто перекомпонування пристроїв проводиться тільки під час його зупинки.

При обробці корпусних деталей з кількох сторін в автоматичному режимі дуже часто використовують комбіновані варіанти автоматизованих пристроїв, де один елемент виступає як затискний пристрій (патрон, лещата, автоматичні прихвати), а інші - як елементи позиціонування заготовки в координатах верстата (планшайби, столи, ділильні пристрої тощо).

На рисунку 4.4,*а* показано комбінований пристрій, який включає затискний елемент (патрон) і обертальне-ділильний стіл для забезпечення позиціонування патрона в процесі обробки.

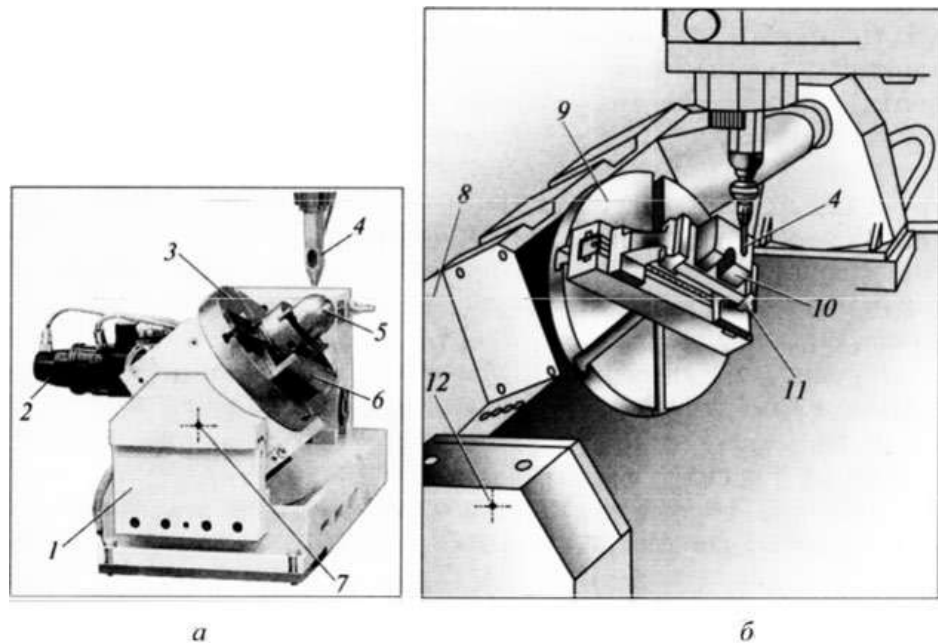


Рисунок 4.4 – Приклад розширення технологічних можливостей фрезерного верстата з ЧПУ

У корпусі 1 розташований обертальне-ділильний стіл 3 з приводом 2. Заготовка 5 встановлюється в затискному пристрої 6 (патроні, встановленому на столі). Поворотна частина пристрою має можливість обертання навколо горизонтальної осі 7. Пристрій дозволяє обробити інструментом 4 заготовку зі сферичною поверхнею на 3-х координатному верстаті з ЧПУ

На рисунку 4.4,*б* представлено пристрій для вертикально фрезерного верстата, яке включає поворотний стіл 9 і регульовані лещата 11. Корпус 8 пристрою повертається навколо осі 12. Поворотний стіл керується системою

ЧПУ. Завдяки застосуванню таких пристроїв трикоординатний вертикально-фрезерний верстат виконує обробку заготовок, для яких потрібний п'ятикоординатний верстат.

Багатоцільові верстати в більшості випадків оснащуються поворотними столами, тому на верстатах з горизонтальним шпинделем забезпечується можливість обробки заготовки з чотирьох сторін з однієї установки. Крім того, багатоцільові верстати часто комплектуються поворотними столами із двома осями повороту. На рисунку 4.5,*а* показаний поворотний стіл з двома осями повороту багатоцільового верстата з горизонтальним шпинделем, а на рисунку 4.5,*б* - двоповоротний стіл.

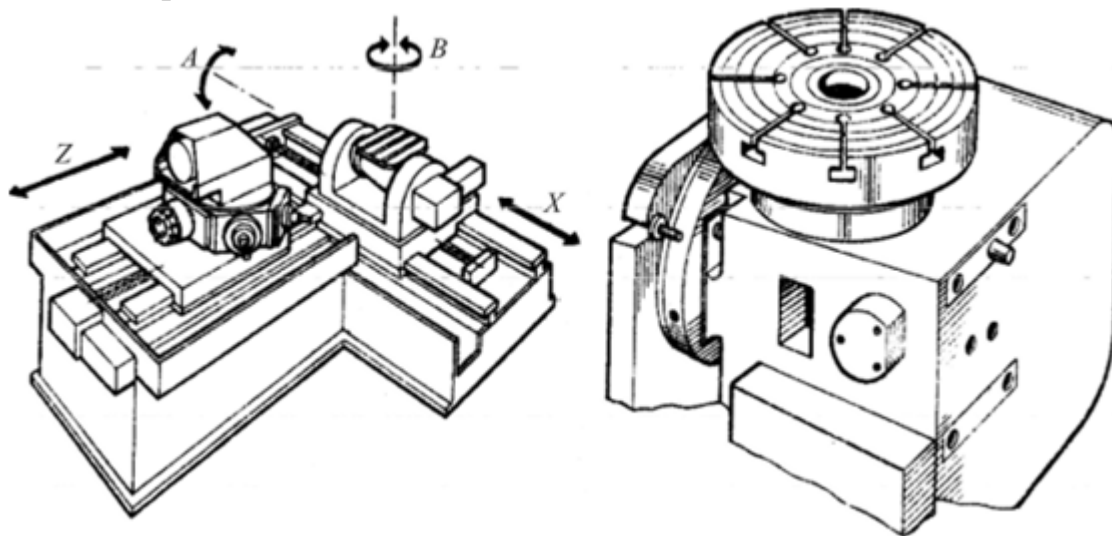


Рисунок 4.5 - Поворотні столи із двома осями повороту

Особливу увагу при розробці технологічної оснастки для верстатів з ЧПУ необхідно приділяти пристроям автоматичного завантаження-вивантаження деталей, в якості яких застосовуються різні конструкції промислових роботів, порталних автооператорів та ін.

4.3. Особливості пристроїв для закріплення інструментів на верстатах з ЧПУ.

Усі сучасні багатофункціональні верстати оснащуються системами автоматичної зміни, а деякі й системами автоматичного підналагодження різального інструменту. Пристрої *автоматичної зміни інструментів* (АЗІ) є невід'ємною частиною автоматизації процесу обробки на багатоопераційних верстатах. АЗІ дозволяє скорочувати допоміжний час, пов'язаний із заміною інструменту, а також автоматично проводити заміну інструменту, що затупився. Загалом системи АЗІ містять накопичувачі інструментів (багатопозиційні різцетримачі, револьверні головки, інструментальні магазини); автооператори (маніпулятори) із захватними пристроями для

знімання та встановлення інструменту в шпindelь верстата; транспортувальні та затискні пристрої, об'єднані загальною системою управління. Пристрої АЗІ багатоопераційних верстатів у загальному випадку складаються з магазинів-накопичувачів різального та допоміжного інструментів, автооператорів, призначених для зміни інструменту в шпindelі верстата, проміжних транспортних пристроїв для передачі інструменту до автооператорів або проміжних позицій очікування зміни інструменту.

Для автоматичного вибору інструменту з магазинів кодуються або гнізда магазинів або хвостовики інструментів. У першому випадку інструменти повинні встановлюватися у певні гнізда магазинів, у другому – у будь-які гнізда, оскільки пристрій для читання вибирає черговий інструмент за його кодом.

Застосовуються два типи конструкцій пристроїв для автоматичної зміни інструменту: що забезпечують зміну шпindelьного вузла або зміну інструменту шпindelя верстата. Можливе застосування і комбінованих пристроїв.

Пристрої для зміни інструменту в шпindelі верстата відрізняються видом магазину, його розташуванням, а також наявністю та видом автооператора. Але незалежно від типу АЗІ для автоматичної зміни та закріплення в шпindelі верстата різних за функціональним призначенням та розмірами різальних інструментів їх встановлюють поза верстатом у стандартних спеціальних інструментальних оправках.

Системи АЗІ є невід'ємною частиною металорізального верстата та їх детальний розгляд не є метою даного навчального посібника. Вони розглядаються в інших навчальних курсах. У цьому посібнику будуть розглянуті питання, що стосуються лише допоміжного інструментального оснащення такого обладнання.

Як зазначалося вище, тенденції сучасного машинобудівного виробництва на постійне розширення використання багатофункціональних верстатних комплексів в автоматичному режимі, без участі людини, а також розглянуті вище особливості верстатів з ЧПУ, висувають додаткові вимоги до інструментального оснащення.

З одного боку, необхідно забезпечити точність положення, жорсткість та швидкість заміни різального інструменту в процесі виконання технологічної операції, а з іншого, забезпечити, по можливості, однотипне компонування інструментальних магазинів металорізальних верстатів. Це досягається за рахунок побудови спеціальної уніфікованої системи допоміжного різального інструменту, за допомогою якої інструмент незалежно від його типу безпосередньо кріпиться в шпindelі верстата. Уніфікований інструмент

об'єднують у систему, тобто в такий оптимальний набір, що дозволяє мінімальною кількістю інструмента вирішити всі технологічні завдання обробки деталі. Одним із напрямів уніфікації є поділ допоміжного інструменту на елементи (модулі), що з'єднуються між собою поверхнями, що забезпечують зручне та швидкозмінне кріплення. Отже, допоміжний інструмент може бути модульним, тобто розділений на окремі елементи, що становлять модульну інструментальну систему (рис.4.6), або цілий без поділу на елементи, який складає цілну інструментальну систему (рис.4.7).

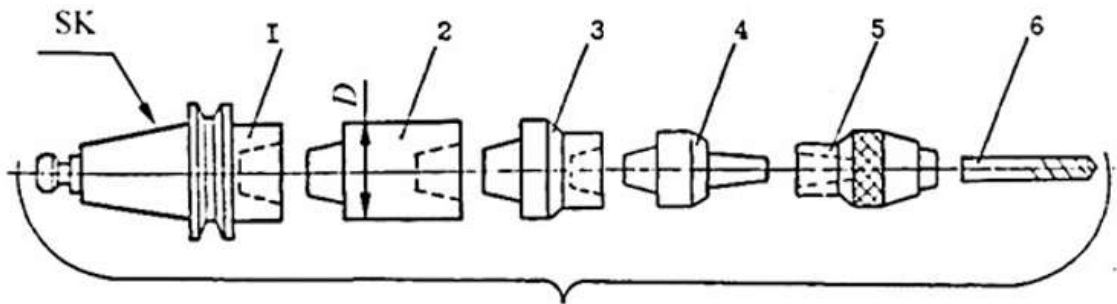


Рисунок 4.6 - Інструментальна модульна система

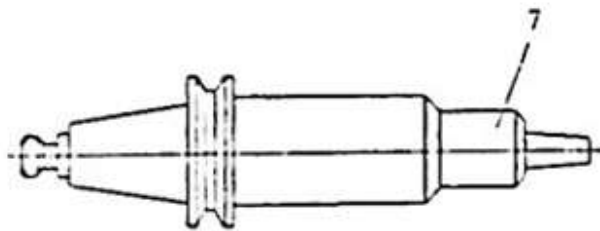


Рисунок 4.7 - Цілісна інструментальна система

Для модульної інструментальної системи:

1-базові модулі або оправки – для встановлення різальних елементів у шпинделі верстата за допомогою інструментальних або додаткових модулів;

2-подовжувальні модулі – для забезпечення необхідної довжини (вильоту) інструменту;

3-перехідні модулі – для переходу від одного типорозміру системи до іншого типорозміру;

4-кінцеві модулі – для встановлення інструментальних модулів та різальних елементів у модульній інструментальній системі;

5-інструментальні модулі (блоки, патрони, різцетримачі тощо) – для кріплення в них різальних елементів;

6-різальні елементи (свердла, різці, пластини тощо), які безпосередньо беруть участь у процесі різання.

Для цілової інструментальної системи:

7-оправки або базові модулі.

Розглянемо докладніше всі елементи допоміжної інструментальної модульної системи.

4.4. Базові модулі (оправки) інструментальної системи.

Основним допоміжним елементом інструментальної системи є оправка для багатофункціональних верстатів або державка для токарних верстатів. Найчастіше на оправках зустрічається верстатний конус 7:24 (SK - Steil Kegel, "крутий конус", рис.4.8). Інструментальні конуси 7:24 стали спробою покращити конус Морзе для роботи на верстатах з ЧПУ та автоматичною зміною інструменту за рахунок збільшення площі осевого упору, зменшення довжини, спрощення фіксації у шпинделі та впровадження зачепів для автоматичної зміни інструменту. Проте нині використовуються інші конструкції оправок, які більше відповідають сучасним тенденціям верстатобудування:

DIN 2080

Оправки для ручної зміни інструменту, як правило, фіксуються довгим штрівелем крізь шпиндель верстата вручну. В основному використовуються на універсальних верстатах фрезерної групи.

DIN 69871

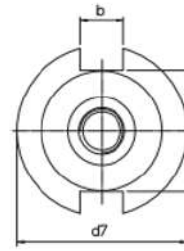
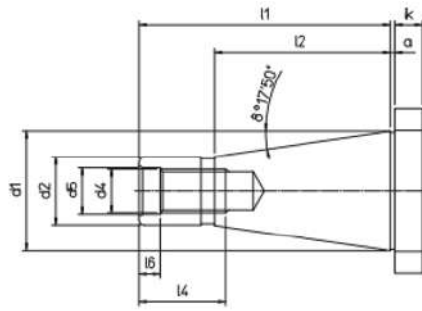
Ці оправки мають квадратну або прямокутну конструкцію фланця і мають плоску поверхню контакту зі шпинделем. В оправках DIN можуть використовуватися різні системи кріплення, включаючи шпильки, гвинти та гідравлічні системи залежно від конкретної конструкції. Зазвичай такі оправки використовуються у європейських обробних центрах.

ANSI/CAT - ANSI B5.18, NST, ANSI B5.50 (оправки з V-подібним фланцем)

Оправки CAT мають V-подібний фланець, що нагадує котячу морду, звідси і назва «CAT». Фланець розташований під кутом 45 градусів. У державках інструментів CAT40 зазвичай використовується тяговий штифт для фіксації. Витяжний штифт загвинчується у тримач інструменту і втягується в шпиндель за допомогою тяги. Система CAT найчастіше зустрічається в Північній та Південній Америці та часто асоціюється зі верстатами таких виробників, як Haas.

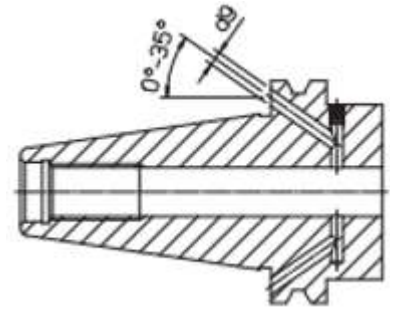
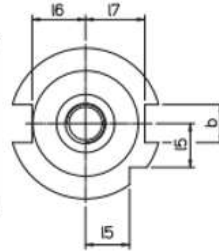
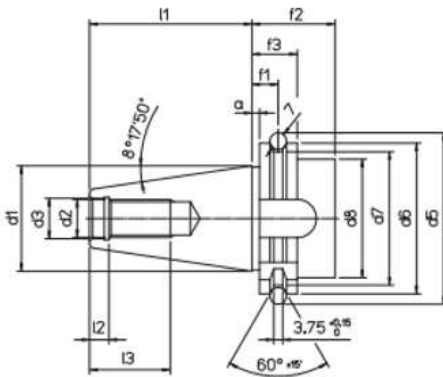
MAS 403 BT (JIS B6339)

У оправках BT використовується конструкція з крутим конусом, а фланець більш паралельний осі оправки, порівняно з типом CAT. BT означає Maschinenfabrik Alfred J. Breuning & Co. Taper» (компанія, яка розробила дизайн). Як система закріплення використовується система тяг та тягового стрижня, аналогічна CAT. Оправки BT більш поширені в Азії та Європі та часто використовуються у верстатах, що виробляються такими компаніями, як Doosan та DMG Mori.



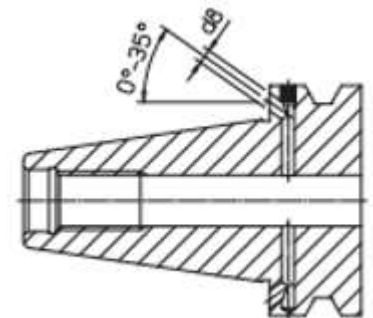
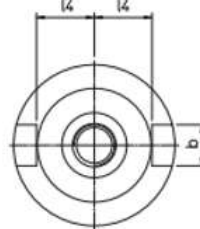
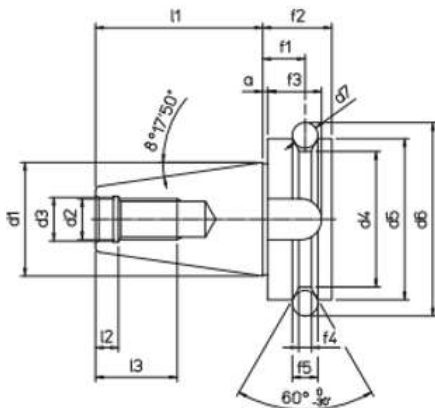
Ручне встановлення

DIN 2080



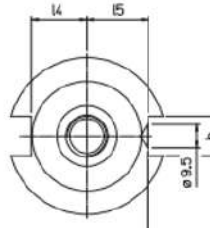
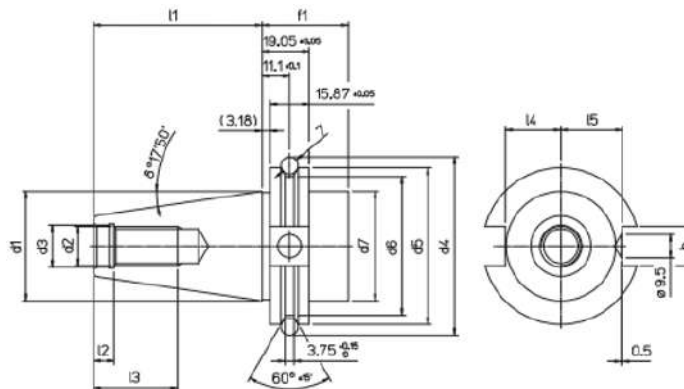
з каналами для СОТС

DIN 69871



з каналами для СОТС

MAS 403 BT



ANSI/CAT

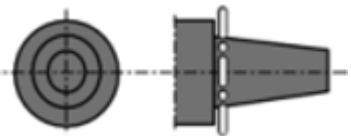
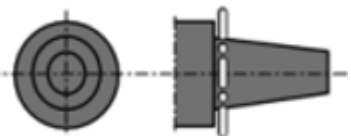
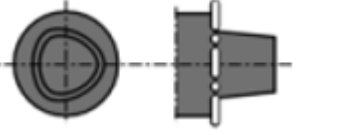
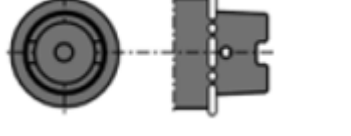
Рисунок 4.8 – Конструкція оправок з конусом 7:24 за різними стандартами

DIN69893, ISO12164, HSK (Hohl Shaft Kegel - порожнистий конічний хвостовик).

Розроблялася як система кріплення для швидкісної обробки. Дана система розроблена консорціумом з 17-ти японських виробників металорізального обладнання та технологічного оснащення. Основні відмінності в приводних пазах, захватних пазах, отворах під ЗОТР, площі поверхні фланця. Привідні пази знаходяться в кінці хвостовика, вони різної глибини, що дозволяє встановлювати оправки лише в одному положенні.

ISO 26623 (або інакше називається Coromant Capto). Це відносно новий стандарт (діє з 2008 року) розроблений компанією Sandvik Coromant і сьогодні просувається як аналог HSK преміум-класу. Як система передачі крутного моменту використовується полігонна поверхня. Майже всі провідні виробники інструментального оснащення випускають модулі та верстати з Coromant Capto.

Таблиця 4.1. Порівняльні характеристики типів з'єднань.

Тип з'єднання	Переваги	Обмеження
<p>Конус 7:24 (ISO 40,50,60)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Найбільш поширений тип для багатофункціональних верстатів - Хороші показники по жорсткості на вигин та кручення - Можливість автоматичної зміни інструменту 	<ul style="list-style-type: none"> - Невисока точність - Немає можливості однозначного позиціонування різальної кромки при точенні
<p>Конус 7:24 (дод. контакт по торцю, BIG+)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Хороші показники по жорсткості на вигин та кручення - Можливість автоматичної зміни інструменту - Збільшені характеристики по передачі моменту на вигин - Більш точне з'єднання завдяки фіксуючому упору по осі Z 	<ul style="list-style-type: none"> - Невисока точність - Немає можливості однозначного позиціонування різальної кромки при точенні
<p>Coromant Capto</p> 	<p>Єдине з'єднання, використання якого можливе на верстатах всіх типів</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Висока вартість оправок та виконання шпинделю. - необхідний додатковий захист мотор-шпинделя від перевантажень
<p>HSK</p> 	<p>Автоматична зміна інструменту</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Не має достатньої жорсткості для передачі моменту при точінні. - Немає можливості позиціонування різальної кромки при точінні

VDI (Verein Deutscher Ingenieure - Асоціація німецьких інженерів).

Одноіменний стандарт державок та хвостовиків інструментів VDI є одним із двох найпопулярніших стандартів у світі (другий – ВМТ). Державки VDI мають зубчастий вал, який вставляється в отвір на лицьовій стороні револьверної головки. Інструмент утримується на місці за допомогою частини, що сполучається з зубцями, яка розміщується всередині револьверної головки. Інструмент надійно утримується на місці за допомогою гвинта, що закручується за допомогою шестигранного ключа. Державка утримується від скручування штирем, розташованим на робочій поверхні револьверної головки (докладніше буде розглянуто далі).

Така різноманітність типів з'єднань інструментальних оправок зі шпинделем верстата пояснюється необхідністю забезпечити максимальні характеристики за різних умов обробки. У таблиці 4.1 наведено порівняльні показники використання різних типів з'єднань машинобудування, їх переваги та недоліки.

4.4.1. Оправки з конусом 7:24.

Вибір між утримувачами інструментів CAT, BT та DIN часто залежить від виробника верстата та регіону, а також від конкретних вимог технологічного процесу та зони обробки. Вкрай важливо, щоб тип державки інструменту відповідав типу шпинделя верстата, щоб забезпечити сумісність.

Розміри конусів у таких оправках, як правило, однакові (тобто, наприклад, конус 40 що в оправки DIN2080, що в оправки DIN69871 та інших раніше зазначених - матиме однакові розміри (рис.4.8).

Відмінності будуть тільки в конструкціях і розмірах елементів під захватні місця маніпулятором верстата (поясок з канавкою, або іноді його називають "спідницею" оправки) для автоматичної зміни оправки (так само можливі додаткові конструктивні виступи з боку отвору центру (з боку штрівеля), такі як DIN 2080 або в ГОСТ 25827. Наявність конуса 7:24 в оправці дозволяє легко (за відсутності самогальмування) витягувати їх при зміні зі шпинделя та гнізд магазину. Технологія встановлення оправки у шпинделі верстата однакова практично для всіх виконань з конусом 7:24.

У шпинделі верстата оправка (рис.4.9) при затиску затягується за допомогою вкрученого в отвір 3 хвостовика 1; на циліндричному фланці виконується кільцева канавка 4 трапецеїдальної або прямокутної форми, за допомогою якої оправка захоплюється губками автооператора. Канавки для кодування оправки можна виконувати на поверхні 5 і на штирях під захоплення механізмом осьового закріплення.

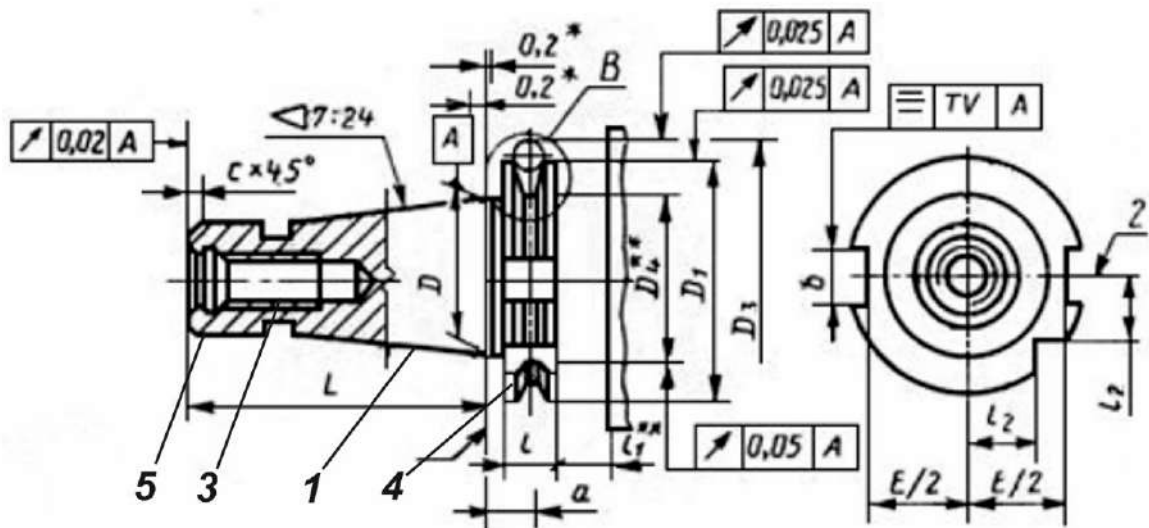


Рисунок 4.9 - Хвостовик оправок багатоопераційних верстатів

Передача крутного моменту від шпинделя на оправку здійснюється торцевими шпонками за допомогою радіальних пазів 2. Наявність пазів на оправці вимагає попередньої орієнтації оправок при їх установці в гнізді магазинів накопичувачів, а також орієнтованого кутового положення верстата шпинделя при зміні інструменту.

Оправку у шпинделі закріплюють штоком, що проходить через шпиндель верстата. Шток має на кінці захватний пристрій (рис.4.10).

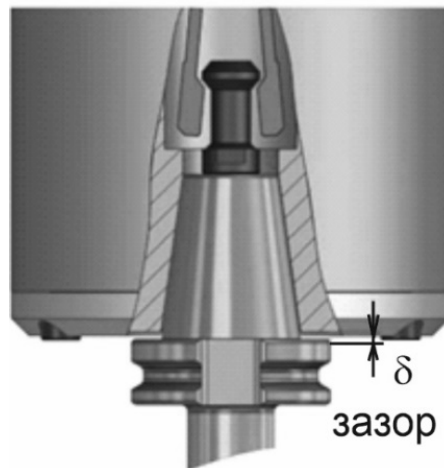


Рисунок 4.10 – Схема встановлення оправки у шпинделі верстата з базуванням по конусу 7:24

Інструментальні оправки мають зовнішні, внутрішні або різьбові поверхні захоплення, що відповідають цьому пристрою (рис.4.11).

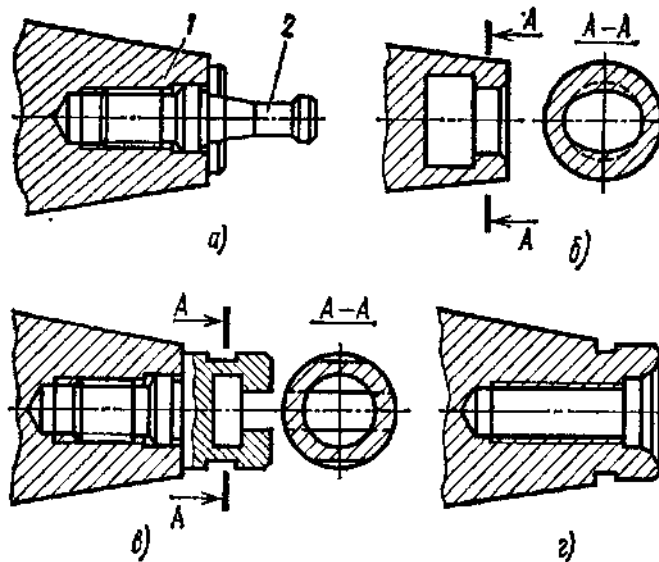


Рисунок 4.11 – Захоплювальні пристрої інструментальних оправок

При зовнішніх поверхнях (рис.4.11,*а*) задній кінець інструментальної оправки *1* вкручують штир *2* із заплечиками, за які оправку тягне шток затискного механізму верстата. У деяких верстатах можна зустріти захоплення безпосередньо по внутрішній поверхні оправки, при якому з боку заднього торця оправки розточена виточка з овальним входом (рис.4.11,*б*). В інших верстатах прямокутний вхід і виточення надано штирям (рис.4.11,*в*). Відповідну некруглу форму має край штока затискного механізму верстата. Шток, переміщуючись вперед, входить у виточення, повертається в ній на 90° і, переміщаючись назад, захоплює та закріплює оправку.

При різьбових поверхнях захвату (рис.4.11,*г*) шток, обертаючись, вкручується безпосередньо в оправку і затягує її в верстаті.

Для підвищення точності встановлення конусних оправок у шпинделі нові виконання оправок DIN69871, MAS403BT, ANSI/CAT передбачені з наявністю контакту оправки зі шпинделем не тільки по конусу, але і по торцю шпинделя (рис.4.12).

Такі оправки точніші в осьовому положенні і жорсткіші, їх називають оправки з подвійним контактом (Dual Contact, Face Contact тощо). При переміщенні захватного пристрою під час закріплення оправки виникають пружні деформації у місці контакту конуса шпинделя та оправки, що забезпечує додатковий контакт оправки по торцю шпинделя.

Однак, є можливість установки, наприклад, у верстат розрахований під оправки з подвійним контактом звичайних оправок, при цьому вони просто не будуть спиратися на торець шпинделя (хоча звичайно це не бажано, але допустимо в окремих випадках).

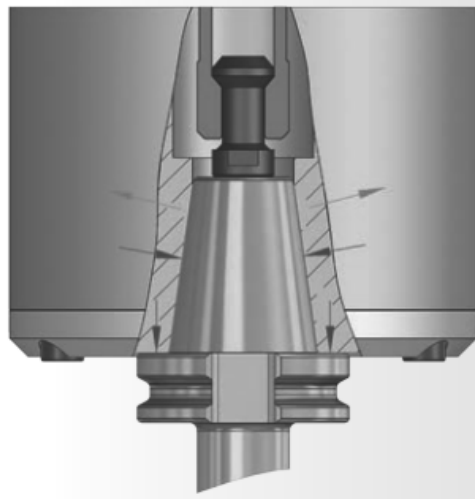


Рисунок 4.12 – Оправка з подвійним контактом

Оправки з конусністю 7:24 мають ряд недоліків:

- великі габарити;
- високі зусилля затягування;
- змінні високі сили виштовхування;
- знос (розширення) шпинделя при багаторазовому закріпленні;
- невисока точність позиціонування для оправок з контактом тільки поверхнею конуса;
- відносно велика маса.

До того ж, оправки з конусністю 7:24 не бажано використовувати при високошвидкісній обробці, а при дуже високих швидкостях навіть неприпустимо.

Тому в верстатобудуванні все ширше застосовують порожнисті оправки з коротким конусом типу HSK.

4.4.2. Оправки HSK.

Для високошвидкісної обробки на верстатах з ЧПУ розроблено стандарт DIN69893 для оправок з хвостовиками типу HSK (Hohl Shaft Kegel – порожнистий конічний хвостовик з кутом конуса 1:9,98 (рис.4.13).

Як і на оправках 7:24 у оправок з хвостовиком HSK передбачена кільцева канавка 1 під автооператор, місце під розташування кодового елемента 4 для ідентифікації інструменту при автоматичній зміні, канавки для шпонок всередині шпинделя 6. Крім цього на оправці передбачена різьблення під втулку для ЗОТР 5, канавка для орієнтації інструменту в автооператорі 2, радіальний отвір для затискних пристроїв ручного закріплення 7, кільцева конічна розточка для кулачків затискного пристрою 8, а також шпонкові канавки для шпонок інструментального магазину 3.

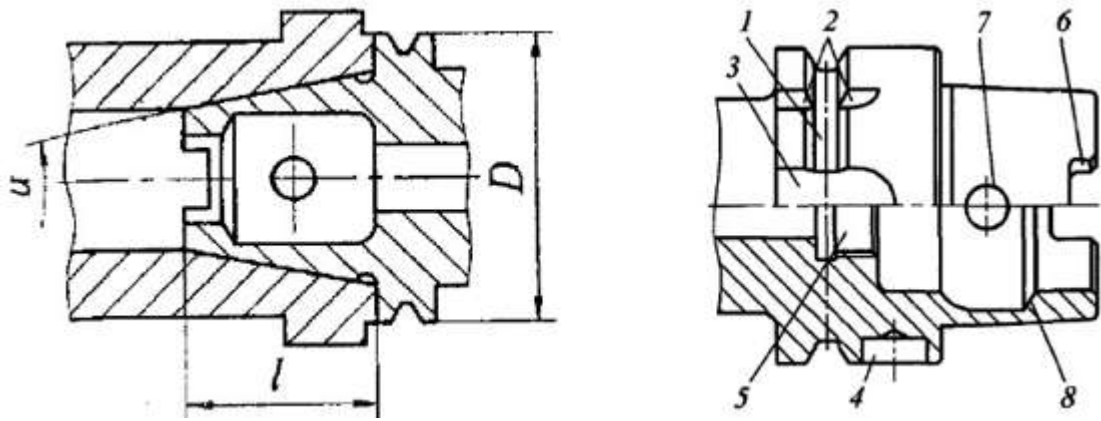


Рисунок 4.13 – Оправки HSK для верстатів з ЧПУ

Схема закріплення оправки HSK представлена рисунку 4.14.

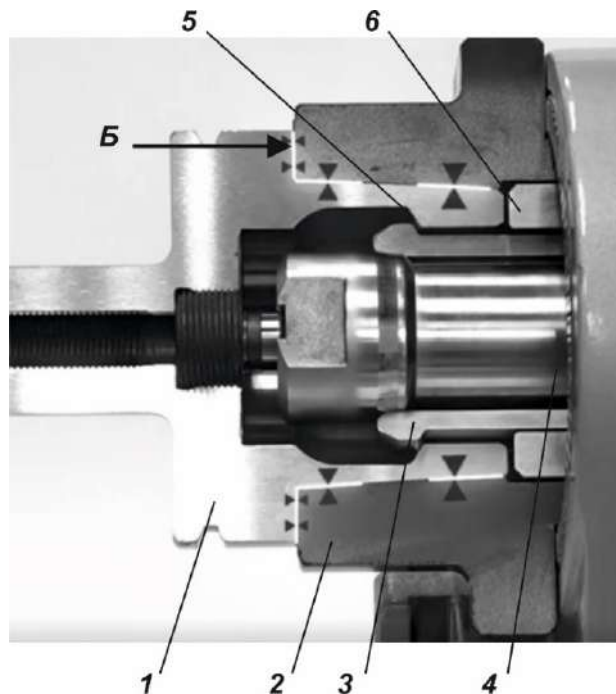


Рисунок 4.14 – Схема закріплення оправки HSK

Корпус оправки *1* за допомогою тяги *4* втягується в державку *2*. При цьому розтискна втулка *3* ковзає по конічній поверхні *5* в отворі оправки, переміщуючи оправку в осьовому напрямку. За рахунок пластичного деформування оправка щільно позиціонується по конічній поверхні. Зусилля втягування регулюється і підібрано таким чином, щоб торцева поверхня головки *1* щільно притискалася до торця Б державки. При розкріпленні оправки тяга *4* своїм спеціальним буртиком *б* штовхає оправку, долаючи силу тертя.

Передбачено використання різноманітних оправок з хвостовиками системи HSK в револьверних головках на токарних верстатах (у тому числі з інструментом, що обертається), на фрезерних верстатах і на обробних центрах.

Стандарт DIN69893 включає 6 типів виконання хвостовиків, що позначаються буквами від А до F, застосування оправок типу А, В, С і D використовується для нижчих швидкостей, Е і F для високих швидкостей (рис.4.15).

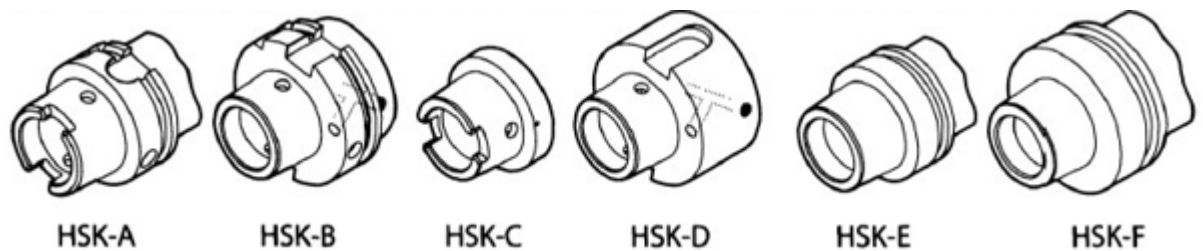


Рисунок 4.15 – Типи хвостовиків HSK

Основні відмінності даних типів у приводних пазах, захватних пазах, отворах під ЗОТР і площі поверхні фланця. Привідні пази знаходяться в кінці хвостовика, вони різної глибини, що дозволяє встановлювати оправки лише в одному положенні.

Хвостовик типу А має розмір конуса на один розмір більший, ніж типу В, ця умова вірна і для стилів D та F. Оправки у стилі С були розроблені виключно для ручного затискання. А і С для середніх крутних моментів, середніх і високих частот обертання (тип С виключно для ручного затискання); В і D для високих крутних моментів середніх та високих частот обертання; Е та F для низьких крутних моментів та надвисоких частот обертання.

У токарно-фрезерних багатофункціональних верстатах застосовуються оправки HSK-T (рис.4.16). Літера Т вказує, що це токарне виконання згідно з ISO12164-3. Відмінність від оправок типу А незначна за допусками, у зв'язку з цим можлива взаємозамінність. Однак, менший допуск між ключом шпинделя і шпонковою канавкою тримача інструменту дає більш високу точність позиціонування різальної кромки, що досить важливим при тонкому точінні.

Оправки HSK дозволяють обробляти заготовки зі швидкостями у 3-4 вище порівняно з оправками з конусом 7:24. Однак через досить велику кількість концентраторів напруги в конструкції оправки високі навантаження ведуть до появи на хвостовику HSK тріщин у зоні радіуса переходу до

затискної фаски, в наскрізному отворі під ключ, на радіусі паводкового пазу або біля нього.



Рисунок 4.16 – Токарні інструментальні блоки з хвостовиком HSK-T

Через високу швидкість обертання інструмент з великою масою може викликати появу осьової складової відцентрової сили, порівнянної з силою закріплення інструменту в шпинделі, в результаті чого може статися розкріплення інструменту, порушення його базування, втрата жорсткості і навіть руйнування. Тому необхідне ретельніше балансування інструменту перед його встановленням у шпинделі високошвидкісного верстата.

4.4.3. Оправки Coromant Capto.

Особливістю оправок, виконаних за цим стандартом, у тому, що передача крутного моменту здійснюється завдяки полігонній поверхні. Це забезпечує певні переваги, порівняно з іншими системами кріплення оправки в шпинделі верстата.

У перерізі він є трикутником із округленими кряями і вигнутими (є увігнуті і опуклі) сторонами. Кут поверхні посадки узятий аналогічно конусу Морзе. У цій системі кіничне з'єднання з ухилом $1^{\circ}15'$, а також багатокутна або трипелюсткова форма забезпечує велику площу контакту, яка передає крутний момент без шпонок або інших систем, таких як заглушки, гвинти та шліци. Крутний момент розподіляється поступово незалежно від напрямку, створюючи ефект самоцентрування. Форма, довжина та площини поверхонь контакту з'єднання обумовлюють жорсткість, необхідну для токарної обробки

в широкому діапазоні режимів різання, фрезерування довгими кінцевими фрезами або для свердління з великими подачами. Така форма не дозволяє конусу повернутися в гнізді, забезпечує необхідне самозаклинювання та повторюваність положення інструменту при розбиранні-складанні по всіх осях (рис.4.17). Зрозуміло, що базування на трикутник більш переважно через набагато більшу жорсткість передачі. Точність муфти в поєднанні з триплюстовою формою, що самоцентрується, гарантує похибку повторюваності установки $\pm 2\text{мкм}$ у всіх трьох напрямках (x , y та z). Сегментна система створює високі зусилля затиску і здійснюється через розподільний вал, який оснащений кутом, що самоблокується, для запобігання ослаблення або розблокування під час обробки. Система самоцентрування здатна забезпечити попереднє налаштування інструментів поза верстатом або при використанні наборів інструментів при зміні партії деталей.



Рисунок 4.17 – Схема рівномірного розподілу навантаження у Coromant Capto
 На рисунку 4.18 показано схему закріплення інструментальної оправки Coromant Capto у шпинделі верстата або на револьверній головці.

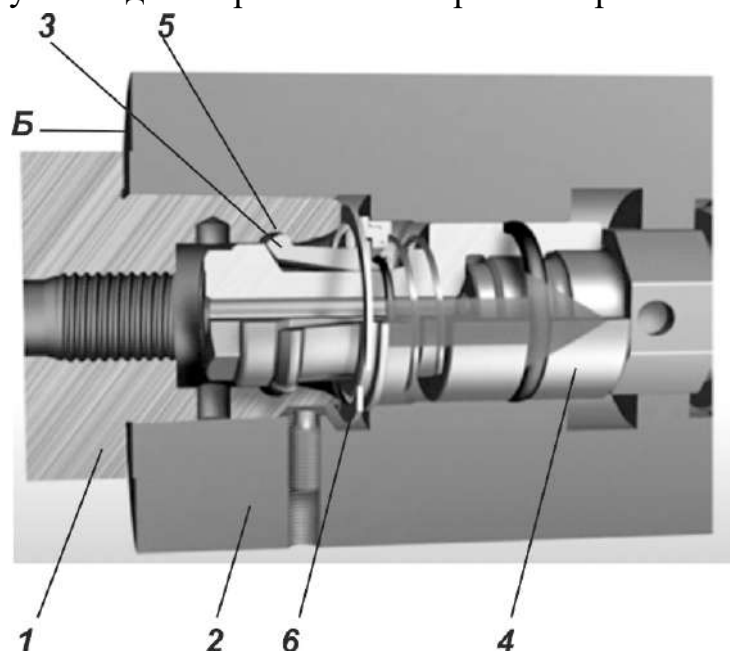


Рисунок 4.18 – Схема закріплення інструментальної оправки Coromant Capto

Корпус оправки 1 за допомогою тяги 4 втягується в державку 2. При цьому розтискає втулка 3 входить у внутрішню канавку 5 в отворі оправки 1. Зусилля втягування регулюється і підібрано таким чином, щоб торцева поверхня головки 1 щільно притискала до торця Б державки. При розкріпленні оправки тяга 4 своїм спеціальним буртиком 6 штовхає оправку, долаючи силу тертя. Передбачено використання різноманітних оправок з хвостовиками системи «Cormant Carpo» на токарних верстатах, у тому числі з інструментом, що обертається, на фрезерних верстатах, обробних центрах, багатофункціональних верстатах.

Головна перевага посадки Carpo по відношенню до інших посадок – більш висока жорсткість з'єднання при порівнянній масі інструменту (особливо при навантаженні силою різання P_y), а також можливість швидкої зміни інструментального блоку по відношенню до інших способів кріплення (поворот ключа на кут від 90° до 180° забезпечує розкріплення оправки за рахунок невеликого ходу тяги (рис.4.19).

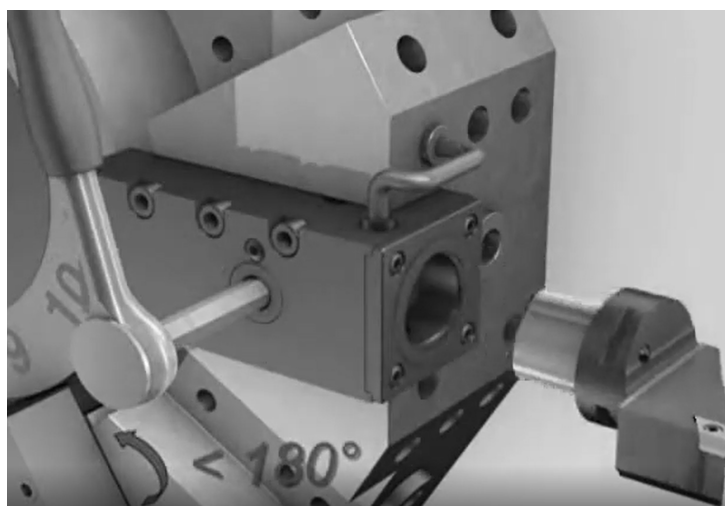


Рисунок 4.19 – Схема механізму закріплення оправки Cormant Carpo

Використання швидкозмінних оправок дозволяє скоротити не тільки час безпосередньо на встановлення оправки з інструментом, але й скоротити інші складові допоміжного часу на технологічну операцію (розмірне налаштування інструменту, зміна різальних пластин та ін.), що дозволяє збільшити частку безпосередньо процесу різання в структурі технологічного машинного часу операції (рис.4.20).

Деякі виробники верстатів, перевіряючи практично можливості інтерфейсу Carpo, стали інтегрувати їх у базовий шпиндель верстата (WFL, Mazak). Залежно від розміру типи з'єднання Carpo позначаються C3...C10.

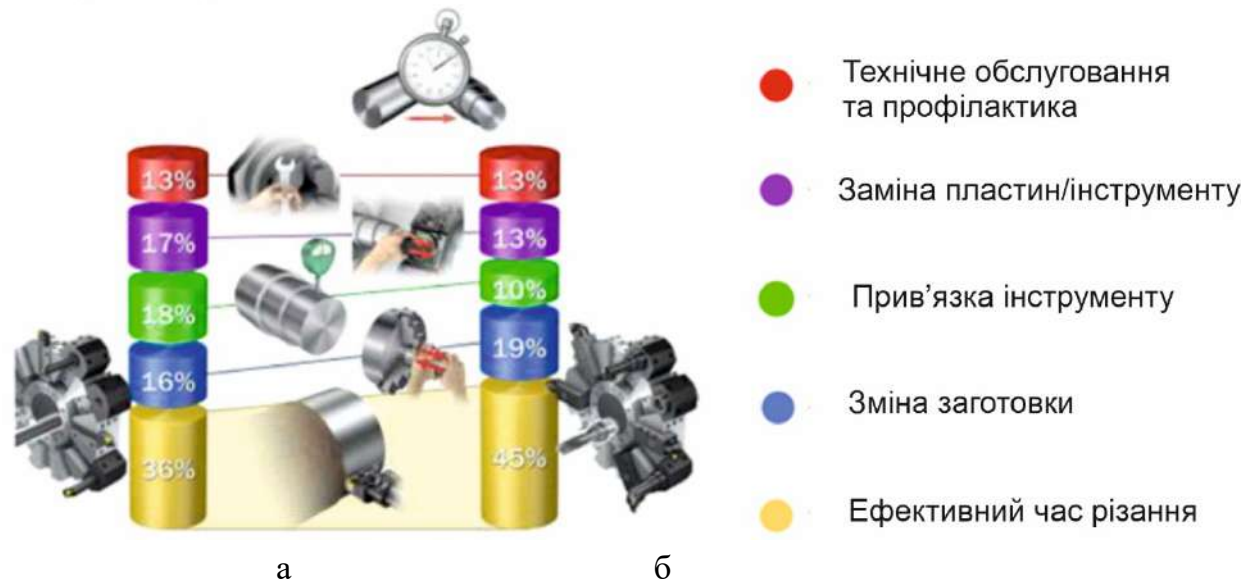


Рисунок 4.20 – Структура машинного часу під час використання:
а-традиційних оправок; б - швидкозмінних

Основним недоліком такого з'єднання є те, що технологія виготовлення такого конуса дещо складніша і, отже, дорожча для кінцевого споживача. Тому логічне обґрунтованим є застосування Capto для чорнової, напівчорнової обробки. Ще одним недоліком такої системи є те, що при всій своїй привабливості ця оправка не відповідає вимозі концентрації навантажень (тобто при перевищенні навантаження на шпиндель - згорить шпиндель, але оправки Coromant Capto не прогорнеться), що викликає необхідність додаткового захисту мотор-шпинделя від перевантажень.

4.5. Система допоміжного інструменту багатofункціональних верстатів із ЧПУ.

Для скорочення номенклатури оправок розроблено уніфіковані інструментальні комплекти допоміжного інструменту металорізальних верстатів із ЧПУ. Кількість допоміжного інструменту розраховується з урахуванням його зносу за весь період його стійкості (зазвичай більше трьох років) та необхідності у двох комплектах, оскільки другий комплект використовується для попереднього налаштування та швидкої заміни різального інструменту, що зайнятий у процесі обробки. Типи допоміжного інструменту різних комплектів відрізняються один від одного і залежать від функціонального призначення верстата, видів виконуваних переходів, розмірів заготовки та інших технологічних параметрів операції.

На рисунку 4.20 наведено приклад такого досить розгорнутого комплекту.

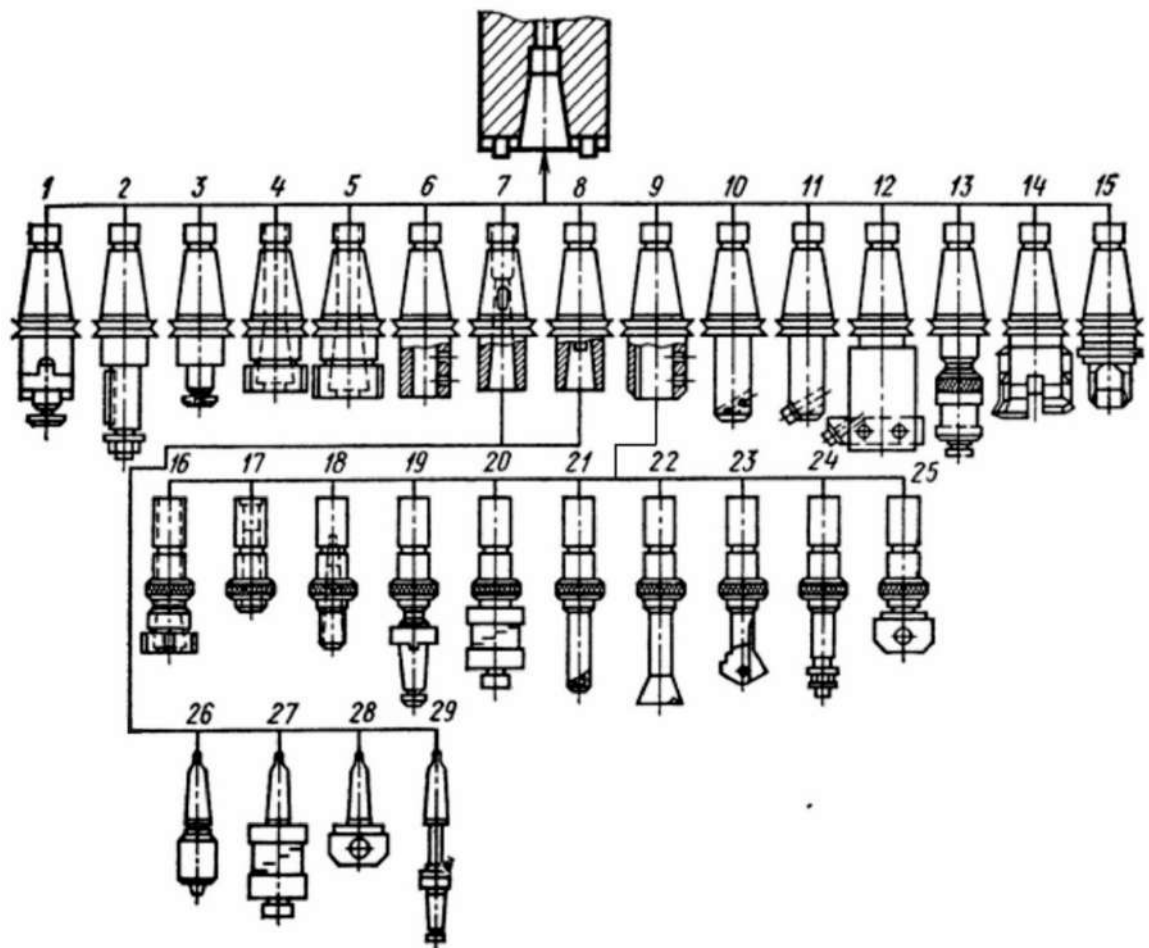


Рисунок 4.20 – Комплект допоміжного та різального інструменту до багатоопераційного верстата

До першої групи комплекту, згідно з модульною інструментальною системою (див. рис.4.6), відносяться різного роду базові оправки для безпосереднього кріплення різального інструменту (номери оправок 1,2,3,10,11,12,13,14,15). До другої - оправки з втулками або подовжувачами для кріплення додаткових елементів установки інструментів з конічним хвостовиком (номера 7,8) або державки з циліндричним хвостовиком (номер 9). Різні додаткові оправки для безпосередньої установки інструменту, оправки з патронами різних типів (номери 16-29) утворюють третю групу елементів комплекту допоміжного інструменту.

На рисунку 4.20 представлені такі елементи реального комплекту інструментальної системи багатофункціонального верстата:

- 1, 2, 3 - оправки для торцевих та інших насадних фрез;
- 4,5 - оправки з цанговим затискачем відповідно діаметром 5-20мм та 20-40мм;
- 6 - оправка для кінцевих фрез;
- 7 – втулка для інструменту з конусом Морзе з Лапкою;
- 8 – втулка для інструменту з конусом Морзе з різьбовим отвором;
- 9 - державка перехідна;
- 10,11 - розточувальні оправки;
- 12 - збірна розточувальна оправка;
- 13 - оправка для підрізних пластин;
- 14 - розточувальна двозуба головка;
- 15 - розточувальна універсальна головка;
- 16 - цанговий патрон діаметром 5-25 мм;
- 17,18 - втулки із внутрішнім конусом Морзе;
- 19 - оправка для зенкерів та розгорток;
- 20 - патрон різьбонарізний;
- 21 - оправка розточувальна;
- 22 - оправка розточувальна двозуба;
- 23 - оправка для пластин перових сверدل;
- 24 - оправка дискових фрез;
- 25 - регульований патрон для пластин перових сверدل;
- 26 - свердлильний патрон;
- 27 - різьбонарізний патрон;
- 28 - розточувальний патрон;
- 29 - оправка для зенкерів та розгорток

На рисунку 4.21 наведено реальні допоміжні та різальні інструменти різних груп установки та кріплення. Як базовий елемент використовуються як конічні оправки з конусом 7:24, так і оправки HSK, додаткові оправки та оправки для закріплення інструменту виконані за стандартом Coromant Capto. Кріплення різального інструменту також показано в різних варіантах: посадка фрез центрального отвору - 1; кріплення по циліндричному хвостовику - 2; термозатискач - 3; Coromant EH - 4; цільна конструкція - 5.

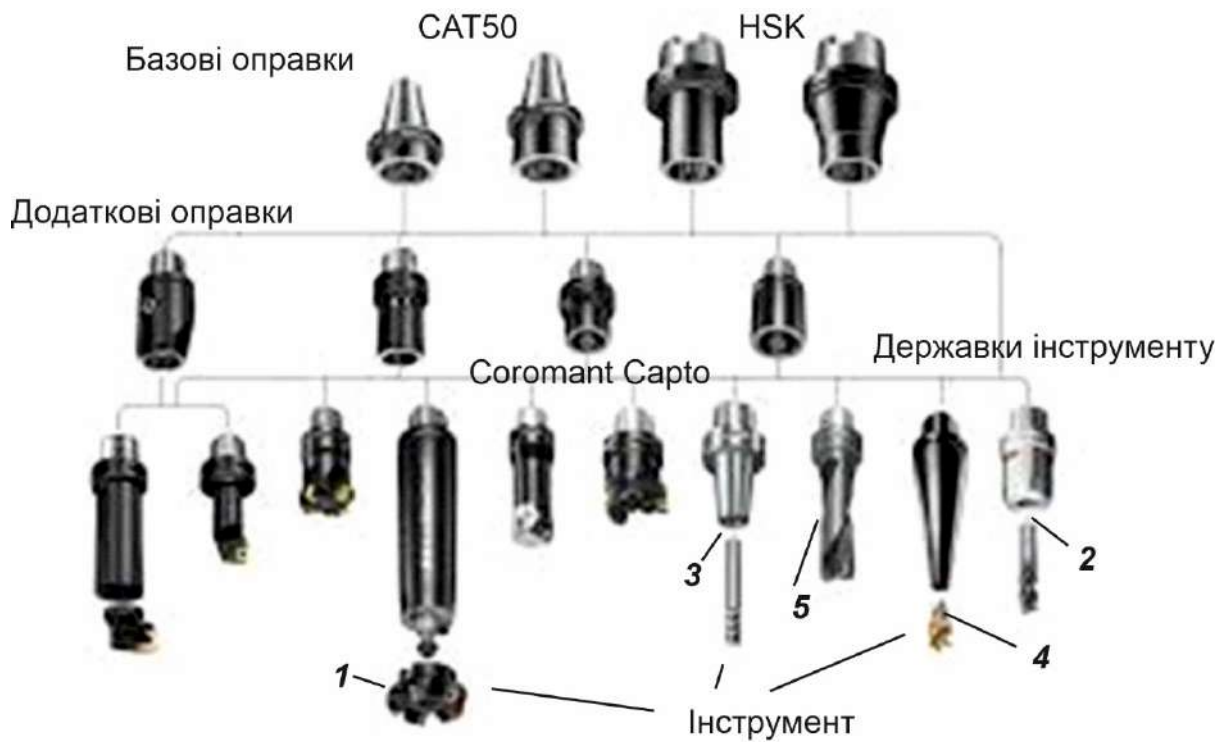


Рисунок 4.21 – Приклад структури допоміжного інструменту багатofункціонального верстата

Конструкції оправок і патронів третьої групи може бути як оригінальними, так і використовувати принципові схеми, розглянуті раніше.

4.6. Система допоміжного інструменту для токарних верстатів із ЧПУ.

На верстатах ЧПУ з токарним компонуванням крім токарної виконуються й інші види обробки, тому пристрої для різних інструментів (різців, свердлів, розгорток тощо) повинні забезпечувати їх кріплення з конічними та циліндричними хвостовиками, з кріпленням за фланець або лиску циліндричного хвостовика. Базування та кріплення інструменту можуть здійснюватися по циліндричному хвостовику з гладкою (рис.4.22,*а*) або з рифленою лискою (рис.4.22,*б*), оправкою (рис.4.22,*в*) на призматичних напрямних (рис.4.22,*г*). На центрових токарних верстатах із ЧПУ застосовуються револьверні головки з безпосереднім кріпленням різального інструменту (рис.4.22,*д,е*) або з використанням допоміжного різального інструменту.

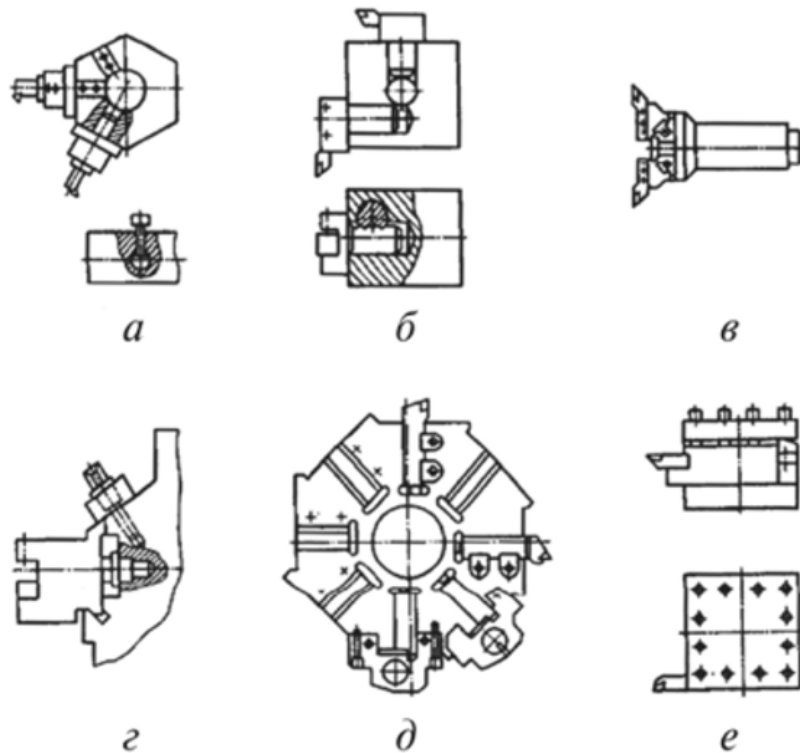


Рисунок 4.22 - Схеми варіантів кріплення на токарних верстатах з ЧПУ

На рисунках 4.23 та 4.24 наведено два варіанти системи інструментальної оснастки верстата токарного компонування з автономною револьверною головкою: кріпленням оправок для інструменту за системою Coromant Capto (рис.4.23) та оправок під конус 7:24 (рис.4.24)

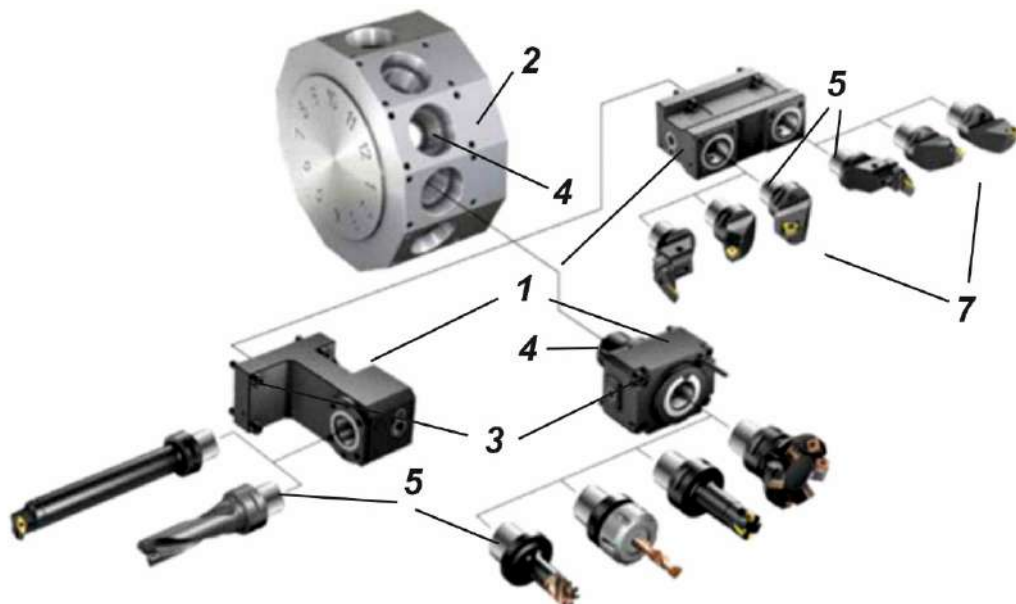


Рисунок 4.23 – Інструментальна система токарного верстата на основі оправок Coromant Capto

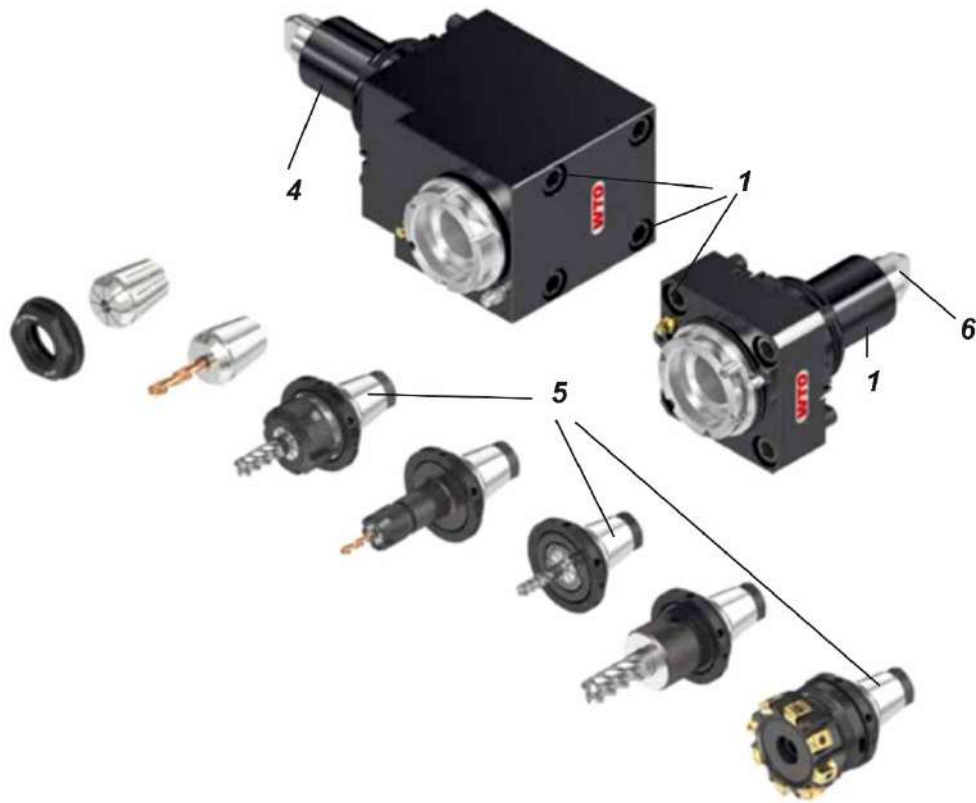


Рисунок 4.24 - Інструментальна система токарного верстата на основі оправок з конусом 7:24

Базові державки інструментальної системи *1* встановлюються в револьверній головці *2* по точному циліндричному отвору *4* і фіксуються гвинтами *3*. Для інструментів, яким необхідно обертання для забезпечення процесу обробки, передбачена система передачі крутного моменту на оправку *5* через хвостовик *6*. Модельний ряд базових державок дозволяє проводити обробку з різних боків *7*.

Така різноманітність пристроїв для кріплення інструменту, з одного боку, розширює технологічні можливості верстата, з іншого боку, явно економічно недоцільно при їхньому серійному виробництві. З метою взаємозамінності допоміжного інструменту ми розглянемо дві найефективніші форми приєднувальних поверхонь базових державок інструментальної системи: циліндр і призма у вигляді ластівчиного хвоста.

Принцип побудови інструментальної системи для токарних верстатів з ЧПУ аналогічний (рис.4.25). Сучасні токарні верстати з ЧПУ крім зовнішнього точіння та обробки внутрішніх поверхонь, співвісних з віссю обертання заготовки, мають можливість свердлити та фрезерувати інші поверхні. Для цього вони забезпечуються або спеціальним допоміжним інструментом, що передає крутний момент від спеціальних приводів, або оснащуються додатковими шпинделями за типом фрезерних.

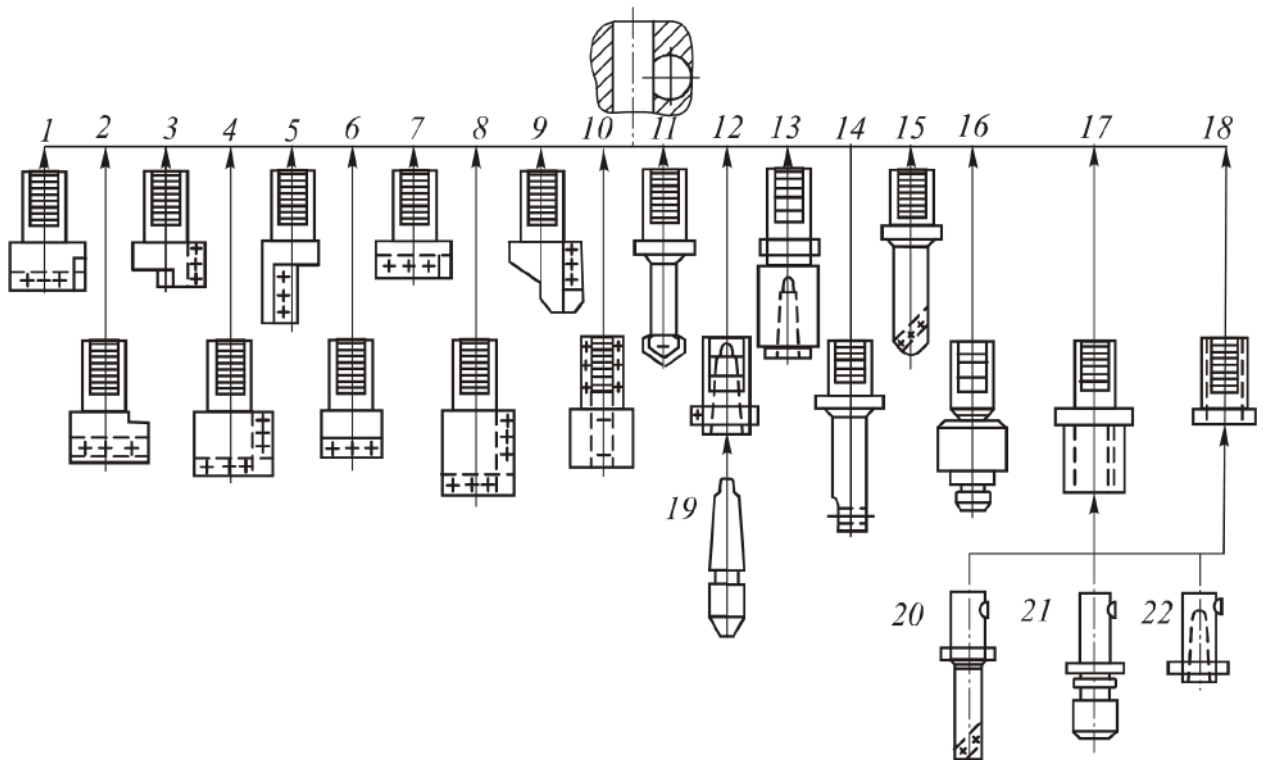


Рисунок 4.25 – Інструментальна система токарного верстата на основі оправок VDI

Для таких багатоопераційних верстатів виникає потреба уніфікувати токарний та фрезерний інструмент за рахунок створення спеціальних хвостовиків.

Як зазначалося вище, VDI - одна з найпоширеніших систем кріплення інструменту для токарних обробних центрів і призначена для роботи з системами швидкої зміни, що робить заміну інструментів більш ефективною. Кріплення здійснюється за допомогою шестірні, що затягує рейку на блоці, що забезпечує швидкість знімання-установки. Блоки VDI мають стандартні типорозміри: VDI 16, 20, 25, 30, 40, 50, 60.

Однією з істотних переваг системи VDI є її модульність. Утримувачі інструментів доступні в різних розмірах, таких як VDI20, VDI30, VDI40, VDI50 тощо. VDI40 один з найбільш поширених розмірів. Модульна конструкція дозволяє швидко та легко змінювати інструмент, просто замінюючи утримувачі інструментів, які кріпляться за допомогою стандартизованого інтерфейсу на револьверній головці (рис.4.26). Тримачі з рифленою лискою 1 кріпляться клином 2 в револьверних головках з базуванням по циліндричній поверхні та торцю за рахунок переміщення гвинта 3.

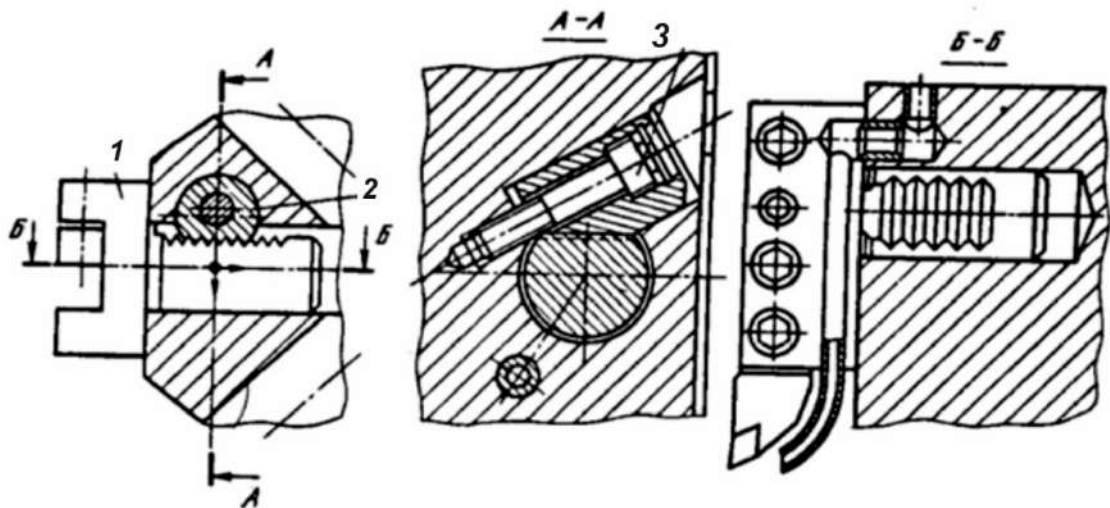


Рисунок 4.26 - Кріплення інструментальної держави системи VDI

Такі тримачі можуть використовуватися з різними типами інструментів, такими як різці (поз.1-9,14,15 рис.4.25), осьові інструменти з циліндричним хвостовиком (поз.16,17,18 рис.4.25) та конусом Морзе (поз. 12,13 рис.4.25), а також фрези, які при необхідності можна швидко замінювати.

Інструментальні системи VDI (рис.4.27) зазвичай застосовуються в європейських верстатах таких виробників, як DMG Mori, INDEX-TRAUB і EMAG та ін. Ці системи мають певні переваги з точки зору ефективності і точності.

При використанні інструментальних систем VDI важливо переконатися, що тримачі інструментів сумісні з револьверної головкою верстата.

Розглянута вище система кріплення інструменту VDI відповідає стандарту DIN 69880. Відповідно до стандарту державки, виготовлені зі сталі з наступною цементацією, твердість 58 \pm 2 HRC, міцність 800-1000 Н/мм² всі внутрішні діаметри, хвостовик і насічки відшліфовані для забезпечення позиціонування.



Рисунок 4.27 – Конструкція тримачів із циліндричним хвостовиком VDI для різних інструментів

Принцип установки різця у тримачі VDI показаний рисунку 4.27,б.

На радіальному різцетримачі різець по висоті встановлюється в корпусі 1 за допомогою підкладки 2 і затискається притискною планкою 3, що переміщається (вгору, вниз) за допомогою гвинтів 4. У корпусі 1 різцетримача є отвори, що перетинаються, для подачі ЗОТР. Один із каналів закінчується кулькою 5, що дозволяє забезпечити регулювання напрямку подачі ЗОТР в зону обробки. Різцеутримувач закріплюється до револьверної голівки за циліндричний хвостовик 6 за допомогою клину з рифленнями (з силою до 4кН).

На рисунку 4.28 показано варіанти встановлення інструментів у шпindelній револьверній голівці (позиції на рисунку відповідають позиціям на рис.4.25).

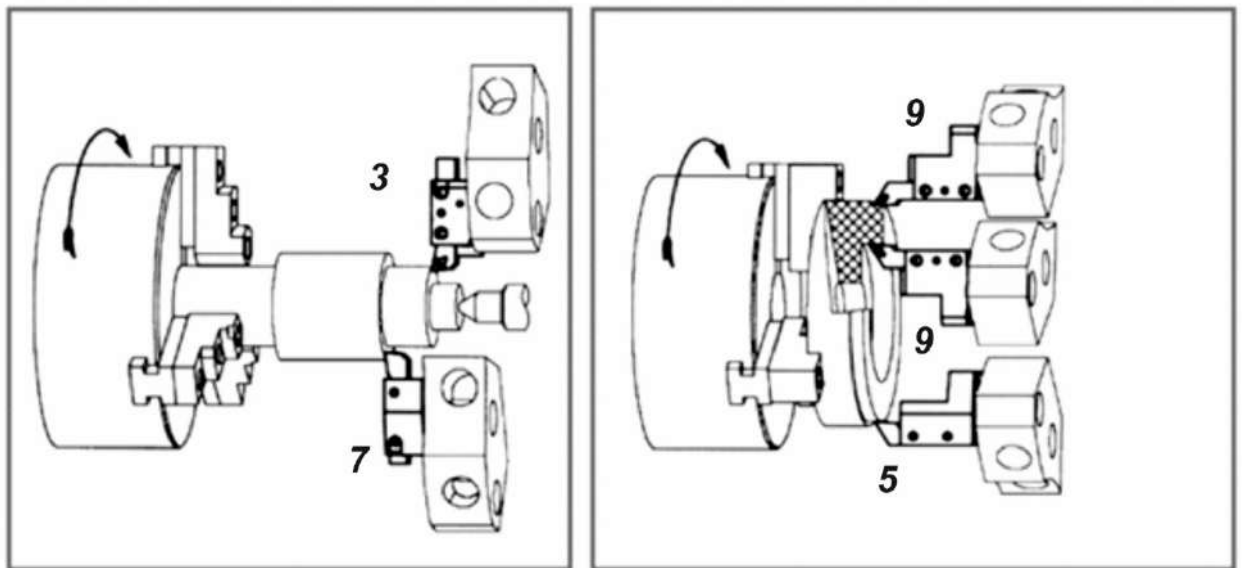


Рисунок 4.28 – Схема встановлення різців через тримачі з циліндричним хвостовиком

Жорсткість з'єднання з рифленням перевищує жорсткість з'єднання без рифлень в три рази. У головках тримачів передбачені відкриті чи закриті взаємно перпендикулярні пази (рис.4.25, поз. 1÷9) для кріплення різців різних типів (прохідних, відрізних та ін.) з різною довжиною державки та напрямом щодо осі отвору кріплення. Різцеутримувачі мають праве та ліве виконання і застосовуються залежно від розташування револьверної головки та напрямку обертання шпинделя. Перехідна втулка дозволяє закріплювати різальний інструмент або допоміжні елементи круглого перерізу діаметром 16...40 мм. Для обробки отворів використовується перове свердло 11 з безпосереднім кріпленням у тримачі. У варіантах 12 та 13 передбачені отвори з конусом Морзе для кріплення трикулачкового патрона 19 та різальних інструментів осьового типу (свердла, зенкери, розгортки тощо). Розточування отворів можна проводити або різцями, що закріплюються в різцетримачах 1...9, або за

допомогою розточувальних оправок 14, 15. Варіант 16 може використовуватися для кріплення мітчиків М6÷М27 у патроні. Варіанти 17, 18 є перехідними втулками зі шпонковим пазом. Вони дозволяють кріпити розточну борштангу 20, патрон для мітчиків 21, кінцеві різальні інструменти з укороченим конусом Морзе 22. Ці втулки є сполучною ланкою з верстатами свердлильно-фрезерно-розточувальної групи.

4.7. Система допоміжного інструменту з призмою, що базує, для верстатів з ЧПУ токарної групи.

Використання такої системи дозволяє закріплювати на верстаті інструменти із підсистеми з циліндричним хвостовиком (див. рис.4.25), що у ряді випадків розширює технологічні можливості верстатів, а також сприяє скороченню номенклатури різального інструменту.

На рисунку 4.29 наведено схему системи допоміжного інструменту на основі використання базуючої призми, як початкового елемента інструментальної оснастки при кріпленні в револьверній головці. Штриховими лініями показані допоміжні інструменти, які характерні для верстатів фрезерно-свердлувальної групи та багатофункціональних верстатів з ЧПУ, але можуть бути встановлені з використанням державок з призмою на станках з ЧПУ токарної групи.

На схемі (рис.4.29) двосторонній різцеутримувач 1 має високу жорсткість, його застосовують у системах з будь-яким розташуванням револьверної головки при будь-якому напрямку обертання шпинделя, він дозволяє використовувати повну потужність верстата при чорнових операціях. Різальний інструмент перетином від 16x16 до 40x40 мм встановлюють у відкритому чи закритому пазі. Інструмент попередньо налаштовують поза верстатом у різцетримачі регульовальними гвинтами. Жорсткий різцетримач 2 з відкритим перпендикулярним пазом має праве та ліве виконання, що дозволяє вивести різальний інструмент за габарит револьверної головки. Різцеутримувач 3 дозволяє встановлювати два різці. Універсальний тристоронній різцетримач 5 має трохи меншу жорсткість, ніж різцетримач з відкритим та закритим пазами. Утримувач 6 призначений для встановлення допоміжного інструменту до токарних верстатів з циліндричним хвостовиком діаметром від 30 до 60 мм. Тримачі 7 і 8 мають два виконання і призначені для встановлення інструменту до верстатів фрезерно-свердлильно-розточувальної групи з циліндричним хвостовиком діаметром 36 та 48 мм. Застосування блоку 4 забезпечує збільшення подачі ЗОТР у зону різання.

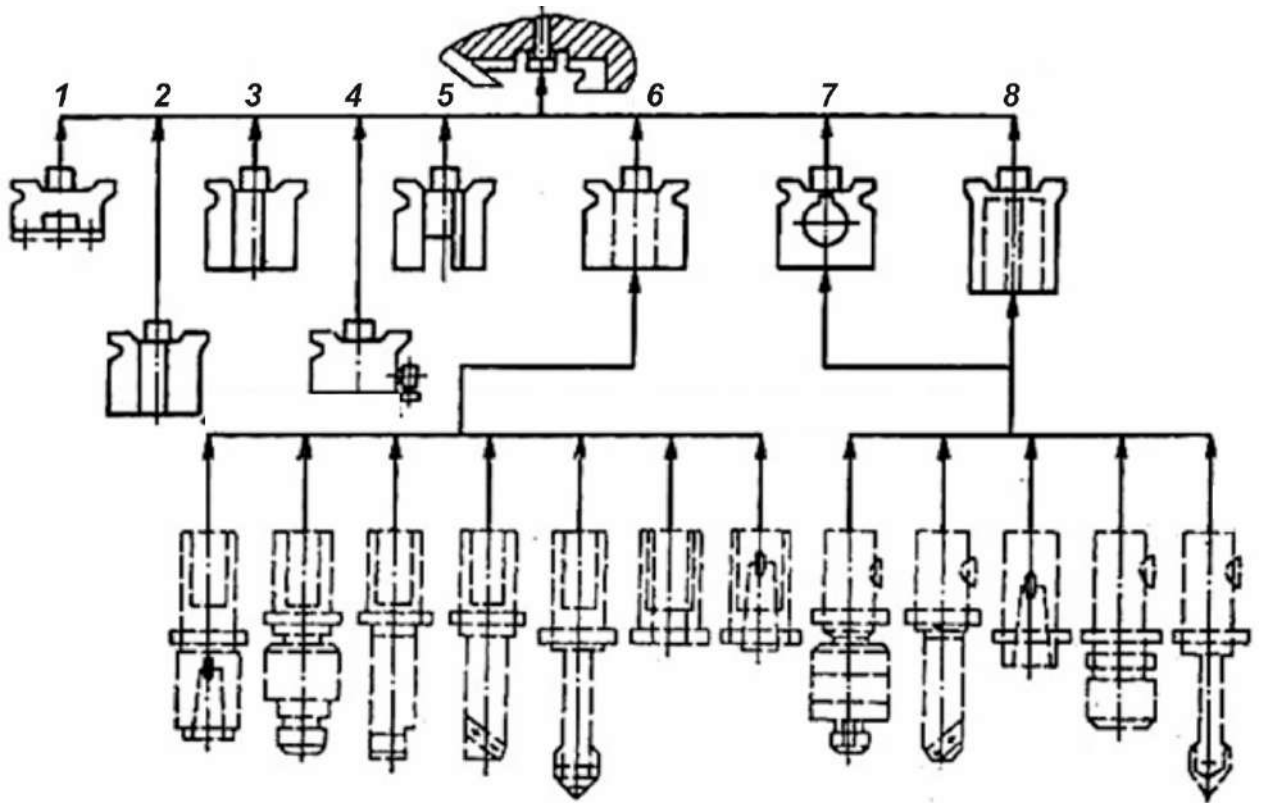


Рисунок 4.29 - Інструментальна система токарного верстата з призмою, що базує.

На рисунку 4.30 наведено типову конструкцію тримача з базуючою призмою.

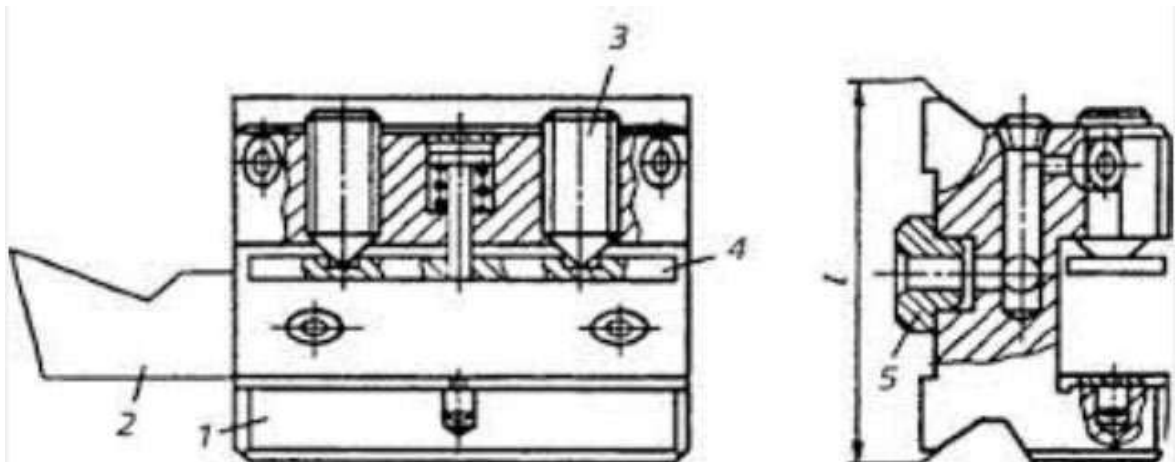


Рисунок 4.30 - Конструкція утримувача з базуючою призмою

Різці 2 встановлюють в різцетримач 1 і закріплюють гвинтами 3 шляхом підтискання планкою 4. Різцетримач 1 базують в револьверній головці по нижній і бічній поверхнях призм (класична схема базування по напрямних типу «ластівчин хвіст»), фіксують сухарем 5 і закріплюють.

4.8. Приклади конструкцій допоміжного інструменту.

Розглянемо кілька прикладів конструкцій допоміжних інструментів третьої групи для безпосереднього кріплення різального інструменту на багатоцільових верстатах.

4.8.1. Розточувальні збірні головки.

Однолезові розточувальні збірні головки застосовуються в автоматизованому виробництві та на верстатах з ЧПУ і дозволяють обробляти отвори діаметром від 30 до 150 мм.

На рисунку 4.31 наведено варіант регулювання радіального положення різця з використанням кріплення державки типу «ластівчин хвіст». Тригранна пластина 1, що не переточується, закріплена на державці 2, яка через «ластівчин хвіст» з'єднана з корпусом 5. По регульовальному гвинту 7 переміщається повзушок 6, впливаючи на штифт 3. Державка 2 переміщається в радіальному положенні, забезпечуючи точне налаштування. Гвинт 4 фіксує це положення. Налаштування головки на розмір здійснюється поза верстатом (на спеціальному приладі) з точністю $\pm 0,01$ мм.

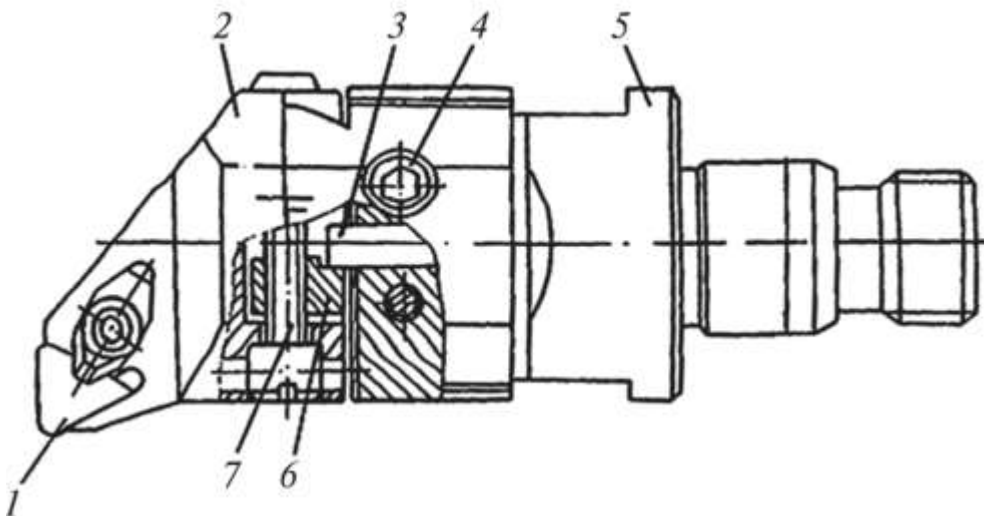


Рисунок 4.31 - Схема регульованої однолезової розточувальної збірної головки

Останнім часом широкого поширення набули регульовані розточувальні оправки компаній SECO, KaKarot, KAISER-Europe, WALTER та інших з різними варіантами регулювання радіального положення різця та досить широким діапазоном діаметрів обробки.

Одно- та дворізцеві блоки зазвичай закріплюються в універсальних оправках з циліндричним, конусним хвостовиком або хвостовиком типу Carot (рис.4.32).



Рисунок 4.32. - Схема збірного інструменту для розточування отворів

Робоча поверхня оправки для установки різців може мати кутовий паз «ластівчин хвіст» (з кутом 75°), прямокутні або трикутні високоточні пази, в які встановлюється однорізцевий або дворізцевий робочий блок, що дозволяє проводити обробку отворів в широкому діапазоні діаметрів (від 20 до 640мм).

Розточувальні головки компанії WALTER (рис.4.33) являють собою модульну конструкцію і використовують точні прямокутні пази 3 для ручного переміщення різця оригінальної конструкції 1 зі змінними різальними пластинами 2 щодо державки 4 з наступною фіксацією гвинтами 5.

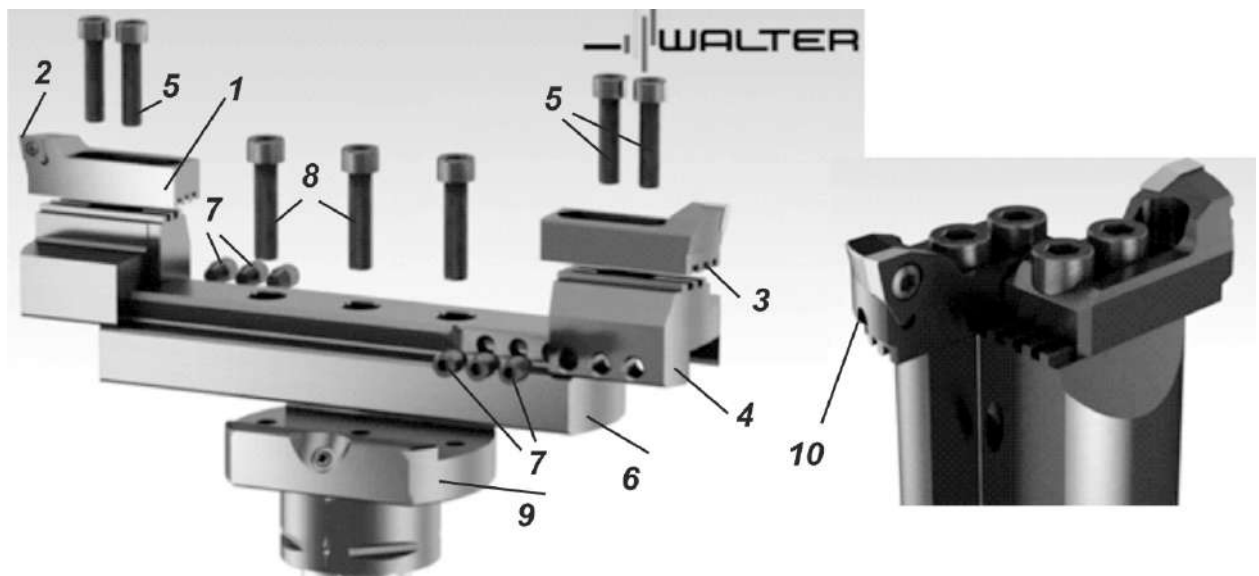


Рисунок 4.33 – Розточувальна головка фірми WALTER

Державка 4 являє собою модуль, який кріпиться на корпусі 6 і фіксується трьома гвинтами 7, що дозволяє використовувати державку для різних типорозмірів корпусу оправки. Корпус 6 кріпиться гвинтами 8 безпосередньо до основи оправки 9, яка встановлюється в шпindelь верстата за відповідним стандартом (на рисунку 4.33 наведено варіант Coromant Capto). Точне налаштування в радіальному напрямку проводиться з використанням гвинтової пари 10, розташованої безпосередньо в корпусі різця.

Для цих головок характерний великий діапазон діаметрів, що обробляються від 20 до 640 мм і точність налаштування до 5мкм з використанням спеціальної системи налаштування інструменту.

На рисунку 4.34 показано варіант різцевої головки фірми KAISER. Радіальне переміщення різця забезпечується за точними трикутними пазами на корпусі. Попередньо, за рахунок механізму переміщення державок різців у радіальному напрямку, здійснюється початкове налаштування розміру обробки за шкалою ноніуса. Точне налаштування радіального положення різців (до 1мкм) здійснюється за рахунок додаткового вузла точного налаштування зі своєю шкалою (рис.4.34,б).

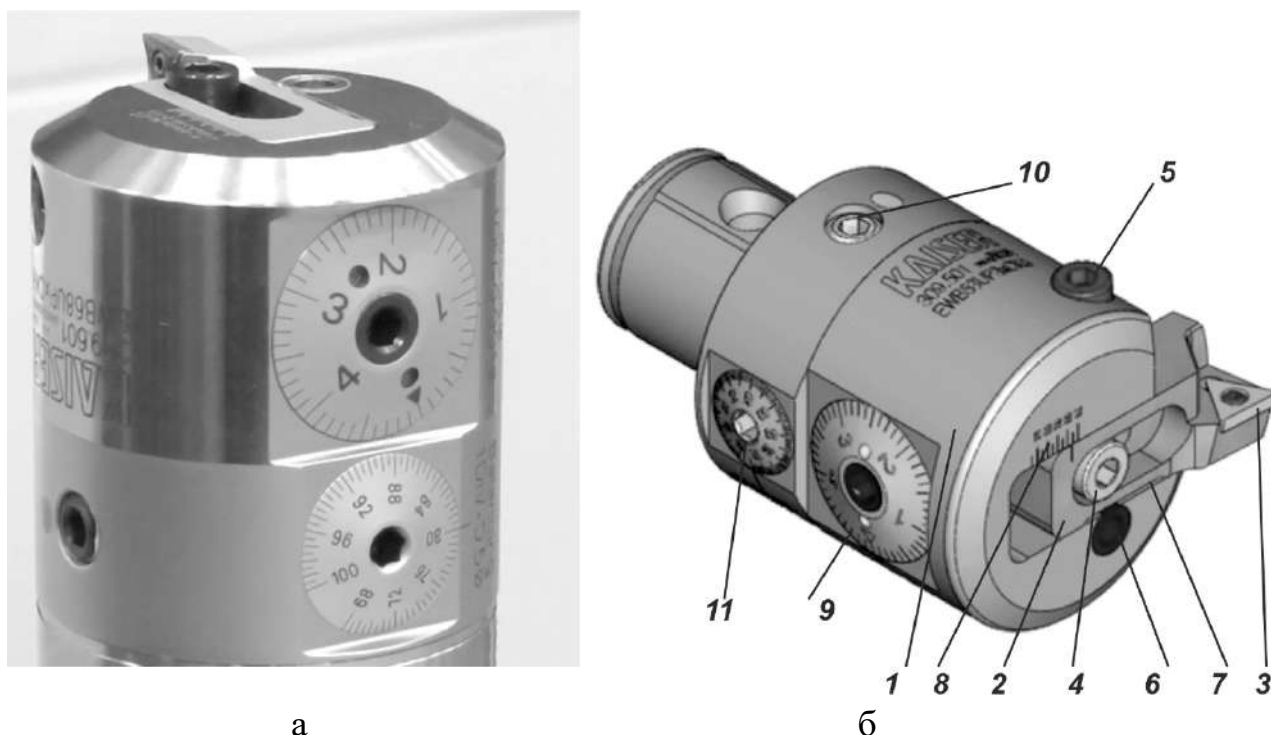


Рисунок 4.34 – Різцева головка компанії KAISER

Різець 2 з різальною пластиною 3 встановлюється в пазі корпусу 1. Груба установка різця в необхідне положення здійснюється після розкріплення гвинтів 4, 5 і 10 за рахунок обертання шестірні гвинта 6, яка через рейку на бічній поверхні різця переміщає його в радіальному напрямку. Точність

необхідного розміру контролюється за шкалою 8. Після досягнення необхідного вильоту гвинт 4 фіксує положення різця, а точне налаштування здійснюється поворотом гвинта 9 з кільцевою шкалою. Необхідно положення фіксується гвинтом 5, після чого, при необхідності, виконується додаткове мікронне налаштування гвинтом 11, що забезпечує остаточне положення різця (у компанії це називається «не динамічне балансування») і фіксується гвинтом 10. Розточувальна головка готова до використання.

На рисунку 4.35 представлена схема розточувальної-супортної головки з автономним числовим управлінням, що дозволяє проводити обробку як зовнішніх, так і внутрішніх поверхонь заготовок (рис.4.35,б). За допомогою цієї головки можна розточувати та обточувати циліндричні, ступінчасті та конусні поверхні (рис.4.35,а). Можна, задаючи на оперативну пам'ять радіальну подачу супорта (з пульта управління), працювати в умовах абсолютного та відносного розрахунку розмірів, задавати діаметральні розміри з дискретністю 1мкм, коригувати розміри. План-супортні головки можуть використовуватися на токарних, фрезерних, розточувальних верстатах. У складі верстатів з ЧПУ ці головки можна використовувати у разі ручної зміни інструменту та роботи в покадровому режимі.

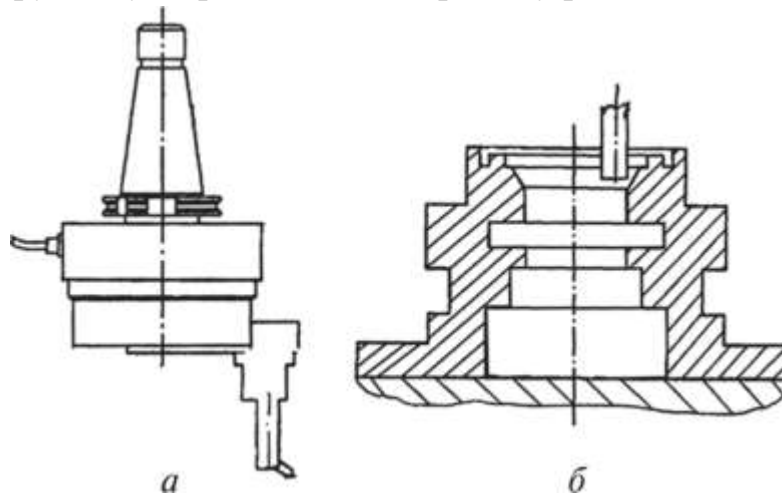


Рисунок 4.35 - Схеми розточувальної план-супортної головки з автономним числовим управлінням (а) та оброблюваних за її допомогою поверхонь заготовки (б)

4.8.2. Збірний перехідний патрон для кріплення інструменту з конічним хвостовиком.

Для кріплення інструменту з конусом Морзе з можливістю регулювання вильоту свердла від торця шпинделя (поз. 7 та 8 на рис.4.20) може бути використаний збірний перехідний патрон (рис.4.36).

Корпус патрона 1 з конусом 7:24 має внутрішній циліндричний отвір діаметром 36 або 48мм. У цьому отвір передбачений шпонковий паз 2. А також у цьому циліндричному отворі розташована внутрішня регульована втулка 3,

в якій встановлюється інструмент 8. Регулювання вильоту інструменту здійснюється за рахунок обертання регулювальної гайки 5. Ця гайка обертається по зовнішньому трапецієподібному різьбленню та фіксується гвинтом 7. Втулка 3 фіксується в корпусі патрона за допомогою гвинтів 4. Для запобігання витягуванню втулки з корпусу патрона, на її поверхні робиться косий зріз.

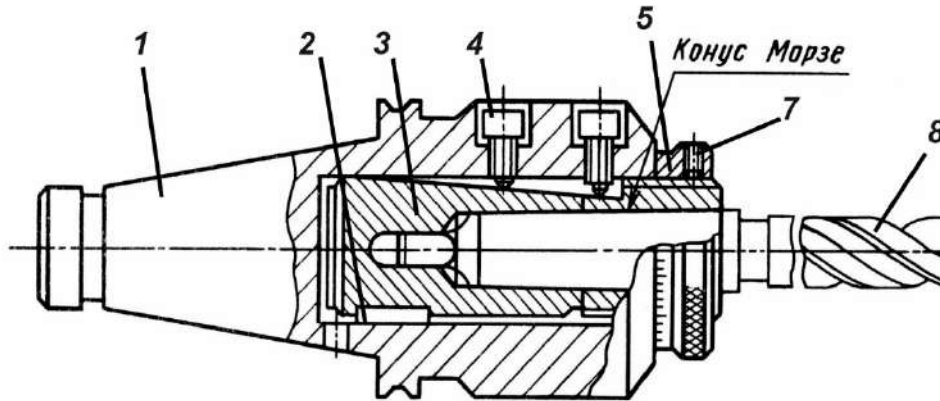


Рисунок 4.36 - Збірний перехідний патрон для кріплення інструменту з конічним хвостовиком

4.8.3. Патрон для кріплення кінцевих фрез.

Дещо інша конструкція пропонується для кріплення кінцевих фрез з конічними хвостовиками. Поряд із оправками (поз. 8, рис.4.20), можна застосувати патрон, що дозволяє замінювати фрези без розбирання допоміжної оснастки (рис.4.37). Для закріплення фрезу можна нагвинтити на різьблення шпильки 2 до торкання з конусом втулки 7, а потім гайкою 6 подати втулку 7 вправо, створивши тим самим натяг по конічних поверхнях фрези і втулки 7. Для видалення фрези з патрона необхідно за допомогою гайки 6 подати в назад, а потім викрутити фрезу з патрона.

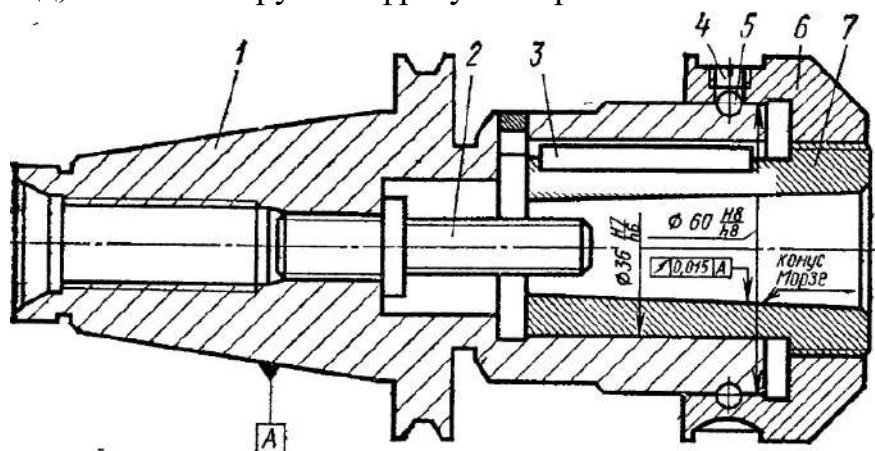


Рисунок 4.37 - Патрон для кріплення кінцевих фрез з конічним хвостовиком

4.8.4. Базовий агрегат із змінними цангами.

Конструкція базового модуля (рис.4.38) включає гвинт 5, що орієнтує цангу 2 щодо корпусу 1 з метою досягнення мінімального биття шляхом віднімання ексцентриситетів цанги і корпусу. У корпусі 1 повідець 7 встановлений для передачі крутного моменту при важкому чорновому фрезеруванні за допомогою штифта 6. Різьбовий упор 8 служить для регулювання осьового положення перед закріпленням інструменту. Цанги 2 цього агрегату є змінними залежно від діаметра хвостовика інструменту, який кріпиться в патроні. Цанги 2 вставляють у патрон (за рахунок пружності пелюсток) в проточку внутрішнього кільця 3 збірної гайки. Конструкція цієї збірної гайки включає кільце 4, кулька 10 і пробку отвору 9.

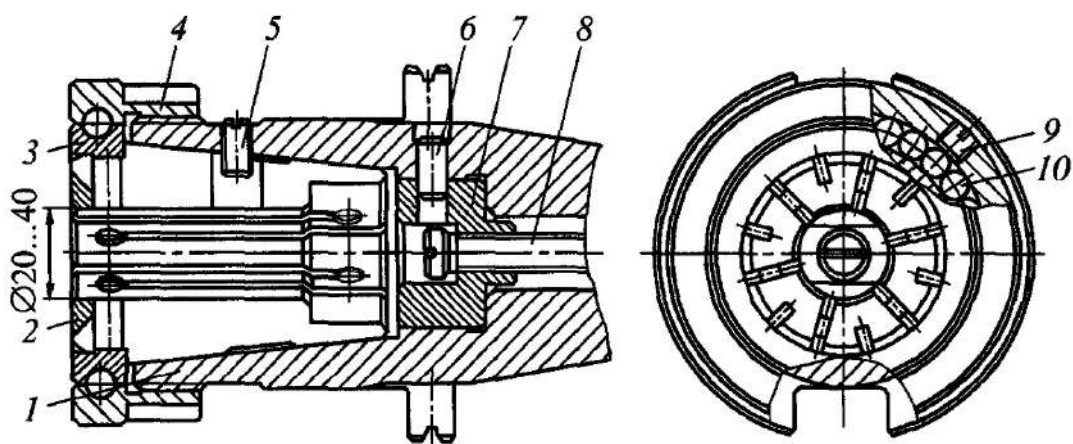


Рисунок 4.38 - Базовий модуль для кріплення цанг

4.8.5. Роликовий патрон.

Роликові патрони призначені тих самих цілей, як і цангові (рис.4.39). В них сила закріплення створюється за рахунок заклинювання голкових роликів 3 між гайкою 5 і зовнішньою конічною поверхнею корпусу 1. Загартовані сталеві ролики укладаються в латунний сепаратор 4 в шаховому порядку в три ряди. Сепаратор фіксується на корпусі 1 запірними кільцями 2, 6 та 7. Як правило, розміщують 126 роликів діаметром 2 мм та довжиною 10 мм. При розміщенні роликів під кутом $1,5...2^\circ$, поверхня, що обгинає їх утворює гіперболоїд, який при обертанні гайки додатково деформує корпус 1, створюючи більш рівномірний затиск. Роликові патрони передають більший крутний момент ніж цангові патрони, тому їх доцільно використовувати в більш навантажених операціях.

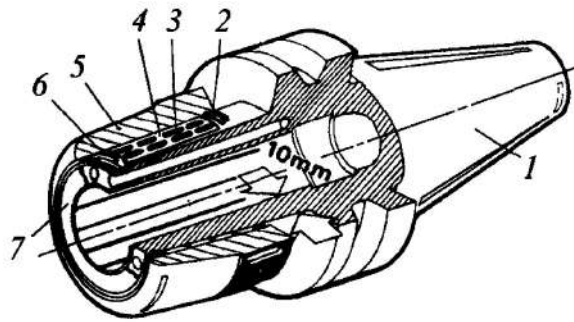


Рисунок 4.39 – Роликовий патрон

4.8.6. Різьбонарізний патрон.

Незважаючи на те, що в сучасних верстатах з ЧПУ для нарізування внутрішнього різьблення все частіше використовують гребінчасті кінцеві фрези, для отримання дрібнорозмірного різьблення широко використовуються мітчики.

Мітчики закріплюють у спеціальних патронах (рис.4.40), що мають осьову компенсацію та фрикційний механізм перевантаження, що спрацьовує при упорі мітчика на дно отвору або при його заклинюванні.

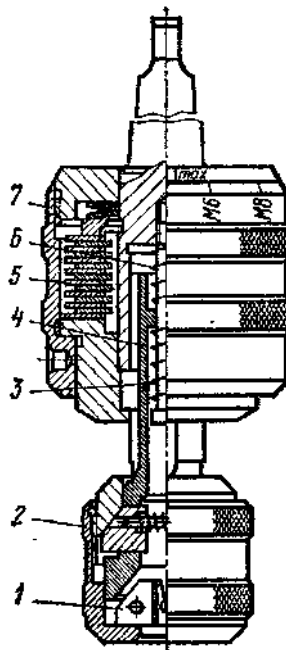


Рисунок 4.40 – Різьбонарізний патрон з конусом Морзе для верстатів з ЧПУ свердлильно-фрезерної групи

Осьова компенсація проявляється у зміщенні мітчика вздовж осі при реверсуванні обертання шпинделя для викручування мітчика з металу і при попаданні другим мітчиком у нитку, нарізану першим мітчиком. Це здійснюється за рахунок того, що оправка 4, що несе на передньому кінці кулачковий патрон для кріплення мітчика, щоразу повертається у своє середнє (уздовж осі) положення під впливом пружин 3 і 6. Фрикційну муфту 5

необхідно регулювати гайкою 7 на необхідний крутний момент різання, керуючись розміткою на гайці. Кулачки 1 затискають мітчик при накручуванні гайки 2.

4.9. Пристрої для агрегатних верстатів та автоматичних ліній.

Пристрої для агрегатних верстатів та автоматичних ліній є вузлами обладнання верстатів; вони подібні до звичайних верстатних пристроїв, що забезпечують правильне розташування заготовок щодо інструменту та їх затиск.

Так як на відміну від нормалізованих вузлів, пристрої є оригінальним елементом для кожного конкретного верстата і потребують індивідуального проєктування, виготовлення та складання, вони дуже трудомісткі у проєктуванні та виготовленні, їх вартість у деяких випадках сягає 40-50 % вартості самих верстатів.

Пристрої агрегатного верстата завжди взаємопов'язане з іншими вузлами: поворотним або поступально-переміщуваним столом, шпіндельною коробкою, інструментальною наладкою, підвісними кондукторними плитами та ін. Цей зв'язок проявляється насамперед у тому, що габаритні розміри та конфігурація пристрою та привід затискного пристрою заготовки значною мірою визначаються наявністю поворотного або поступально-переміщеного столу, його габаритними розмірами та принципом роботи. Так, якщо обробка заготовки ведеться на верстаті, з гідравлічним поворотним столом, то для її затиску застосовується гідравлічний пристрій; якщо обробка ведеться на верстаті з горизонтальною віссю обертання барабана, найбільш часто застосовується електромеханічний привід.

З іншого боку, пристрій агрегатного верстата є пристроєм для базування та орієнтації додаткового технологічного оснащення (скалкові кондуктори, додаткові опори тощо), оскільки забезпечує точне взаємне позиціонування заготовки та інструменту на конкретній позиції обробки.

У затискних пристроях агрегатних верстатів знаходять застосування ручні, пневматичні, електромеханічні та гідравлічні приводи. Пристрої, встановлені на поворотних столах або барабанах агрегатних верстатів, відрізняються тим, що один центральний привід використовують на всіх затискних пристроях, розташованих на різних робочих позиціях.

Пристрої для агрегатних верстатів та автоматичних ліній класифікуються залежно від компонування їх обладнання, схеми транспортування заготовок між технологічними позиціями, наявності та типу пристрою для спрямування інструменту.

Обробка заготовок із підготовленими базовими поверхнями для безпосереднього транспортування між технологічними позиціями, а також для орієнтації та затиску ведеться у стаціонарних (нерухомо закріплених на робочій позиції) пристроях. Пристрої, що встановлюються на поворотних столах агрегатних верстатів, виконують в єдиному корпусі або компонують з декількох окремих (автономних), часто уніфікованих, корпусів. Останній варіант більш технологічний у складних конструкціях.

В агрегатних верстатах та автоматичних лініях можуть застосовуватися багатопозиційні пристрої поворотного чи прямолінійного переміщення. Пристрої, змонтовані на поворотних ділових столах чи барабанах, застосовуються переважно для обробки деталей малих і середніх розмірів. Для точної орієнтації пристроїв на планшайбі поворотного ділильного столу (і відповідно базових елементів в корпусах пристроїв) виконують точно розташовані (з відхиленнями $\pm 0,01$ мм) отвори (по два на кожен корпус), в які встановлюють нормалізовані базові фіксуючі пальці.

На рисунку 4.41 наведено схему пристрою характерного для агрегатних верстатів.

Пристрій виконує декілька функцій.

- Базування безпосередньо пристрою на поворотно-ділильному столі за рахунок настановної плоскої подошви корпусу та двох пальців циліндричного та зрізаного, встановлених на планшайбі столу (див. переріз В-В).

- Базування заготовки на площині та затиск двома самоцентруючими призмами. Затиск здійснюється в напівавтоматичному режимі за рахунок пневмоциліндра, шток якого через клино-плунжерний механізм та систему важелів рівномірно передає необхідне зусилля на затискні призми. Розтискання заготовки здійснюється завдяки пружинам, встановленим на важелях. Необхідний хід призми встановлюється завдяки регульовальним гвинтам (див. переріз Б-Б).

- Базування додаткового оснащення у вигляді скельної кондукторної плити на два настановних пальця: циліндричний і зрізаний (див. переріз Е-Е).

Ці функції характерні для всіх пристроїв агрегатних верстатів незалежно від схеми базування і закріплення самої заготовки.

Можливе також застосування додаткових елементів у вигляді підтримуючих опор або підтискних гвинтів (планок), які проєктуються та виготовляються за потреби. Однак, необхідно відзначити, що на відміну від універсально-збірних пристроїв, всі вузли та елементи пристроїв для агрегатних верстатів монтуються в єдиному, досить жорсткому, корпусі.

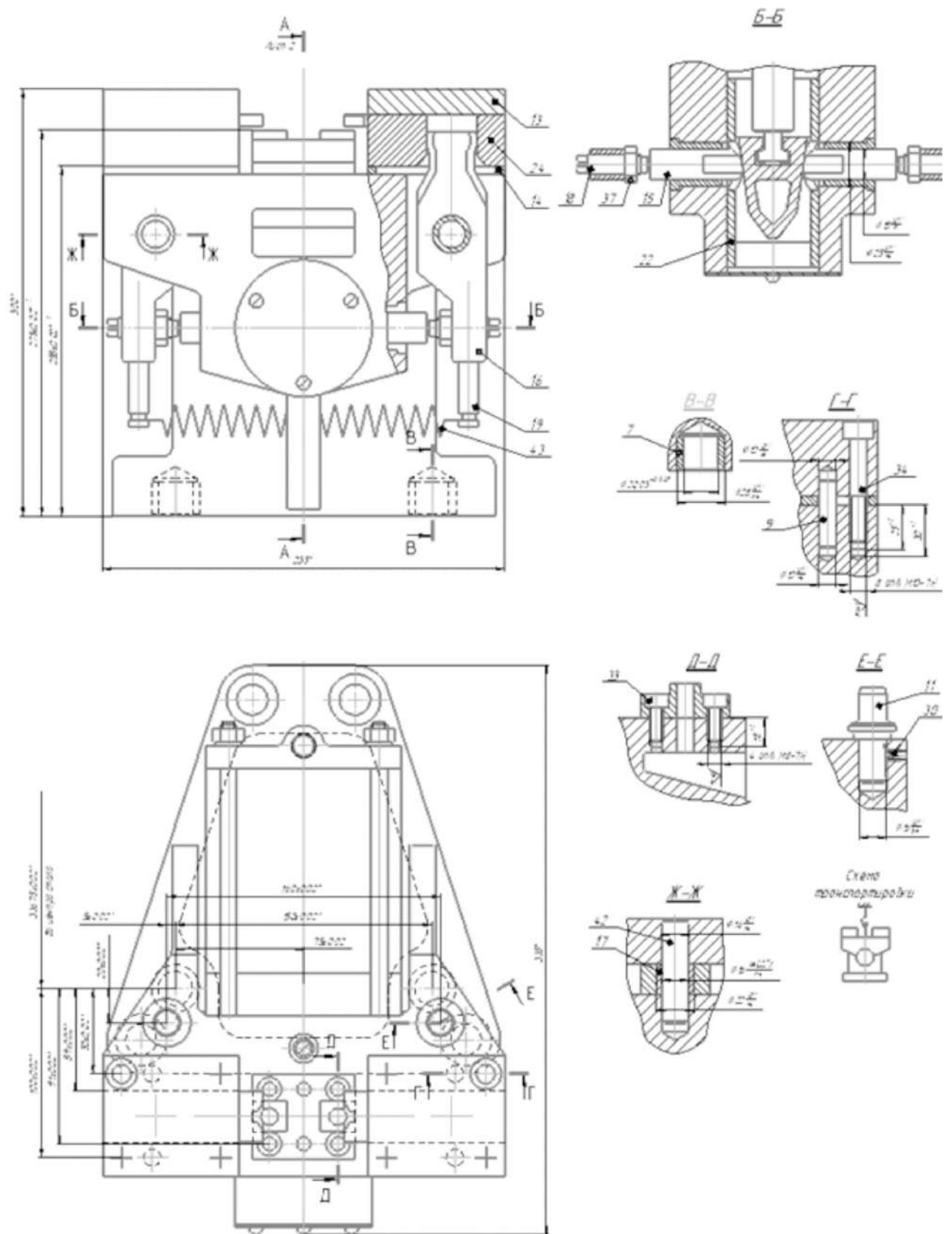


Рисунок 4.41 – Приклад настановно-затискного пристрою агрегатного верстата

При обробці на автоматичних лініях деталі складної конфігурації або виконані з швидкозношуваних матеріалів, транспортування, орієнтація і

закріплення яких викликають певні труднощі, переміщаються за допомогою пристроїв-супутників, що супроводжують оброблювану деталь на всіх технологічних операціях лінії. У цьому випадку заготовка встановлюється безпосередньо в пристрої-супутнику в незмінному положенні, а вже сам пристрій-супутник базується і закріплюється безпосередньо на позиції обробки по конкретним базовим поверхням пристрою (найчастіше таке базування здійснюється установкою на пальці). Це дещо знижує точність обробки, але дозволяє автоматизувати процес транспортування, установки і закріплення заготовки на позиціях обробки.

Пристрої-супутники автоматичних ліній - вузли, в яких скомпоновані елементи базування, фіксації та затиску як заготовок, так і самого супутника в автоматичній лінії. Конструкція пристрою-супутника повинна забезпечувати точність і жорсткість базування заготовки, її надійний притиск (що виключає пружні деформації), хороші умови відведення стружки. Супутники повинні мати форму, зручну для транспортування вздовж автоматичної лінії, надійно фіксуватись та закріплюватись на технологічних позиціях.

Базування заготовок у пристроях-супутниках може виконуватись:

- по площині та двох отворах (кришки, корпуси, балансири та ін.);
- по площині та центральному отвору або зовнішньої циліндричної поверхні з фіксацією (при необхідності) кутового положення заготовки (диски, станини електродвигунів, маточини коліс та ін.);
- у самоцентруючих патронах (гальмівні барабани, зірочки та ін.);
- у призмах (вали, хрестовини кардана, що підтримують ролики гусениці трактора та ін.);
- по необробленій площині та двох конусних отворах (картер рульового управління та ін.);
- з використанням опор, що підводяться, самоцентруючих пристроїв (важелі, картери провідних мостів та ін.) - комбінована схема;
- по площині та трьом отворах. Остання схема принципово не відрізняється від схеми базування за двома отворами. У цьому випадку всі три пальці повинні бути ромбічними (два з них обмежують зміщення заготовки осі X, а третій по осі Y).

Базування по площині та двох отворах найбільш раціонально при необхідності подальшої обробки або обробки з кількох сторін за один установ. Заготовки встановлюють переважно на нерухомі фіксуючі пальці, які повинні бути легко демонтовані для зручності заміни при ремонті, для чого отвори під фіксатори в корпусі супутника виконують наскрізними або в торці фіксаторів передбачають різьбові монтажні отвори.

Самі пристрої-супутники мають два основні способи базування на лініях: по нижнім опорним площинам з притиском зверху і верхнім площинам з притиском знизу.

Принципи та послідовність проектування спеціальних пристроїв були розглянуті раніше у першій частині посібника, проте необхідно враховувати особливості функціонування агрегатних верстатів та автоматичних ліній в автоматичному циклі, без втручання робітника. Тому такі пристрої практично завжди використовують гідравлічний або пневматичний привід (рідше електромеханічний).

Для надійного закріплення заготовки в пристрої для агрегатних верстатів і автоматичних ліній рекомендується застосовувати схеми зі спеціальними механізмами (з парами, що самогальмуються, гвинт-гайка і електро- або гідромеханічним приводом від спеціального затискного ключа, механізми з самогальмуючими клиновими передачами, з приводами, що можуть забезпечити затиск-розжим заготовки в автоматичному режимі.

Необхідно, по можливості, передбачати застосування засобів автоматизації установки та зняття заготовки, її закріплення та розкріплення, підведення, відведення та фіксації опор, які підводяться та самовстановлюються.

Запитання для самоконтролю

- 1. Які вимоги пред'являються до затискних пристроїв верстатів з ЧПУ?*
- 2. Які чинники впливають на створення пристроїв для верстатів з ЧПУ?*
- 3. Які особливості конструкцій пристроїв для верстатів із ЧПУ?*
- 4. Що таке інструментальна модульна система? Із чого вона складається?*
- 5. Які базові модулі інструментальної системи ви знаєте?*
- 6. У чому переваги та недоліки оправок SK?*
- 7. У чому переваги та недоліки оправок HSK?*
- 8. У чому переваги та недоліки оправок Coromant Capto?*
- 9. У чому переваги базування оправок з конусом 7:24 із подвійним контактом?*
- 10. З чого складається інструментальна система для верстатів з ЧПУ токарної компоновки?*
- 11. Який принцип використовується при базуванні та закріпленні державок VDI?*
- 12. Як налаштовуються розточувальні голівки на обробку різних діаметрів?*
- 13. Як влаштований роликовий патрон?*
- 14. Як влаштований різьбонарізний патрон?*
- 15. У чому особливість затискних пристроїв для агрегатних верстатів?*
- 16. Що таке пристрої-супутники? Коли доцільне їхнє використання?*

5 КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ

Контроль якості виробів дуже важливий у сучасному машинобудуванні, особливо велика роль контролю при автоматичному отриманні розмірів на налаштованих верстатах або верстатах з ЧПУ. Застосування універсальних вимірювальних інструментів і калібрів малопродуктивне, бо не завжди забезпечує потрібну точність і зручність контролю, а умовах потокового автоматизованого виробництва взагалі неприйнятно.

Контрольно-вимірювальні пристрої призначені для перевірки розмірів, геометричної форми та взаємного розташування поверхонь виробів, що виготовляються (заготовок, деталей, вузлів, агрегатів, механізмів тощо). Контролюють та вимірюють параметри виробів на будь-якій стадії їх виготовлення, складання та використання. Обсяги робіт з контролю та вимірювання, що задаються у технічній документації (стандартах, технічних умовах, робочих кресленнях тощо), можуть становити до 30% загальної трудомісткості виготовлення виробів, тому їх скорочення є актуальним для машинобудування.

Контрольно-вимірювальні пристрої дозволяють підвищувати продуктивність роботи, якість виробів, знижувати відсоток браку, покращувати умови праці, знижувати вартість виробів тощо.

У посібнику ми будемо розглядати з початку контрольно-вимірювальні пристрої які використовуються в індивідуальному неавтоматизованому виробництві, щоб зрозуміти основні принципи проєктування, типові конструкції та способи вимірювання (тому що це дає нам певні інженерні навички, які можуть бути використані при проведенні контролю та створенні спеціальних контрольно-вимірювальних пристроїв в індивідуальному виробництві) не зважаючи на те, що у сучасному автоматизованому виробництві вони вже не дуже часто застосовуються.

При конструюванні контрольних пристроїв необхідно вивчити умови виникнення первинних похибок та виявити шляхи їх зменшення чи повного усунення. При конструюванні контрольно-вимірювальних пристроїв велику увагу приділяють вибору ефективної принципової схеми та складових елементів (первинних перетворювачів, підсилювачів, виконавчих механізмів, індикаторів тощо). При цьому необхідно враховувати умови виробництва: необхідну точність вимірювання, продуктивність роботи, обсяг об'єктів виробництва, які підлягають контролю та вимірюванням тощо. При 100%-й перевірці деталей у потоковому виробництві час контролю не повинен перевищувати темп роботи потокової лінії. Для вибіркового контролю деталей при стабільних

технологічних процесах вимоги до продуктивності контрольного пристрою можуть бути дещо знижені.

Залежно від впливу на виробничий процес контрольно-вимірювальні пристрої поділяють на пасивні та активні.

Пасивні пристрої використовують здебільшого на кінцевих стадіях виготовлення виробів. Ці пристрої лише фіксують стан об'єкта.

Активні пристрої дозволяють отримувати сигнали для безпосереднього управління виробничим процесом за допомогою виконавчих механізмів верстатів. Вони здебільшого є невід'ємними частинами автоматичної системи виготовлення виробів.

За функціями, що виконуються, і виду одержуваної інформації пристрої ділять на контрольні і вимірювальні.

Контрольні пристрої за допомогою дискретних сигналів (світлових, звукових) видають інформацію про придатність або непридатність контрольованих виробів або величину відхилення контрольованих параметрів від заданих значень. Контрольні пристрої бувають як активними, так і пасивними.

Вимірювальні пристрої призначені для отримання інформації про фактичні значення параметрів виробів у заданих одиницях виміру (метри, радіани, градуси тощо). Здебільшого вони є пасивними пристроями.

За рівнем автоматизації роботи контрольно-вимірювальні пристрої поділяють на *ручні, автоматизовані та автоматичні*, а залежно від габаритів та мас контрольованих виробів вони бувають *стаціонарними* (встановлені на постійних робочих місцях для контролю невеликих за габаритами деталей) та *переносними* (для контролю габаритних деталей). Стаціонарні пристрої можуть бути встановлені на верстатах, як їх невід'ємна частина, або виконані як окремі агрегати або прилади. Залежно від кількості контрольованих і вимірюваних параметрів ці пристрої бувають *одно- або багатовимірними*.

На рисунку 5.1 наведено варіанти контрольованих параметрів деталі (найбільшу увагу приділено контролю точності взаємного розташування поверхонь).

При вимірі відхилень розташування доводиться мати справу з реальними плоскими або циліндричними поверхнями. Реальні - це такі поверхні, які не мають правильну геометричну форму, тобто в цих поверхнях є відхилення форми. Але при нормуванні відхилень розташування зазначено, що відхилення форми повинні виключатися. І це означає, що з вимірі відхилення розташування замість реальних поверхонь необхідно розглядати реальні поверхні тієї ж форми, які, наприклад, для циліндра, охоплюють реальну поверхню - так звану прилеглу поверхню, а для площин - прилеглу площину.

Наприклад, прилеглим циліндром для валу є циліндр правильної геометричної форми, найменші розміри якого охоплюють (обтискають) реальний циліндр, тобто циліндр, що не має правильної форми.

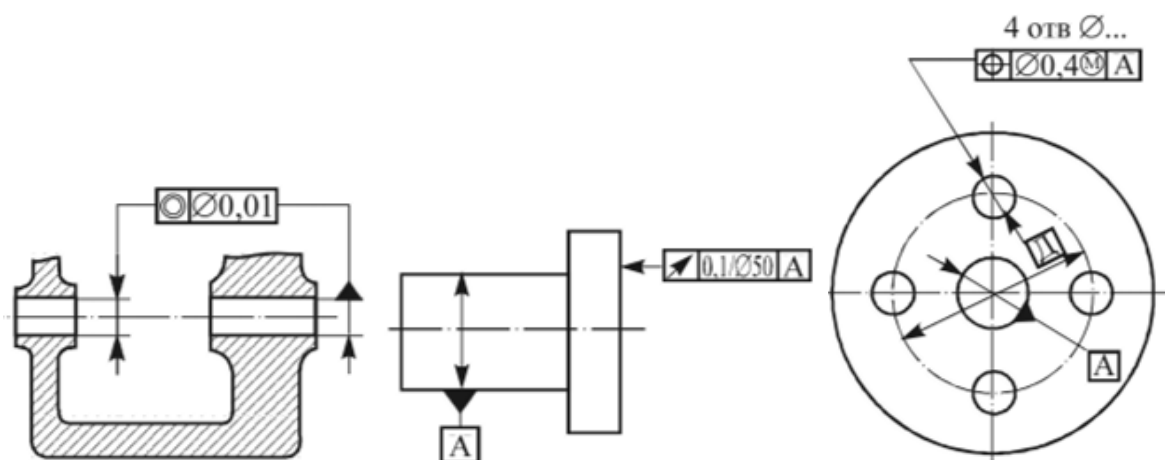


Рисунок 5.1 - Приклади нормованих відхилень форми та розташування поверхонь

У стандартах, що нормують відхилення розташування, передбачено можливість визначати положення середніх поверхонь замість прилеглих. Цим часто користуються особливо при координатних вимірах, при використанні ЕОМ для розрахунку значень розмірів і відхилень, оскільки положення середніх поверхонь простіше розрахувати, ніж прилеглих. Але треба пам'ятати, що прилегла і середня поверхні - не одне і те саме.

Для виміру відхилення розташування майже не випускаються універсальні засоби виміру. Тільки радіальне та торцеве биття можуть бути виміряні за допомогою універсальних вимірювальних засобів. Для цього використовують вимірювальні головки, закріплені в штативах, і центри, в яких встановлюють вимірювану деталь. Інші види відхилення розташування в сучасному виробництві вимірюють за допомогою спеціальних пристроїв, найчастіше створених не тільки в залежності від виду елемента, що вимірюється, але і від конкретної конфігурації вимірюваної деталі.

Деякі види відхилень розташування контролюються за допомогою калібрів. Це стосується відхилень від співвісності, симетричності, перетину осей, перпендикулярності та позиційних допусків, заданих залежними допусками. Для цього випадку контролю роблять лише прохідні калібри. Недолік контролю калібрами полягає в тому, що не виявляються числові значення відхилень і неясно, що треба виправляти, якщо деталь виявилася бракованою. І тут доводиться вимірювати всі елементи деталі. Перевагою

контролю калібром є те, що виявляється комплекс похибок і визначається можливість складання цієї деталі, т. е. перевіряється її збираємість.

В автоматизованому виробництві дуже часто у деталі вимірюють відхилення розташування безпосередньо на верстаті після закінчення обробки. Верстат у цей час працює у режимі вимірювання. Такий верстат повинен мати спеціальні контактні голівки. При цьому застосовуються координатні вимірювання, тобто вимірювання положення окремих точок, і розраховується розмір або параметр, що нормується. Вимірювання на верстаті більш зручне, оскільки якщо виявлено похибку, то причину можна буде усунути до обробки наступних деталей. І тут виявляється такий факт: як точність верстата позначиться на точності обробленої деталі. Якщо ж у верстаті є похибки систематичного характеру (наприклад, відхилення від прямолінійності напрямних), то ця похибка може і не виявитися, оскільки неточність переміщення буде однаковою як при обробці, так і при вимірі. Недоліком виміру на верстаті служить також і те, що під час виміру верстат не випускає ту продукцію, для якої він призначений.

В останні десятиліття набули розвитку універсальні засоби вимірювання, які найбільш ефективні для вимірювання відхилень розташування. Такими універсальними засобами виміру є координатно-вимірювальні машини (КВМ).

5.1. Основні схеми та елементи контрольних пристроїв.

Основні схеми та конструкції елементів контрольних-вимірювальних пристроїв вибирають залежно від форми та розмірів базових поверхонь виробів, що піддаються контролю, заданої точності контрольованих або вимірювальних параметрів, їх кількості, обсягів виробництва, рівня механізації та автоматизації виробничих процесів тощо.

Для правильного вибору існуючої схеми компонування контрольних-вимірювального пристрою або проєктування нового необхідно спочатку визначити:

- вид об'єкта контролю (заготовка, деталь, складальна одиниця);
- контрольовані параметри, їх номінальні значення та допуски;
- необхідність завдання конструктором на кресленні деталі або вузла цих параметрів та вимог до них, як вони впливають на працездатність виробу у процесі експлуатації;
- допустиму похибку виміру, у загальному випадку допустиму похибку виміру можна визначити за формулою:

$$[\varepsilon_{\text{вим}}] = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{5} \right) T_k$$

де $[\varepsilon_{\text{вим}}]$ - допустима похибка виміру; T_k - допуск на контрольований параметр.

- вимірювальні бази та спосіб забезпечення єдності конструкторських, технологічних та вимірювальних баз;

- тип виробництва, що визначає ступінь універсальності, механізації чи автоматизації контрольованого пристрою;

- технологічність об'єкта контролю (конструктивні особливості: конфігурація поверхонь, ушкоджуваність або деформованість при контролі, маса, габарити та транспортабельність, особливі вимоги до об'єкта контролю, особливі вимоги до робочого місця контролера тощо);

- існуючі перспективні методи та засоби контролю, можливість та доцільність їх застосування для заданого об'єкта.

При виконанні контролю та вимірювань на заготовку не виявляється силового впливу, як при різанні. Часто на контрольовано-вимірювальних пристроях вироби лише встановлюють на робочих місцях без закріплення, а утримуються силами тертя.

5.1.1. Основні конструктивні схеми контрольних пристроїв.

Схема контролю для КВП має аналогічне призначення, як і важлива схема для верстатного пристрою. На ній повинен бути зображений повний склад елементів КВП та зв'язок між ними, що дозволяє отримати повне уявлення про принципи його роботи.

Таким чином, схема контролю - це сукупність схеми встановлення контрольованого об'єкта та пов'язаних з його вимірювальними базами засобів контролю. У будь-якому випадку на схемі контролю мають бути показані:

- настановні елементи;
- затискні механізми та силові приводи (за наявності);
- передавальні елементи (важелі, пальці, осі);
- засоби вимірювання (індикатори),
- допоміжні, рухливі та нерухомі елементи.

Різні схеми контролю параметрів якості продукції широко представлені в технічній довідковій літературі, і завдання визначення схеми контролю найчастіше зводиться до обґрунтованого вибору того чи іншого варіанта схеми, який залежить від виду контрольованого параметра та конструкції об'єкта, що контролюється.

За відсутності у довідковій літературі схеми контролю під необхідний конкретний параметр або групу параметрів схема контролю розробляється шляхом доопрацювання типових схем під конкретні вимоги. Наприклад, більшість схем контролю, які наводяться в літературі, розроблені для вимірювання будь-якого параметра. Якщо потрібно проконтролювати кілька

параметрів, наприклад, биття по різних поверхнях, рекомендується застосування таких схем, для яких можлива реалізація комплексної перевірки декількох параметрів з використанням одного засобу вимірювання. Такі схеми одержують на основі комбінування кількох типових схем контролю.

З метою підвищення продуктивності роботи застосовують багатовимірні контрольно-вимірювальні пристрої, які дають можливість при одній установці виробу одночасно перевіряти кілька параметрів. Використання таких пристроїв особливо ефективно, коли є можливість поєднати настановні та вимірні базові поверхні для багатьох контрольованих розмірів. У деяких випадках вдаються до перерахунку розмірів виробів за допомогою розмірного ланцюга.

Слід пам'ятати, що дві поверхні, між якими на кресленні проставлений розмір, що перевіряється, утворюють дві вимірювальні бази. При виборі схем контрольного пристрою слід поєднувати настановну і одну з вимірювальних баз деталі, надаючи їм суворо фіксоване положення. Інша вимірювальна база повинна контактувати з вимірювальним елементом пристрою у встановленому місці. При невиконанні цих умов виникає похибка базування ε_6 і похибка положення вимірювального елемента $\varepsilon_{\text{вим}}$; ці похибки знижують точність вимірювання деталі, що перевіряється, і принципово небажані.

На рисунку 5.2,а показана схема контрольного пристрою для перевірки діаметра деталі 1 в призмі 2. Установча база (утворююча 5) не суміщена з вимірювальною базою (утворювальна 4). Тому виникає похибка базування, яка чисельно дорівнює половині допуску на діаметр деталей, що перевіряються, $\delta/2$.

Друга вимірювальна база (утворююча 5) займає при перевірці партії деталей різне положення по висоті щодо вимірювального елемента δ викликаючи похибку

$$\varepsilon_{\text{из}} = d - \frac{1}{2} \sqrt{d^2 - \frac{\delta^2}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}}$$

де d -найменший діаметр деталі; α – кут призми.

При контролі партії деталей межі виміру дорівнюють не допуску на діаметр, а величині

$$c = \delta - \varepsilon_6 + \varepsilon_{\text{из}} = \frac{\delta}{2} + \varepsilon_{\text{из}}.$$

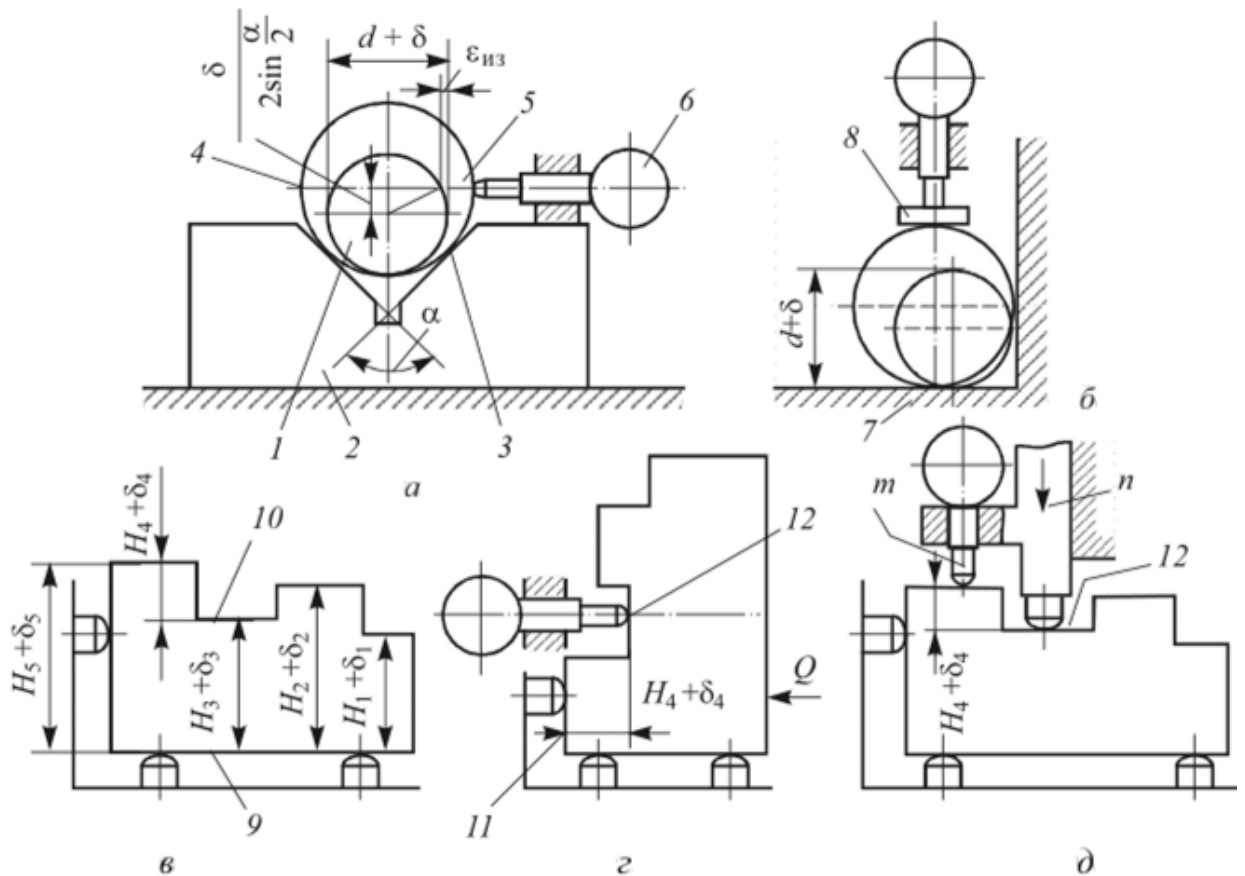


Рисунок 5.2 – Схеми вимірювань у контрольних пристроях

На рисунку 5.2,б показана інша схема контрольнього пристрою, при використанні якої ϵ_6 та ϵ_3 рівні нулю. Це досягається поєднанням настановної та вимірювальної баз (утворююча 7) і застосуванням наконечника 8 вимірювального елемента у формі диска.

Для підвищення продуктивності контролю використовують багатовимірні контрольні пристрої, що дозволяють одночасно перевіряти кілька розмірів за одну установку деталі. Використання таких пристроїв можливе, якщо одна поверхня деталі є настановною та вимірювальною базою для всіх розмірів, що перевіряються. Ці умови нерідко забезпечуються перерахуванням розмірів та допусків деталі. На рисунку 5.2,в показана схема пристрою для одночасної перевірки розмірів H , H_2 і H_3 . Поверхня 9 є настановною та загальною вимірювальною базою для цих розмірів. Для перевірки розміру H_4 поверхня 9 служить базою установки, а поверхня 10 - вимірювальною. Для усунення похибки базування можна запропонувати три варіанти розв'язання.

- Замість розміру H_4 вводиться перевірка розміру H_5 . Приймаючи H_4 за замикаючу ланку розмірного ланцюга, отримаємо $\delta_4 = \delta_3 + \delta_5$, звідки $\delta_5 = \delta_4 - \delta_3$ при $\delta_3 > \delta_4$ і неможливості зменшити δ_3 розмір δ_5 перевіряється в іншому пристрої.

- за вимірювальну та настановну базу приймається поверхня *11* (рис.5.4,з), а вимірювальний елемент *m* підводиться до поверхні *12*. Деталь притискається до бічної опори силою *Q*.

- використовується перший пристрій, в якому попередньо налаштований вимірювальний елемент *m* підводиться повзуном *n* до упору поверхню *12* (рис.5.2,д).

Конструкційне пристрої переважно мають установочні, закріплювальні, фіксуючі, контрольні або вимірювальні та допоміжні елементи, які змонтовані на загальному корпусі.

5.1.2 Настановні елементи контрольних пристроїв.

Базують контрольовані вироби за допомогою настановних елементів. Як і для пристроїв обробних верстатів, для установки виробів використовують опори зі сферичними та плоскими робочими поверхнями, опорні пластинки, а також спеціальні елементи в залежності від форми та розмірів контрольованих виробів. Для забезпечення зносостійкості їх виготовляють із високоякісних сталей, а робочі поверхні загартовують до твердості HRC 55...60.

Для встановлення виробів з базовими циліндричними поверхнями можуть використовуватися призми, як звичайні, так і спеціальні з роликами або з переставними валиками (рис.5.3).

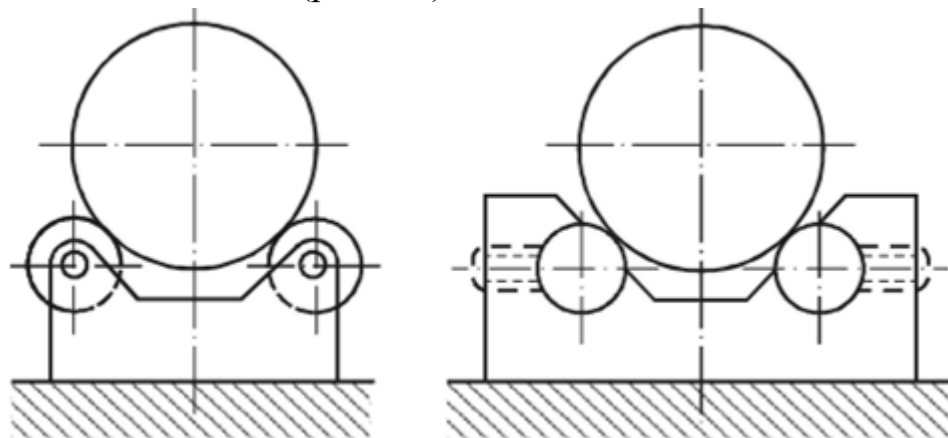


Рисунок 5.3 – Призми з роликами та переставними валиками

Тіла обертання встановлюють за допомогою центрових отворів або внутрішніх циліндричних поверхонь. Одним із простих та поширених способів встановлення виробів з циліндричними отворами є схема з використанням циліндричних оправок або пальців. Для зменшення проміжку між базовим отвором та оправкою поверхню оправки роблять конічною (з конусністю від 1:1000 до 1:10000) або в конструкціях оправок передбачають можливість їх розтискання (збільшення розмірів). Недоліком цього є те, що на конічних поверхнях контрольований виріб не має точної орієнтації по

довжині. Як розтискні елементи використовують кульки, планки та розрізні втулки. Приклад оправки з розтискними кульками зображено на рисунку 5.4.

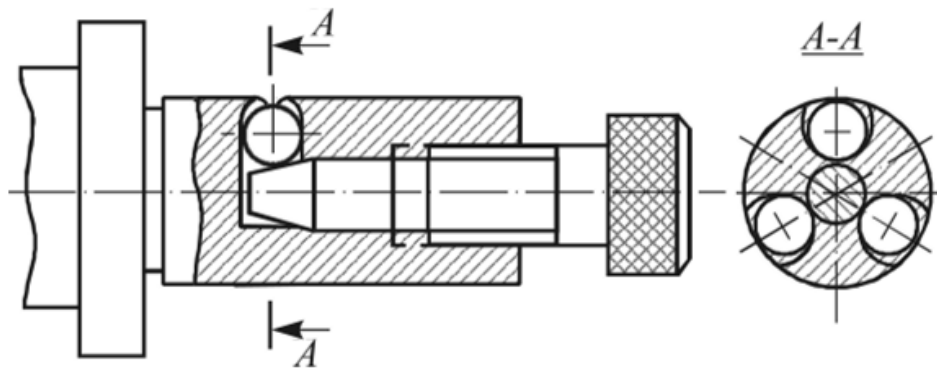


Рисунок 5.4 – Оправка з розтискними кульками

Для точного центрування виробів за допомогою внутрішніх циліндричних базових поверхонь застосовують також спеціальні розтискні втулки з гідропластом, гофровані втулки, мембранні механізми тощо. Іноді з цією метою використовують не одну, а цілий набір циліндричних оправок, в якому кожна оправка має інший розмір діаметра, а всі разом забезпечують установку виробів із заданим діапазоном розмірів базової поверхні.

5.1.3. Механізми та елементи закріплення деталей.

Механізми та елементи для закріплення виробів у контрольно-вимірювальних пристроях повинні забезпечувати надійний контакт базових поверхонь виробу з опорами пристрою.

Затискні елементи у контрольних пристроях попереджають зміщення встановленої для перевірки деталі щодо вимірювального пристрою та забезпечують контакт настановних баз деталі з опорами пристрою. Для попередження деформацій виробів, що перевіряються, сили закріплення повинні бути невеликими, а їх величина стабільна. Необхідність у затискних пристроях відпадає, якщо деталь під дією власної ваги займає цілком стійке положення на опорах пристрою та сили від вимірювального пристрою не порушують цю стійкість. Для підвищення продуктивності контролю затискний пристрій виконують швидкодіючим та зручним для обслуговування.

Зазвичай у контрольних пристроях застосовують ручні затискні елементи (важільні, пружинні, гвинтові, ексцентрикові), а також пристрої з приводом (пневмозатискачі), в яких стиснене повітря використовується для приводу допоміжних механізмів пристрою (підйом, поворот або виштовхування деталі).

Необхідною вимогою до затискних пристроїв є швидкість керування

затиском, що зменшує допоміжний час контрольної операції. Тому при проектуванні контрольного пристрою рекомендується користуватися переважно швидкодіючими важелевими, ексцентриковими і байонетними затискачами, а при необхідності механізації пристрою - пневматичними.

Місце застосування сили закріплення вибирають так, щоб виключити деформації деталі та елементів контрольного пристрою. Вплив затискного пристрою на показання вимірювального приладу не повинен перевищувати 5% величини контрольованого параметра деталі. При стабільній величині сили закріплення ця похибка виміру виходить постійною, і її можна врахувати в процесі налаштування вимірювального пристрою еталонної деталі.

5.1.4. Вимірювальні пристрої.

Вибір засобу виміру насамперед залежить від заданої точності контрольованого параметра деталі, тобто від допуску на цей параметр. Будь-який вид вимірювальних засобів створює відповідну похибку виміру, і чим менше похибка виміру, тим більша частина допуску залишається на обробку контрольованого параметра, отже, спрощується процес обробки деталі. Однак застосування високоточних засобів вимірювання при порівняно великих допусках на обробку недоцільно, оскільки це збільшує вартість засобів вимірювання. Тому для кожного квалітету точності контрольованого параметра мають бути обрані оптимальні засоби контролю з певною допустимою похибкою вимірювання.

При виборі засобів вимірювання перевагу віддають найбільш простим і дешевим засобам, до яких відносяться різні стандартизовані калібри (скоби, пробки, шаблони) та універсальні інструменти вимірювання (штангенциркулі, мікрометри, нутроміри, глибиноміри та ін.). Однак часто ці засоби не повністю задовольняють задані метрологічні вимоги або необхідні економічні показники. Особливо це проявляється у двох випадках: при необхідності здійснювати контроль з високою точністю та достовірністю, і при необхідності здійснювати контроль у важкодоступних місцях деталі, де прямі вимірювання неможливі, а непрямі призводять до збільшення похибки вимірювання та зниження достовірності контролю. Крім того, у ряді випадків застосування універсальних засобів вимірювання не уможлиблює, наприклад, при контролі биття, форми поверхонь або їх взаємного розташування, особливо для деталей складної конфігурації. Часто вони не можуть проконтролювати кутові або лінійні розміри. У всіх цих випадках рекомендують застосовувати КВП та відповідні засоби вимірювання.

Вимірювальні елементи контрольних пристроїв поділяються на граничні (безшкільні) та відлікові (шкальні). Окрему групу представляють контрольо-

вимірювальні пристрої, що працюють за принципом калібрів. Вони дають можливість сортувати контрольовані вироби за їх параметрами на придатні, непридатні, що підлягають виправленню, та непридатні. Такі пристрої іноді застосовують для сортування виробів на кілька груп для забезпечення селективного складання виробів.

У таких контрольних пристроях, як первинні, використовують механічні (калібри, шаблони, щупи тощо), електричні (контактні, резисторні, індуктивні, індукційні, ємнісні, п'єзоелектричні тощо), оптичні, пневматичні та комбіновані перетворювачі. Індикаторами для вимірювальних пристроїв здебільшого є вимірювальні аналогові і дискретні головки різних конструкцій.

Як найпростіші пристрої застосовують вбудовані в контрольні пристрої, жорстко закріплені або висувні граничні елементи (скоби, пробки, щупи). Приклад такого пристрою показаний на рисунку 5.5.

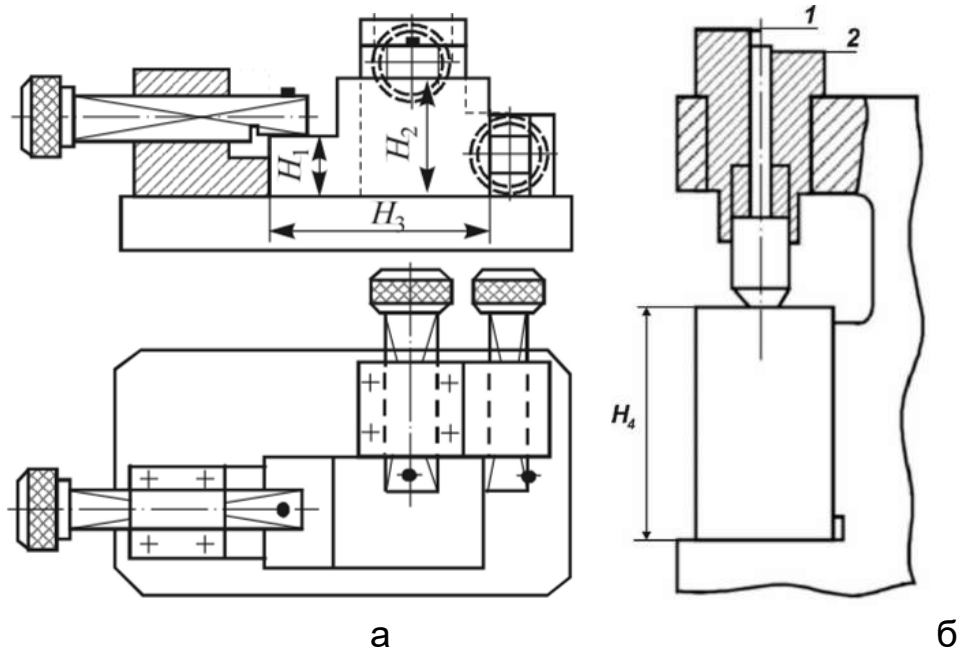


Рисунок 5.5 - Приклад пристроїв з граничними висувними елементами

Пристрої з трьома висувними елементами (рис.5.5,а) дають можливість одночасно контролювати декілька розмірів (H_1 , H_2 і H_3) за допомогою висувних пальців із прямокутним профілем, на яких є по дві поверхні відповідно для найбільшого та найменшого значень контрольованого розміру (аналогія з граничними калібрами). Такі пристрої забезпечують контроль виробів із розмірами до восьмого квалітету точності. Пристрій з одним висувним елементом (рис.5.5,б) дозволяє виконати контроль розміру H_4 по переміщенням штанги в межах допустимого значення. Якщо положення верхнього торця висувного елемента знаходиться в зоні між лініями 1 і 2, то

деталь придатна, якщо вище лінії 1 виправний брак, якщо нижче лінії 2 невивправний брак.

За наявності жорстко встановлених скоб деталь, що перевіряється, послідовно пересувається по плиті пристрою до окремих вимірювачів. Якщо деталь у процесі перевірки повинна залишатися нерухомою, застосовують висувні граничні елементи. Ці пристрої використовують при порівняно грубих допусках на розмір, що перевіряється - для жорстких елементів не вище 8-9-го квалітетів, а для висувних - не вище 11-го.

Первинними перетворювачами для контрольних пристроїв можуть бути індикаторні (з дискретною шкалою), так і перетворювачі без шкали, які призначені для перетворення значень лінійних переміщень в електричний, візуальний (світловий, аналоговий або цифровий) сигнали, які можуть сприйматися виконавчими органами пристроїв або людиною.

Допоміжними механізмами, які застосовують у контрольно-вимірювальних пристроях, можуть бути механізми, що обертаються (наприклад, у пристроях для контролю радіального і осевого биття поверхонь або контролю правильності форми і взаємного розміщення ступінчастих циліндричних поверхонь і колінчастих валів), механізми для лінійного переміщення (у пристроях для контролю прямолінійності або паралельності поверхонь), комбіновані (універсальні) механізми з лінійним та обертальними переміщеннями тощо.

Широкого поширення набули електроконтактні датчики; їх застосовують у контрольних пристроях та контрольно-сортувальних автоматах (рис.5.6).

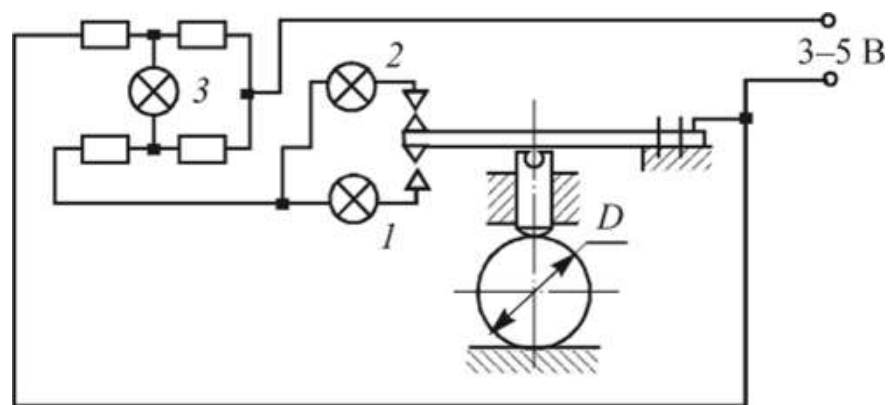


Рисунок 5.6 - Схема роботи електроконтактного датчика

Якщо розмір D , що перевіряється, знаходиться в полі допуску, то лампи 1 і 2 не спалахують. Якщо розмір D менший за мінімально допустимий, замикаються нижні контакти і загоряється лампа 1. При великому максимально допустимому розмірі загоряється лампа 2. Лампа 3 загоряється при розмиканні обох контактів, тобто коли деталі придатні. Опір цієї місткової

схеми підібрані так, що при замиканні одного з контактів лампа з гасне. Таким чином, на будь-якій стадії роботи пристрою горить одна з трьох ламп. Несправність схеми та перегорання ламп виявляється за відсутністю світла. Електроконтактні датчики зручні для багатовимірних контрольних пристроїв світлофорного типу. Вони гарантують значне підвищення продуктивності та полегшують роботу контролерів.

Електроконтактні датчики забезпечують точність вимірювання 1мкм (6 квалітет) або ± 3 мкм (7 квалітет); така точність зберігається до 25000 вимірів без регулювання датчиків. Межа виміру 1 мм, а сила виміру 1...2 Н. На виробництві, яке не вимагає високої точності вимірювань, практично не застосовують ємнісні, індуктивні та фотоелектричні датчики. Пристрої з відліковими механізмами застосовують при звичайному та статистичному контролі. Вони потрібні також для перевірки налаштування верстатів на розмір.

Залежно від конструкції перетворюючого механізму вимірювальні головки ділять на зубчасті, важільні, важільно-зубчасті, важільно-пружинні, пружинні та пружинно-оптичні. У машинобудуванні найбільше широко застосовуються зубчасті і важільно-зубчасті вимірювальні головки, перші називають індикаторами годинного типу, а другі - важільно-зубчастими індикаторами. Індикатори годинного типу мають ціну розподілу 0,01 мм і випускаються з діапазоном виміру $0 \div 5$ та $0 \div 10$ мм. Малогабаритні індикатори мають звужені межі вимірювання $0 \div 2$ або $0 \div 3$ мм. Сила притискання вимірювального наконечника на початку та наприкінці ходу $0,8 \div 2$ Н.

По точності виконання індикатори випускаються 0-го, 1-го та 2-го класів точності з похибкою показань відповідно 0,01, 0,015 та 0,02 мм за один оберт стрілки. Індикатори кріплять за ніжку або за вушко на задній кришці (рис.5.7,*a*). При ціні розподілу 0,01 мм індикатори годинного типу використовують для перевірки деталей із допусками від 0,03 мм і більше. При менших допусках ці індикатори повинні застосовуватися з важільною передачею, що збільшує хід щупу. Для більш точних вимірювань застосовують індикатори з ціною розподілу 2 мкм (мікроіндикатори) та мініметри (ціна розподілу до 1 мкм). Останнім часом як індикатори все частіше використовують електронні цифрові індикатори (рис.5.7,*б*) різних компаній (MICRON, SYLVAC). Характеристики таких індикаторів відповідають характеристикам мініметрів (ціна поділу до 1 мкм під час ходу щупу 25мм).



а б

Рисунок 5.7 – Індикатори: а –годинного типу на стандартній магнітній стійці; б – електронний цифровий

5.2. Механізми передачі.

Окреме місце займають *механізми передачі руху* від контрольних щупів до первинних перетворювачів сигналів або індикаторів, які можуть бути прямої дії або з використанням важеля (рис.5.8).

Прямі передавальні пристрої рекомендується застосовувати в тих випадках, коли поверхня деталі, що контактує з вимірювальним наконечником, переміщається щодо індикатора (наприклад, при перевірці биття), причому проміжний стрижень, у разі зносу, може бути легко замінений новим. У механізмі (рис.5.8,а) передавальний щуп дає можливість виносити первинний перетворювач переміщень у зручне та безпечне для нього місце. Граничні упори переміщень передавального щупа запобігають можливим поломкам перетворювачів.

Важільні передачі застосовуються для кутової зміни напряму переданих вимірних величин (рис.5.8,б,в), передачі їх у напрямі, паралельному вихідному, але з тим, що не є з ним на однієї прямої, й у перетворення (збільшення чи зменшення) величини, що передається (рис.5.8,в,г). Їх монтують на циліндричних, конічних та кулькових цапфах. Перевагою такої конструкції є можливість регулювання зазорів, що виникають у процесі зношування.

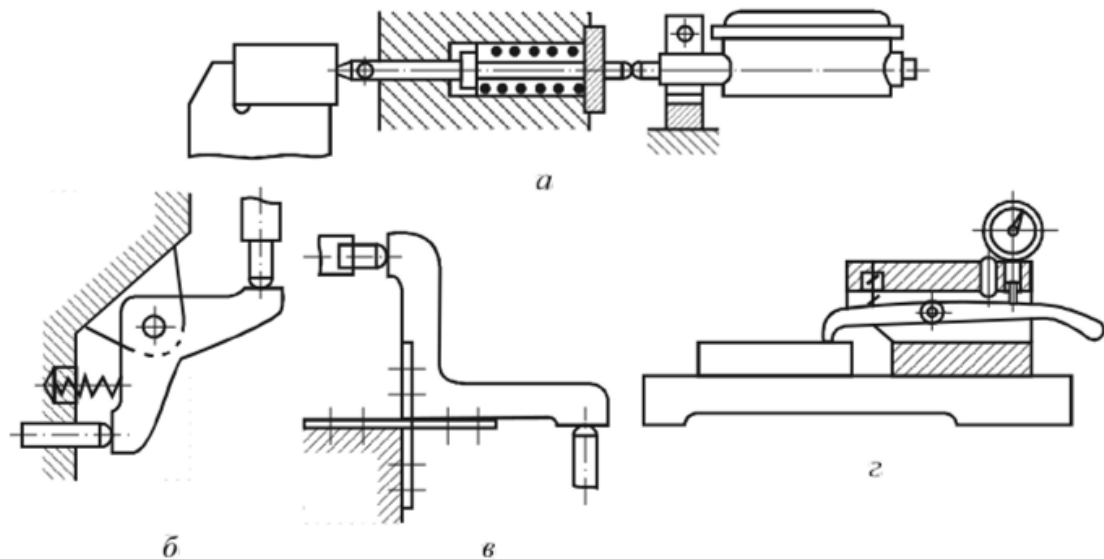


Рисунок 5.8 – Механізми передачі рухів

Для отримання передач без зазору замість рухомого циліндричного з'єднання часто використовують установку важелів механізмів за допомогою плоских пружин (рис.5.8,в). Щоб робочий щуп пристрою не заважав встановленню та зняттю виробів, застосовують спеціальний важільний механізм (рис.5.8,г), що дає можливість виносити його за межі зони переміщення виробів.

Для встановлення та зняття контрольованих виробів, які мають великі розміри та маси, застосовують різні транспортно-орієнтуючі та виштовхувальні механізми.

Корпуси контрольно-вимірювальних пристроїв виготовляють здебільшого з чавуну, а останнім часом все частіше з алюмінієвих сплавів литтям. Корпус контрольного пристрою є його базовою деталлю. Корпуси стаціонарних пристроїв виконують у вигляді масивної і жорсткої плити або корпусної деталі, в якій розташовані основні та допоміжні деталі пристрою. Корпуси виготовляються із сірого чавуну СЧ12 або СЧ15. Корпуси пристроїв для точних вимірювань необхідно піддавати старінню або відливати з чавуну, стійкого до викривлення (СЧ25 або СЧ30).

5.3. Типові схеми контрольних пристроїв для вимірювань відхилень розташування поверхонь.

Вибір схеми та конструкції контрольно-вимірювальних пристроїв залежить від форми та розмірів контрольованих виробів, кількості одночасно контрольованих параметрів, способів базування та встановлення виробів у пристроях, потрібної точності, рівня механізації або автоматизації роботи тощо. Проектування зазвичай виконується за тими самими правилами, що й

для оснастки верстатів. Однак, при цьому немає необхідності створювати значні зусилля при затиску, і потрібно значно менше місця для доступу робочих щупів до контрольованих поверхонь.

Відхилення розташування (відхилення від паралельності, перпендикулярності, нахилу тощо) визначають виходячи з розташування прилеглих прямих або площин. Як останні використовують площини перевірочних плит, на яких встановлюються деталі, і площини перевірочних лінійок, косинців і спеціальних оправок, що встановлюються на деталях.

За величину відхилення від паралельності приймають різницю показань вимірювальної головки 2 (рис.5.9,*а,б*), що встановлюється в різних точках або самої досліджуваної поверхні, або накладеної на поверхню вимірювальної лінійки 1.

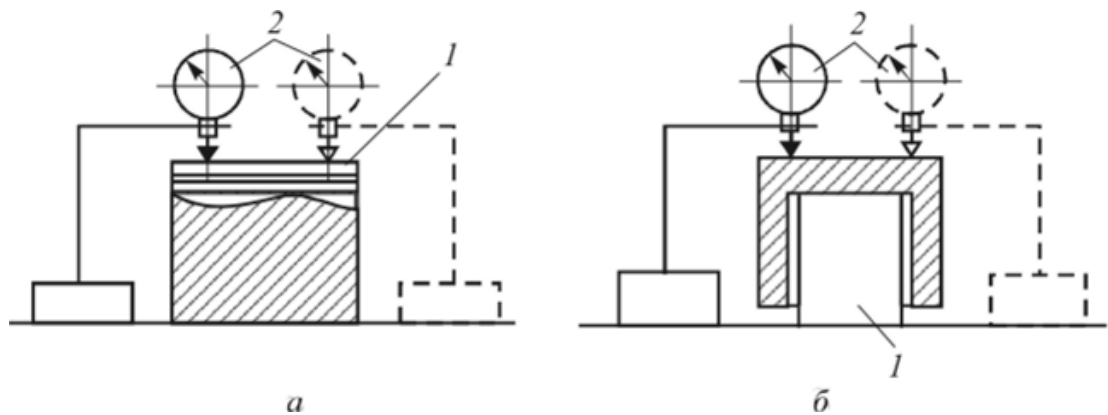


Рисунок 5.9. Схеми контролю відхилення від паралельності площин

При вимірі відхилень від паралельності чи перекосу осей валів слід пам'ятати, що сама вісь нематеріальна. Тому вимірювання проводять щодо утворюючої реальної поверхні самої деталі – валу (рис.5.10). При перевірці відхилення виконавчої поверхні валу щодо підшипникових шийок вал встановлюють цими шийками на призми, а індикатором визначають ступінь відхилення при повороті валу на повний оборот (рис.5.10,*а*). Оскільки вісь центрових отворів валу є основною технологічною базою при обробці, часто при контролі застосовують установку валу на центрові отвори (рис.5.10,*б*). Вимірюючи індикаторами 1-3 окремі відхилення поверхні шийок від осі, можна визначити відхилення від співвісності як базових шийок (індикатори 1, 3), так і відхилення виконавчої поверхні (індикатор 2) від співвісності з базовими шийками. При контролі великогабаритних деталей іноді застосовують установку вимірювального приладу безпосередньо на поверхню базової шийки, щодо якої вимірюється відхилення від співвісності робочої шийки (рис.5.10,*в*).

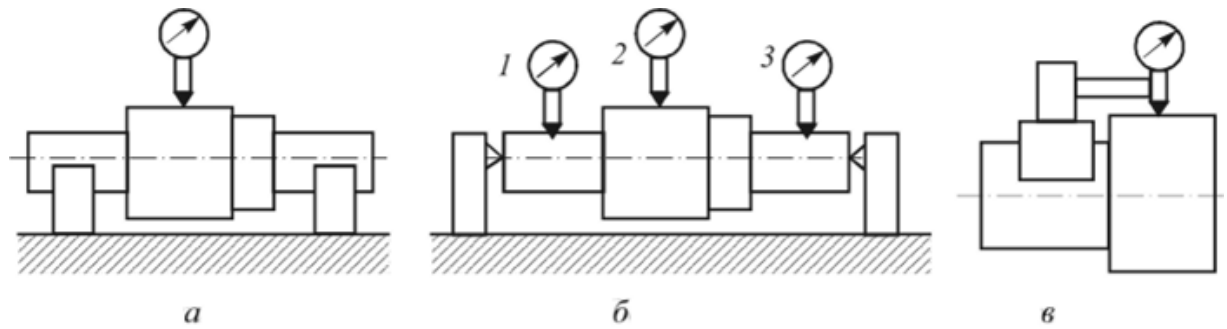


Рисунок 5.10. Схеми контролю відхилення від співвісності поверхонь шийок валів

При виготовленні деталей типу втулок потрібно забезпечити точне співвісне розташування зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь. Контроль відхилення від співвісності цих поверхонь виконують найчастіше за схемою із встановленням втулки на контрольну оправку, за допомогою якої матеріалізується вісь базового отвору (рис.5.11).

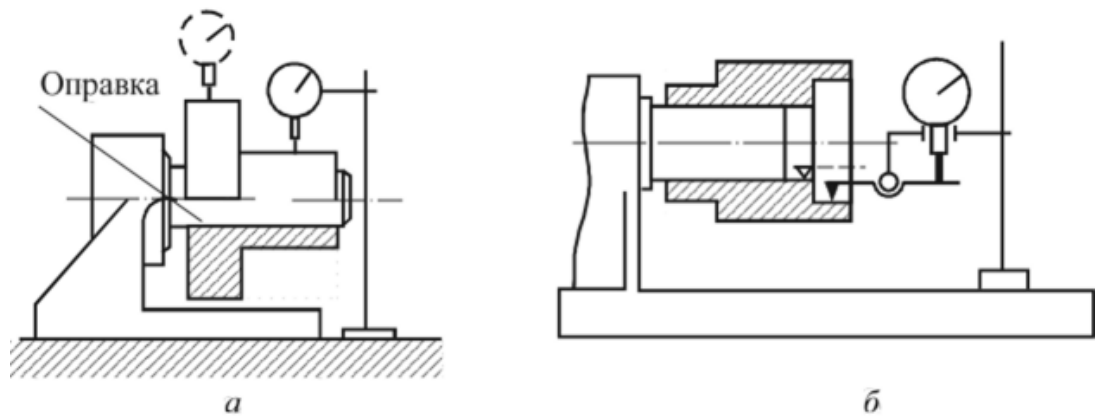


Рисунок 5.11 - Схема контролю відхилення від співвісності поверхонь втулки

Розташовуючи індикатор зі стоячком поруч із інструментальною плитою, можна зафіксувати ступінь неспіввісності зовнішніх (рис.5.11,*а*) та внутрішніх поверхонь (рис.5.11,*б*) щодо базового отвору. Посадка втулки на оправки повинна допускати її легке обертання, але за мінімального зазору в посадці.

При виготовленні деталей типу диск також потрібно забезпечити співвісне розташування зовнішніх та внутрішніх поверхонь деталі. Однак у цих деталей довжина отвору істотно менша за його діаметр і не може забезпечити надійного базування. Основною технологічною базою таких деталей є торець (три ступеня свободи), а отвір грає роль напрямної бази, що позбавляє деталь двох ступенів свободи. При контролі деталь типу диск *1* повинна укладатися торцем на точну поверхню пристрою і центруватися по внутрішньому діаметру на оправці *2* (рис.5.12). Відхилення від співвісності передається важелем *3* індикатору *4*, встановленому на стійці *5*. Розмір

відхилення від співвісності дорівнює половині різниці відліку за шкалою індикатора.

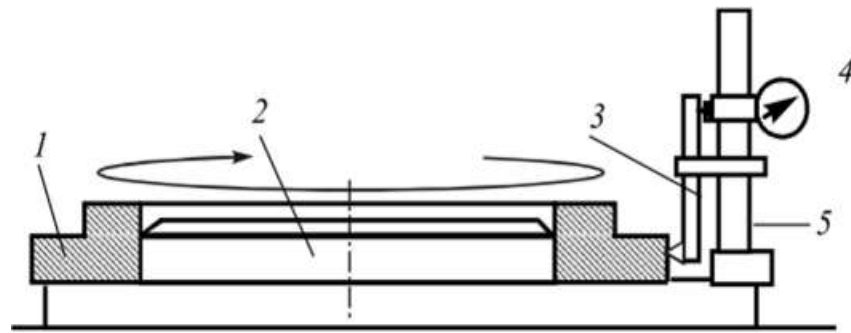


Рисунок 5.12 - Схема контролю відхилення від співвісності поверхонь диска

При виготовленні корпусних деталей виникають проблеми з визначенням точності розташування численних отворів та площин. Оскільки осі отворів нематеріальні, їхнє положення матеріалізують вставкою в отвори точно пригнаних оправок або втулок (рис.5.13). Так, для контролю відхилення від співвісності двох отворів, розташованих на одній теоретичній осі, застосовують контрольні втулки і валик (рис.5.13,а), або контрольний валик і оправки з індикатором (рис.5.13,б). Встановивши корпус на інструментальну плиту і вставивши контрольовані отвори оправки (рис.5.13,в,г), ми можемо визначити ступінь відхилення осей отворів від паралельності підставі, від паралельності один одному.

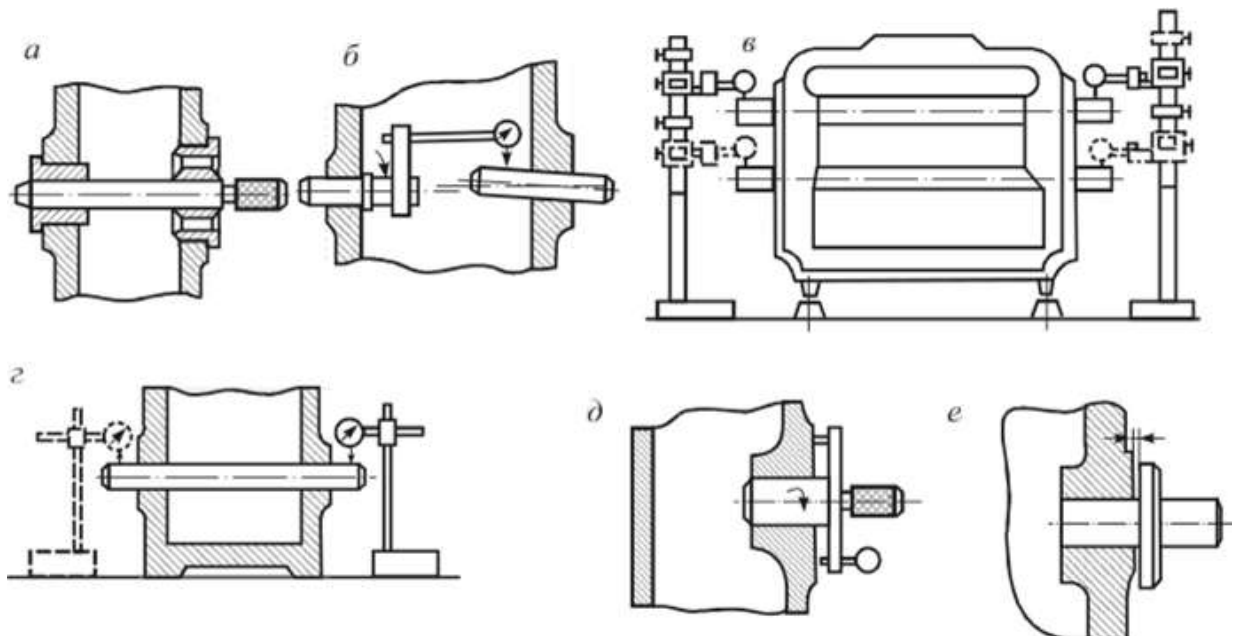


Рисунок 5.13 - Схеми контролю розташування поверхонь корпусної деталі

Для контролю відхилення від перпендикулярності торця базового отвору щодо осі використовують пристрій, який своїм стрижнем входить з

мінімальним зазором в основний отвір корпусу, а фланцем з трьома опорами базується на торці (рис.5.13,д). Обертаючи пристрій за рифлену ручку, по різниці показань індикатора судять про ступінь відхилення площини торця від перпендикулярності осі отвору. Цю ж похибку можна виміряти за допомогою щупа та спеціальної оправки (рис.5.13,е).

Основним недоліком таких комплексних пристроїв з контролю взаємного лінійного та просторового розташування поверхонь складних корпусних деталей у тому, що вони досить дорогі (чим вище точність вимірювань, тим дорожчий комплект), призначені для використання з однією конкретною деталлю та не забезпечують високу точність контрольних вимірювань у порівнянні із сучасними координатно-вимірювальними машинами.

5.3. Приклади застосування контрольно-вимірювальних пристроїв.

Схема пристрою вимірювання відхилень форми циліндричної поверхні з допомогою призми зображено на рисунку 5.14. Кут напряму переміщення осі робочого щупа (рис.5.14,а) визначають за умови отримання найменшої похибки вимірювання діаметра циліндричної поверхні. Перевірка відхилень форми циліндричної поверхні, як різницю її найбільшого та найменшого розмірів, визначають за допомогою розмірів a та b (рис.5.14,б). Відхилення конусності поверхні визначають за показанням індикатора двох різних поперечних перерізах деталі.

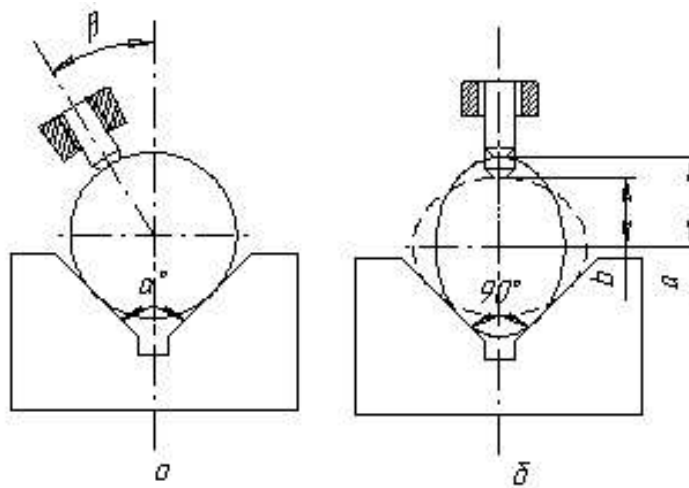


Рисунок 5.14 – Вимірювання за допомогою призми

Пристрої з пневмоперетворювачами виготовляють двох типів – з манометрами та повітряними витратометрами (ротаметрами). Схема пристрою з пневматичним перетворювачем низького тиску зображено на рисунку 5.15,а. Стиснене повітря подають у вертикальну трубку 8, занурену в посудину 7, заповнений водою, на глибину H . Посудина 7, з'єднана з вертикальною трубкою 6.

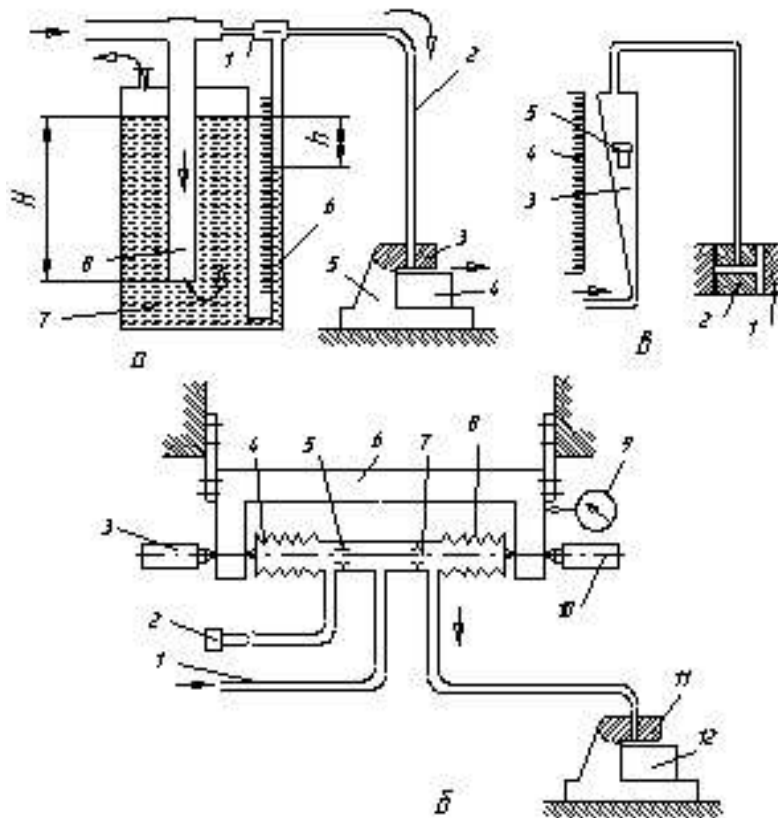


Рисунок 5.15 – Вимірювальні пристрої з пневматичними перетворювачами

Через каліброване сопло повітря 1 надходить у трубку 2, і далі до вимірювального механізму 5. Якщо проміжок між поверхнею контрольованого виробу 4 і вимірювальним наконечником 3 малий, то стовп води в трубці 6, обумовлений незначним виходом повітря через цей проміжок, опускається. Шкалу градуують у мікрометрах або у відсотках допуску контрольованого розміру. Такі пристрої забезпечують високу точність вимірювання (або контролю) розмірів, але мають низьку продуктивність, що пояснюється інерційністю водної системи.

Схема диференційованого пристрою з пневматичним перетворювачем високого тиску зображено на рисунку 5.15,б. Повітря подають у пристрій за допомогою механічних стабілізаторів тиску та сифонів 4 і 8 через сопла 5 і 7. З сифона 8 повітря надходить до вимірювального механізму 12, а з сифона 4 - до регулювального клапана 2. Тиск у сифоні 8 залежить від контрольованого розміру виробу 12, оскільки їм задається величина проміжку між соплом і поверхнею виробу, а величина проміжку визначає кількість випущеного повітря з сифона 8. Постійний тиск у сифоні 4, що встановлюється за допомогою клапана 2. Деформування сифонів зумовлює відповідне переміщення підвішеної на плоских пружинах планки 6, об'єднаної

з індикатором 9 або з електроконтактними перетворювачами 3 та 10.

У схемі пристрою з пневматичним ротаметром (рис.5.15,в) очищене стиснене повітря подають у вертикальну конічну трубку 3, в якій знаходиться легкий поплавець 5. На прозорій трубці або біля неї розміщена шкала 4. Положення поплавця визначається швидкістю повітря в трубці. Чим більший проміжок між контрольованим виробом 1 і калібром 2 вимірювального механізму, тим більша швидкість повітря, отже, і висота підняття поплавця в трубці 3.

Описані пневматичні пристрої мають високу точність, швидкодію та прості у користуванні. Вони придатні для вимірювання та контролю точності розмірів, відхилень форми та взаємного розміщення поверхонь виробів, легко піддаються автоматизації, можуть бути одно- та багатовимірними.

Схеми пневматичних механізмів контролю або вимірювання різних поверхонь виробів зображені на рисунку 5.16.

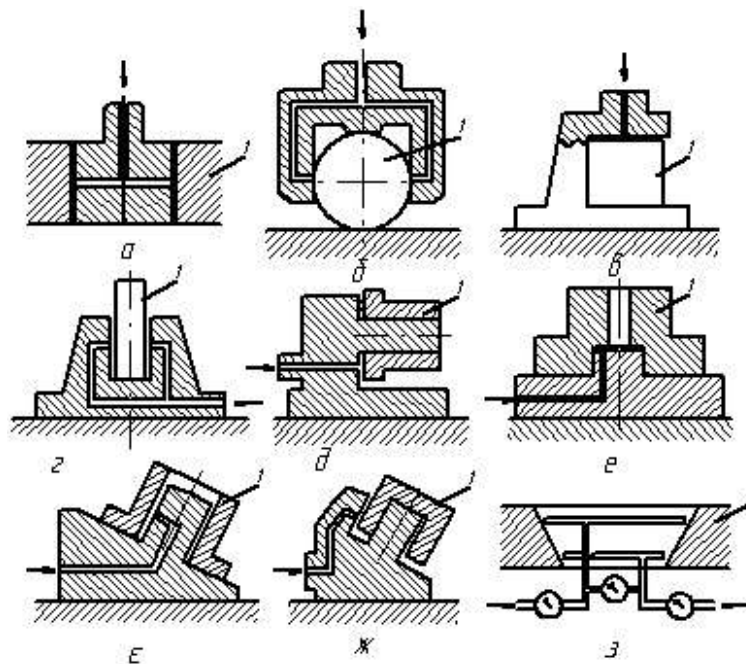


Рисунок 5.16 – Схеми пневматичних контрольних пристроїв

Для контролю відхилення від співвісності поверхонь обертання деталей типу валів або втулок широко застосовують універсальний пристрій з центрами (рис.5.17).

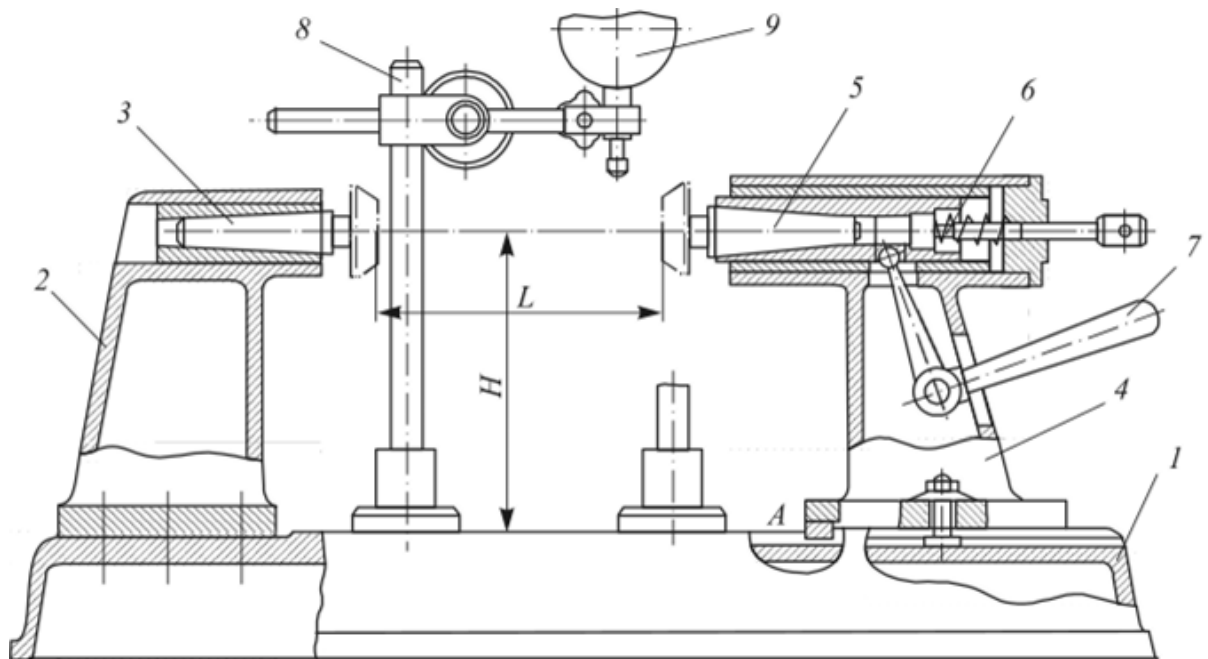


Рисунок 5.17 - Універсальний пристрій з центрами для перевірки відхилення від співвісності циліндричних поверхонь тіл обертання

На підставі 1 нерухомо крентиться бабка 2 зі змінним центром 3. Бабка 4 з центром 5 може переміщатися напрямними А на необхідну відстань L , яка відповідає довжині контрольованої деталі або оправки. Контрольована деталь підтискається до задньої бабки пружиною 6, яка стискається рукояткою 7 при встановленні деталі. На базовій поверхні пристрою розміщуються стояки 8 з індикаторами 9, що фіксують ступінь відхилення від співвісності у вигляді подвійного ексцентриситету. Деталь під час контролю обертається рукою.

Дрібні деталі типу валиків, осей часто контролюють із встановленням базової поверхнею на призми. На рисунку 5.18 показано такий пристрій. Контрольована деталь укладається на призми 3 закріплені на плиті 2 з ніжками. Фіксоване положення деталі забезпечується притиском у вигляді важеля 9 з роликком 8, закріпленим на кронштейні 1. Вимірювання відхилень здійснюється індикатором 7, встановленим на кронштейні 4 і закріпленими гайкою 5 і гвинтом з баранцем 6. Вісь індикатора 7 направляється перпендикулярно до площини призми, щоб уникнути впливу на показання індикатора похибок форми базових шийок.

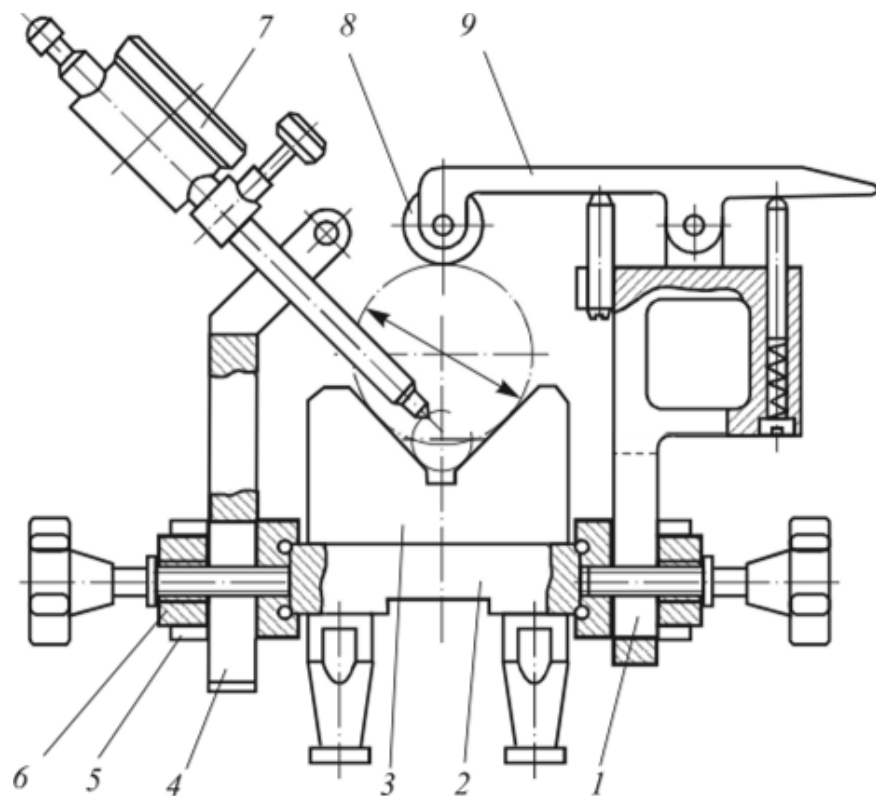


Рисунок 5.18 - Пристрій для контролю дрібних деталей

Пристрій індикаторного пристрою для перевірки співвісності двох отворів деталі типу втулка дано на рисунку 5.19. Контрольовану деталь 1 надягають на пустотілий консольний палець 2 і в процесі перевірки повертають рукою на один оборот. При ексцентриситеті малого отвору вимірювальний наконечник 3 передає рух через важіль 4 і шток 5 на індикатор 6. На його шкалі відзначається подвоєна величина ексцентриситету (за умови рівності плечей важеля 4).

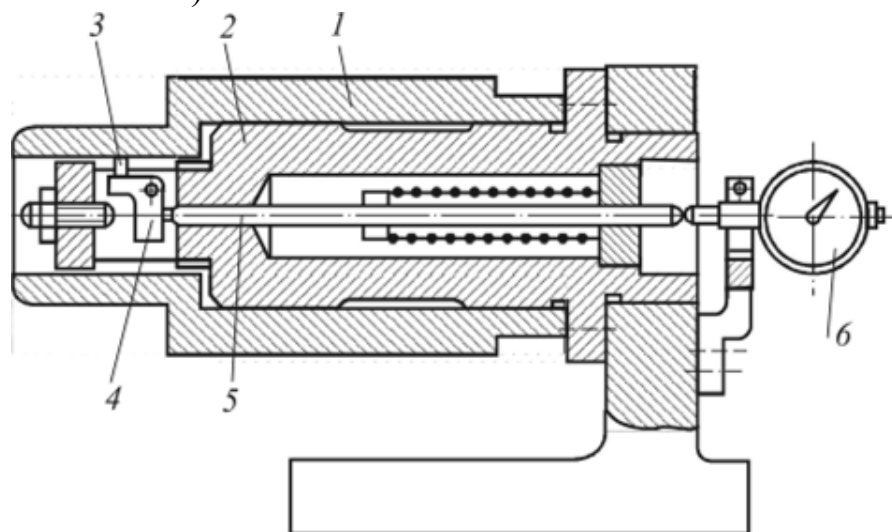


Рисунок 5.19 - Пристрій для контролю співвісності внутрішніх отворів втулки

Інший пристрій для контролю співвісності отворів в корпусній деталі показано на рисунку 5.20. Основу пристрою становить корпус *1* у вигляді втулки, яка розтискається гідропластом *3* під дією гвинта *2*. Цим забезпечується точне центрування пристрою в базовому отворі і його нерухомість при вимірюванні. Обертанням за рифлену рукоятку *4* обкатують індикатор по поверхні контрольованого отвору. Різниця показань індикатора дає подвоєну величину відхилення від співвісності базового та контрольованого отвору.

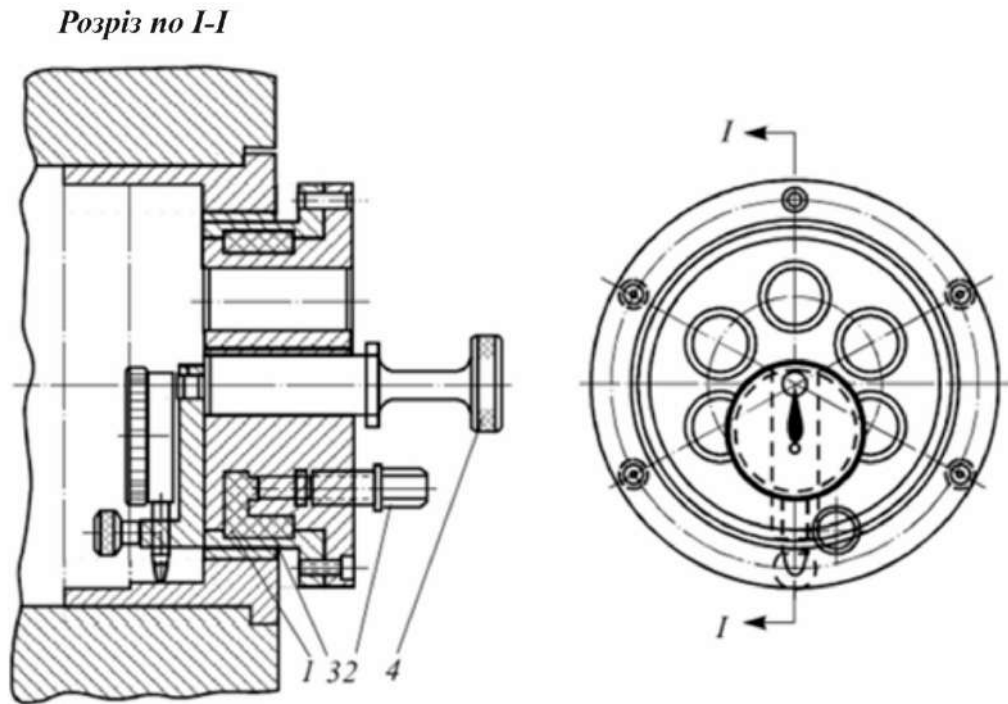


Рисунок 5.20 - Пристрій для контролю неспіввісності концентричних отворів

Найбільш складним об'єктом контролю є корпусні деталі. Як правило, вони мають кілька основних отворів, взаємне розташування яких між собою та від базової площини необхідно точно дотриматися. У найпростішому випадку такого контролю застосовуються універсальні засоби (рис.5.21). Для матеріалізації осей отворів, що перевіряються, виготовляють контрольні валики *1* і *3*, точно пригнані по діаметру отворів. Розмір відстаней, виміряних з одного і з іншого боку редуктора, дає величину відхилення від паралельності осей. Вимірюючи індикатором *4* положення контрольних валиків з одного і з іншого боку редуктора, визначають величину відхилення осі отвору від паралельності підставі.

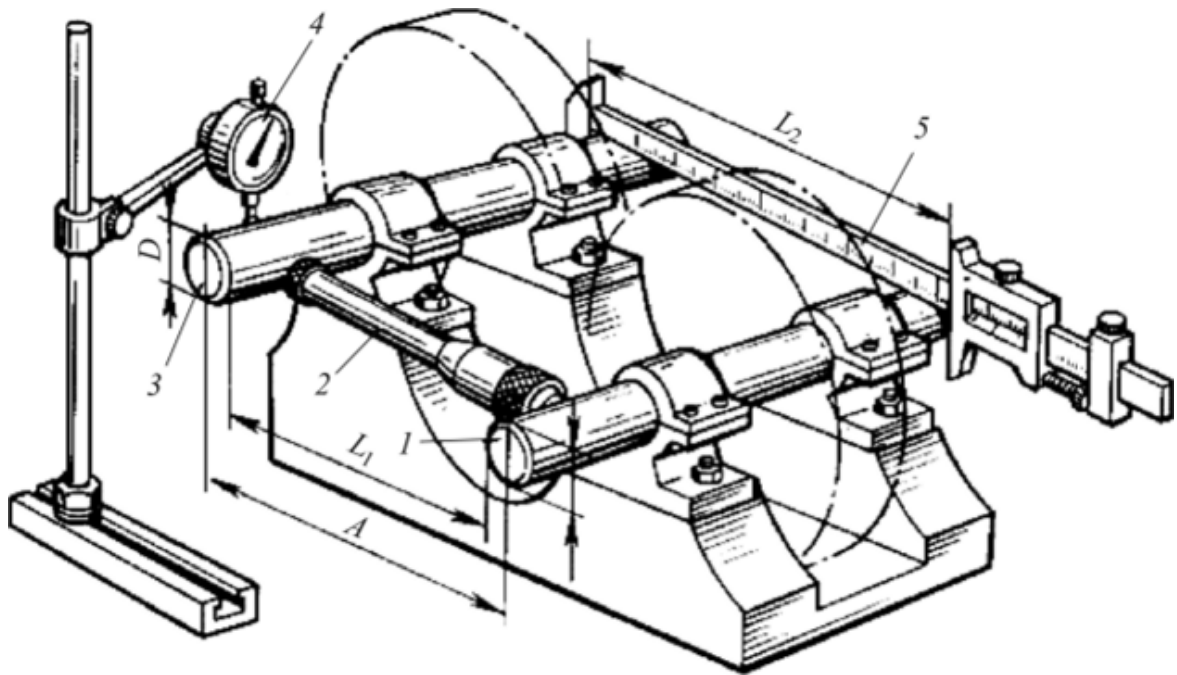


Рисунок 5.21 - Схема контролю положення осей отворів у корпусі редуктора

За наявності в корпусі отворів з осями, що перетинаються (корпус конічного редуктора) необхідно оцінити точність взаємного розташування цих осей. Найбільш просто ця процедура виконується за допомогою калібрів (рис.5.22). Якщо відхилення осей від взаємного розташування не перевищує допуск, то вимірювальний наконечник калібру 1 увійде з легким тертям в отвір калібру 2 (рис.5.22,а). На другій схемі калібр 1 замість наконечника має вилку, в яку повинен увійти калібр 2.

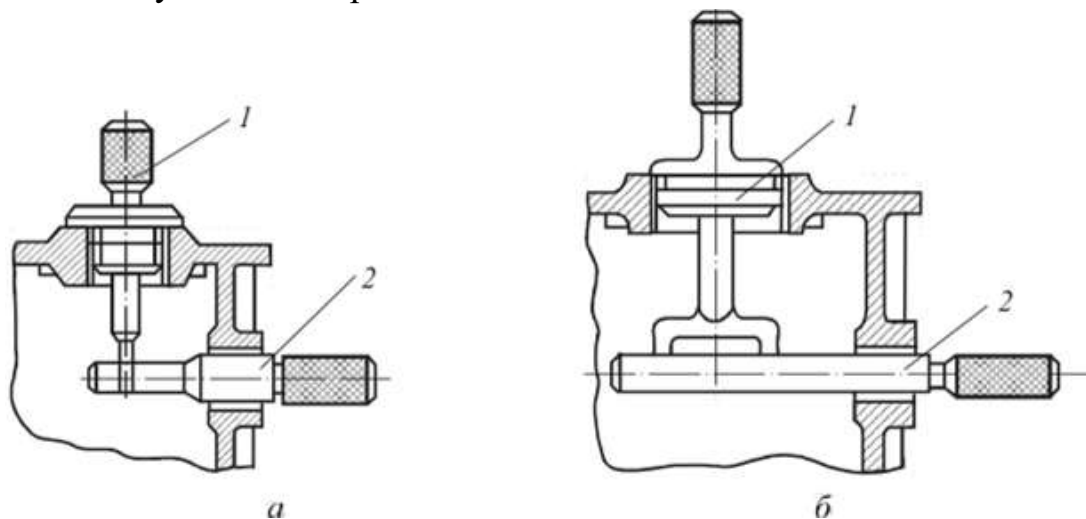


Рисунок 5.22 - Схема контролю розташування осей у корпусі конічного редуктора

Така схема працює за принципом граничного калібру: придатний, непридатний. Для визначення кількісних відхилень застосовують схеми із використанням індикаторів (рис.5.23). Осі отворів матеріалізують вставкою в них контрольних валиків 1 і 2. На валик 2 за допомогою коромисла 3 встановлюють індикатор 4. Вимірюючи різницю показань індикатора в точках *n* і *m* визначають величину відхилення від перпендикулярності осей отворів 1 і 2.

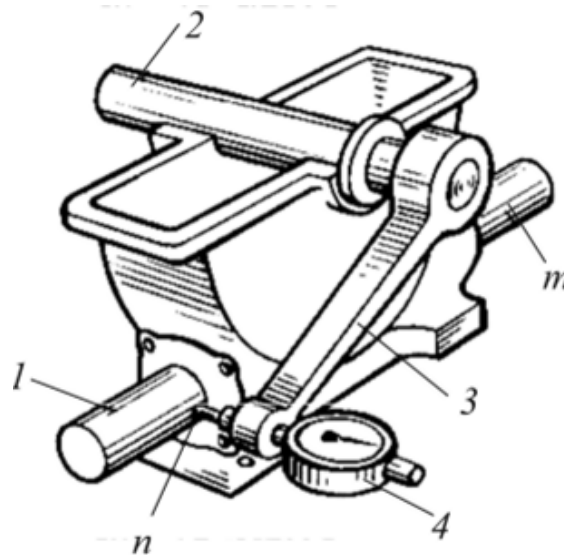


Рисунок 5.23 – Схема контролю відхилення від перпендикулярності осей отворів черв'ячного редуктора

Часто потрібно оцінити ступінь відхилення від перпендикулярності торцевих поверхонь щодо площини основи (рис.5.24). Це можна виконати, використовуючи або косинець 2 і комплект щупів, або стояк 3 з індикатором 4, який налаштовується косинцем 2. Упор 5 служить для фіксації базової точки на контрольованій площині.

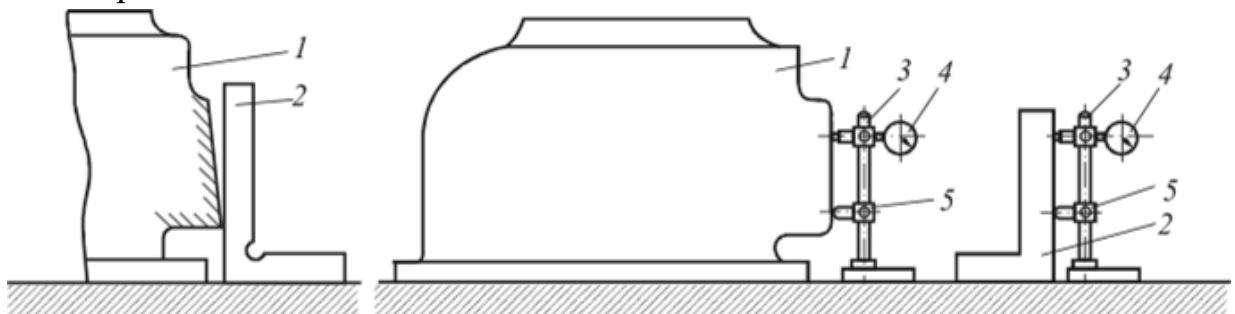


Рисунок 5.24 - Схема вимірювання відхилень від перпендикулярності площин корпусної деталі

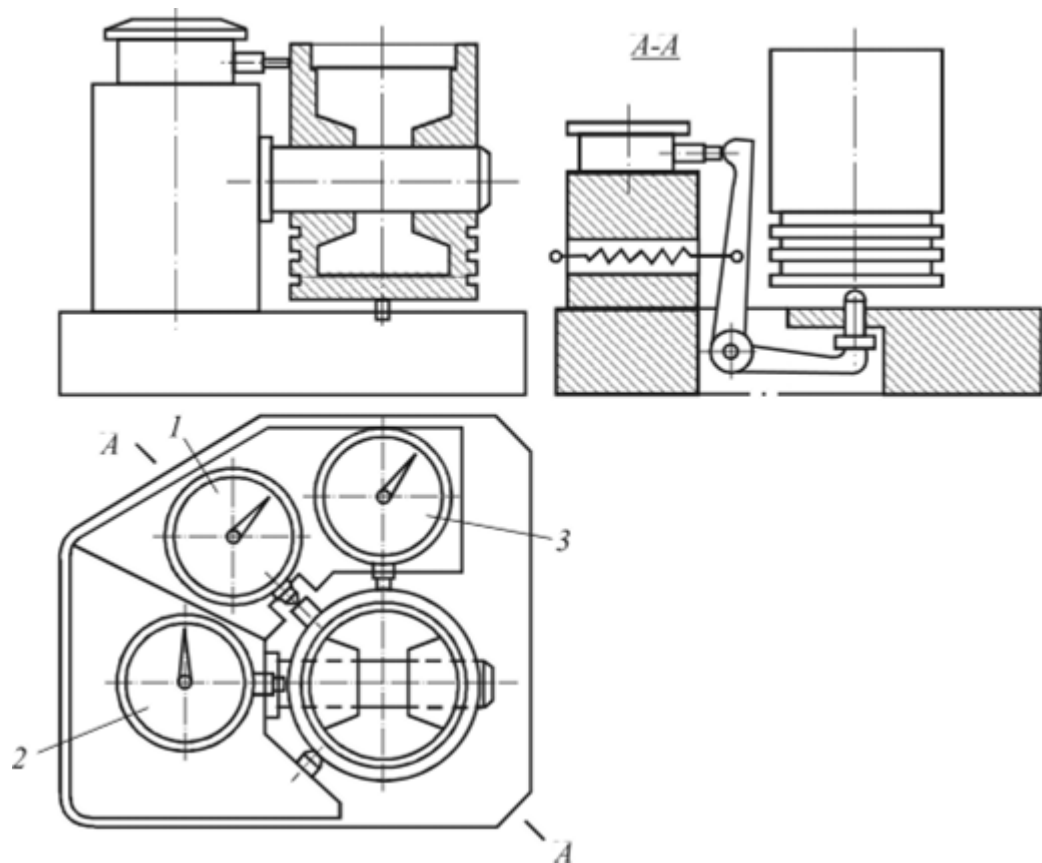


Рисунок 5.25 - Багатовимірний контрольний пристрій для перевірки поршня

На рисунку 5.25 показано схему багатовимірного контрольного пристрою для перевірки поршня. Індикаторами 1, 2 і 3 перевіряють відстань від осі отвору під палець поршня, перпендикулярність осі отвору до осі поршня і розташування осі отвору в одній площині з віссю поршня. При контролі двох останніх параметрів потрібна перестановка деталі. Різниця показань індикаторів 2 і 3 дорівнює подвоєній величині похибки, що вимірюється.

5.5. Розрахунок точності контрольних-вимірювальних пристроїв.

Порядок розрахунку точності контрольних-вимірювальних пристроїв аналогічний методиці розрахунку точності при обробці різанням. Відмінність полягає в тому, що для контрольних-вимірювальних пристроїв розглядають, як правило, лише допустиму похибку вимірювання або контролю параметрів виробів.

Основними складовими сумарної похибки контрольних-вимірювальних пристроїв E є похибка установки виробу на робочому місці ϵ_y , похибка налагодження пристрою на контрольований або вимірюваний розмір ϵ_n і похибка розмірного зносу робочих щупів пристроїв ϵ_{pz} .

Похибка розмірного налагодження ϵ_n , як детерміновану (систематичну) величину, можна компенсувати за допомогою внесення відповідної корекції

до вимірювальної системи. Похибка розмірного зносу ε_{pz} робочих поверхонь контрольно-вимірювальних щупів, мізерно мала, оскільки зусилля притискання їх до контрольованих поверхонь незначні, а самі робочі поверхні щупів досить зносостійкі. Тому сумарну похибку контрольно-вимірювальних пристроїв переважно визначають похибки установки виробів у пристроях. За аналогією з базуванням у верстатних пристроях можна записати

$$E = \varepsilon_y = \frac{1}{K} \sqrt{(k_{\delta} \varepsilon_{\delta})^2 + (k_z \varepsilon_z)^2 + (k_{np} \varepsilon_{np})^2}$$

де ε_{δ} , ε_z та ε_{np} - похибки відповідно до базування, закріплення виробів у пристроях та виготовлення самих пристроїв; K , k_{δ} , k_z та k_{in} - коефіцієнти розсіювання цих похибок.

У загальному випадку допустима величина похибки вимірювального пристрою визначається за формулою:

$$E = \sqrt{\delta_{\text{вим}}^2 - \varepsilon_{\delta}^2 - \varepsilon_z^2 - \varepsilon_{\Pi}^2 - \Delta_{\text{н}}^2}$$

де δ - похибка базування деталі в контрольному пристрої; ε_z - похибка закріплення деталі в контрольному пристрої; ε_n - похибка передавальних механізмів контрольного пристрою; Δ_n - похибка налаштування контрольного пристрою за зразком.

Похибкою закріплення ε_z можна знехтувати, тому що закріплення виробів у таких пристроях здебільш зовсім відсутнє або виконується за допомогою механізмів, які мають незначні зусилля затиску.

Похибки індикатора ε_n нормуються залежно від діапазону показань (залежно від переміщення вимірювального стрижня). Зазвичай ділянці 0÷1 мм похибка перебуває у межах 5÷8 мкм; на ділянці 1÷2 мм - 10÷15 мкм; на ділянці 2÷3 мм – до 18 мкм; на ділянці 5÷10 мм похибка знаходиться в межах 18÷22 мкм. Таким чином, на невеликій ділянці похибка індикатора знаходиться в межах ціни поділу.

Похибка передавальних пристроїв контрольного пристрою ε_n залежить від типу пристрою.

Для пристроїв прямої дії $\varepsilon_n = 0$

Для важільних механізмів велике значення має тип механізму і форма контакту між елементами, що сполучаються.

Найкраща форма контакту - у вигляді сфери та площини, тому що в цих випадках контакт теоретично здійснюється в точці і ці поверхні відносно легко виготовити. При цьому виявляється, що точність передачі залежить від того,

на якому елементі передачі буде встановлена площина, а на якому - сфера і як ці площина і сфера розташовані щодо опори обертання.

Сфера може бути встановлена або на ланці, що здійснює поступальний рух, або на ланці з обертальним рухом (рис.5.26).

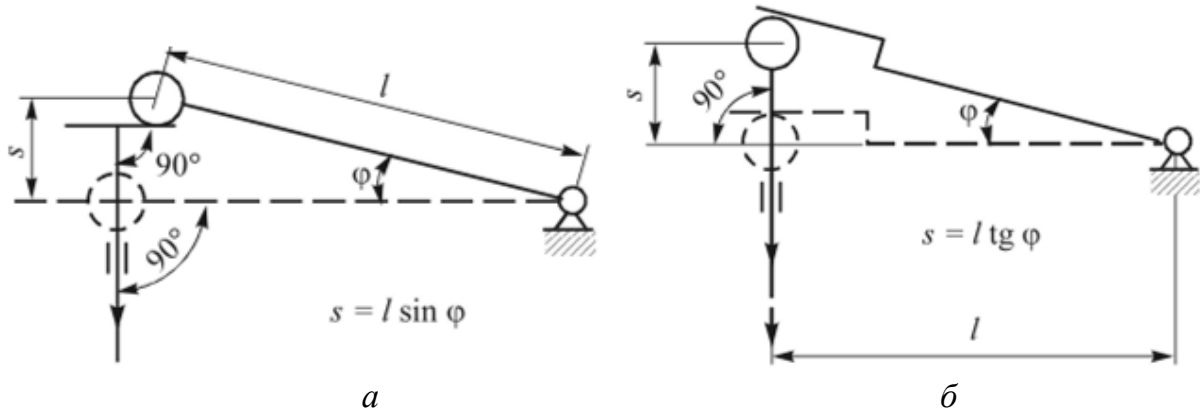


Рисунок 5.26 - Розрахункові схеми передавальних важільних механізмів

Для цих обох важелів теоретична величина переміщень кінця важеля S при малих кутах повороту дорівнює довжині важеля, помноженої на кут повороту (рис.5.26,а):

$$S = l \cdot \sin \varphi$$

Тому механізми, у яких сфера розташована на ланці, що робить обертальний рух, прийнято називати синусними передачами, а важелі, у яких на кінці знаходиться сфера, – синусні важелі.

Як що сфера передачі знаходиться на ланці важеля, що здійснює поступальний рух (рис.5.26,б), величина переміщення:

$$S = l \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Такі механізми, у яких сфера розташована на ланці, що здійснює поступальний рух, називаються тангенсними механізмами, а важелі, у яких робочою поверхнею є площина, – важелі тангенсу.

Синусні важелі мають систематичну (функціональну) похибку зі знаком плюс, яка залежить від довжини важеля та кута повороту:

$$\varepsilon_{\Pi} = l \frac{\varphi^3}{6}$$

Похибка тангенсних важелів має мінусовий знак і залежить від кута повороту і довжини вихідного важеля:

$$\varepsilon_{\Pi} = -l \frac{\varphi^3}{6}$$

Таким чином, зіставивши похибки синусного та тангенсного важелів, можна дати загальні рекомендації щодо їх застосування:

- похибки синусного важеля вдвічі менше, ніж тангенсного при однакових початкових довжинах важелів і рівних кутах повороту.

- при послідовній установці обох видів важелів можна провести взаємну компенсацію похибок при відповідному регулюванні довжин плечей важелів.

- зазори у напрямних з поступальним переміщенням мало відбиваються на похибках передачі при синусному важелі, але виявляються при тангенсних важелях (збільшується випадкова похибка).

Оскільки похибка закріплення ε_z досить мала і нею можна знехтувати, похибка вимірювальних та передавальних пристроїв пристрою є систематичною і може бути компенсована за допомогою еталонних заходів або спеціальних контрольних виробів під час налаштування пристрою, то спрощено похибку контрольних-вимірювальних пристроїв, визначають, в основному, як похибку базування виробів пристроях:

$$E = \varepsilon_{\delta} \leq \eta T$$

де T – величина допуску розмір; η – коефіцієнт запасу, для вимірів становить 0,6 – 0,8.

Визначення похибок базування виконуються за методикою верстатних пристроїв залежно від обраних схем установки виробів.

5.6. Координатно-вимірювальні машини.

Розглянуті вище приклади контрольних-вимірювальних пристроїв можна використовувати практично на будь-яких машинобудівних підприємствах, проте в основному ці пристрої використовуються в індивідуальному неавтоматизованому виробництві.

Розвиток інформаційних систем, обчислювальної техніки, мехатроніки створюють передумови для постійного вдосконалення металорізального обладнання та засобів технологічного оснащення. Це стосується і контрольних-вимірювальних пристроїв, особливо в умовах масштабної автоматизації виробничих процесів на підприємствах. Процес автоматизації контрольних вимірів дозволяє підвищити точність і якість виконуваних робіт, скоротити час виконання операції, усунути суб'єктивний фактор, який впливає на цю технологічну операцію, знизити технологічну собівартість тощо. Основним елементом у цьому випадку стають координатно-вимірювальні машини або системи (рис.5.27), які можуть виконувати операцію вимірювання та контролю автономно або бути вбудованими безпосередньо в верстат (у цьому випадку можливий контроль не тільки після закінчення операції, а й у процесі встановлення та закріплення заготовки, обробки поверхонь, що дозволяє ввести коригування в керуючу програму процесу обробки).



Рисунок 5.27 – Приклад роботи координатно-вимірювальної машини

Координатно-вимірювальні машини призначені для вимірювання положення точок на поверхні деталей у системі плоских чи просторових координат. Всі розглянуті раніше універсальні засоби виміру можна назвати однокоординатними вимірювальними засобами, оскільки з їхньою допомогою визначається значення розміру по прямій лінії (визначаються координати, розташовані на одній прямій).

Термін «координатні» закріпився за приладами (найчастіше званими машинами, хоча по суті вони є приладами), в яких лінійні розміри визначаються за результатами вимірювання координат окремих точок у системі трьох ортогональних осей (координат), тобто по осях, розташованих у просторі під прямим кутом одна до одної. Такі машини (прилади) називають трикоординатними вимірювальними машинами або координатними вимірювальними машинами (КВМ).

Принципова основа вимірювання на КВМ полягає в тому, що будь-яку поверхню (профіль) можна уявити, як ту, що складається з нескінченного числа окремих точок. Якщо відоме положення у просторі якогось числа цих точок (масив точок), тобто визначені їх координати, то за відповідними формулами (алгоритмами) можна розрахувати розміри цих поверхонь (профілів), а також розташування поверхонь (профілів) у просторі та між

собою. Наприклад, якщо на ідеальному колі виміряти три точки, то вони визначають діаметр кола, оскільки відомо, що через три точки може бути проведена коло і до того ж тільки одне.

Основні переваги КВМ у наступному:

Точність та акуратність:

КВМ забезпечують високий рівень точності, часто аж до мікрометра або субмікрометра. Це робить їх придатними для вимірювання жорстких допусків та складних форм, що може виявитися скрутним для звичайних пристроїв. Так, наприклад, похибка вимірів КВМ ZEISS XENOS на довжині 1000 мм не перевищує 0,29 мкм. Похибка вимірювання резистивного вимірювального датчика серії RMP компанії RENISHAW при монтажі на верстаті не перевищує 1 мкм на довжині 600мм., а тензодатчика до 0,35мкм.

Універсальність:

КВМ можуть вимірювати широкий спектр функцій, включаючи точки, лінії, кути, кола та багато іншого. Це універсальні інструменти, які можуть вирішувати різні завдання просторової перевірки готового виробу (або в процесі обробки при використанні координатно-вимірювальних пристроїв безпосередньо на верстаті) без використання кількох спеціалізованих пристроїв.

Швидкість та ефективність:

КВМ можуть автоматизувати процес перевірки, дозволяючи проводити вимірювання швидше та ефективніше порівняно з ручними методами. Це особливо вигідно для галузей, де потрібне багатосерійне виробництво та контроль якості.

Відтворюваність:

КВМ забезпечують чудову постійну відтворюваність вимірів, знижуючи ймовірність людських помилок, пов'язаних з вимірами вручну. Така послідовність має вирішальне значення для підтримки якості продукції.

Візуалізація даних:

КВМ практично завжди поставляються зі складним програмним забезпеченням, яке дозволяє створювати 3D-моделі та візуальні уявлення деталей, що вимірюються, накладаючи їх на теоретичний контур. Це значно полегшує для працівника аналіз та інтерпретацію даних вимірів.

Складна геометрія:

КВМ особливо корисні для вимірювання деталей складної геометрії, таких як поверхні довільної або складні форми, які неможливо легко виміряти традиційними інструментами.

Зберігання та аналіз даних:

КВМ можуть зберігати дані вимірювань у цифровому вигляді, що дозволяє легко аналізувати та порівнювати дані з часом. Ці історичні дані можуть бути корисними для оптимізації процесів обробки та контролю якості.

Відстежуваність:

КВМ можуть забезпечувати відстеження змін у конфігурації деталей шляхом запису результатів вимірювань та даних калібрування, що важливо для галузей із суворими стандартами та правилами якості.

Неруйнуючий контроль:

КВМ виконують неруйнівний контроль, тобто можуть вимірювати деталі, не ушкоджуючи їх. Це критично для дорогих чи чутливих компонентів.

Автоматизація контролю:

КВМ можна інтегрувати в автоматизовані процеси виробництва та контролю, забезпечуючи контроль якості в режимі реального часу під час обробки на верстаті, зменшити необхідність ручного втручання.

Можливості 3D-сканування:

Деякі КВМ оснащені можливостями 3D-сканування, що дають змогу швидко отримати всю геометрію поверхней деталі. Це особливо корисно для зворотного проектування та контролю якості складних форм.

Мультисенсорна інтеграція:

КВМ можуть бути оснащені різними датчиками, такими як сенсорні датчики, лазерні сканери, оптичні датчики. Така універсальність дозволяє вимірювати широкий спектр матеріалів та характеристик.

Хоча КВМ пропонують безліч переваг, необхідно зазначити, що вони також мають певні обмеження, такі як вартість, розмір та потреба у кваліфікованих операторах. Вибір між КВМ та звичайними пристроями контролю залежить від конкретних вимог та обмежень завдання контролю.

5.6.1. Типи координатне-вимірювальних машин.

Принципова схема всіх контактних КВМ однакова. Вони мають датчик контакту, який може переміщатися у просторі одночасно за трьома координатами. При дотику (контакті) наконечника з точкою на поверхні, що вимірюється, датчик видає команду на зчитування значень координат X, Y, Z в момент дотику. Конструктивна схема КВМ складається з механічної частини, що здійснює вимірювальні переміщення, та електронно-обчислювальної частини з програмно-математичним забезпеченням.

Конструктивна схема механічної частини всіх КВМ побудована таким чином, що деталь, що знаходиться на вимірювальній позиції машини, може

бути вимірювана на всіх поверхнях, крім поверхні, на якій вона встановлена (базова поверхня).

Вимірювання на КВМ здійснюються при відносних переміщеннях деталі та датчика контакту. У різних конструкціях машин ці відносні переміщення здійснюються по-різному - переміщенням датчика торкання по всіх координатних осях або переміщенням деталі, що вимірюється, за деякими координатами. Частіше деталь при вимірі нерухома, а датчик торкання рухається. Таке компонування використовують при вимірі великогабаритних деталей з великою масою. При вимірі невеликих деталей стіл з деталлю часто переміщається по одній координаті та рідко по двох. Напрямок осей X , Y , Z дуже умовно, найчастіше вісь з найбільшим діапазоном вимірювання цієї машини називають віссю X , а вісь, перпендикулярну основи, - віссю Z .

Усю сукупність конструктивних рішень КВМ можна, певною мірою умовно, розділити на п'ять груп залежно від розташування та конструкції вузла, на якому знаходиться датчик торкання: консольного, порталного, мостового (рис.5.28) та гексаподного (рис.5.29) типів, а також типу «вільна рука» (рис.5.30).

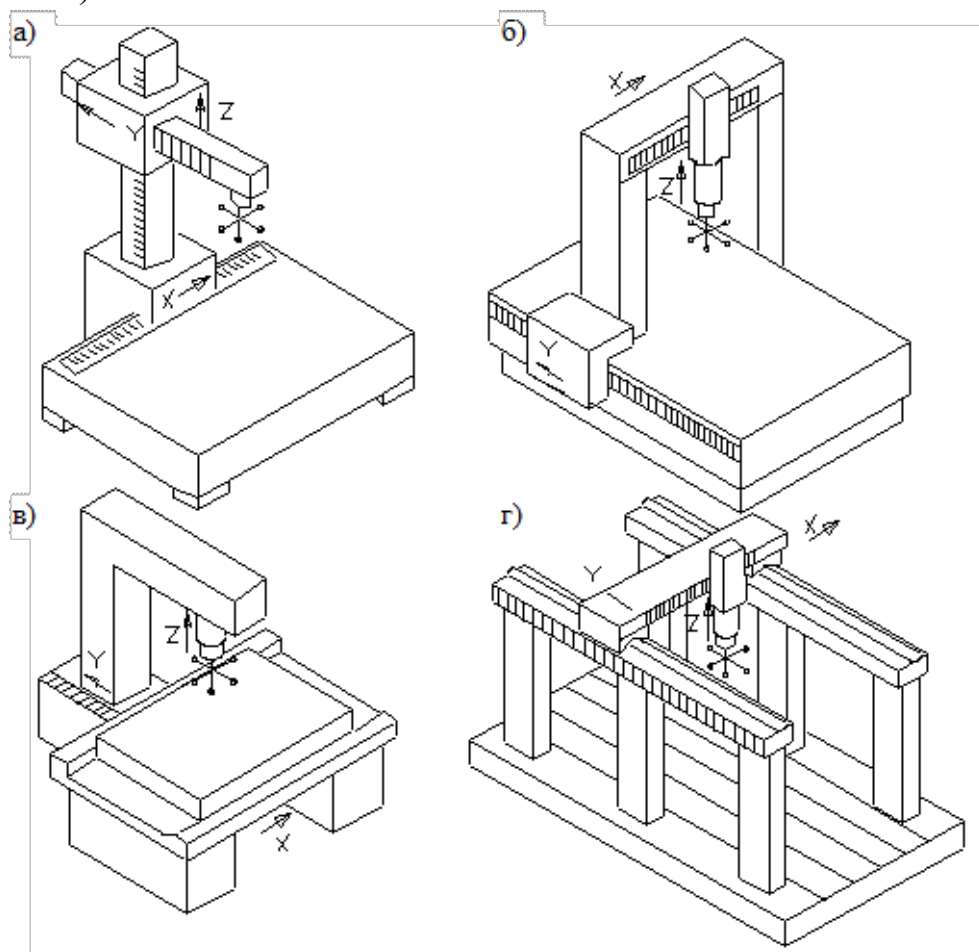


Рисунок 5.28 - Типи конструктивних рішень КВМ:

а,в - консольного; б - порталного; г – мостового

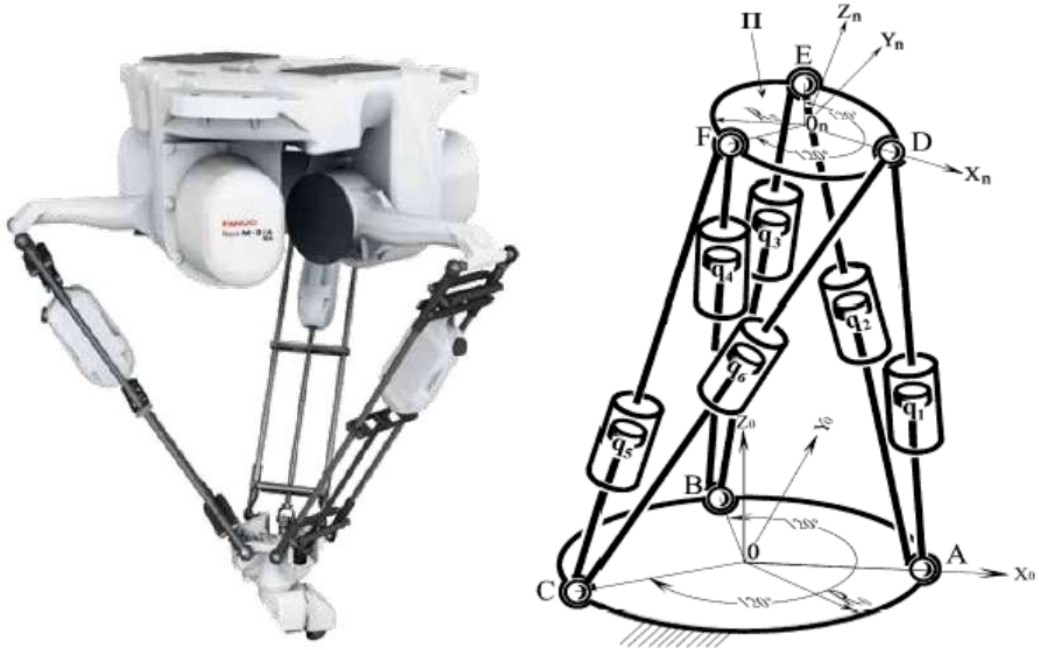


Рисунок 5.29 - КВМ на основі гексаподу



Рисунок 5.30 – КВМ на основі робота «вільна рука»

Консольні КВМ – це машини (прилади), в яких датчик торкання розташований на консолі (рис.5.31). Часто ці КВМ називають машинами стоякового типу, так як при консольному положенні датчика торкання встановлюється один стояк, який може бути як нерухомим (рис.5.31,б), так і може переміщатися (рис.5.31,а,в,г). За своїм призначенням та за конструкцією ці машини можуть бути розділені на дві групи.

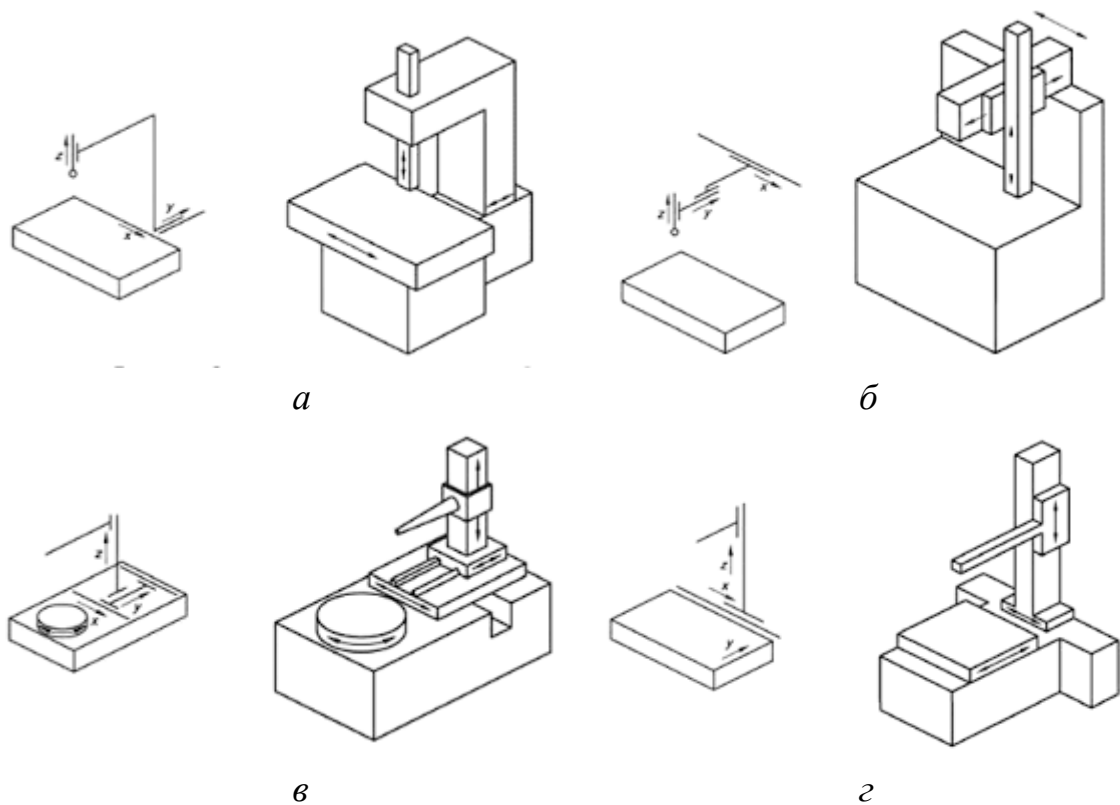


Рисунок 5.31 - Консольні контактні КВМ

У машинах першої групи стояк для встановлення на консолі датчика зроблений відносно легким (рис.5.31,в,г) і часто переміщається на велику довжину при вимірі. У консольних машинах другої групи для встановлення датчика дотику зроблено стояк важкої конструкції (рис.5.31,а), що переміщається на невелику довжину по одній координаті.

Консольні машини першої групи призначені для вимірювання з невисокою точністю через невисоку жорсткість. Діапазон вимірювання таких машин найрізноманітніший: від малих (300÷700 мм) по всіх осях до 24 м по одній з осей (зазвичай X). Консольні КВМ з великим діапазоном вимірювання використовують в основному для вимірювання корпусних деталей літаків, кораблів, автомашин тощо. До цього типу машин можна віднести КВМ, які отримали назву вимірювальні роботи. У принципі це консольна КВМ, призначена для встановлення безпосередньо у конвеєра автоматичної лінії, у тому числі й у гнучких виробничих системах.

Консольні машини другої групи, зі стояком важкого типу, мають більшу жорсткість, ніж перші машини, і служать для вимірювання з високою точністю. У різних конструкціях цих КВМ при вимірі в напрямку осі X переміщується стіл або стояк, осі Y - супорт по консолі (стрілі) або переміщається вся консоль, а осі Z переміщається піноль, на якій закріплений

датчик торкання. Консольні КВМ другої групи зазвичай призначені для вимірювання деталей щодо невеликих розмірів (500×500×500 мм).

Перевага всіх машин консольного типу в порівнянні з іншими машинами - хороший доступ до вимірювальної позиції. При установці деталі на вимір до неї можна підійти з трьох сторін, тому є хороший огляд процесу вимірювання.

Портальні КВМ - пристрої, в яких датчик торкання розташований на верхній частині порталу, тобто балки, і переміщується з супортом уздовж порталу (по осі Y або X) разом з піноллю (вісь Z) (рис.5.32). За конструктивними рішеннями портальні машини можна розділити на машини з рухомих (рис.5.32,а) та нерухомих (рис.5.32,б) порталами.

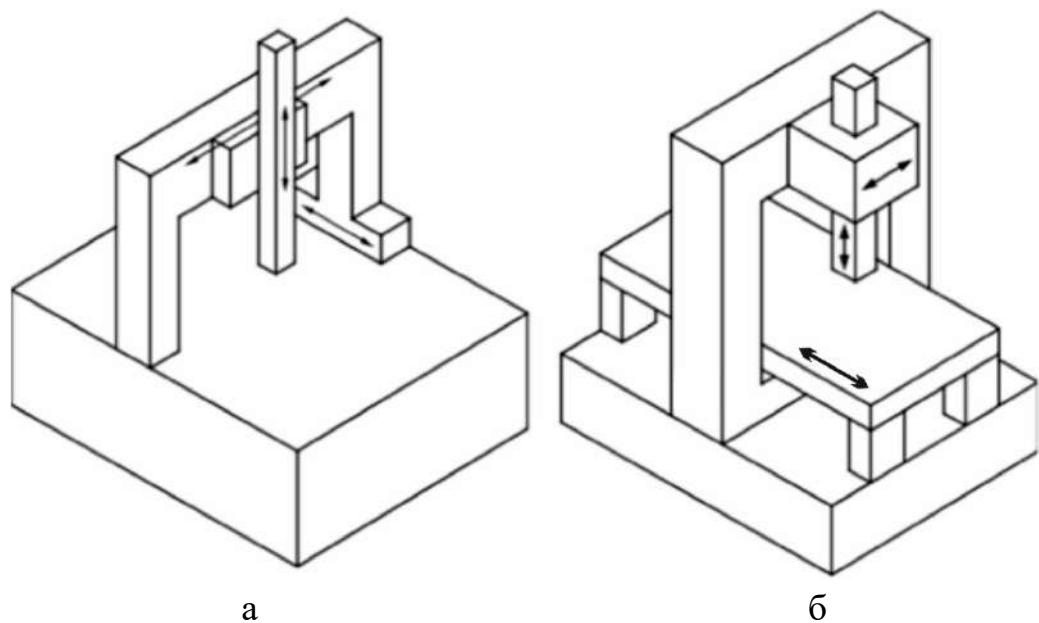


Рисунок 5.32 - КВМ портального типу

Машини з рухомих порталом виготовляють для вимірювання деталей щодо невеликих (500÷600 мм) або великих розмірів (до 2500 мм). Зазвичай стіл у цих машинах значно довше діапазону вимірювання горизонтальної осі, що забезпечує вільний доступ до вимірюваної деталі і дозволяє проводити установку деталі для вимірювання на одному кінці столу, в той час як на іншому кінці проводиться вимірювання іншої деталі.

У машинах з нерухомих порталом (рис.5.32,б) і рухомих столом більш висока точність виміру, ніж у машин з рухомих порталом, оскільки у цих машинах рухомий вузол, тобто стіл, можна зробити більш жорстким. Надається можливість рознести на велику довжину напрямні та встановити привід у центрі ваги рухомого вузла.

У порівнянні з консольними порталні машини мають більшу жорсткість, а, отже, в таких конструкціях можна забезпечити більш високу точність. Усі відомі точні КВМ, як правило, порталного типу.

Мостові КВМ - прилади, в яких рухомий елемент розташовується на колонах (стояках) та при вимірюванні датчик торкання переміщується по всіх координатах. У принципі мостові КВМ аналогічні конструкції порталним машинам з нерухомим порталом.

Призначення мостових машин аналогічно консольним машинам першого виду (див. рис.5.32,а), тобто вони використовуються для вимірювання та розмітки великогабаритних деталей у транспортному машинобудуванні, авіабудуванні, атомній промисловості тощо. У порівнянні з консольними машинами машини мостового типу мають вищою точністю завдяки жорсткішій конструкції. Деякі незручності КВМ мостового типу є утруднений доступ до вимірюваної деталі.

Контрольно-вимірювальні машини типу Нехарод, також відомі як системи Нехарод або платформи Стюарта, є роботизованими механізмами з шістьма ступенями свободи, що робить їх придатними для різних завдань точного позиціонування та контролю. Хоча гексаподні системи не настільки поширені, як традиційні КВМ, вони виробляються кількома компаніями по всьому світу. При виборі такого пристрою важливо оцінити конкретні вимоги, такі як точність, робочий простір та вантажопідйомність. Крім того, ці системи часто поставляються із сумісним програмним забезпеченням для управління та програмування руху гексапода, що робить їх універсальними інструментами для різних застосувань при точному позиціонуванні та перевірці.

5.6.2. Методи вимірів. Контактне та безконтактне сканування.

Залежно від завдань потрібне контактне або безконтактне сканування. Вимірювальні датчики відрізняються за принципом дії (електро-контактні, індукційні, оптичні, ємнісні, п'єзOMETричні, тензOMETричні), вихідному сигналу (аналогові, дискретні), способу вимірювання (контактні, безконтактні), типу вимірювання (скануючі, тригерні) та інші

5.6.2.1. Системи контактного сканування.

Контактні датчики вимірювання дозволяють виконувати вимірювання в окремих точках, що робить їх ідеальним засобом для вимірювань на 3-мірних деталях відомої геометрії. Такі датчики часто називають тригерними контактними датчиками (або датчиками торкання). У цих датчиках реалізована система спрацьовування при контакті вимірювального наконечника (щупа) з деталлю під час її виміру чи установці. Ступінь

повторюваності спрацьовування є дуже високою. При спрацьовуванні датчик посилає сигнал у систему управління через інтерфейс, і система управління (майже одночасно) автоматично фіксує положення верстата за його енкодерами (система зворотного зв'язку).

Скануючи датчики здатні зчитувати кожну секунду координати кількох сотень точок, що дозволяє вимірювати параметри форми елемента, а також його розмір і положення (рис.5.33).

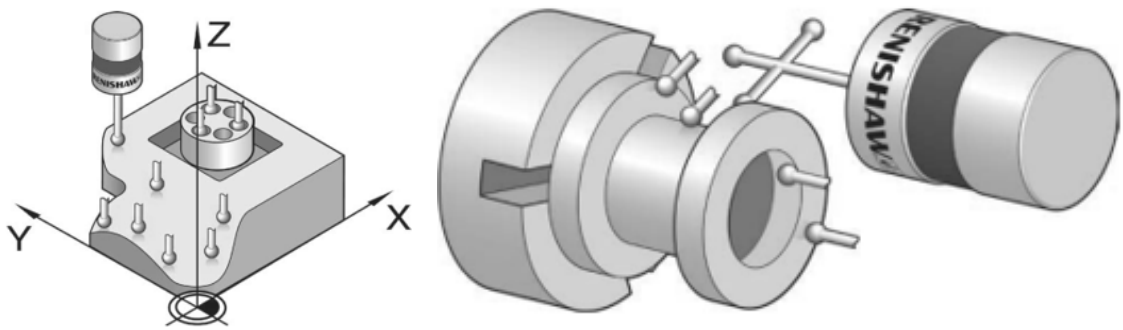


Рисунок 5.33 – Приклад вимірювання деталей у процесі обробки на багатофункціональному верстаті: а – призматичні; б – тіла обертання

Після реєстрації координат точки, датчик переміщається далі для спрацьовування в іншому місці. Після реєстрації кількох точок стає відомою форма елементів та профілю деталей. Мінімальна кількість точок, у яких потрібно виконати вимір у разі елемента кожного типу (див. рис.5.34), визначається відомими ступенями свободи даного елемента.

При вимірах виконується заміна елемента деталі його теоретичною моделлю, наприклад, коло або тривимірним кутовим елементом. Порівняння фактичного та розрахункового розмірів дозволяє визначити відхилення та виконати точний, вичерпний контроль. Результуючий зворотний зв'язок є основою таких видів контролю: профілактичного, прогнозуючого, активного та інформативного, які необхідні для забезпечення комплексного ефективного контролю технологічних процесів.

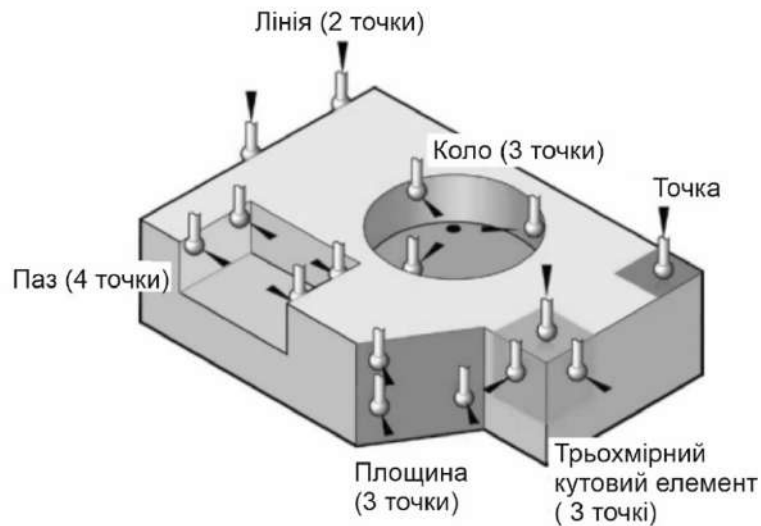


Рисунок 5.34 – Схема побудови профілю поверхні

Як показують дослідження, визначення геометричних параметрів за декількома точками недостатньо точно описує реальні розмірні характеристики поверхні і показують дуже чіткий зв'язок між помилкою вимірювання характеристики та кількістю точок (рис.5.35).

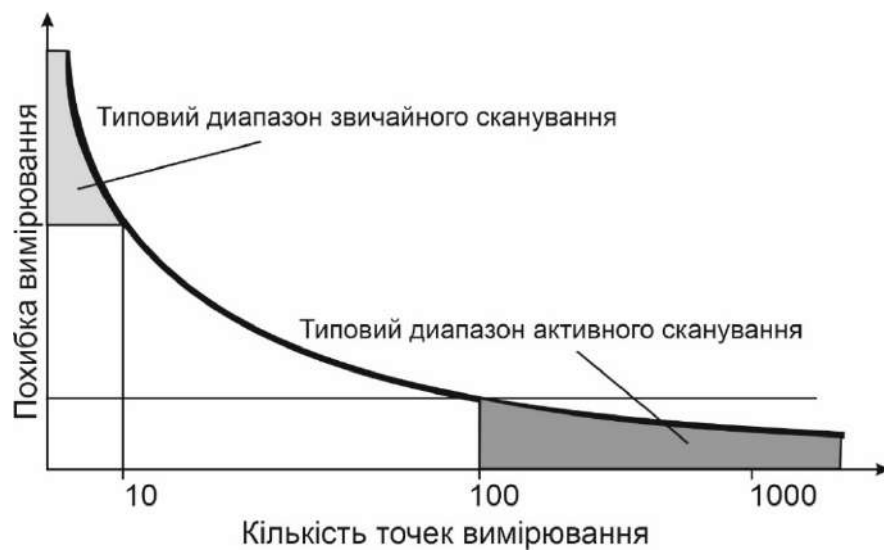


Рисунок 5.35 – Характер залежності невизначеності геометричних характеристик поверхні від кількості точок виміру

Як видно з рисунка 5.36 реальна форма та розміри кола, які отримані в результаті багатоточкового сканування, відрізняються від програмної побудови за 4 точками.



Рисунок 5.36 – Контроль геометричних характеристик отвору

Тому деякі компанії, наприклад, ZEISS для контактних КВМ використовують принцип безперервного зондування, що дозволяє швидко фіксувати велику кількість вимірюваних характеристик за один прохід щупа з датчиком.

Більшість систем сканування є пасивними. Їхня вимірювальна сила створюється пружинним паралелограмом. Оскільки діапазон контролю пасивних датчиків забезпечують невеликі сили, які постійно змінюються, що призводить до відносно сильного вигину щупа і похибки сканування. Це призводить до зниження точності зі збільшенням динаміки. Тому такі компанії, як ZEISS, пропонують системи з активними скануючими датчиками. Невелика стала вимірювальна сила активно прикладається електронікою, яка постійно вимірює положення власного зонда, в напрямку, протилежному переміщенню щупа. Тому динамічні впливи практично виключені, а низька вимірювальна сила залишається постійною і результати вимірювань стають більш точними.

Ключовим елементом технології активного сканування є автоматичне створення стратегій вимірювання - залежно від параметрів деталі, що вимірюється, система автоматично виробляє вимірювання з максимально можливою швидкістю, яка гарантує бажану точність. Можлива робота або за тангенціальною, або за спіральною схемою проведення вимірювань.

Тангенційний підхід забезпечує безперервний рух датчика по траєкторії зондування в одній площині без проміжних зупинок та маневрування.

Спіральна схема забезпечує безперервний рух щупа з датчиком по спіралі і формує в процесі сканування циліндр, а не коло. Тому спіральне сканування забезпечує більш точні результати і результати, що відтворюються за одноразовий процес вимірювань.

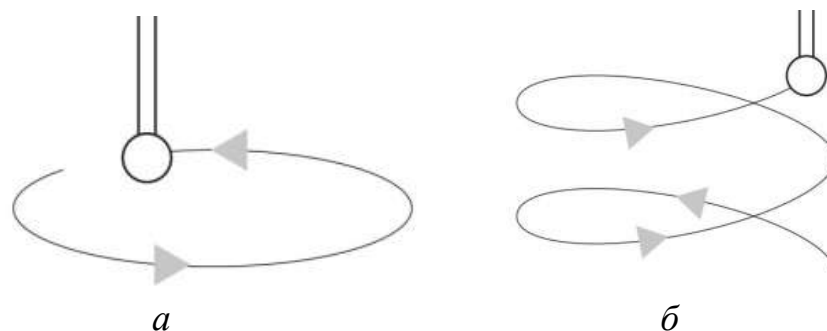


Рисунок 5.37. Технологічні схеми руху датчиків у процесі вимірювань на КВМ: а -тангенційна; б - спіральна

Активне сканування можна використовувати для сканування та визначення невідомих контурів, що дозволяє використовувати цей підхід під час реверсивного інжинірингу.

Розглянемо типи та принципи роботи контактних датчиків.

Резистивні контактні датчики

Мають механічну (кінематичну) систему спрацьовування. Ця конструкція, що використовується вже понад сорок років, продовжує залишатися найкращою для більшості машинобудівних виробництв.

Здатність механізму датчика повертатися після спрацьовування у вихідне положення з точністю в межах 1 мкм є ключовою з погляду повторюваності та якості вимірювань. Ця технологія реалізована у багатьох конструкціях (мініатюрних, надкомпактних та компактних) різних компаній, що дозволяє вирішувати найширший спектр завдань: від простої процедури виявлення дефектної різальної кромки до виставлення деталей в процесі базування та контролю на верстаті в процесі обробки.

Розглянемо конструкцію резистивного контактного датчика із механічною системою спрацьовування (рис.5.35).

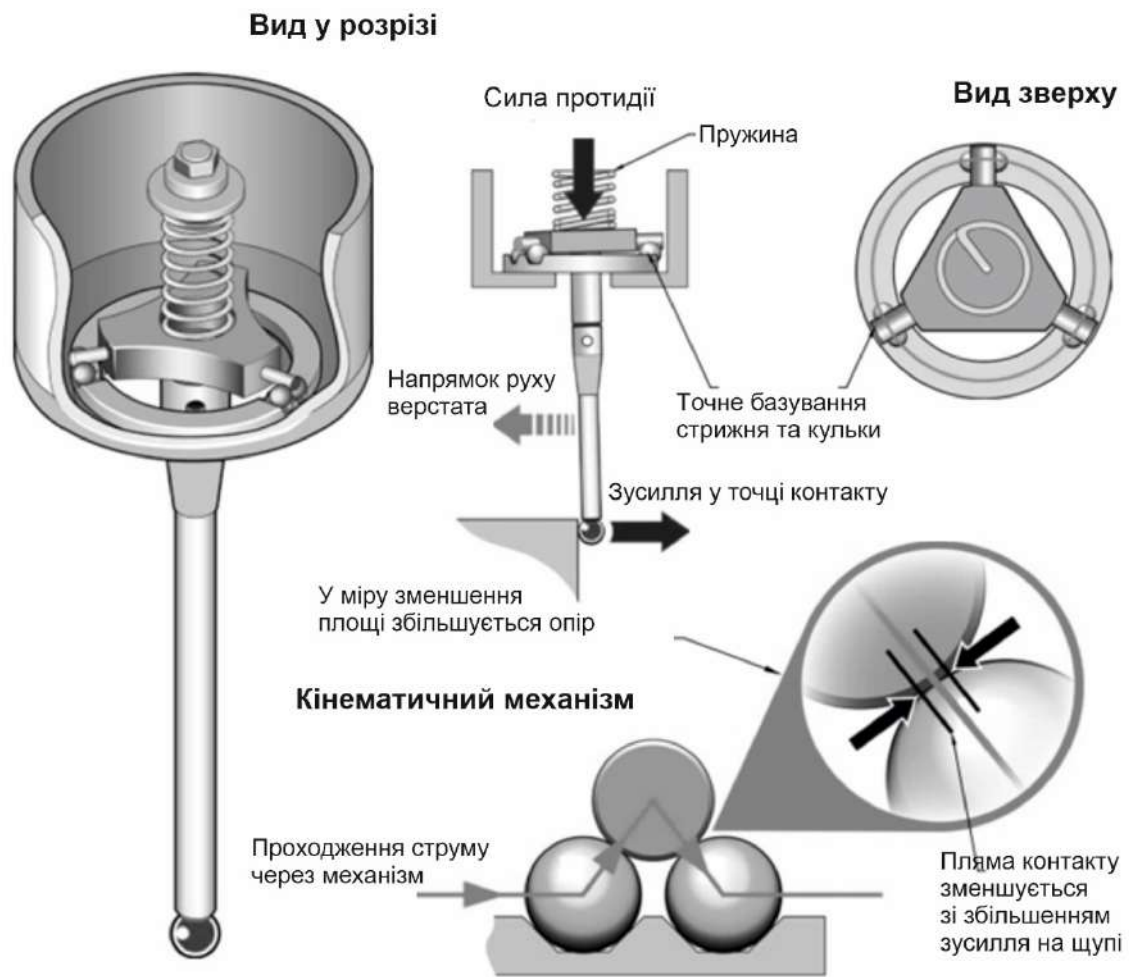


Рисунок 5.35 – Схема роботи резистивного датчика

Три стрижні (ролики), розташовані на однаковій відстані один від одного, спираються на шість кульок з вольфраму карбіду, що забезпечують шість точок контакту в системі точного базування. За допомогою цих контактів формується електричний ланцюг. Підпружинений механізм дозволяє щупу датчика відхилитися при зіткненні з поверхнею деталі та забезпечує повернення датчика у вихідне положення з точністю в межах 1 мкм, коли щуп відводиться від поверхні (без дотику).

При навантаженні пружини створюються плями контакту, якими може текти струм. Протидіючі сили механізму датчика призводять до зменшення деяких плям контакту, внаслідок чого підвищується опір таких елементів. При контакті (дотику) з деталлю змінна сила, що впливає на пляму контакту, вимірюється як зміна електричного опору. Коли опір перевищує деяке граничне значення, на виході датчика подається сигнал про спрацювання.

Описаний принцип дії кінематичного механізму визначає стадії генерації сигналу спрацювання, які наведені нижче (рис.5.36). Повторюваність при

поверненні механізму у вихідне положення відіграє ключову роль для даного процесу і є основою забезпечення надійних вимірювань.

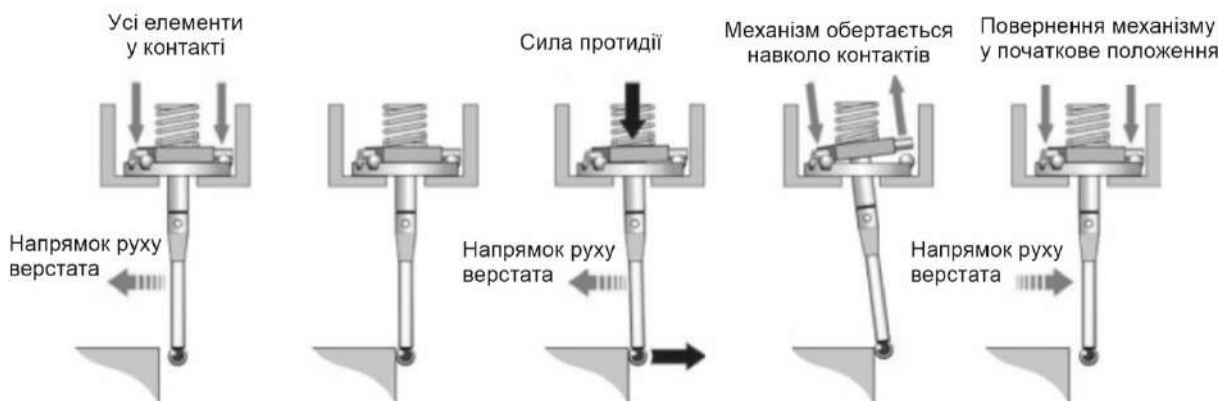


Рисунок 5.36 - Стадії генерації сигналу спрацьовування резистивного датчика

Тензодатчики

У цих датчиках використовується той же кінематичний механізм, що й у резистивних, але доповнений тензометричними елементами, які виконують функцію «обмацування». Ця запатентована технологія застосовується лише у датчиках RENISHAW. Особливо помітна перевага застосування тензодатчиків на багатокординатних верстатах з високими характеристиками точності позиціонування, коли йдеться про обробку складних деталей або калібрування верстатів.

Конструкція датчика поєднує в собі випробуваний на практиці принцип роботи тензодатчиків на базі кремнію з надкомпактною електронікою, що забезпечує високі характеристики цього пристрою. Вони дозволяють вирішувати на верстатах широкий ряд завдань і дають можливість подолати обмеження при вимірах по трьох осях, які характерні для багатьох альтернативних розробок.

Тензометричні датчики розміщуються на ретельно спроектованих елементах, встановлених у конструкції датчика, але окремо від кінематичного механізму (рис.5.37).

Тензометричні датчики розташовані таким чином, щоб реєструвати всі зусилля на щупі, які потім підсумовуються.

При досягненні порогового значення в будь-якому напрямку генерується сигнал спрацьовування під впливом сил, які набагато слабші за сили, які необхідні для спрацьовування звичайного резистивного датчика. У той самий час для утримання щупа в датчиках використовується спеціальний кінематичний механізм. Така система, що використовується на практиці вже

понад 40 років, гарантує повторюваність при поверненні щупа у вихідне положення, що є ключовим фактором забезпечення точних вимірів.

Процес вимірювань повністю незалежний від кінематичного механізму датчика, тому вони відрізняються малим зусиллям спрацьовування, високим ступенем повторюваності та стабільними характеристиками спрацьовування, що зазвичай недосяжно при використанні датчиків звичайної конструкції.

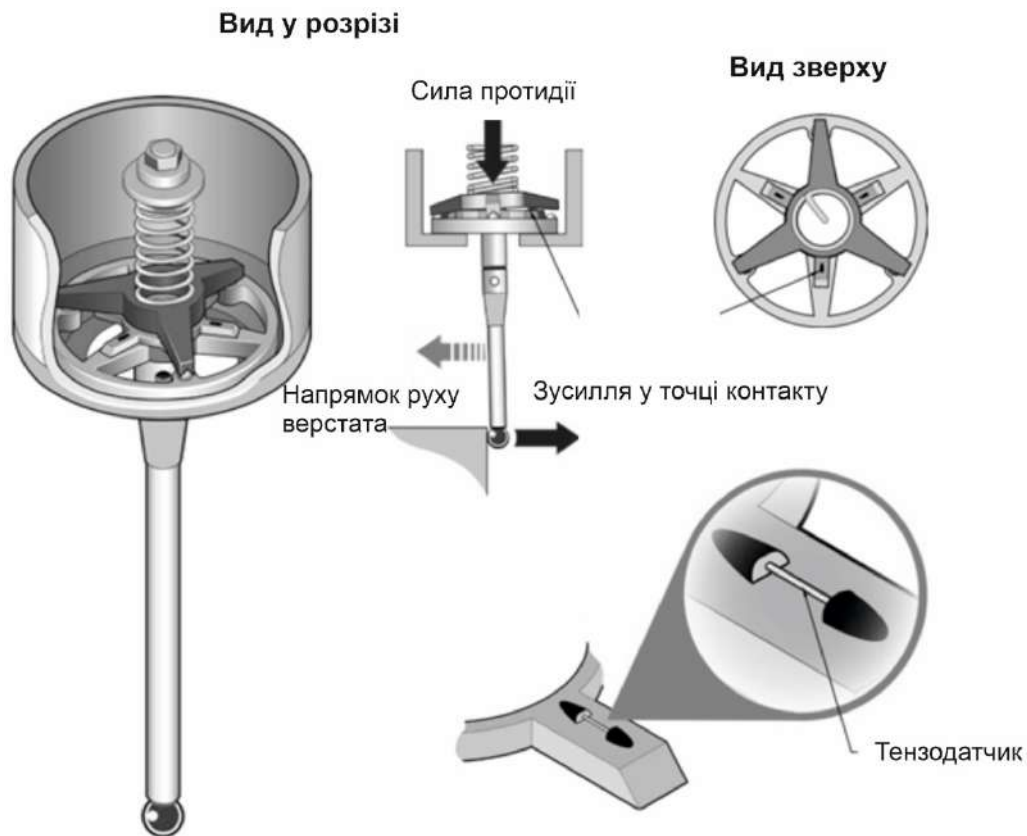


Рисунок 5.37 – Принцип роботи тензометричного датчика

Користуючись цим принципом роботи, можна усунути до 90% помилок, пов'язаних з «пелюстковим ефектом», що у випадку вимірювань за двома координатами дозволяє знизити обсяг необхідного калібрування, а при вимірах за трьома координатами та складною геометрією забезпечує надзвичайно високі характеристики.

Контактна система вимірювань, як і будь-яка система, має свої переваги та недоліки.

Переваги:

- простота процесу вимірювань;
- незалежність від умов освітлення та відбивної здатності поверхні;
- висока точність сканування;
- компактний обсяг отриманих файлів даних.

Недоліки:

- невисока швидкість сканування;

- відсутність можливості сканування дрібнорозмірних отворів, важкодоступних та підвнутрішніх поверхонь;
- неможливість перенести текстуру об'єкта на модель;
- застосовується для вимірювання геометричних об'єктів невеликого розміру.
- процес сканування предмета контактним методом досить тривалий за часом.

Нині контактні виміри є поширеним методом у контрольних-вимірювальних машинах, а й верстатах з ЧПУ. Застосування контактних вимірювань забезпечує досягнення максимальних показників ефективності роботи, якості, точності та інших характеристик верстатів, що дозволяє керувати параметрами точності безпосередньо в процесі обробки. Стандартні програми, вбудовані в сучасні системи ЧПУ, спрощують інтеграцію вимірювальних циклів в операції з обробки та засоби, що працюють в автономному режимі.

5.6.2.2. Безконт акт на сист ема сканування.

На більшість сучасних КВМ можливе встановлення безконтактних лазерних або оптичних датчиків (3D-сканерів), що дозволяють прискорити процес збору даних про геометрію та розміри деталі з подальшим їх аналізом у спеціалізованому програмному забезпеченні (ПЗ). Метод сканування поверхні безконтактними вимірювальними датчиками застосовується для оцифрування складних поверхонь, для яких використання контактної методу (контактних датчиків) вимагало б значного часу для побудови моделі або контролю.

Вимірювальні безконтактні пристрої, також відомі як безконтактні датчики або технологія безконтактних вимірювань, працюють за принципом збору даних вимірювань без фізичного контакту між датчиком і об'єктом, що вимірюється. Ці пристрої призначені для вимірювання різних параметрів, таких як відстань, розміри, положення, швидкість, температура, тощо не впливаючи на поверхню або властивості об'єкта. Безконтактна система сканування розширює можливості традиційного контролю та підвищує продуктивність. Принцип роботи безконтактних вимірювальних пристроїв ґрунтується на різних фізичних явищах, технологіях та датчиках.

Найчастіше для безконтактних вимірювань використовує 3D-сканування, що дозволяє в разі скоротити час отримання математичної моделі, придатної для порівняння з еталонною моделлю, а також використовується для отримання точних моделей складнопрофільних об'єктів, які надалі можуть

бути використані для порівняння (контролю) з математичною моделлю або для одержання прототипів виробу.

3D-сканування об'єктів – це процес перетворення фізичної форми реального об'єкта на цифровий вигляд. При використанні певних технологій можливе збереження текстури та навіть кольору вихідного зразка. Таким чином, 3D модель необхідного виробу можна отримати без зайвих зусиль.

При здійсненні 3D-сканування об'єктів найбільше широко використовуються оптичні датчики для координатно-вимірвальних машин.

Даний тип датчиків заснований на фізичних законах оптики та реалізують такі методи:

Активний метод полягає у реєстрації відбитих променів від об'єкта сканування. Джерелом таких променів у більшості випадків є сам 3D-сканер. Принцип цього методу ґрунтується на вимірі відстані від сканера до точок об'єкта сканування.

Переваги активного методу лазерного 3D-сканування:

- невисока вартість сканування;
- можливість застосування поза приміщенням при використанні ручних сканерів;
- можливість використання при різній освітленості;
- не потрібно наносити сітку на об'єкт;
- можна сканувати об'єкти, недоступні іншим методам сканування.

Недоліки:

- складність або неможливість сканування прозорих та дзеркальних поверхонь (дозволяється за допомогою матуючих спреїв);
- сканування дрібнорозмірних виробів вимагає більш точного використання оптики, а відповідно дорожчих 3D-сканерів.

Лазерний вимір відстані: ці датчики використовують лазерні промені для розрахунку відстані до мети на основі часу, який потрібний лазерному променю, щоб відобразитися від об'єкта та повернутися до датчика.

Безконтактна система лазерного сканування полягає в тому, що, отримуючи дані відбитого випромінювання, формує скани поверхні. Даний вид сканування є найпоширенішим та економічно вигідним.

Особливості:

- безконтактне лазерне сканування дозволяє оцифровувати об'єкти з практично будь-яким типом поверхні у довільній формі;
- доступні об'єкти великих розмірів для сканування;
- можливість застосування на великій кількості матеріалів;
- реверс-інжиніринг;
- сканування деталі з сильними переходами кольорів.

Застосування лазерних систем контролю корпусних деталей сьогодні мають два потужних напрями залежно від розміру об'єкта, який контролюється.

По-перше, безпосередньо 3D-сканери, які інтегруються в КВМ та займають напрямок контролю корпусних деталей з криволінійними поверхнями, що мають відносно невеликі розміри не більше кількох метрів.

По-друге, лазерні скануючі трекери, які застосовують для формування 3D-моделей великогабаритних корпусних деталей.

Також широко використовується оптичне сканування системами, які використовують модульоване або структуроване підсвічування. У разі модульованого підсвічування об'єкт висвітлюється світловими імпульсами, що змінюються певним чином. Камера зчитує відображення та за спотвореннями отримує вигляд сканованого об'єкта. При структурованому підсвічуванні об'єкт висвітлюється певним "візерунком" (сіткою), спотвореннями якої камера формує 3D-модель.

Сканери, які проєктують структуровану сітку на об'єкт, мають перевагу у швидкості та точності сканування. Замість сканування однієї точки одночасно або однієї лінії структуровані сканери одночасно сканують все поле зору відразу. Як підсвічування вибираються геометричні форми, які легко розпізнаються при проєкції на об'єкт (квадрати, трикутники). Сканування всього поля зору займає частку секунди, а профілі, що згенерували, більш точні, ніж лазерні тріангуляції. Це також вирішує проблему спотворення даних, спричинених рухом. Крім того, деякі існуючі системи здатні сканувати навіть об'єкти, що рухаються в режимі реального часу. Використання інфрачервоного світла дозволяє не заважати іншого завдання комп'ютерного зору.

Світлова тріангуляція: цей метод включає проєктування світлового рисунка на поверхню об'єкта і вимірювання спотворення рисунка для визначення форми або розмірів об'єкта.

3D-сканування структурованого світла: даний метод заснований на тому, що датчик проєктує структурований світловий візерунок на об'єкт та аналізує деформацію рисунка для створення 3D-моделі поверхні об'єкта.

Фотограмметрія: цей метод включає кілька фотографій об'єкта під різними кутами і використання програмного забезпечення для аналізу зображень для реконструкції його тривимірної структури.

Пасивний метод використовує існуюче навколишнє світло. Відображення цього світла від об'єкта аналізується 3D-сканером. По суті, цей метод сканування є або зйомка об'єкта звичайними відеокамерами при різній освітленості та відновлення їх у 3D, або зйомка силуету об'єкта на

висококонтрастному тлі за допомогою стереоскопічних або "силуетних" відеокамер.

При створенні координатно-вимірювальних машин використовуються також інші типи датчиків, які використовують інші фізичні явища та технології:

Ультразвукові датчики:

Ультразвукові датчики випромінюють високочастотні звукові хвилі і вимірюють час, необхідний звуковим хвилям, щоб відбитися від об'єкта і повернутися назад. Цей метод зазвичай використовується для вимірювання відстані та виявлення об'єктів.

Інфрачервоні датчики:

Інфрачервоні датчики вимірюють тепло, що випромінюється об'єктом. Вони зазвичай використовуються для вимірювання температури, теплотаплення та виявлення руху.

Магнітні датчики:

Магнітні датчики можуть виявляти зміни магнітних полів, спричинені близькістю магнітних об'єктів. Вони використовуються в таких додатках, як визначення наближення та вимірювання швидкості.

Ємнісні датчики:

Ємнісні датчики вимірюють зміни ємності, коли об'єкт наближається до датчика або віддаляється від нього. Вони використовуються для визначення наближення, визначення рівня та сенсорних екранів.

Радарні та мікрохвильові датчики:

Радарні та мікрохвильові датчики випромінюють радіохвилі та вимірюють їх відображення від об'єктів. Ці датчики часто використовуються для вимірювання відстані, вимірювання швидкості та виявлення об'єктів, у тому числі в автомобільній промисловості.

Датчики рентгенівського та гамма-випромінювання:

Ці датчики використовуються для неруйнівного контролю та контролю матеріалів, виявлення внутрішніх дефектів або характеристик без фізичного контакту.

Ключовою перевагою безконтактних вимірювальних приладів є їхня здатність вимірювати об'єкти, не змінюючи їх властивостей та не ушкоджуючи делікатні поверхні. Вони часто використовуються в додатках, де контактні методи непрактичні, занадто повільні або можуть призвести до помилок. Безконтактні датчики використовуються у широкому спектрі галузей промисловості, включаючи машинобудування (робототехніку, автомобілебудування, аерокосмічну промисловість тощо), охорону здоров'я, комунальне господарство тощо, для таких завдань, як контроль якості,

перевірка розмірів, відстеження об'єктів та моніторинг навколишнього середовища.

У контрольно-вимірювальних пристроях переважно використовуються або контактні системи датчиків, або безконтактні, які засновані здебільшого на використанні оптичних систем.

5.6.3. Математичне та програмне забезпечення КВМ.

Нагадаємо принципів положення вимірів на КВМ, які полягають у тому, що на машинах безпосередньо вимірюються лише координати, що характеризують положення точок у просторі. Визначення різних розмірів і нормованих геометричних параметрів (відхилення розташування, відхилення форми тощо) провадиться не виміром, а розрахунком при використанні даних про координати виміряних точок.

Розрахунки здійснюються з допомогою ЕОМ. ЕОМ постачаються пакетом вимірювальних програм (алгоритмами). Ці алгоритми стосовно завдань вимірювання містять набори формул, якими здійснюється розрахунок параметрів.

Бібліотека програм з вимірювань, що знаходиться в ЕОМ КВМ, включає: стандартні програми для визначення параметрів елементів правильної геометричної форми, програми для статистичної обробки результатів вимірювання та спеціальні програми, що використовуються при вимірюванні складних кривих 2-го і 3-го порядку, наприклад, при вимірі зубчастих коліс, кулачків та ін.

Принцип побудови програм до розрахунку геометричних елементів деталей ось у чому. Якою б складною не була форма будь-якої деталі, її можна розділити на кілька елементарних форм і скласти алгоритм (програму) для розрахунку розмірів цих найпростіших елементів. Так, у всіх КВМ як елементи деталей використовуються: точка, пряма, коло, еліпс, площа, циліндр, конус, сфера.

У програмі «точка» вимірюються її координати у просторі, визначається напрямок, у якому проведено вимір, вводиться поправка на розмір і становище сферичного вимірювального наконечника.

У програмі «пряма» при вимірі, наприклад, двох точок розраховується значення двох кутів, які визначають положення прямої в просторі, а також координати точки, в якій ця пряма перетинає нульову площину системи координат.

У програмі «коло» при вимірі трьох точок розраховується діаметр кола з розпізнаванням валу або отвору та координати центру кола. При вимірі положення більше трьох точок розраховуються дані для середнього кола та

вказується значення двох точок, найбільш віддалених від цього кола (меншій та більший радіус).

У програмі «площина» при вимірі трьох точок розраховується положення площини, тобто визначаються два кути, що характеризують напрямок нормалі до площини у просторі, а також координати точки, в якій обидві координати дорівнюють нулю. Якщо вимірюється більше трьох точок, то розраховуються дані про положення середньої площини та додаткові дані про розсіювання розташування точок від площини.

У програмі «циліндр» за результатами вимірювання як мінімум п'яти точок розраховується значення діаметра циліндра та двох кутів, які характеризують розташування осі у просторі та координати точки осі, яка перетинає нульову площину системи координат деталі. При вимірі більше п'яти точок розраховуються дані про середнє значення розміру, розсіювання точок і вказуються дві екстремальні точки.

Всі ці перелічені та їм подібні програми утворюють основу математичного забезпечення. Кожна машина має велику кількість підпрограм з урахуванням особливостей цих елементарних поверхонь.

Для математичного створення номінальної форми деталі з'єднують окремі елементи на площині чи у просторі. Для цього в математичному забезпеченні КВМ передбачені так звані програми, що komponують: дистанція, кут, симетрія, перетин, полярні координати.

Зупинимося ще на дуже важливому принципі математичного забезпечення, що пов'язано з базуванням деталі при вимірі. При вимірі деталь встановлюється на якусь поверхню, яка не є приєднувальною, тобто не використовується для приєднання при встановленні деталі в механізм, для якого вона призначена. Однак при вимірі на КВМ положення окремих точок визначається в координатах КВМ, тобто як координати машини поєднані з координатами деталі щодо тієї поверхні, якою деталь встановлена на столі машини. Поверхня, за допомогою якої встановлена деталь на столі машини, може мати відхилення форми. Тому під час базування деталь може розташуватися з перекосом у просторі щодо координат машини.

За допомогою спеціальної програми похибка базування може бути усунена. На рисунку 5.36 літерами X_m, Y_m, Z_m позначено координатну систему КВМ, а літерами X_q, Y_q, Z_q - координатну систему деталі. У випадку ці координатні системи не збігаються через похибки базування.

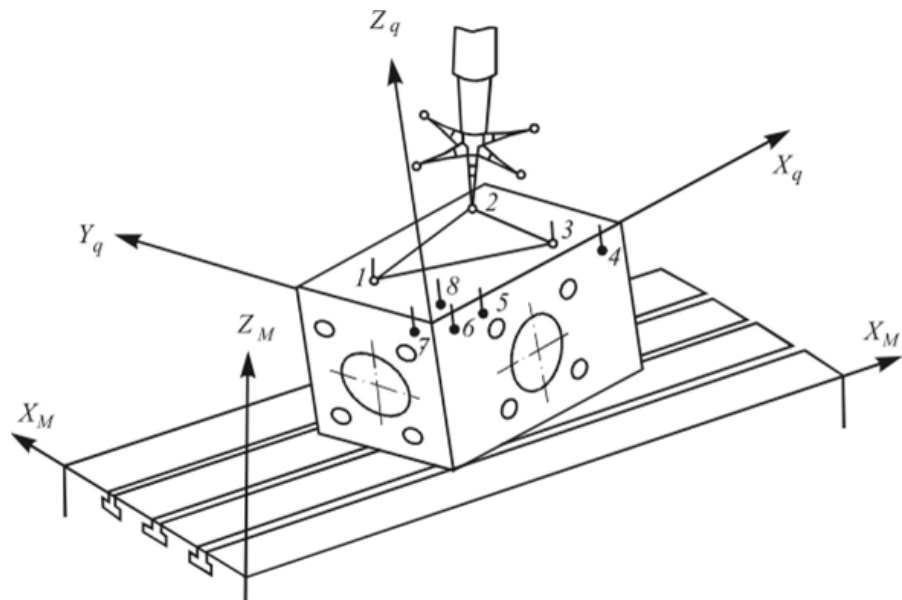


Рисунок 5.38 - Визначення положення координатних осей деталі

Щоб розраховувалися розміри щодо певної бази деталі, необхідно провести вимірювання додатково кількох точок. Так, вимірюванням точок 1, 2, 3 розраховується положення базової площини деталі, отже, визначається положення осі Z_q як перпендикуляра до цієї площини. Вимірюванням точок 4, 5 визначається напрямок осі X_q і за трьома точками 6, 7, 8 знаходиться початок координат системи деталі. При подальших вимірах розмірів цієї деталі розрахунок розмірів проводитиметься щодо системи координат деталі, а не в координатах машини.

Крім розглянутих вище підпрограм математичної обробки координат та геометричних параметрів поверхонь деталі для конкретної КВМ існує пакет програм обробки та перетворення сигналу на математичний образ. Цей пакет залежить від типу використовуваного датчика та методу зняття інформації на конкретній КВМ.

Програмні продукти для 3D-сканування та створення 3D-моделі дозволяють виконувати додаткові дії, пов'язані з особливостями процесу сканування оптичними датчиками. Найбільш характерними представниками даного класу програмного забезпечення є системи Artec Studio, Geomagic Design X, PolyWorks, PC-DMIS. Всі вони оснащені набором базових функцій, які оптимізують роботу оператора при створенні адекватної моделі та можливості експорту отриманої моделі у сучасні CAD/CAM системи за рахунок перетворення полігональних моделей у графічні примітиви там, де це можливо.

У процесі сканування оператор має можливість у діалоговому режимі налаштувати алгоритм обробки отриманих даних, знаючи фізичні принципи побудови поверхонь, що вимірюються (природно, можливий і автоматичний

процес обробки даних). Такий підхід дозволяє багато в чому оптимізувати процес отримання моделі за результатами вимірів.

Після закінчення процесу сканування програмне забезпечення дозволяє очистити сформовані поверхні від «шумів», які виникають внаслідок різних світлових ефектів при безконтактному скануванні.

На рисунку 5.39 наведено зображення відсканованого корпусу картера до корекції шумів (а) та після (б).

Сучасне програмне забезпечення також дозволяє обробляти дані у двох напрямках:

- створення «нової» твердотільної моделі (широко використовується при реверсивному інжинірингу);

- інспекція реального об'єкта в порівнянні з базовою твердотільною моделлю, яка отримана в результаті проектування.

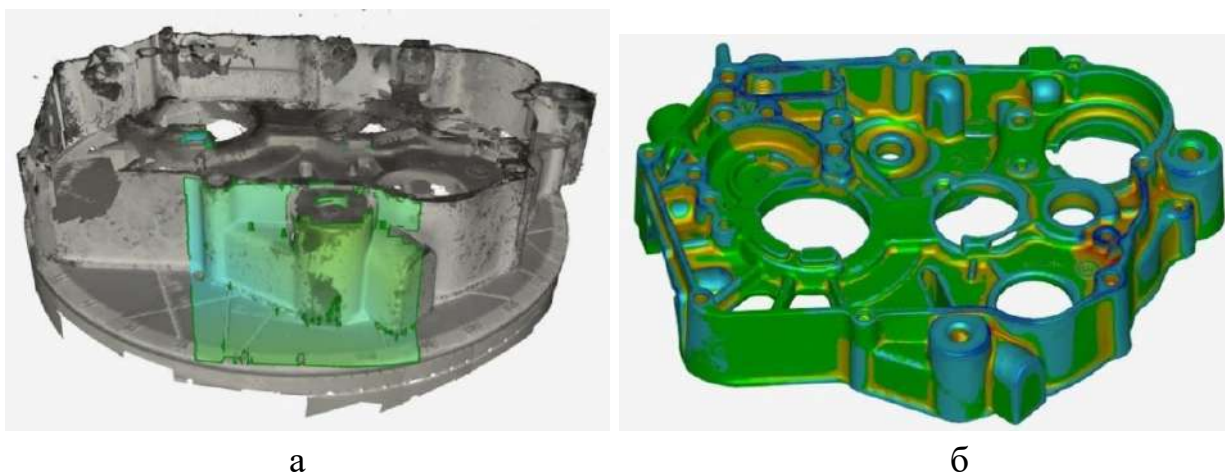


Рисунок 5.39 – Результати сканування об'єкта в системі «Artec Studio»:
а – первісний вигляд; б – після видалення «шумів»

На рисунку 5.40 наведено приклад результату інспекції реальної моделі корпусу, отриманої в результаті 3D- сканування, та теоретичної твердотільної моделі, отриманої в результаті конструювання в CAD/CAM системі.

При автоматичному режимі вимірювання всі дії (практично всі сучасні КВМ використовують цей принцип), необхідні для вимірювання деталі, виконуються за заданою програмою, управління переміщенням датчика контакту також здійснюється за допомогою ЕОМ без участі оператора. Це пов'язано в першу чергу з тим, що в більшості випадків є 3D модель деталі, яка розроблена в будь-якій системі CAD/CAM, тому координатний контроль відповідності поверхонь деталі її 3D моделі значно спрощується.

За будь-якого режиму вимірювання повинна бути попередньо розроблена послідовність проведення вимірювань або, як часто кажуть, складена програма вимірювання конкретної деталі.

Програма для вимірювання включає: вказівки про послідовність вимірювання окремих точок, окремих елементів деталі (стратегія вимірювань), про кількість точок, які повинні бути виміряні, а також параметри геометричної точності, які необхідно розрахувати, дані, що виводяться на протокол в результаті вимірювання, тощо.

Більше правильно назвати цю програму керуючою, оскільки програми з обробки результатів вимірювання положення окремих точок є в пам'яті ЕОМ. Програми не пов'язані з конкретними розмірами вимірюваної поверхні, а залежать від параметрів, які необхідно з'ясувати, наприклад, діаметр кола або відхилення розташування.

Якщо необхідно виміряти одну оригінальну деталь та інші такі самі деталі надалі надходити не будуть, то вимірювання виконується в напівавтоматичному режимі при діалозі з ЕОМ. Наприклад, оператор вказує, що йому необхідно визначити співвісність двох циліндрів. ЕОМ запитує оператора про кількість точок, які він збирається виміряти, що приймається за базу, як заданий допуск, залежним чи незалежним та інші відомості, необхідні для однозначного рішення. Після того, як запитувані дані введені в ЕОМ, оператор вимірює положення окремих точок і викликає протокол із відомостями, які він раніше запросив при складанні керуючої програми.

Якщо необхідно вимірювати партію однакових деталей або деталей, які періодично повторюватимуться при виготовленні, то вимірювання проводяться в автоматичному режимі. Для реалізації цього режиму повинна бути складена програма, що управляє, на конкретний типорозмір деталі з конкретними вимогами до параметрів її геометричної точності.

У цій керуючій програмі вказуються послідовність проведення вимірювань положення окремих точок, їх число, а також послідовність виклику підпрограм з ЕОМ для обробки значень тих чи інших параметрів, значення номінальних розмірів, відхилення, що допускаються, і, нарешті, відомості, які необхідно внести в протокол вимірювання. При використанні

автоматичного режиму вимірювання та підготовки керуючої програми деталь встановлюється у певне місце простору КВМ, і після підведення наконечника датчика до вихідної точки надалі весь процес здійснюється автоматично.

Підготовка програм для вимірювання деталей в автоматичному циклі може бути здійснена або способом «самонавчання», або програмуванням.

Самонавчання програмування полягає в тому, що програми складаються одночасно з вимірюванням першої деталі з партії, яка повинна бути виміряна. Ці перші вимірювання проводяться у напівавтоматичному режимі, тобто оператор, використовуючи кнопки пульта управління на КВМ, виконує вимірювання цієї деталі. Одночасно записуються всі ручні операції з виміру. У процесі такого «навчання» в програму можна вводити різні корективи. Наприклад, на першій деталі, що вимірюється, відсутні кілька отворів, які з'являться потім, а їх потрібно вимірювати, коли деталь буде повністю готова. У процесі вимірювання першої деталі можна ввести в програму управління всі вимоги до цих відсутніх отворів із зазначенням числа точок, які повинні бути виміряні, і які параметри розраховані. Після того, як перша деталь буде виміряна (отже, складено програму для її вимірювання), всі наступні деталі будуть вимірюватися в автоматичному режимі і буде повністю повторена та послідовність, яка мала місце при вимірюванні першої деталі оператором.

Програмування самонавчанням має ту перевагу, що не потрібен оператор-програміст, а недолік його в тому, що зайнята машина на програмування. При традиційному програмуванні його недолік полягає в тому, що складно іноді уявити собі просторову фігуру об'єкта вимірювання, потрібний кваліфікований програміст і, як правило, необхідне додаткове налагодження програми з обробленої деталі.

За результатами вимірювання партій однотипних деталей у багатьох КВМ передбачено статистичну обробку отриманих даних.

Контрольно-вимірювальні пристрої, вбудовані в верстат на етапі проектування, пов'язані із системою управління верстатів та утворюють єдину систему управління. Це дозволяє не тільки контролювати параметри деталі, але й здійснювати адаптивне керування процесом обробки (коригування глибини шару, що знімається, коригування траєкторії руху інструменту, управління заміною інструменту при зносі і порушенні геометричних параметрів).

Так, наприклад, пакет програм RENISHAW OMV (рис.5.41) дозволяє виконувати безпосередньо на верстаті контроль після обробки та остаточну перевірку деталей аналогічно операціям, що здійснюються на КВМ. Потім у програмі генеруються вичерпні звіти за результатами вимірювань та допусками деталей. Використання набору опцій виставлення, що вибираються

користувачем, дозволяє забезпечити оптимальне виставлення та орієнтацію деталі щодо CAD-моделі або системи координат верстата, що дає можливість спростити вимоги до налаштування навіть у випадку деталей дуже складної форми.

Програмування вимірюваних елементів може виконуватися шляхом безпосереднього вибору геометричних елементів на об'ємній моделі, шляхом введення даних вручну або з використанням імпорту файлів. Процедура програмування поверхонь довільної форми також нескладна. Потім завершені програми або окремі елементи моделюються на екрані для виявлення можливих зіткнень датчика з деталлю та інших помилок.

Отримані результати вимірювань можуть пересилатися в реальному часі на комп'ютер або заноситися в пам'ять системи ЧПУ для використання надалі (залежно від конфігурації та функцій верстата).

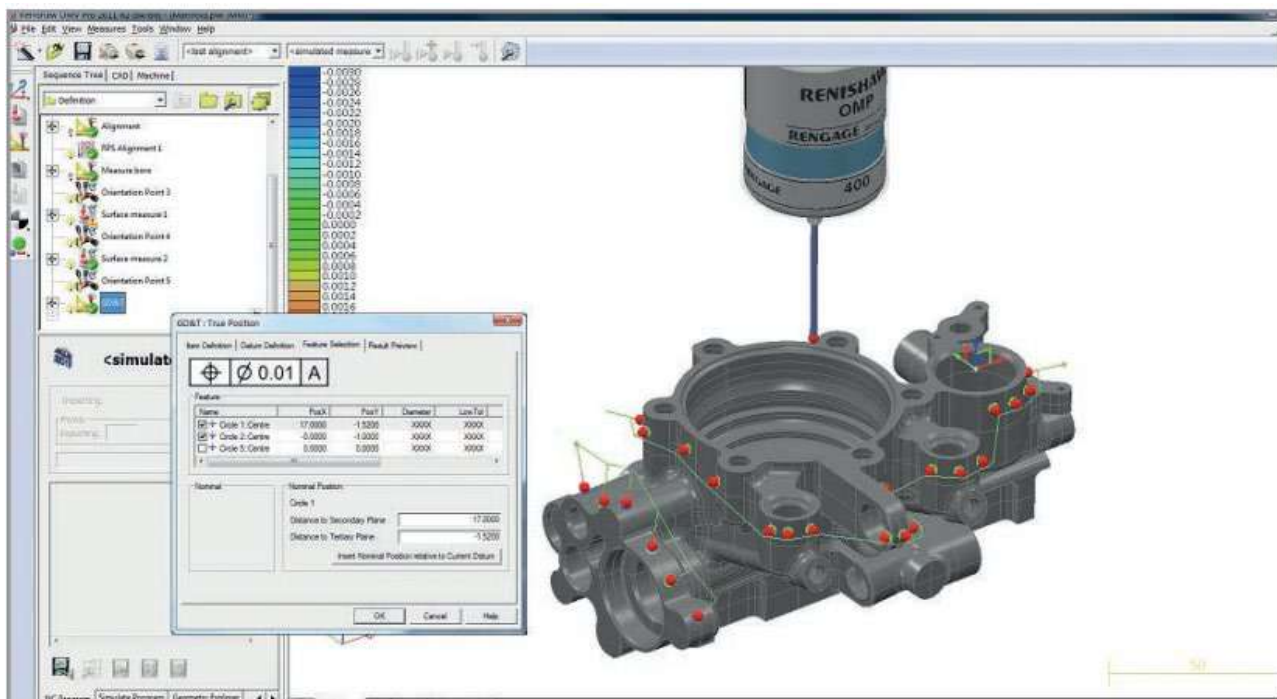


Рисунок 5.41 – Програмування процесу вимірювання та контролю обробки на багатофункціональному верстаті з ЧПУ компанії RENISHAW

Звіти, що видаються після вимірювань, можуть бути подані у різному форматі. Опції візуалізації на екрані включають точки різного кольору (з урахуванням відхилення від допуску) та виведення у відповідних місцях написів (виносок) та значень/міток. Передбачена також генерація звітів у табличному вигляді, що задається користувачем. Звіти включають дані приймання деталі, відомості про допуски та копії екрана із зображенням CAD-моделі деталі.

Запитання для самоконтролю

- 1. У чому призначення контрольно-вимірювальних пристроїв?*
- 2. Класифікація контрольно-вимірювальних пристроїв.*
- 3. Які функції виконують контрольні пристрої?*
- 4. Які функції виконують вимірювальні пристрої?*
- 5. Як діляться контрольно-вимірювальні прилади за рівнем автоматизації?*
- 6. У чому відмінність контрольно-вимірювальних пристроїв від пристроїв для обробки різанням?*
- 7. Чим відрізняються активні вимірювальні пристрої від пасивних?*
- 8. Як контролюється деталь за допомогою калібрів?*
- 9. Як вимірюються розміри за допомогою призм?*
- 10. Як працює пристрій з електроконтактним перетворювачем?*
- 11. Як працюють пристрої з пневматичними перетворювачами?*
- 12. Як виконується розрахунок точності контрольно-вимірювальних пристроїв?*
- 13. У чому особливості контактних вимірів? Їх переваги та недоліки.*
- 14. Які типи контактних датчиків ви знаєте? Їх переваги та недоліки*
- 15. Як працюють резистивні контактні датчики?*
- 16. Як працюють контактні тензодатчики?*
- 17. Які методи безконтактних вимірювань використовуються у контрольно-вимірювальних машинах?*
- 18. У чому полягає система вимірювань, що самонавчається?*

6 СКЛАДАЛЬНІ ПРИСТРОЇ

6.1. Загальні відомості.

Основне призначення складального пристрою – забезпечення можливості базування та встановлення деталей, вузлів, елементів у складальному положенні щодо базових поверхонь та осей монтажу, а також створення умов для виконання з'єднання деталей у складальну одиницю. Основне завдання - забезпечити високу продуктивність і зручність складання, точну, швидко установку та закріплення виробів, що сполучаються. Причому розглядаються абсолютно всі види робіт, які забезпечують цілісність машини або конструкції (зварювання, паяння, клепка, розвальцювання, посадки з натягом, створення роз'ємних з'єднань тощо)

Так як складальні пристрої, на відміну від верстатних, призначені для визначення однозначного просторового положення кількох деталей і вузлів у майбутній машині або конструкції, то, для виконання основного призначення, конструкція такого пристрою повинна мати деякі додаткові властивості порівняно зі верстатними пристроями:

- забезпечити збереження точності базових розмірів та положення всіх складальних елементів у процесі складання;
- мати вільні підходи для монтажу елементів та виконання з'єднань;
- виключати проміри, припасування та розмітку при встановленні деталей;
- за необхідності мати засоби механізації (автоматизації) для підйому, опускання та закріплення в робочому положенні складальних елементів;

6.2. Класифікація складальних пристроїв.

Існує велика різноманітність складальних пристроїв.

У різній літературі з технологічного оснащення можна знайти кілька варіантів класифікації складальних пристроїв, які відбивають різний підхід до комплектації елементів пристрою та умов його експлуатації. У загальному випадку, як і верстатні пристрої, так і складальні пристрої можна підвести до класичної класифікації пристроїв.

З точки зору функціонального призначення в машинобудівному виробництві їх можна поділити на три основні групи:

1. Пристрої для збирання вузлів, агрегатів, машин шляхом створення роз'ємних з'єднань у процесі збирання (у тому числі і посадок з натягом) без застосування додаткових технологічних операцій (рис.6.1).



Рисунок 6.1 – Приклад нерозбірного складального пристрою з елементами транспортно-завантажувальної системи

Основна сфера використання пристроїв цієї групи - складання машин або агрегатів середнього габариту. Спочатку в пристрій базується і закріплюється елемент основи (базова деталь, корпус, каркас, лонжерон тощо), який служить базою для встановлення та монтажу інших вузлів та агрегатів машини. Базування елементів, що встановлюються, здійснюється з використанням конструкторських баз, передбачених складальним кресленням. Точність монтажу у даному випадку визначається точністю виготовлення відповідних елементів конструкції.

2. Пристрої для компонування деталей, вузлів та елементів конструкції з необхідними зазорами (або без них) для подальшого з'єднання в єдине ціле нероз'ємне з'єднання (рис.6.2) із застосуванням додаткових технологічних операцій (зварювання, паяння, клепка тощо). Це так звані пристрої для зварювальних робіт.

Ця група пристроїв відрізняється від усіх розглянутих раніше.

По-перше, необхідно базувати та закріплювати кілька деталей різної просторової форми та габаритів. Це передбачає використання різних за конструкцією елементів базування та закріплення.



Рисунок 6.2 – Приклад пристроїв для збирання та зварювання рами велосипеда

По-друге, необхідно витримати точність взаємного розташування всіх елементів, що монтуються в просторі, забезпечивши необхідні зазори між деталями і вузлами, що передбачає з одного боку точність розташування базових елементів під кожен деталь, а з іншого, однозначну послідовність закріплення деталей, щоб уникнути зміщення деталей щодо теоретичного становища у процесі докладання зусиль затиску.

По-третє, розташування базових і затискних елементів, з одного боку, не повинно заважати встановленню та закріпленню елементів, що збираються, а з іншого, не обмежувати доступ обладнання та інструменту в зону з'єднання деталей.

3. Пристрої, призначені в основному для створення роз'ємних з'єднань, але з елементами зварювальних (клепальних) робіт.

Дана група пристроїв в основному застосовується при складанні машин, для яких характерне домінування складальних процесів вузлового складання і тільки деякі деталі та елементи утворюють нероз'ємні з'єднання в машині, що збирається.

Крім вище перерахованих типів складальних пристроїв в машинобудуванні на етапі попереднього складання використовують пристрої для попереднього складання окремих вузлів машин (початкового деформування пружних елементів, що збираються (рис.6.3), таких як пружини, ресори, розрізні кільця; валів з шестернями).

На ці пристрої поширюються ті ж принципи компоновки і монтажу, що і на пристрої першої групи, однак, зазвичай мають менші габарити, не припускають великої кількості деталей, що збираються, і не вбудовуються в транспортну систему.



Рисунок 6.3 – Пристрій для попереднього стиснення пружини амортизатора

Залежно від сфери застосування, складу, конструкції та способу з'єднання елементів, що входять у пристрій, складальні пристрої об'єднують за конструктивно – експлуатаційними ознаками у наступні групи:

- нерозбірні спеціальні складальні пристрої (НССП);
- універсально-збірні пристрої для складальних робіт (УЗПСР);
- спеціалізовані складальні пристрої (ССП).

6.2.1. Нерозбірні спеціальні складальні пристрої.

НССП є засобом технологічного оснащення багатосерійного та середньосерійного виробництва, де з їх допомогою виробляються практично кожна чи кожна друга конструкція. Нерозбірні спеціальні складальні пристрої в багатьох випадках вбудовуються в транспортну лінію, що забезпечує конвеєрне виконання складальних робіт (наприклад, можна розглядати конвеєрні складальні лінії в автомобілебудуванні, див. рис.6.1). У одиничному та дрібносерійному виробництві вони використовуються у разі крайньої необхідності – коли без пристроїв неможливо забезпечити задану точність.

За призначенням розрізняють два основних типи спеціальних пристроїв.

До першого типу відносяться пристрої для нерухої установки та закріплення базових деталей та вузлів. Пристрої цього типу забезпечують необхідну стійкість та нерухомість деталі у процесі складання і підвищують продуктивність праці, оскільки робітники звільняються від необхідності утримувати об'єкт складання руками.

До другого типу спеціальних пристроїв відносяться пристрої для точної і швидкої установки деталей і частин виробів, що з'єднуються.

НССП технологічні та відносно дешеві у виготовленні (залежно від вузла або машини, що збирається), прості і зручні в експлуатації. Використання

з'єднання без зазору або зварного варіантів з'єднання елементів пристроїв забезпечує їм високу жорсткість при мінімальній металоємності, здатність тривалого збереження стійкості розмірів, надає раціональні форми і компактність їх конструкцій, що і зумовило широке застосування спеціальних пристроїв. Однак ці пристрої мають і ряд недоліків, які пов'язані з їх проектуванням, виготовленням та експлуатацією.

Основним недоліком НССП є їхнє одноцільове призначення та неможливість переналаштування на виробництво інших виробів, конструктивно відмінних від тих, для яких вони розроблені. Причини цього полягають в індивідуальному підході до проектування спеціальних пристроїв, використання в їх конструкціях оригінальних рішень, з'єднань без зазорів і нероз'ємних з'єднань елементів в результаті чого в конструкціях НССП практично відсутні уніфіковані та стандартні елементи, наділені взаємозамінністю та можливістю повторного застосування, що забезпечують оборотність пристроїв.

Незважаючи на простоту та компактність конструкцій, зручність та надійність в експлуатації, спеціальні пристрої не мають достатньої гнучкості. В результаті при зміні об'єктів виробництва їх списують, іноді задовго до зносу, а при освоєнні нових виробів проектують і виробляють заново.

6.2.2. Універсально-збірні пристрої для складальних робіт.

Даний тип пристроїв застосовують для визначення точного просторового положення та закріплення різних за формою та габаритними розмірами деталей та елементів майбутньої конструкції з метою об'єднання їх в єдине ціле за допомогою складальних операцій у одиничному та дрібносерійному виробництвах (рис.6.4). Найчастіше такі пристрої використовуються при створенні нероз'ємних з'єднань конструкції.

Як і універсальні збірні пристрої (УЗП) для металорізальних верстатів, ці пристрої складаються з набору конструктивно уніфікованих елементів (рис.6.5), з яких шляхом багаторазового компонування і перекомпоновання створюються пристрої для складання різних конструкцій. Можливість такого компонування та перекомпоновання елементів УЗПСР забезпечується високою взаємозамінністю та універсальністю їх конструкцій. Причому, встановлені стандартами норми точності та взаємного розташування поверхонь елементів УЗПСР забезпечують їх складання без натягу і подальшого підганяння.



Рисунок 6.4 – Приклад пристроїв з урахуванням елементів УЗПСР

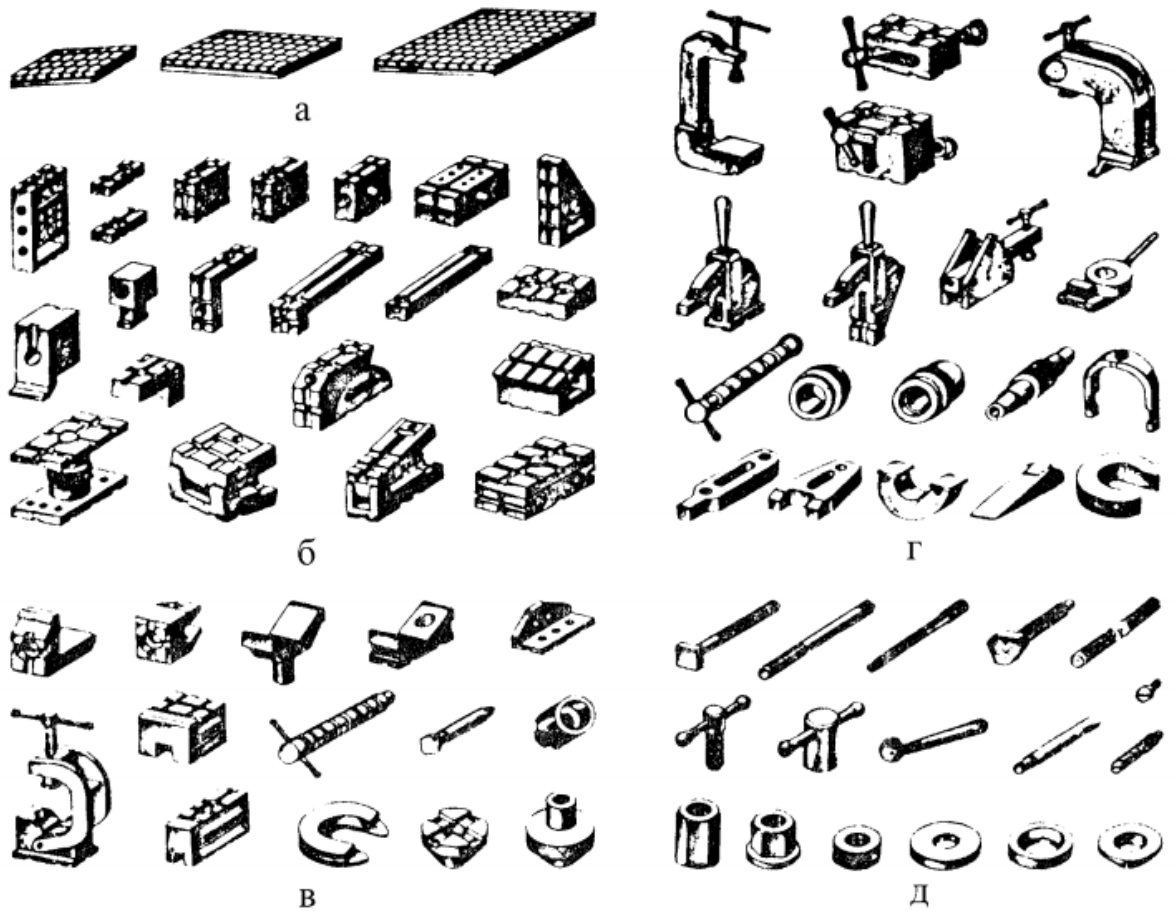


Рисунок 6.5 – Основні групи елементів УЗПСР:

а – базові; б - опорно-корпусні; в – фіксуючі; г – затискні; д - елементи кріплення

6.2.3. Спеціалізовані складальні пристрої (ССП).

Подальший розвиток УЗПСР отримали у вигляді системи спеціалізованих складальних пристроїв, які дозволяють використовувати переваги НССП та гнучкість УЗПСР. Спеціалізовані складальні пристрої - це плоска або просторова координатна система, що переналагоджується, яка складається з каркасу, базуючих, кріпильних і додаткових елементів. Базування деталей, вузлів, панелей може здійснюватися як безпосередньо за базуючими елементами пристрою (базуючими поверхнями, як в УЗПСР), так і за базуючими елементами пристрою та базовими отворами (як у спрощених складально-розбірних пристроях). Для складання плоских вузлів спеціалізований складальний пристрій проєктується у вигляді прямокутної або полярної системи координат, а для складання просторових вузлів пристрої проєктують у вигляді прямокутної декартової системи координат.

Координатна система спеціалізованих складальних пристроїв реалізується за допомогою колон, балок, координатних лінійок, дистанційних калібрів та різного типу накладок, в яких є отвори для встановлення їх у потрібне положення.

Кожен спеціалізований складальний пристрій призначений для складання в умовах одиничного або дрібносерійного виробництва групи однотипних вузлів та агрегатів. При переході зі складання одного типорозміру вузла на інший типорозмір вузла пристрій не демонтують, а роблять перестановку – переналагодження базуючих та кріпильних елементів на каркасі пристрою. Переналагодження пристрою проводять на підставі схеми (або таблиці координат точок) установки даного типорозміру вузла або агрегату.

6.3. Базування деталей у складальних пристроях.

Як вже розглядалося раніше, основним завданням базування є забезпечення необхідного положення деталей у вибраній системі координат щодо одна одної або всього виробу щодо технологічного обладнання, причому це положення не повинно змінюватися протягом виконання технологічного процесу. Тому розглянуті раніше принципи теорії базування справедливі і для розробки схем базування складальних пристроїв.

У складальних пристроях першої групи основна увага приділяється доданню правильного положення елемента, тому що вся наступна збірка вузлів, агрегатів і машини в цілому здійснюється за конструкторськими базами самих вузлів і деталей.

У складальних пристроях для створення нероз'ємних з'єднань ризик виникнення невизначеності базування підвищується з кількох причин:

- збільшення довжини розмірного ланцюга положення замикаючої ланки, яке пов'язане зі збільшенням кількості деталей, що беруть участь у складанні (має брати участь як мінімум дві деталі);

- збільшення кількості опорних точок для забезпечення стійкості положення деталі в процесі виконання технологічної операції;

- неодночасне (послідовне) закріплення деталей у пристрої, що може призвести до зсуву деталей від теоретичного положення у процесі закріплення.

Тому вибір схеми базування деталей у такому пристрої здійснюється не тільки з використанням класичних варіантів, але і з урахуванням додаткових характеристик оброблюваних деталей.

У кожній конструкції є деталь, що містить вимірювальні бази, від яких вимірюються настановні розміри інших деталей, і вона при складанні встановлюється першою. Тому із цією деталлю доцільно пов'язувати систему координат.

При виборі схеми базування деталей у пристрої вирішується завдання визначення положення деталей у конструкції, тому доцільно використовуватиме для цього комплект конструкторських основних баз, і навіть допоміжних конструкторських баз самої деталі, оскільки до кожної з них можуть приєднуватися інші. Деталі можуть мати різні реальні та абстрактні базові поверхні, тому їх необхідно призначати з огляду на їх класифікаційні ознаки. Вимірювальні бази використовуватимуться для контролю зазначених розмірів.

Розглянемо варіант базування двох циліндричних тіл з осями, що перетинаються (рис.6.6, 6.8).

У базуванні патрубків 1 і 2 беруть участь їх зовнішні циліндричні поверхні, а для патрубка 2 ще криволінійна торцева поверхня патрубка 1. Комплект баз для базування патрубка 1 - подвійна напрямна (1,2,3,4), опорна (5) по площині фланця і поворотна (6) отвори у фланці при необхідності визначити положення патрубка щодо отворів кріплення для з'єднання з іншими елементами конструкції. Патрубок 2 базується по подвійній напрямній (1,2,3,4), опорній криволінійній (5) на патрубку 1 і поворотній отвори (6) у фланці. Очевидно, що при використанні такої схеми базування спочатку повинна бути встановлена і закріплена деталь 1, а потім вже деталь 2, так як використовується криволінійна поверхня деталі 1 в якості базової поверхні. Можливо також використовувати як базу площину фланця патрубка 2 (позначено штриховою лінією на рисунку).

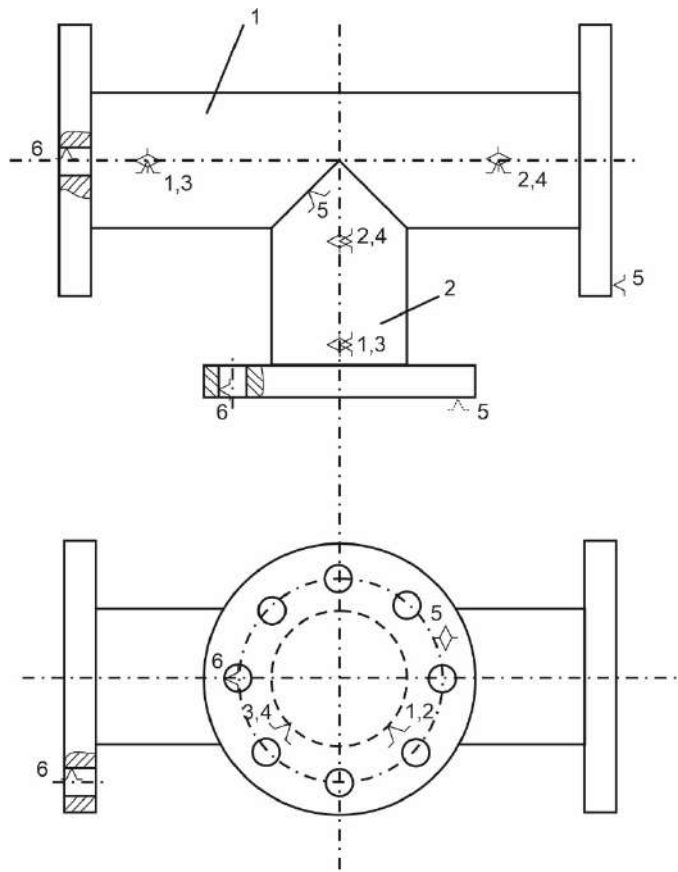


Рисунок 6.6 – Схема базування деталей патрубка під час зварювання

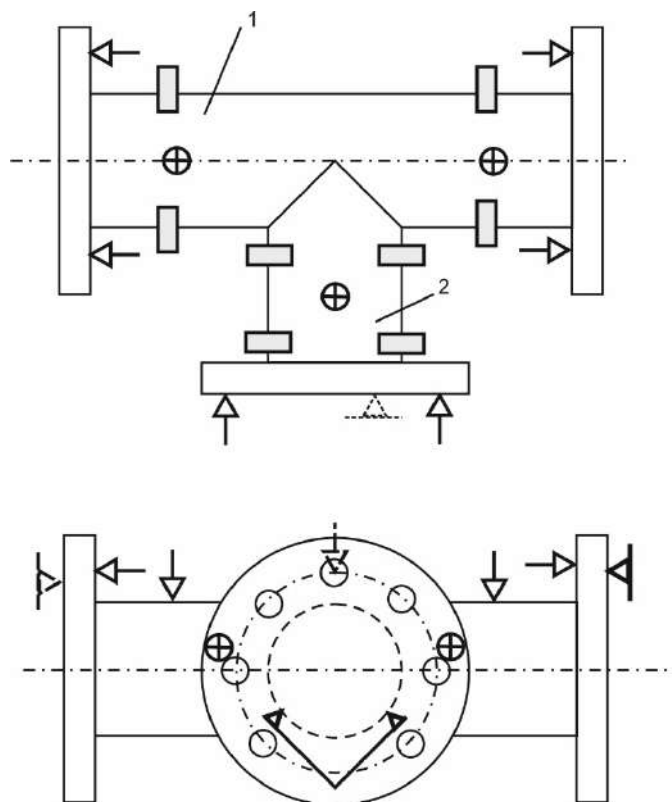


Рисунок 6.7 – Принципова схема розміщення елементів базування та закріплення деталей патрубка при зварюванні

Однак, в цьому випадку можлива досить значна похибка положення патрубків 2 щодо патрубків 1, тому площину фланця патрубків 2 використовують як додаткову базу для контакту з криволінійною базовою поверхнею (реальний пристрій на рисунку 6.8).



Рисунок 6.8 – Приклад пристрою для базування деталей патрубків на базі елементів УЗПСР під час зварювання

Як базові елементи у пристрої використовуються призми, площини базових вертикальних опор і встановлені в опори пальці, як поворотні бази. Закріплення деталей здійснюється двома одиночними затискачами, кожен з яких розташований поблизу настановної призми, для деталі 1 і одним затискачем, який розташований по середині настановних призм, для деталі 2. Положення фланців закріплено струбцинами 2 з кожної сторони, які розташовані симетрично щодо осі фланця, що забезпечує рівномірність затиску та відсутність перекосу при закріпленні.

6.4. Вузли та елементи складальних пристроїв.

Незалежно від типу складальний пристрій є складною просторовою конструкцією, що складається з певного набору елементів. Цей набір елементів може бути оригінальним і утворювати монолітну нерозбірну конструкцію (для НССП) або бути уніфікованим для створення збірно-розбірної конструкції УЗПСР.

У загальному випадку всі вузли та елементи складального пристрою можна розділити на п'ять основних класів:

- корпусні елементи (складальні столи, рами, підстави, балки, стояки, колони), у яких монтуються й інші елементи пристрою;

- настановні (базуючі) елементи (опори, призми, плити стику, дистанційні калібри, настановні лінійки тощо);
- засоби кріплення та фіксації деталей, що збираються в складальному положенні;
- механізми для встановлення та зняття з пристрою деталей та складальних одиниць (при складанні габаритних виробів та машин);
- механізми для підймання та закріплення настановних елементів пристрою у вихідному та робочому положенні (при необхідності попереднього монтування пристрою для збирання габаритних виробів та машин).

Оригінальні конструкції НССП розробляються під індивідуальний складальний процес (або виконання зварювальних робіт) за загальноприйнятими методиками проєктування пристроїв, і в цьому посібнику не розглядатимуться.

Структурно УЗПСР складаються з наборів високоуніфікованих взаємозамінних елементів, на основі яких створюються конструктивно різні складальні пристрої. За призначенням елементи УЗПСР перших трьох класів більш детально розділені на п'ять функціональних груп, основними з яких є:

1. Базові елементи. Одна з основних груп, елементи якої служать основами пристроїв, що компонуються. До складу цієї групи входять базові плити, балки та кути. Елементи цієї групи істотно впливають на жорсткість зібраних пристроїв і, в основному, визначають їх технічні можливості (рис.6.9).



Рисунок 6.9 – Базові елементи УЗПСР

2. Корпусні елементи. Елементи цієї групи, поєднуючись із базовими елементами, утворюють корпус пристрою. Від виконання корпусних елементів багато в чому залежить зручність збирання та експлуатації пристроїв, раціональність їх конструкції та працездатність. До складу групи

входять: косинці, опори, підкладки, сполучні планки, упори, опорні платики, проставки (рис.6.10).



Рисунок 6.10 – Корпусні елементи УЗПСР

3. Фіксуючі елементи. У цю групу входять елементи, призначені для встановлення та фіксації в заданому положенні заготовок зварних конструкцій, збираються в пристроях. Загальний вигляд фіксуючих елементів УЗПСР серії 1 показано на рисунку 6.11. До групи входять: фіксатори, призми, планки відкидні та настановні, корпуси, державки, пальці, валики, центри тощо.



Рисунок 6.11 – Фіксуючі елементи УЗПСР

4. Притискні елементи. Елементи цієї групи призначені для закріплення заготовок зварних конструкцій, що збираються у пристроях. До складу групи входять: притискачі, струбцини, домкрати, прихвати, натискні гвинти та гайки, п'яти, хомути тощо (рис.6.12).



Рисунок 6.12 – Притискні елементи УЗПСР

5. Кріпильні деталі. Призначені для з'єднання елементів пристроїв між собою. До цієї групи відноситься група різних елементів, що не мають явно вираженого функціонального призначення, до складу якої входять кільця, пружини, штифти та інші елементи разового застосування.

6.5. Особливості проєктування уніфікованих елементів.

Початковий підхід до проєктування елементів УЗПСР ґрунтувався на використанні напрацювань створення універсальних збірно-розбірних пристроїв для закріплення заготовок при обробці на металорізальних верстатах. Однак, ряд конструктивних особливостей базових та настановних елементів не зовсім повно враховував необхідність фіксувати просторове положення і надалі закріплювати одночасно кілька деталей у пристрої.

По-перше, оскільки класичне розташування пазів в універсальному складальному пристрої взаємно перпендикулярно, відсутня можливість жорсткої фіксованої установки елементів під кутом як до поверхні базової плити, так і відносно координатної сітки розташування пазів. Це ускладнюється ще й тим, що уніфіковані елементи пристрою практично мають прямокутну форму.

По-друге, за таким принципом з'єднання, коли елементи встановлюються тільки на пази, розміри, які визначає пристрій, завжди кратні кроку розташування пазів і не можуть бути змінені. Ці недоліки різко обмежують можливості конструювання пристроїв для багатоелементних конструкцій, розміри та розташування елементів яких, як правило, не узгоджуються з розмірами та розташуванням пазів в установках УЗП.

По-третє, у зв'язку з наявністю шпонково-болтового з'єднання конструктивно-технологічних зазорів, УЗП не забезпечують збереження стабільності заданих розмірів при тривалій експлуатації пристроїв без розбирання через вплив змінних навантажень закріплення-зняття деталей.

Тому в конструкцію уніфікованих елементів, які утворюють комплект для УЗПСР, була внесена низка змін, як основних базових (корпусних) елементів, так систем фіксації окремих елементів при складанні пристрою.

Характерною та відмінною ознакою конструкції є наявність у тілах елементів УЗПСР наскрізних пазів особливої форми та розташування, через які елементи з'єднуються між собою, утворюючи пристрої, як показано на рисунку 6.13,а.

Пази на поверхнях елементів розташовуються паралельними рядами у шаховому порядку. Зсув пазів у сусідніх рядах виконано симетрично таким чином, щоб проміжки між пазами одного ряду розташовувалися посередині пазів іншого (сусіднього) ряду. На обмежених поверхнях деяких елементів УЗПСР, які несуть додаткові базуючі та настановні функції та монтуються безпосередньо на основу або складальний стіл, виконується по два паралельні пази (рис.6.13,б).

Прийняті схеми розташування пазів та їх геометричні розміри забезпечують повну свободу з'єднання елементів при їх довільній установці. Тобто установка базових елементів, у яких надалі можуть бути інші елементи пристрою, можлива майже під будь-яким кутом у просторі (рис.6.13,в).

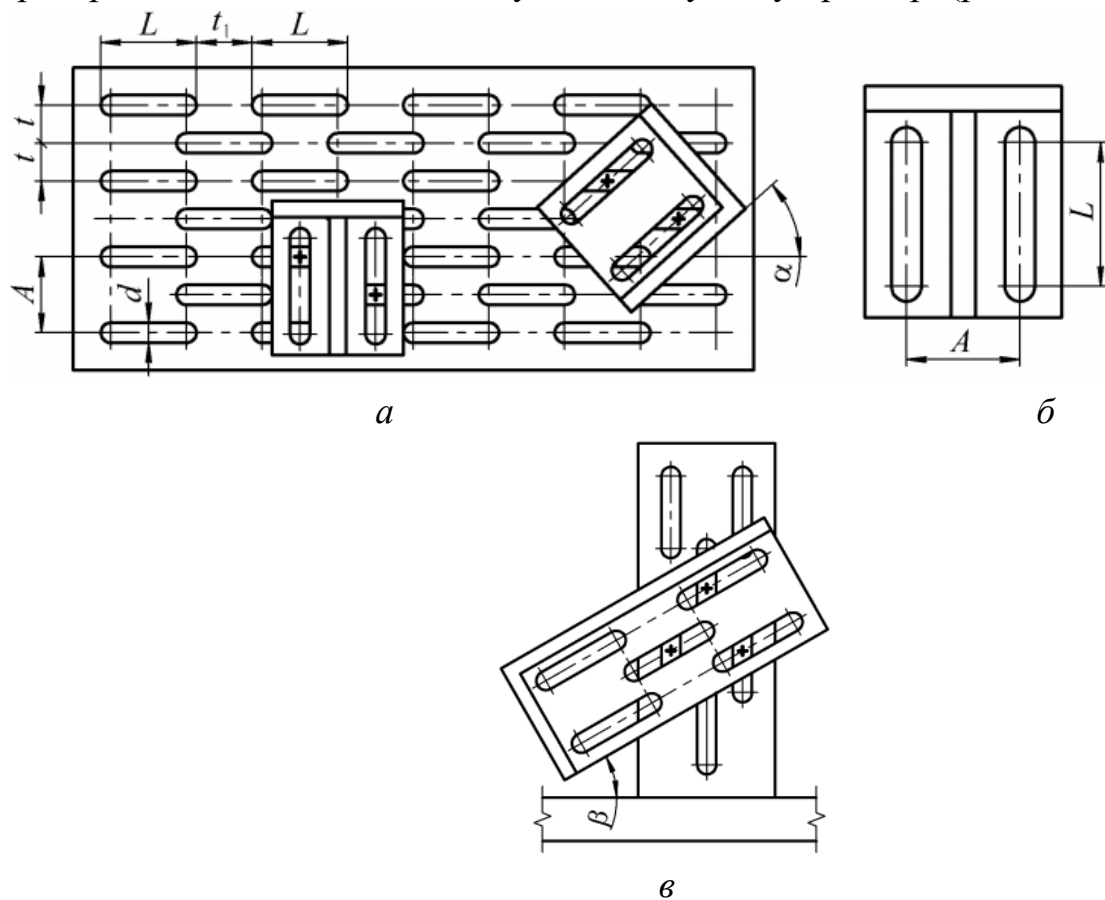


Рисунок 6.13 – Принципова конструктивна схема УЗПСР:
 а – встановлення та кріплення елементів на підставі; б – схема розміщення пазів на поверхнях елементів; в – з'єднання корпусних елементів

Це забезпечує практично необмежені можливості конструювання збірних пристроїв без введення до складу додаткових або оригінальних елементів.

Жорстка фіксація елементів УЗПСР у пристрої досягається двома способами:

1. Заповненням пазів, в яких встановлені елементи кріплення наповнювачем, що швидко твердне, та який усуває зазори між поверхнями пазів і кріпильних елементів і тим самим створює з'єднання без зазору, де стандартні кріпильні елементи нормальної точності одночасно є і пальцями, що встановлюються. Сутність з'єднання елементів УЗПСР з наповнювачами показана на рисунку 6.14. У з'єднанні беруть участь: елементи 1 і 2, що поєднуються, кріпильні елементи 3 (болти, шайби, гайки) і затверділий наповнювач 4.

При використанні даного способу жорсткість з'єднання регламентується характеристиками міцності застосовуваних кріпильних елементів і наповнювачів. Профіль пазів у поперечному перерізі виконується, як правило, призматичним за формою, а пази - овальної.

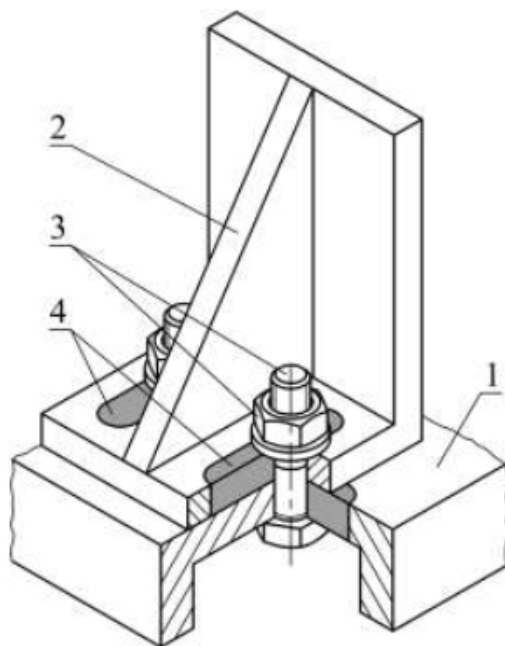


Рисунок 6.14 – Безсоромна фіксація елементів УЗПСР

2. Застосуванням клинового з'єднання елементів УЗПСР, сутність якого показано на рисунках 6.15,а та 6.15,б.

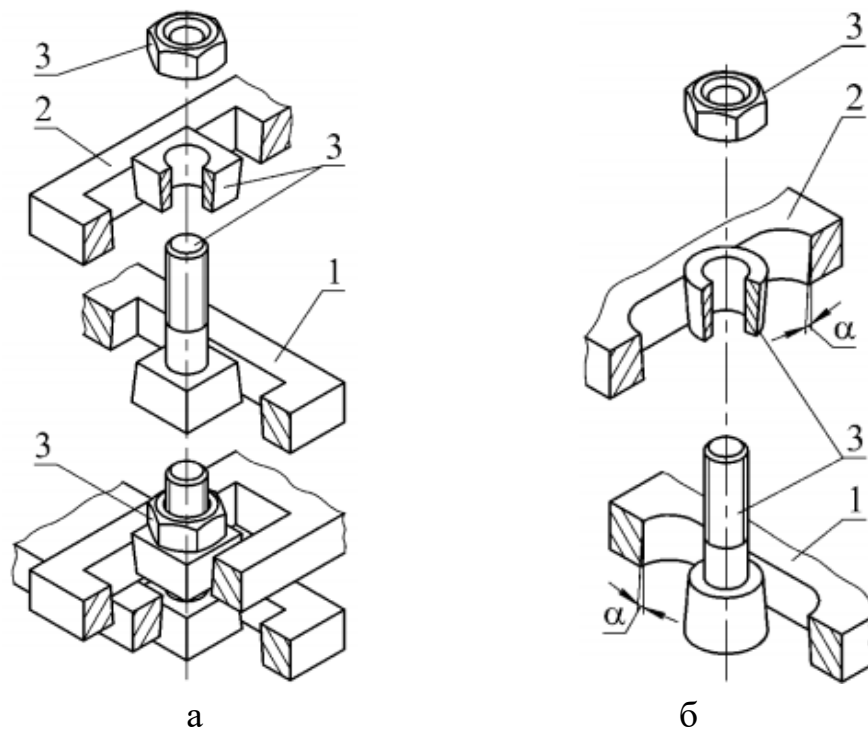


Рисунок 6.15 – Роз’ємна фіксація елементів УЗПСР

За цим способом у з’єднанні беруть участь з’єднальні елементи 1 і 2 та елементи кріплення 3. До складу кріпильних елементів входять: болти з клиновими головками, клинові сухарі і гайки. При цьому клинові головки болтів і сухарі можуть бути призматичного або циліндричного (конічного) виконання. Жорсткість з’єднання в даному випадку регламентується, в основному, величиною сил тертя, які виникають на поверхнях елементів з’єднання та перешкоджають їхньому відносному переміщенню. Завдяки тому, що елементи кріплення мають клинову форму, пази у поперечному перерізі виконуються конусними з кутом при вершині. Залежно від виконання кріпильних елементів пази формою можуть бути прямокутними (рис.6.15,*а*) або овальними (рис.6.15,*б*).

Таким чином, конструкція УЗПСР, що розглядається, має ряд переваг у порівнянні з класичною комплектацією УЗП.

По-перше, відсутність в елементах точних настановних отворів, шпонкових та Т-подібних пазів дозволяє знизити точність обробки і, відповідно, вартість виготовлення елементів УЗПСР, максимально наблизивши характеристики пристрою до аналогічних показників НССП.

По-друге, забезпечити можливість конструювання різних пристроїв без застосування додаткових перехідних пристроїв, що дозволило знизити кількість елементів, що беруть участь у компонуванні пристроїв, спростило умови їх складання, підвищило точність, жорсткість та надійність пристроїв в цілому.

6.6. Визначення зусиль затискання деталей при складанні.

Методика визначення зусиль затиску для складальних пристроїв при монтажі роз'ємних конструкцій та створення нероз'ємних з'єднань різна за своєю суттю.

При створенні роз'ємних з'єднань у складальних пристроях особлива увага приділяється закріпленню базової деталі щодо якої надалі виконуються всі монтажні та складальні роботи. Зусилля закріплення базової деталі для нерозбірних спеціальних складальних пристроїв зазвичай розраховують з урахуванням габаритів деталей, що монтуються, і вузлів з метою забезпечити нерухомість і необхідну жорсткість конструкції, що збирається в процесі монтажу. Зусилля закріплення інших вузлів і деталей стосовно базового елемента визначаються технічними умовами монтажу та контролюються за допомогою спеціального оснащення (динамометричні ключі, щупи тощо).

При складанні конструкцій в УЗПСР як для монтажних, так і для зварювальних робіт, коли потрібно забезпечити збереження заданих зазорів або їх відсутність між деталями, що сполучаються, і утримання деталей від можливого їх зсуву в процесі закріплення, розрахунок зусиль затиску деталей дуже трудомісткий.

В цьому випадку, враховуючи конкретні умови компонування пристрою, габарити та розміри окремих елементів деталей, властивості матеріалу деталей (зокрема величину δ_m) зусилля кожного притиску вибирають у межах 1000-4000Н. Як показує виробничий досвід, такі зусилля притиску цілком достатні задля забезпечення умов, зазначених вище.

Більш складним є розрахунок зусиль, необхідних для утримання та виключення деформування виробів у процесі зварювання та подальшого охолодження. У цьому випадку спочатку необхідно визначити можливі деформації та переміщення у зоні зварних з'єднань. У найпростіших елементах зварних конструкцій переміщення та деформації визначаються розрахунковим шляхом із використанням методів теорії зварювальних деформацій. Потім з використанням знайдених значень переміщень або деформацій розраховуються зусилля та моменти, які необхідно докласти до виробу в зоні дії цих деформацій чи переміщень з метою їх компенсації чи мінімізації під час зварювання чи охолодження.

6.7. Розрахунок точності складання в пристрої.

Точність складання залежить від виду поєднання деталей, точності їх виготовлення, методу базування при складанні, а також від точності складального пристрою. Найбільша точність забезпечується при складанні

деталей, що сполучаються по centruючих поверхнях без зазору. У цьому випадку пристрій не впливає на точність сполучення деталей за їх концентричність. При нерухомих поєднаннях деталей, що орієнтуються при складанні по centruючим елементам з гарантованим зазором, їх найбільше зміщення в бічному напрямку від середнього положення дорівнює максимальному радіальному зазору. Застосовуючи конічні або розтискні напрямні елементи пристрою, це зміщення можна звести до мінімуму перед остаточним скріпленням деталей.

При рухомому з'єднанні точність взаємного положення деталей залежить від пристрою, а визначається точністю виготовлення самих деталей. Взаємне положення осей механізму залежить від точності розташування отворів у платах та від зазорів між цапфами та отворами.

За відсутності centruючих елементів складання виробу ведуть, поєднуючи технологічні бази деталей, що сполучаються, з вимірювальними, тобто з поверхнями, по яких проводиться вимірювання заданого розміру. В результаті поєднання технологічних та вимірювальних баз точність складання буде найбільша, оскільки похибка базування при цьому дорівнює нулю. Коли технологічні бази деталей не поєднані з вимірювальними, розмір, який потрібно витримати, виконується з похибкою базування, що дорівнює сумі допусків на розміри лінійних розмірів деталей, що сполучаються.

При складанні складніших вузлів з великою кількістю деталей точність розміру, що витримується, може бути визначена на основі розрахунку відповідного розмірного ланцюга (рис.6.16).

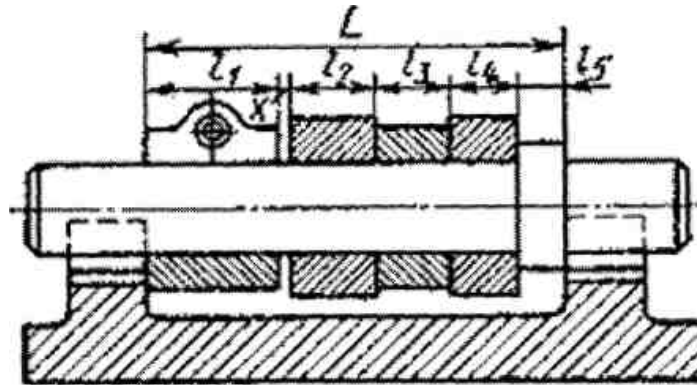


Рисунок 6.16 - Схема розрахунку розмірних ланцюгів складального пристрою

При вирішенні розмірного ланцюга по максимуму і мінімуму (метод повної взаємозамінності) допуск на розмір X , що витримується.

$$\delta_x = \delta + \sum_{i=1}^n \delta_i$$

де δ - допуск на розмір L пристрою; $\sum_{i=1}^n \delta_i$ - сума допусків на розміри l_1, l_2, \dots, l_n деталей.

Ця формула справедлива для випадку, коли складання здійснюється з використанням декількох пристроїв (дублерів) або пристроїв-супутників на автоматичній лінії. Якщо складання виробляють в одному пристрої, то величину δ враховувати не слід, або при великій програмі випуску виробів під нею потрібно розуміти допуск на зношування настановних елементів пристрою.

Вирішуючи зворотне завдання, з цього виразу можна знайти допуск δ на розмір пристрою, знаючи допуски на розміри деталей, що сполучаються, і допуск δ_x на розмір, що витримується:

$$\delta = \delta_x - \sum_{i=1}^n \delta_i$$

При вирішенні розмірного ланцюга за методом неповної взаємозамінності допуск на розмір X , що витримується, можна визначити за формулою:

$$\delta_x = t \sqrt{\tau_1 \delta_1^2 + \tau_2 \delta_2^2 + \dots + \tau_n \delta_n^2 + \tau \delta^2}$$

де t - коефіцієнт, що визначає ризик (%) отримання браку за розміром, що витримується при складанні (зазвичай беруть $t=3$); $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ - коефіцієнти, що залежать від форми кривих розподілу розмірів відповідних деталей вузла, що сполучаються.

У разі кривої розподілу, наближеної до нормальної, $\tau = 1/9$. Для кривої, що дорівнює ймовірності, і у випадку, коли про форму кривої нічого не відомо, рекомендується приймати $\tau = 1/3$. Якщо крива розподілу близька до трикутника $\tau = 1/6$. Знаючи вихідні величини і задаючи значення t , можна визначити допуск δ на розмір складального пристрою.

Результати розрахунку показують, що при порівняно невеликому ризику отримання браку, допуск на розмір пристрою можна значно розширити. Разом з тим розширюють допуски і на розміри деталей, що сполучаються.

Це дозволяє, використовуючи найбільш відповідну методіку розрахунку конкретного випадку, визначити допуски взаємного розташування окремих елементів пристрою і контролювати їх в процесі виготовлення НССП чи монтажу УЗПСР.

Запитання для самоконтролю

- 1. У чому полягає основне значення складальних пристроїв?*
- 2. Які додаткові вимоги пред'являються до складальних пристроїв?*
- 3. Які групи складальних пристроїв застосовуються в машинобудуванні?*
- 4. У чому специфіка нерозбірних спеціальних складальних пристроїв?*
- 5. У чому особливість конструкцій основних та базових елементів УЗПСР?*
- 6. Навіщо призначені спеціалізовані складальні пристрої?*
- 7. Які вузли та елементи використовуються при проектуванні спеціальних складальних пристроїв та монтажі УЗПСР?*
- 8. Як визначається точність взаємного розташування елементів складального пристрою?*

7 ТЕНДЕНЦІ ЗАРУБІЖНИХ ВИРОБНИКІВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ

В теперішній час машинобудування в усьому світі знаходиться на стадії переозброєння, завдяки, з одного боку, стрімкому зростанню інформаційних технологій, розвитку мехатроніки, штучного інтелекту, CALS технологій, IoT технологій, а з іншого боку, появи конкретних концепцій типу Industry 4.0, які пов'язують воєдино ці досягнення та сприяють формуванню чіткого напрямку розвитку машинобудівного комплексу. Верстатобудівна індустрія, як одна з основних складових прогресу в машинобудуванні, прагне якнайшвидше і повніше забезпечити цей попит на прогресивне обладнання і технологічне оснащення.

У таблиці 7.1 наведено дані по десяти країнах найбільших виробників металорізального обладнання, із зазначенням основних фірм виробників.

Таблиця 7.1 - Основні виробники металорізального обладнання та технологічного оснащення.

Країна	Великі виробники металорізального обладнання
Китай	DMG Mori, Haas Automation, Shenyang Machine Tool
Німеччина	Traub, Trumpf, DMG Mori,
Японія	DMG Mori (Mori Seiki), Okuma Corporation, Mazak
США	Haas Automation, Hardinge Inc.,
Тайвань	Hartford, Goodway,
Швейцарія	GF Machining Solutions, DATRON, Mikron
Південна Корея	Doosan Machine Tools, Hyundai WIA
Італія	Fidia, Breton
Індія	Jyoti CNC Automation, Bharat Fritz Werner
Туреччина	DMG Mori, HURCO

Приблизно така ж сама картина спостерігається і за виробниками металорізального інструменту та інструментальних систем технологічної оснастки (таблиця 7.2).

Таблиця 7.2 - Основні виробники металорізального інструменту та інструментальних систем

Країна	Великі виробники металорізального інструменту
Німеччина	Sandvik Coromant, Kennametal, Walter Tools, MAPAL, ISCAR, WTO, KAISER
Японія	Mitsubishi Materials, Sumitomo Electric Hardmetal, Nachi -Fujikoshi, Kyocera, Hitachi Tool Engineering
США	Seco Tools, Kennametal, MSC Industrial Supply, OSG Corporation
Китай	Zhuzhou Cemented Carbide Group, Xiamen Golden Egret Special Alloy, Guhring, Shanghai Tool Works
Швейцарія	LMT Group, BIG Kaiser Precision Tooling, Mikron Tool, Tungaloy
Швеція	Sandvik Coromant, Seco Tools, Dormer Pramet, Walter Tools

Слід звернути увагу на той факт, що в цих таблицях присутні транснаціональні компанії (DMG Mori, Haas Automation, Sandvik Coromant, Kennametal та ін), які мають повнопрофільні виробництва в багатьох країнах світу. Однак наявність багатонаціонального виробництва у цих компаній не впливає на єдину технічну політику, що проводиться компанією.

Можна виділити найбільш затребувані напрями розвитку конструкцій та параметричних характеристик технологічної оснастки як з точки зору систем базування та закріплення заготовок, так і з точки зору інструментальних систем. Розглянемо основні їх.

7.1. Нові концептуальні рішення в галузі базування та закріплення заготовок.

7.1.1. Розвиток універсальних пристроїв.

У металообробці широкого розповсюдження набули механічні та автоматизовані лещата різної конструкції. Одним із напрямків сучасного машинобудування є розвиток традиційних системи кріплення типу лещат, які мають у своїй номенклатурі як механічний (із зусиллям до 2,5 т), так і гідравлічний (із зусиллям до 8 т) привід.

Однією з розробок компанії ALLMATIC є випуск пристроїв закріплення оброблюваних заготовок, які призначені для швидкого встановлення та переустанови на робочому столі верстата, без зміни базової (нульової) точки

системи координат. Дані пристрої виготовляються з базуванням на столі верстата відповідно H5/g5 квалітетам.

На рисунку 7.1 наведено варіант конструкції лещат компанії ALLMATIC, які забезпечують позиціонування заготовки з точністю до 10мкм на довжині 200мм щодо «нульової координати» верстата. Базування заготовки здійснюється за класичною схемою базування твердого тіла. Заготовка встановлюється на площині уступів робочих губок, а як напрямна виступає бічна поверхня нерухокої губки лещат. Поворотна опора є базовою точкою щодо переміщення заготовки вздовж губок пристрою.

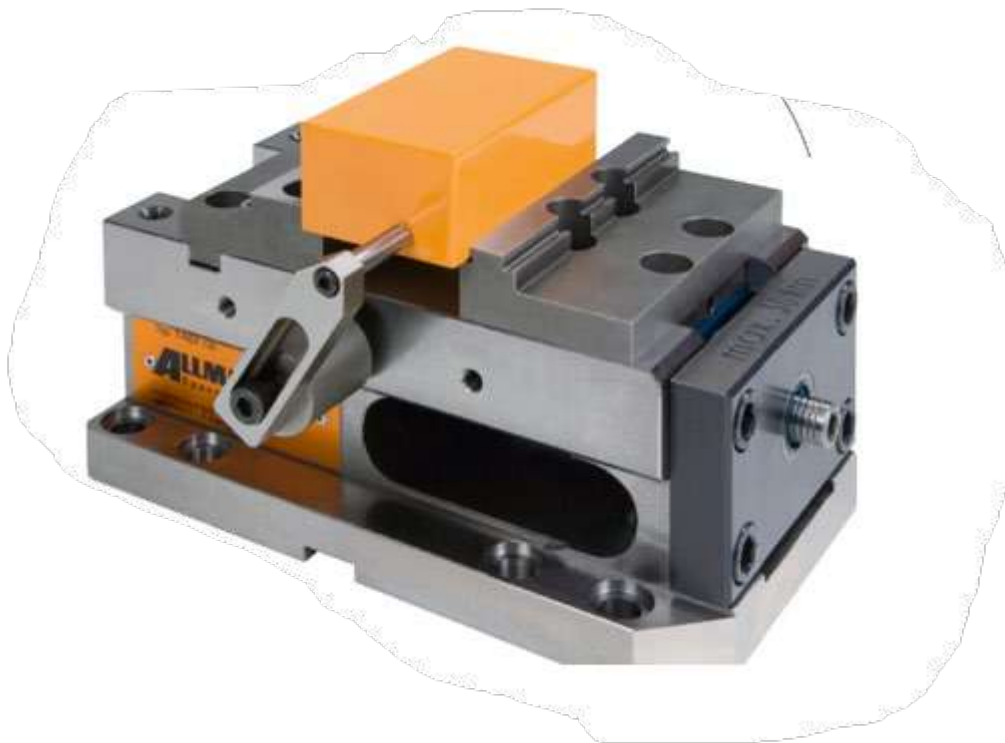


Рисунок 7.1 – Конструкція універсальних лещат типу T-Rex компанії ALLMATIC

Для різних варіантів конфігурації заготовок використовуються різні варіанти затискних губок, які поставляються окремо при замовленні пристрою та встановлюються за необхідності (рис.7.2).



Рисунок 7.2 – Змінні губки для лещат типу T- Rex компанії ALLMATIC

На рисунку 7.3 наведено схему роботи лещат типу T-Rex компанії ALLMATIC

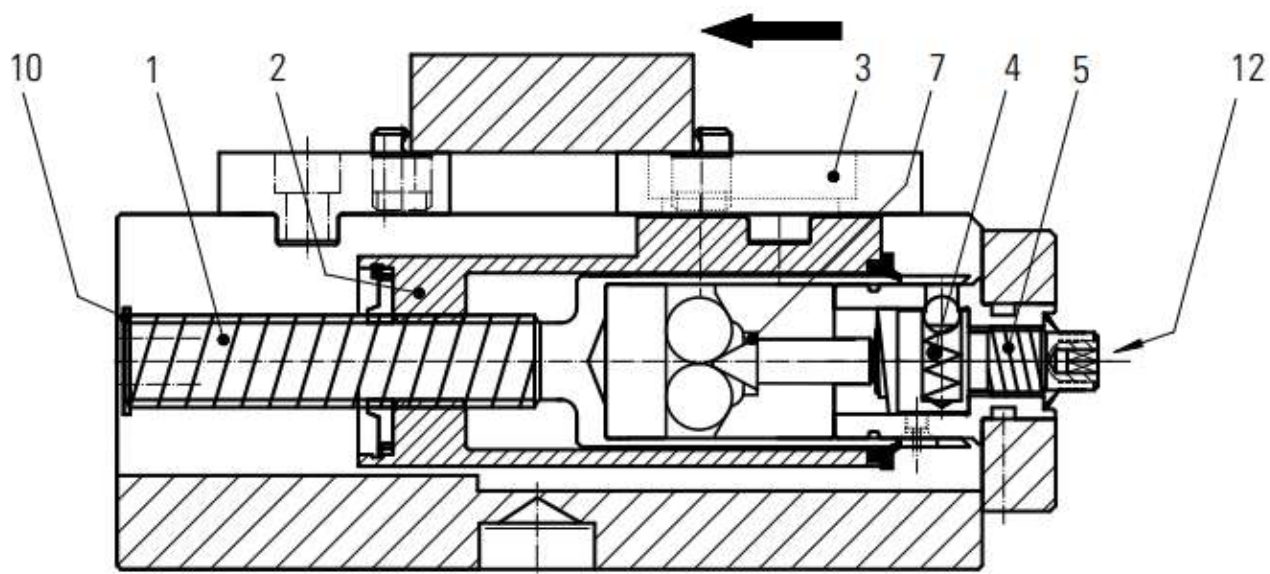


Рисунок 7.3 – Схема роботи лещат типу T- Rex компанії ALLMATIC

При обертанні приводу 12 за годинниковою стрілкою динамометричним ключем гайка ходового гвинта 2 з рухомою губкою 3 рухається в напрямку затискання. Після прикладання пересувної губки 3 до заготовки ходовий гвинт 1 залишається як нерухома опора, а кулькова муфта 4 виходить з зачеплення. Подальше обертання гвинта 5 через шестигранник 12 переміщає підсилювач потужності 7, що створює затискне зусилля.

Для обмеження затискного зусилля передбачено два механізми:

- керування з моментом затягування 30 Нм;
- кінцевий упор натискного гвинта 5 після двох обертів.

Використовуваний динамометричний ключ перед початком робіт необхідно налаштувати на момент затягування трохи більше 30Нм. Динамометричний ключ обмежує момент затягування тільки при обертанні за годинниковою стрілкою. При обертанні проти годинникової стрілки при використанні за призначенням (наприклад, ослаблення гвинтів) можливе пошкодження динамометричного ключа.

7.1.2. Пристрої з адитивною технологією виробництва.

Адитивне виробництво, таке як 3D-друк, використовується для створення індивідуальних пристроїв, адаптованих до конкретних заготовок. Такий підхід забезпечує гнучкість та може скоротити час виконання технологічної операції.

З появою та подальшим розвитком технології 3D-друку промисловість почала все ширше використовувати цей новий напрямок для виготовлення пристроїв.

3D-друк особливо підходить для виготовлення пристроїв для невеликих партій складних просторових виробів (рис.7.4), які можна легко зв'язати з CAD-проектванням самого виробу та вхідного оснащення та, таким чином, реалізувати безмодельне виробництво. Ще однією явною перевагою 3D-друку є можливість виготовлення пристрою в автоматичному режимі вночі, без участі людини. Залежно від технології виготовлення, матеріалу та габаритів пристрою час виробництва такого пристрою коливається від 2 до 24 годин (в середньому 5-7 годин).



Рисунок 7.4 – Приклад пристрою, виготовленого на 3D принтері

Матеріали для адитивних технологій постійно вдосконалюються, тому деталі, надруковані на 3D-принтері, показують хорошу стійкість до охолодних середовищ і досить міцні, щоб витримувати періодичні навантаження, які необхідно витримувати цим пристроям. Допуски на отвори і довжину зазвичай лежать у межах $\pm 0,1$ мм, що у більшості випадків відповідає вимогам до таких пристроїв.

Виготовлені на замовлення монтажні та настановні пристрої, надруковані на 3D-принтері, в даний час широко використовуються в автомобільних виробничих лініях, виробництві медичного обладнання, аерокосмічної та інших галузях. На рисунку 7.5 наведено приклад виготовлення з використанням стереолітографічного 3D-друку нестандартних пристроїв для

виробничої лінії з обробки однієї з деталей трансмісії двигуна гоночного автомобіля. Це дозволило скоротити час виконання замовлення на пристрої на 90 відсотків - з двох-трьох тижнів до менш ніж одного дня - і знизити витрати на 80-90 відсотків.

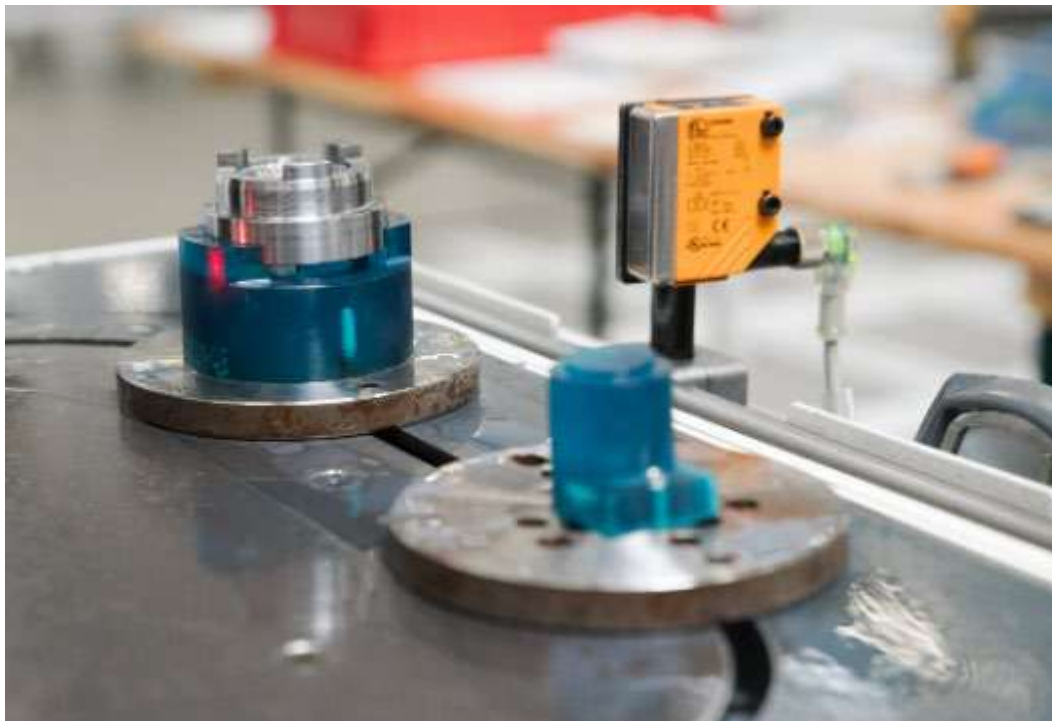


Рисунок 7.5 – Адитивний пристрій для виробничої лінії

Пристрої базуються на спеціальних основах, які переміщуються поворотним столом у зону обробки. Заготовка встановлюється на завантажувальній позиції в процесі зупинки столу для обробки робочої позиції.

7.1.3. Пристрої з базуванням заготовки за контуром.

Одним із напрямків встановлення та закріплення складнопрофільних заготовок є система багатоконтактного базування заготовки по зовнішньому контуру (рис.7.6). Компанія MATRIX спеціалізується на виробництві гнучких затискних пристроїв, що швидко переналагоджуються, для обробки виробів складного профілю. Також системи цієї компанії застосовуються для контролю геометрії на КІМ та складання складових вузлів та конструкцій.

Унікальна гнучкість та повторюваність затискних модулів забезпечує практично необмежені можливості встановлення деталей складного профілю, дозволяє замінити широку номенклатуру спеціального оснащення, що забезпечує значну економію при проектуванні та виробництві елементів системи.

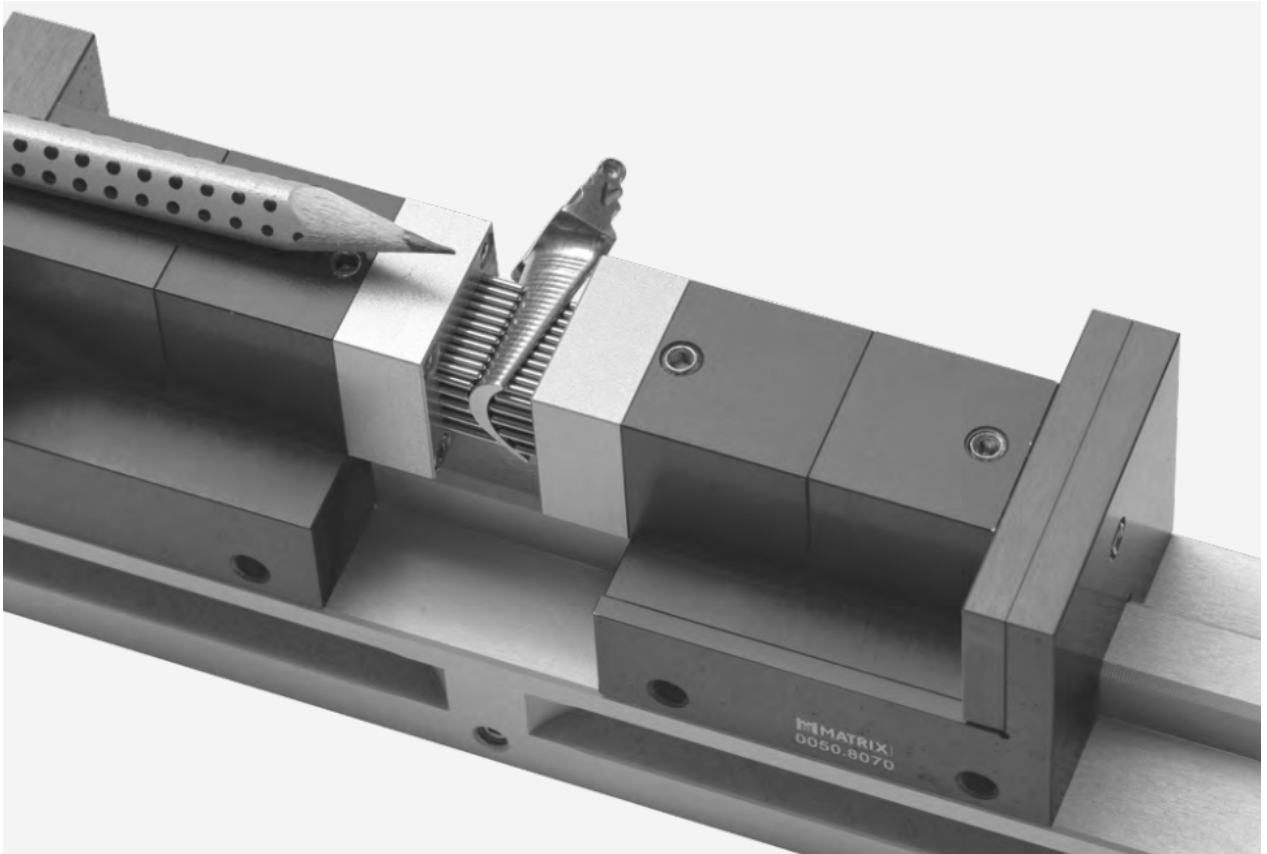


Рисунок 7.6 – Приклад використання затискної системи MATRIX

Конструктивне рішення систем MATRIX полягає в наступному: незалежні автономне пружні стрижні з нержавіючої сталі (рідше використовуються м'якші матеріали, в основному для контролю деталей) реагують на найменший опір, за секунди формують поверхню затиску самою заготовкою і блокуються в потрібній позиції простим поворотом важеля. Таким чином, практично миттєво створюється затискач, що повністю повторює форму деталі і надійно фіксує її за рахунок підтискання. Для закріплення нової деталі іншої форми система наводиться у вихідне положення поворотом важеля та процедура формування нової поверхні затиску для наступної деталі повторюється.

Аналогічно розглянутим раніше системам УЗП, лінійка елементів MATRIX включає модульні настановні бази і прямокутні або циліндричні лещата з індивідуальними рухомими стрижнями для оптимального затиску заготовки по профілю конфігурації виробів (рис.7.7). Вибір необхідної лінійки залежить від завдань, які вирішує підприємство, розмірів встановлюваних виробів, устаткування, що використовується, тощо.

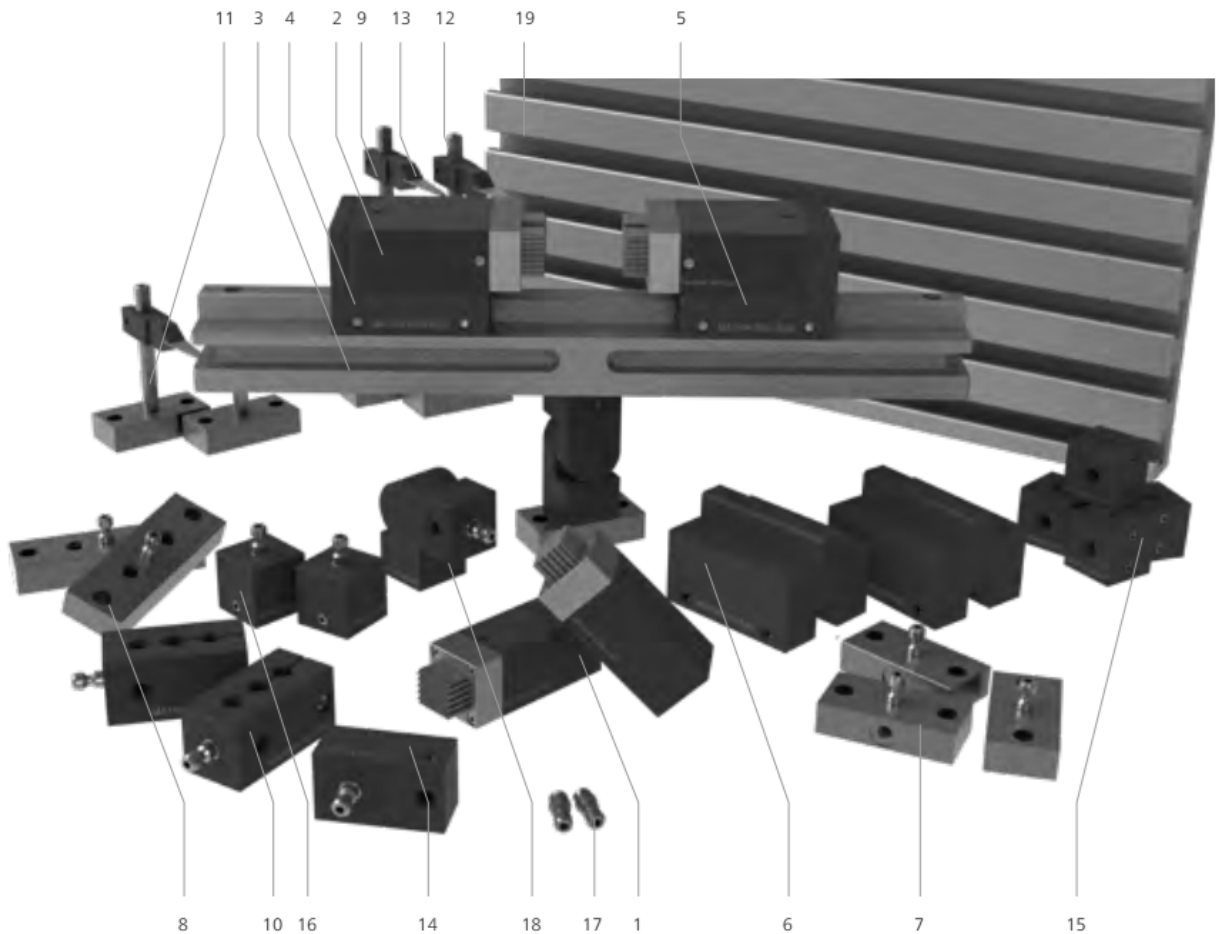


Рисунок 7.7 – Набір елементів затискної системи MATRIX:

1 – мінімодуль одинарний; 2 – мінімодуль подвійний; 3 - напрямна рейка;
 4 - рухомий повзун; 5 – статичний повзун; 6 – адаптер висоти; 7 – опорна
 плата одинарна; 8 – опорна плата подвійна; 9 - корпус тримача одинарний; 10 -
 корпус утримувача подвійний; 11,12 – штанга утримувача; 13 – притискна планка;
 14,16 – адаптер; 15 - подвійний кутовий перехідник; 17 - сполучний штифт;
 18 - кутове зчленування; 19 – основна платформа

Недоліком такої системи є точність позиціонування при початковій установці заготовки (відсутня класична формула базування по 6 точках), а поверхня прилягання стрижнів формується безпосередньо по поверхні контакту. Тому встановлення та закріплення в такому пристрої вимагає додаткової вивірки положення заготовки по відношенню до системи координат верстата. Стрижневі системи фірми MATRIX доцільно використовувати на верстатах з ЧПУ, оснащених системами автоматичного контролю поверхонь (рис.7.8), коли необхідно обробити одиничний складопротильний або просторовий зразок, або виробничі умови вимагають щоденної адаптації до деталей складної форми в дрібносерійному виробництві.

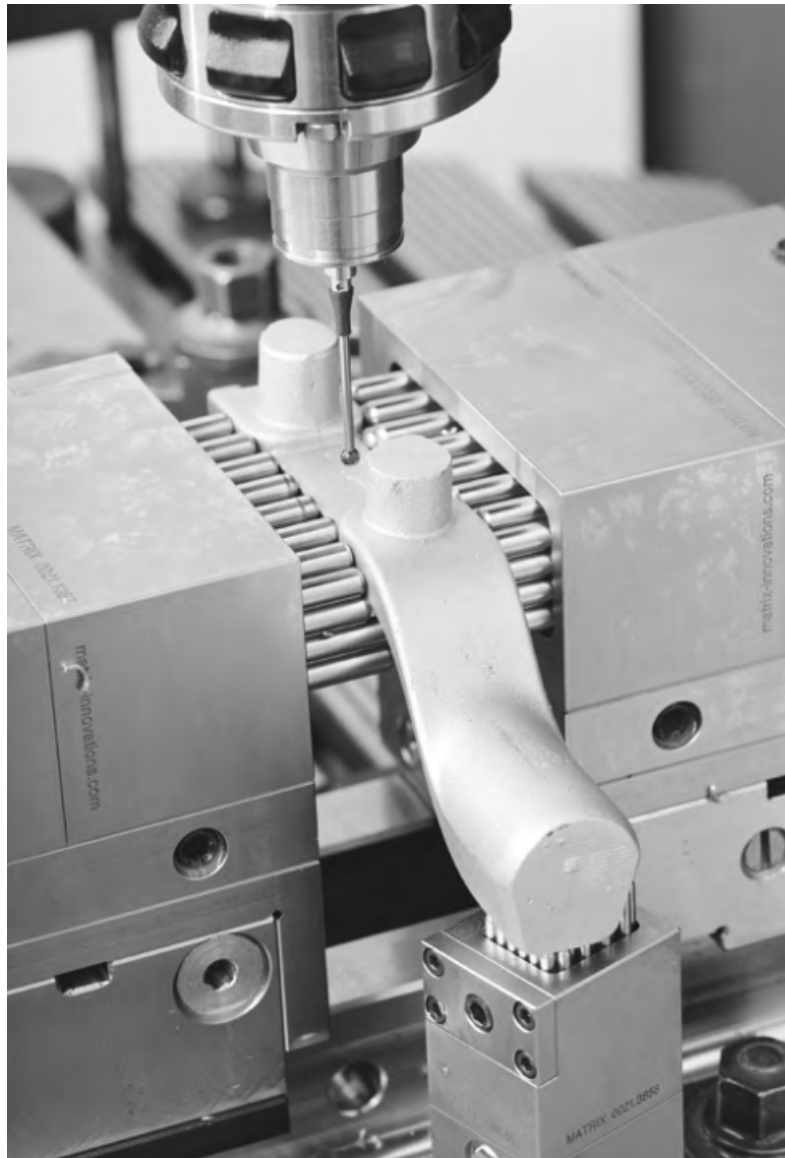


Рисунок 7.8 – Позиціонування виробу у системі координат верстата

Цікаве рішення пропонує компанія ІМАО в галузі базування та закріплення заготовки за контуром (рис.7.9).

Матриця з пружними пелюстками 1 (звичайно з високоміцного алюмінієвого сплаву), яка в подальшому виконує роль затискної цанги, встановлюється на корпусі 2 і закріплюється центруючим гвинтом через центральний отвір 3. На верстаті з ЧПУ по відомому з 3D моделі контуру заготовки фрезеруванням виконується складнопрофільна поверхня 4. Після виконання обробки профілю пристрій готовий до роботи. Заготовка базується в пристрої по вибраному за базову поверхню контуру і затискається ключем 5 через ексцентрик, який або стискає пелюстки цанги 6, або розтискає їх 7. Можливе базування з використанням як зовнішнього, так і внутрішнього контуру заготовки.

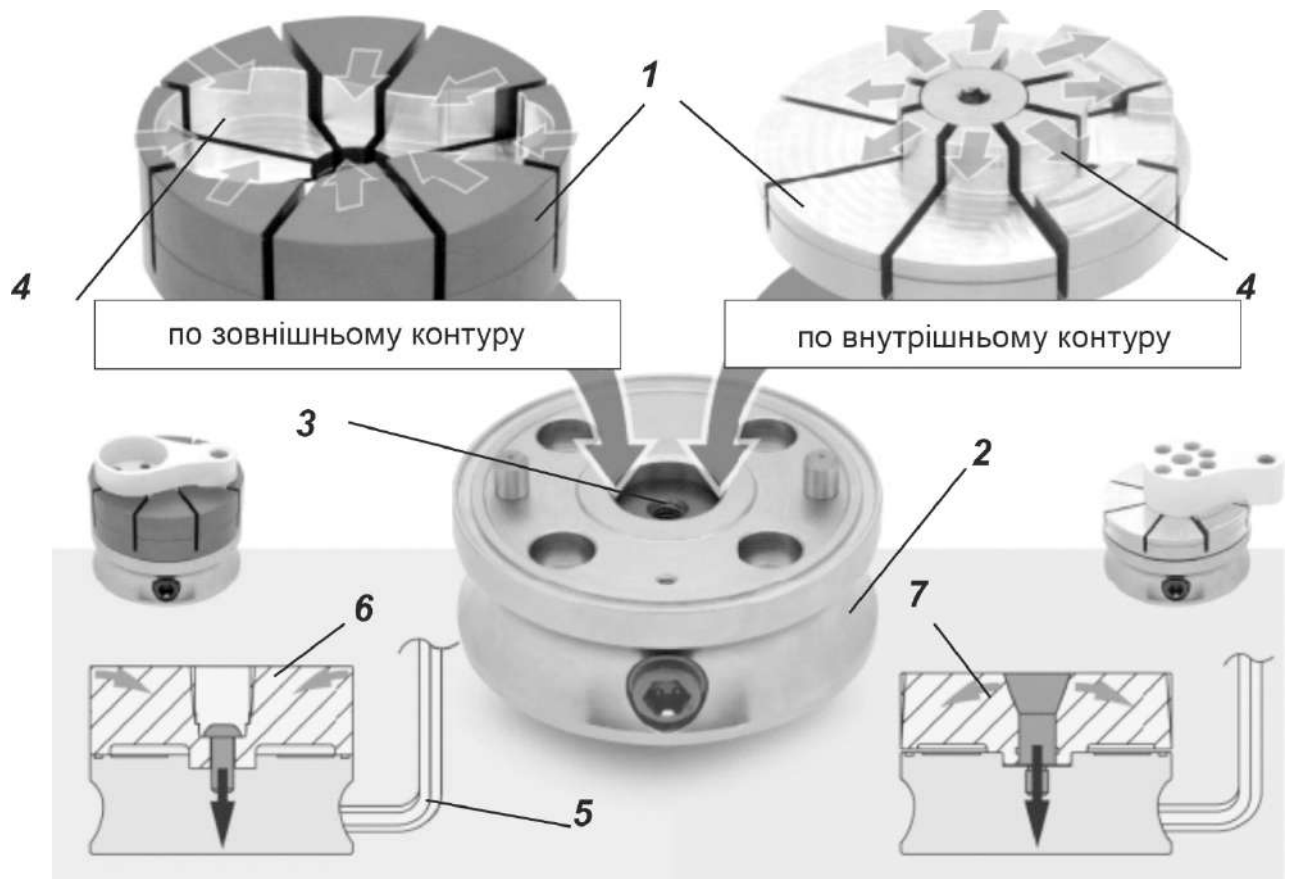


Рисунок 7.9 - Принцип роботи цангового затискного пристрою компанії ІМАО

Точність базування заготовок багато в чому визначається точністю сформованого контуру, технологічним зазором для встановлення заготовки та рівномірністю ходу пелюстків цанги. Для забезпечення точності контур формують із зазором у діапазоні $0,3 \div 0,5$ мм, що дозволяє досить точно позиціонувати заготовку з одного боку, а з іншого, забезпечити необхідні зусилля затиску при невеликому ході затискного гвинта та, відповідно, пелюстків цанги, а також підвищити жорсткість пружних елементів матриці. Це накладає обмеження на область застосування таких пристроїв за габаритами заготовки, точності виконання контуру, за яким відбувається базування, та силових характеристик процесу обробки.

Модульний принцип побудови таких пристроїв передбачає різні варіанти заготовок матриць для різних конфігурацій оброблюваних деталей (рис.7.10).

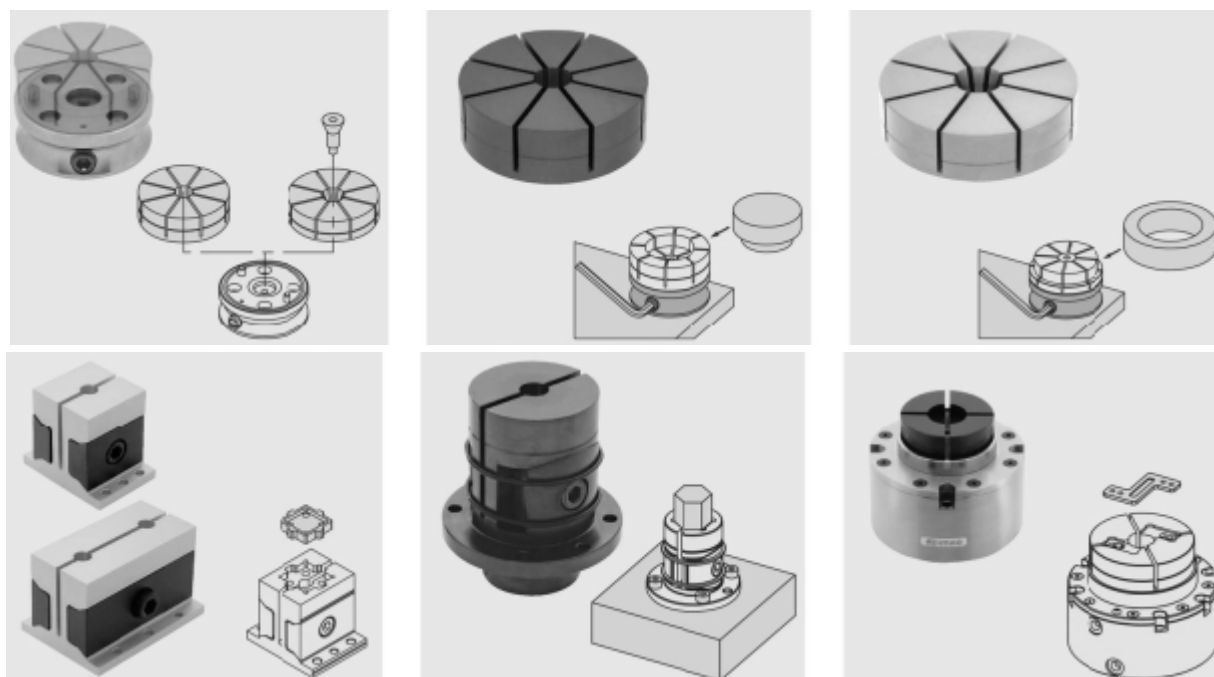


Рисунок 7.10 – Конструкції заготовок для цангових затискних пристроїв компанії ІМАО

7.1.3. Концептуальні рішення для пристроїв, що скорочують допоміжний час технологічної операції.

В умовах, коли скорочення машинного часу вже практично недосяжне, оскільки залежить від можливостей верстатів та інструменту, які обмежені, на перший план виходить скорочення допоміжного часу, тобто часу, що витрачається на зміну та закріплення заготовки.

Для цього використовують універсальне верстатне оснащення різних компаній, тому стає можливим значно скоротити допоміжний час, збільшивши продуктивність праці, що в кінцевому підсумку призводить до скорочення терміну окупності верстатного обладнання та збільшення рентабельності виробництва.

Розглянемо деякі приклади.

Модульними основами компанії ІМАО є чавунні або сталеві плити різної форми (плоскі, кутові, складної конфігурації), в яких зроблені впорядковані отвори. В отвори запресовані сталеві втулки, в яких нарізане різьблення.

Така основа закріплюється на робочому столі верстата, і вже на цій підставі закріплюються кріпильні пристрої, якими здійснюється фіксація деталі, що обробляється. Такі модульні основи особливо зручні при серійному виробництві деталей, так як немає необхідності в свердлінні нових отворів і нарізанні різьблення - достатньо лише переставити кріпильні пристрої під

нову деталь. Модульні основи випускаються стандартних розмірів для встановлення на стіл верстата відповідного розміру.

У комплекті з такими основами компанія ІМАО пропонує використовувати спеціальні швидкозатискні прихвати та притиски (рис.7.11), які значно скорочують час закріплення заготовки (рис.7.12,б) порівняно з класичними варіантами закріплення (рис.7.12,а).



Рисунок 7.11 – Варіанти модульних конструкцій швидкозатискних прихватів та притисків

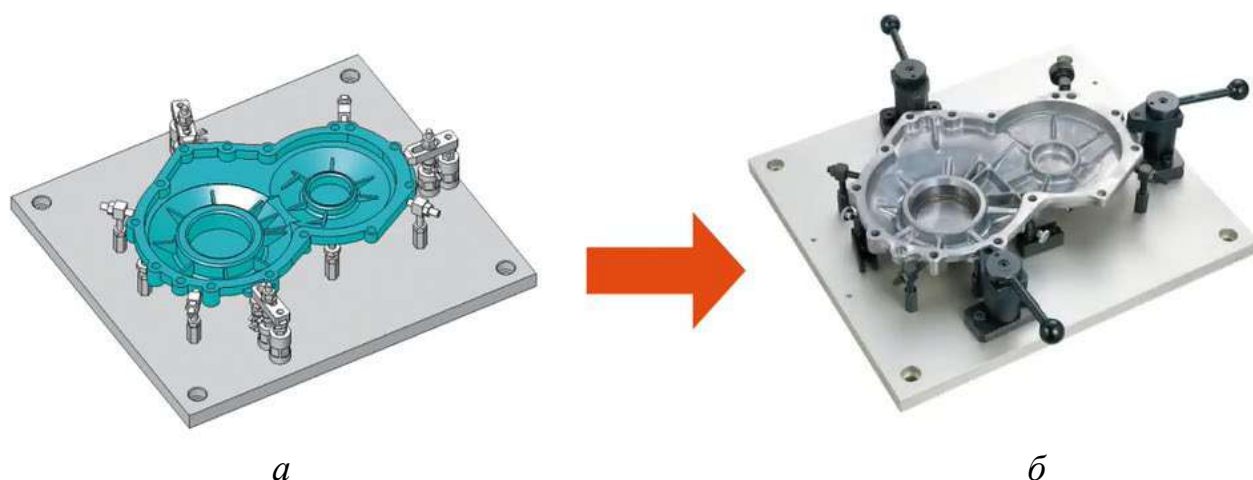


Рисунок 7.12 – Закріплення заготовки на універсальному пристрої:
а - звичайний варіант; б – з використанням швидкозатискних прихватів

Аналогічні системи пропонують інші компанії (AMF, GERARDI та ін.). На рисунку 7.13 наведено приклад встановлення та закріплення заготовки з використанням такого пристрою компанії AMF, а на рисунку 7.14 різні варіанти типорозмірів швидкозатискних прихватів та притисків цієї компанії.



Рисунок 7.13 – Приклад уніфікованого затискного пристрою компанії AMF

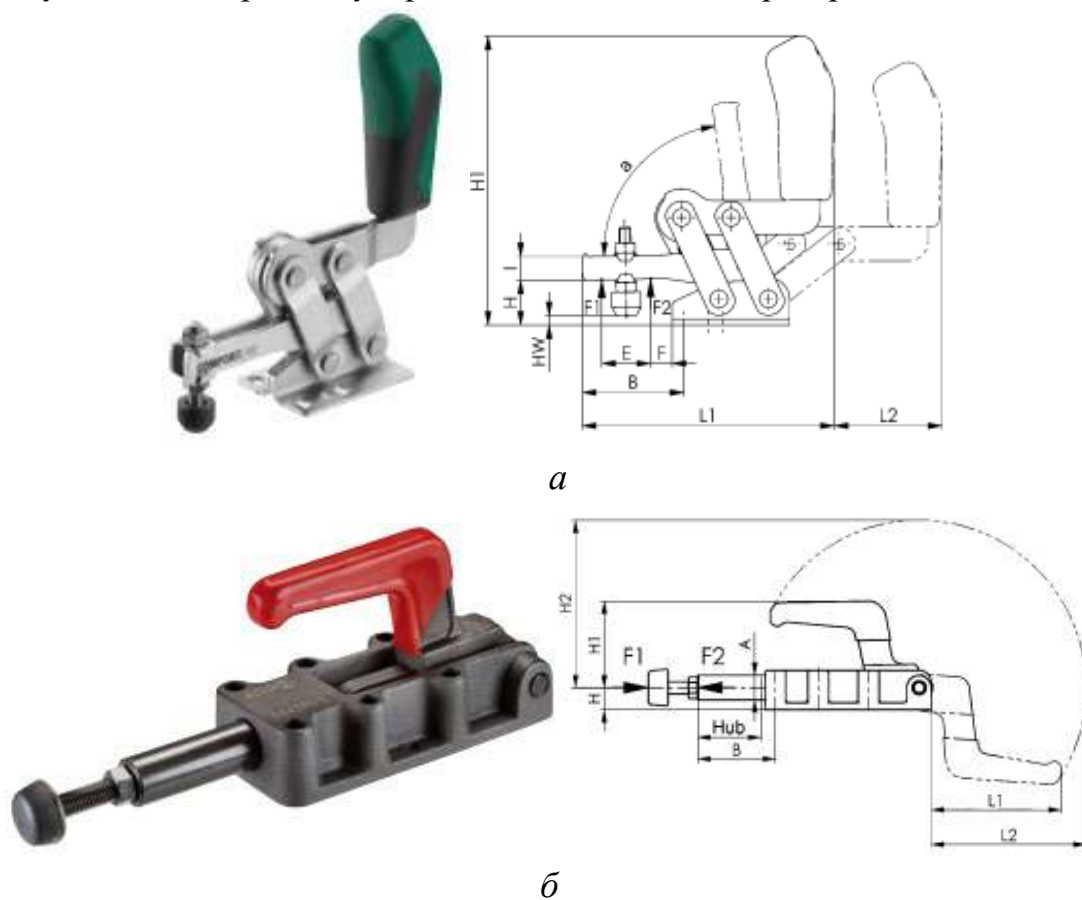


Рисунок 7.14 – Швидкозатискні прихвати (а) та притиски (б) компанії AMF

Ще один спосіб скорочення допоміжного часу при виконанні технологічної операції полягає у використанні двоетапної установки та фіксації заготовки на верстаті (особливо цей варіант ефективний для верстатів ЧПУ з 5-ти координатною обробкою – фрезерних, багатоцільових). Даний вид затиску дозволяє використовувати його як єдиний підхід для 5-ти координатної обробки, таким чином такі пристрої можна переносити з токарного верстата на шліфувальний без втрати точності. Якоюсь мірою такі пристрої можна віднести до класу пристроїв супутників. Цей принцип взяли на озброєння багато компаній, що випускають технологічну оснастку (AMF, IMAO, GERARDI, EROWA, KEMMLER та ін.).

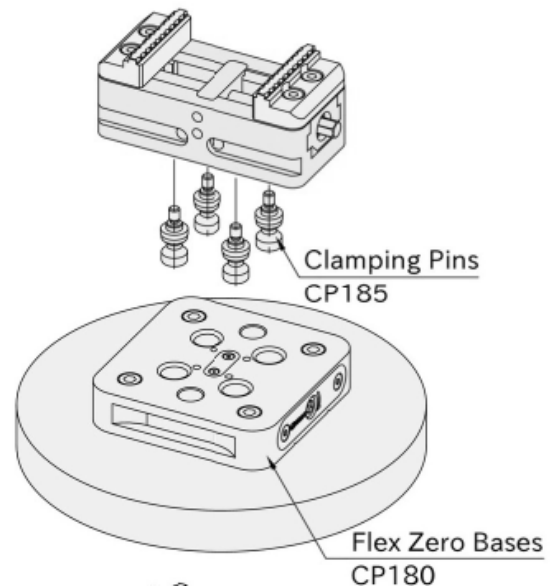
Розглянемо принцип роботи системи позиціонування та закріплення, яка базується на модульному принципі. Плита із затискними циліндрами встановлюється на столі верстата в точно визначеному положенні щодо нуля координат верстата. На її поверхні розташовані перехідники також із точними координатами. У плит компанії AMF така установка проводиться зазвичай з використанням спеціальних цапф (рис.7.15,*a*), а для компаній IMAO та EROWA характерно використання традиційного базування плити з використанням пальців або шпонок та пальців (рис.7.15,*б*). Положення настановної плити служить точкою відліку «нульової координати» положення заготовки у системі координат верстата (звідси і назва «система позиціонування нульової точки»).

На базовій плиті встановлюється пристрій із встановленою заготовкою або безпосередньо заготовка (зустрічається рідше). Завдяки наявності точних координат базуючих елементів (затискні циліндри для AMF, EROWA та 4 базуючих отвори для IMAO) пристрою, а разом з ним і встановлена заготовка, досить точно описується в системі координат верстата. Похибка базування при цьому не перевищує $3\div 5$ мкм, що у більшості випадків позиціонування достатньо для забезпечення точності обробки. Заготовку в такий змінний пристрій встановлюють і позиціонують поза верстатом, що значно скорочує час простою верстата і збільшує ефективність його використання.

Затискання пристрою або заготовки може здійснюватися вручну (IMAO, EROWA) або з використанням пневмоприводу (AMF, EROWA).



a



б

Рисунок 7.15 – Схема встановлення базових плит системи “Zero Null” у різних компаній: а) - AMF; б) - IMAO

Базування та подальше закріплення здійснюється завдяки цапфам спеціальної конструкції (у кожній компанії своя система базування та закріплення).

На рисунку 7.16 наведено схему установки пристрою із заготовкою в затискному циліндрі компанії AMF.

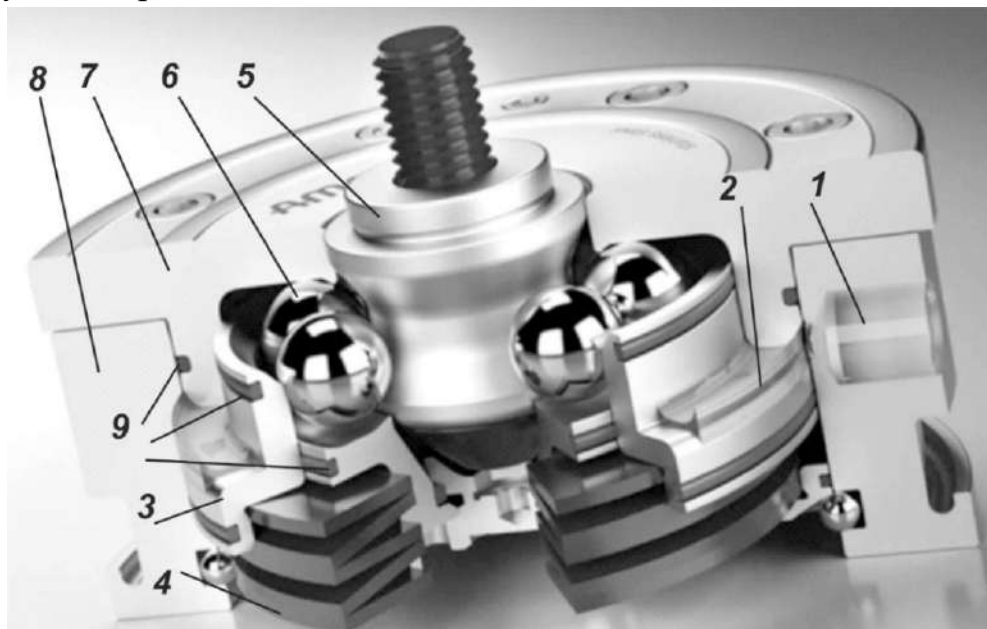


Рисунок 7.16 – Схема закріплення пристрою в затискному циліндрі плити компанії AMF

При подачі повітря через штуцер 1 тиск в камері 2 змушує втулку 3 переміщатися вниз, стискаючи тарілчасту пружину 4 і виводячи з силового

контакту з цапфою 5 кульки 6, які можуть вільно переміщатися в порожнині утвореної втулкою 3 і кришкою 7. Цапфа може бути виведена з отвору. При встановленні нового пристрою цапфа своєю кінчною частиною розсуває кульки 6, які після скидання тиску в пневмосистемі за рахунок тарілчастої пружини 4 обжимають цапфу щільно, центруючи її з високою точністю. Для запобігання розгерметизації пневмокамери використовуються спеціальні манжети 9, встановлені між корпусом та кришкою, корпусом та втулкою, втулкою та кришкою. Така конструкція дозволяє рівномірно розподілити зусилля притиску цапфи між трьома опорними точками (рис.7.17), що дозволяє уникнути напруги зсуву на кульках і забезпечити високу точність позиціонування пристрою на базовій плиті.

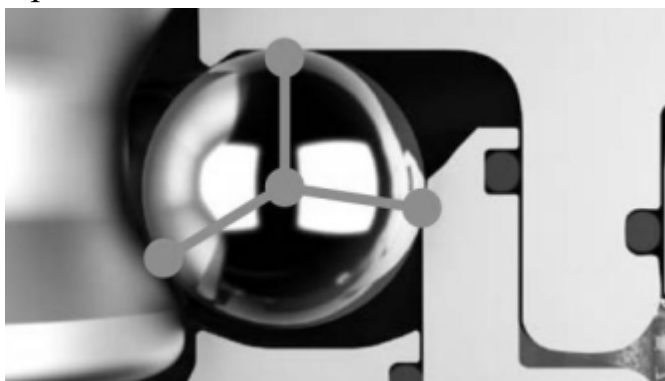


Рисунок 7.17 – Схема розподілу зусилля затискача цапфи у затискному циліндрі

Компанія ІМАО пропонує іншу систему ручного кріплення пристрою із заготовкою або безпосередньо заготовки на установочній плиті (рис.7.18,*а*) за рахунок спеціальних втулок (рис.7.18,*б*), що базують, конструкція яких передбачає різні варіанти кріплення їх на базовій плиті.

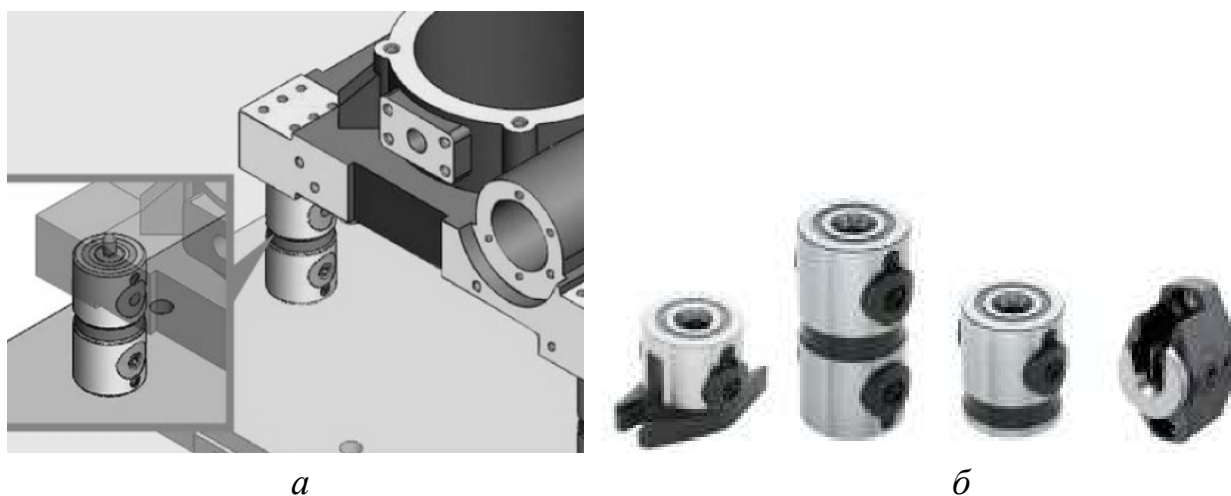


Рисунок 7.18 – Кріплення пристрою (заготовки) на настановній плиті компанії ІМАО

Базування пристрою на настановній плиті (рис.7.19) здійснюється за допомогою 4-х настановних гвинтів з конічною поверхнею 3 центрування у втулках, які різьбовою поверхнею 1 вкручені в пристрій. Пристрій конічною поверхнею гвинта встановлюється в отвір оправки 5 на установочній плиті по напрямному циліндру 2, після чого центрується завдяки конусу 3. При затиску оправки ключем механізм кріплення щільно охоплює циліндричну частину 4 гвинта. Така система значно дешевша за розглянуту вище систему компанії АМФ, однак і забезпечує дещо меншу точність позиціонування пристрою на плиті (до 10мкм) при використанні звичайних гвинтів, при цьому похибка міжосьової відстані між установочними втулками може досягати 40мкм.

Модельний ряд гвинтів пропонує різні варіанти виконань, що визначаються конструкцією безпосередньо пристрою, технологічною операцією, що виконується, силовими характеристиками процесу обробки.

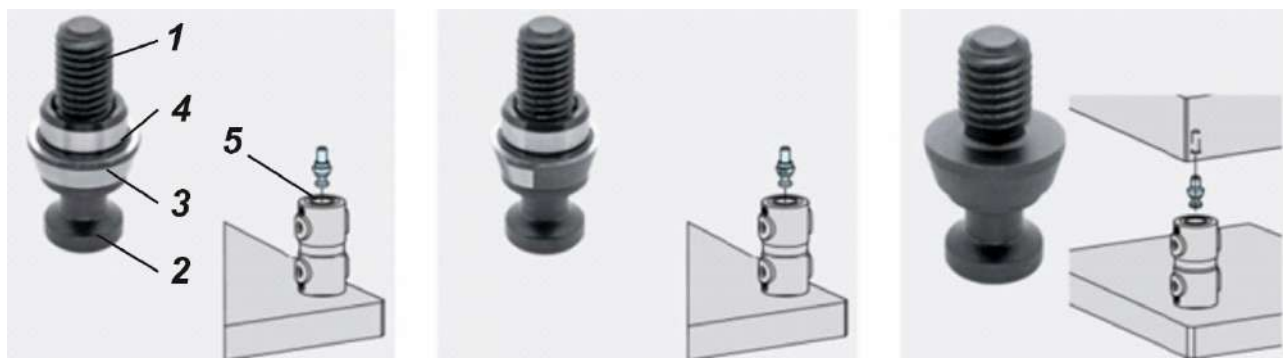


Рисунок 7.19 – Схема базування пристрою компанії ІМАО на установчій плиті

Компанія EROWA пропонує на ринку технологічної оснастки цілі системи встановлення та закріплення заготовок, які побудовані на розглянутих вище принципах використання модульних збірних конструкцій типу MTS ZEROPOINT для скорочення часу простою верстата при встановленні заготовок, оскільки настановний комплект пристрою із заготовкою формується поза верстатом.

На рисунку 7.20 наведено один із варіантів комплекту модульної технологічної оснастки для базування та закріплення заготовок на багатоцільових верстатах фрезерно-свердлильного компонування (в основному для варіантів 5-ти координатної обробки).

Базові плити встановлюються безпосередньо на столі верстата і по їх розташуванню встановлюється «нульова точка» системи координат верстата. Установка плит на столі здійснюється за загальними правилами з базуванням по центральному отвору стола або шпонкам, що направляють, в залежності від конструкції столу верстата.

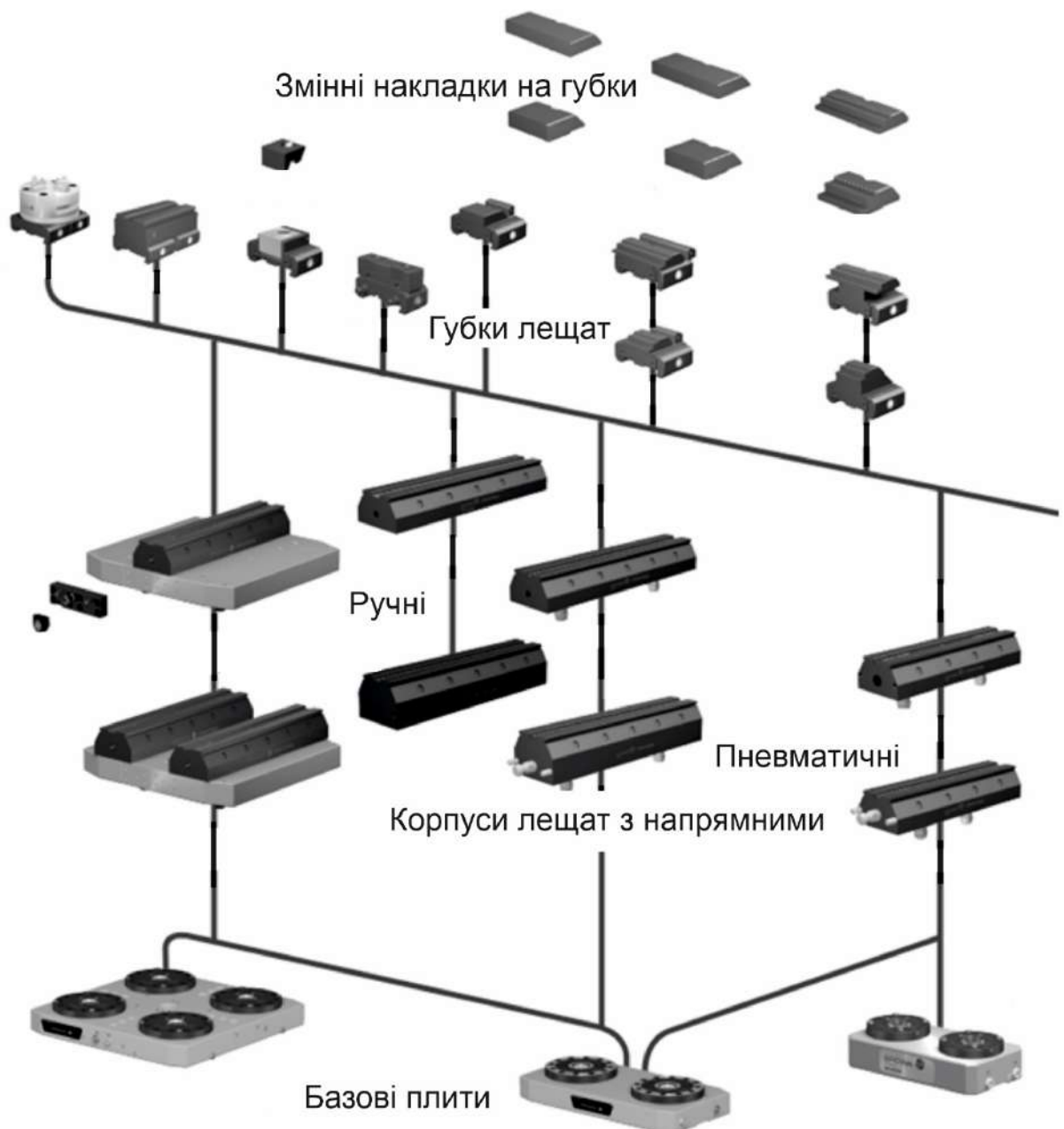


Рисунок 7.20 – Модульний комплект технологічної оснастки системи MTS компанії EROWA

Лещата із заготовкою встановлюються за допомогою додаткової настановної плити або безпосередньо на базові плити через спеціальні цапфи, які входять до отворів затискних циліндрів, розташованих на базовій плиті. Установча цапфа своєю кінцевою поверхнею 1 забезпечує точне позиціонування (до 3 мкм) пристрою в базовій плиті (рис.7.21). Затиск пристрою виконується пружинами 4, які через кінчну поверхню втулки 5 при її переміщенні вниз впливають на кульки 2 і переміщують їх у радіальному напрямку, центруючи і затискаючи цапфу. Розжим пристрою здійснюється через подачу повітря з пневмосистеми 3 у камеру між корпусом і втулкою.

Втулка під тиском повітря переміщається вгору, стискає пружину та розкріплює цапфу, коли кульки потрапляють у проточку на втулці. Така конструкція дозволяє запобігти розкріпленню пристрою при аварії в пневмосистемі.

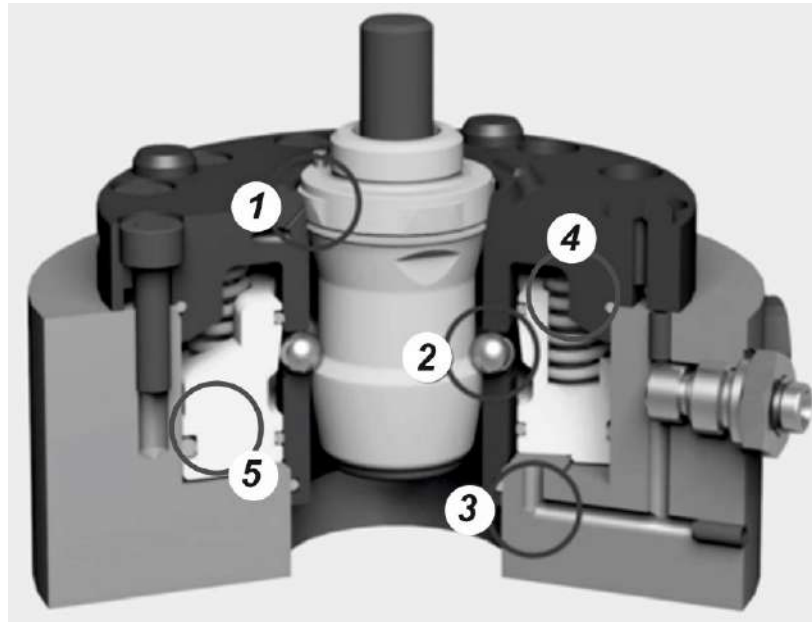


Рисунок 7.21 – Схема роботи затискного циліндра компанії EROWA

Конструкція лещат (рис.7.22) формується із змінних модулів залежно від конфігурації заготовки, виду технологічної операції, режимів обробки тощо.

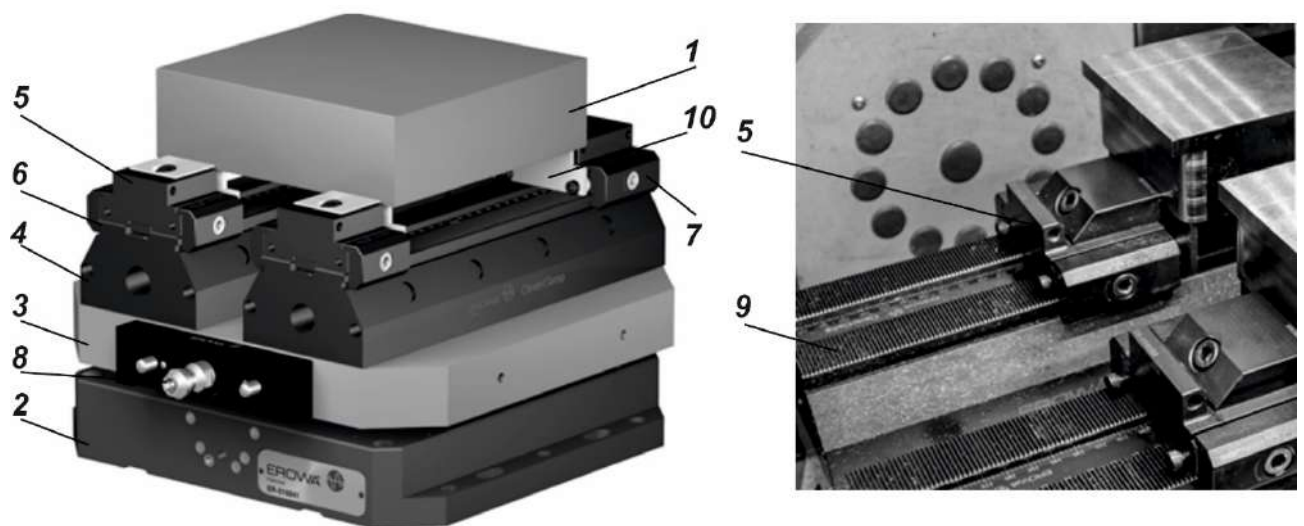


Рисунок 7.22 – Модульні лещата компанії EROWA у зборі

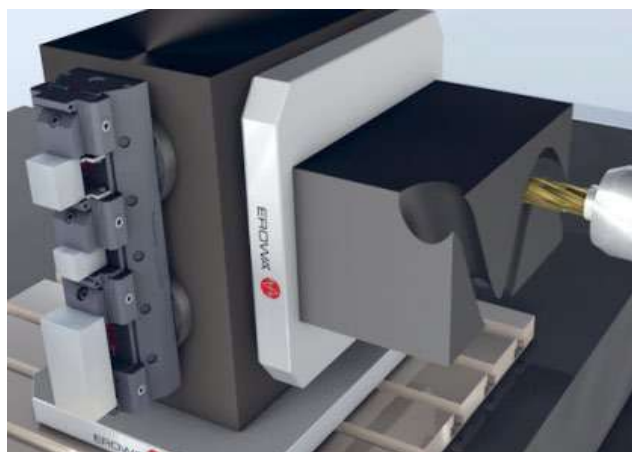
На додатковій плиті 3, яка після монтажу всієї конструкції пристрою встановлюється на базову плиту 2, монтуються корпуси 4 з напрямними типу

«ластівчин хвіст» 6. За цими напрямними базуються затискні губки 5 які закріплюються планками 7 таким чином, щоб забезпечити необхідний зазор (порядку 1÷4мм) між губками та заготовкою 1 для вільної установки заготовки. Для забезпечення точного попереднього монтажу затискних губок на верхній поверхні корпусу 4 передбачені зубці 9, які формують сітку, що позиціонує, з розмірною шкалою кроком 2мм. Для забезпечення необхідного положення за висотою заготовки на затискних губках передбачена можливість встановлення спеціальних елементів 10.

Крім розглянутої конструкції модульного пристрою компанія EROWA пропонує досить широкий спектр вузлів аналогічних модулів для встановлення заготовок на поворотні столи та розподільчі планшайби (для забезпечення 5-ти координатної обробки на багатоцільових верстатах, рис.7.23,*а*), установки в багатомісні пристрої (для забезпечення обробки декількох заготовок за один програмний цикл, рис.7.23,*б*) та ін.



а



б

Рисунок 7.23 – Варіанти компоновок модульних пристроїв компанії EROWA

Розглянутий вище підхід до створення технологічної оснастки для верстатів з ЧПУ є подальшим розвитком концепції універсальних збірних пристроїв і застосовується практично на всіх підприємствах, що спеціалізуються на виробництві металорізального обладнання та технологічної оснастки.

7.1.4. Пристрої для високошвидкісної обробки.

Все більш широке використання високошвидкісної обробки в машинобудуванні висуває додаткові вимоги до виробників технологічної оснастки в плані забезпечення позиціонування і закріплення заготовки в умовах обробки на високих швидкостях різання, що особливо важливо при

токарній обробці досить габаритних виробів через відцентрових сил, що виникають, при високих частотах обертання.

Компанія ROENM розробила модельний ряд патронів з великим центральним отвором серії KFD для роботи з частотами обертання заготовки до 10000об/хв. (рис.7.24).

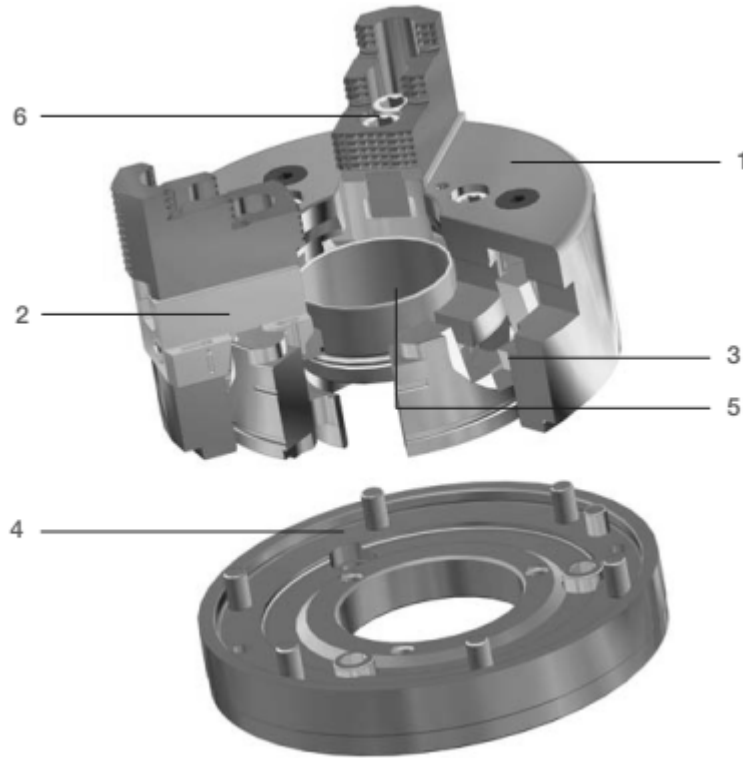


Рисунок 7.24 – Конструкція патрона KFD-HS компанії ROENM

Базові кулачки 2 встановлюються в корпусі 1 і кріпляться гвинтами 6. Затиск здійснюється за рахунок переміщення поршня 3 який через систему важелів переміщає кулачки і затискає заготовку. Корпус патрона закривається фланцем 4. Втулка забезпечує захист внутрішніх елементів від попадання стружки.

Принцип конструкції силового патрона KFD-HS полягає в поглинанні відцентрових сил, що виникають під час обробки настільки, що сила затиску практично не змінюється. Це відбувається завдяки спеціальному типу клиново-важільного з'єднання. Навіть за дуже високих швидкостей падіння затискного зусилля дуже мало. Висока жорсткість досягається за рахунок гвинтового з'єднання між корпусом патрона та фланцем патрона. Таким чином цей тип патрона призначений в основному для точної обробки заготовок типу вал або фланець.

Компанія SMW-AUTOBLOCK розробила модельний ряд високошвидкісних трикулачкових патронів із центральним отвором та гідравлічним затиском для обробки широкої номенклатури деталей типу тіл

обертання (рис.7.25,*а*). Аналогічну конструкцію патрона з затисканням заготовки важелем за рахунок системи гідравліки верстата пропонує компанія AUTOCLAWS (рис.7.25,*б*). Незважаючи на різницю в конструкції, обидва патрони забезпечують високу частоту обертання (до 7000об/хв) і відносно невеликий хід кулачків для закріплення заготовки (до 4,5мм) після налаштування патрона на номінальний розмір обробки.



Рисунок 7.25 – Приклади конструкцій високошвидкісних патронів для токарної обробки компаній: *а* – SMW-AUTOBLOCK; *б* - AUTOCLAWS

7.2. Тенденції виробництва оснастки, що розширює технологічні можливості верстатів.

7.2.1. Високошвидкісні інструментальні головки для дрібнорозмірного осьового інструменту.

Компанія WTO розробила модульний типорозмірний ряд нормалізованих силових головок для свердління, фрезерування, шліфування, зняття фасок, гравіювання інструментом діаметром до 8мм із використанням дуже високих швидкостей різання (до 80000об/хв). Причому швидкість різання забезпечується не шпинделем верстата, а конструкцією самої головки за рахунок подачі робочої рідини або під тиском 10-60 атмосфер, або стиснутого повітря під тиском 4-5 атмосфер. Використання такої головки дозволяє здійснювати не тільки високоточну обробку спеціальним інструментом, але й посилено охолоджувати зону різання, що значно підвищує термін служби інструменту (рис.7.26).



Рисунок 7.26 – Приклад роботи високошвидкісної головки WTO

На рисунку 7.27 показано принципову схему роботи високошвидкісної ГОЛОВКИ.

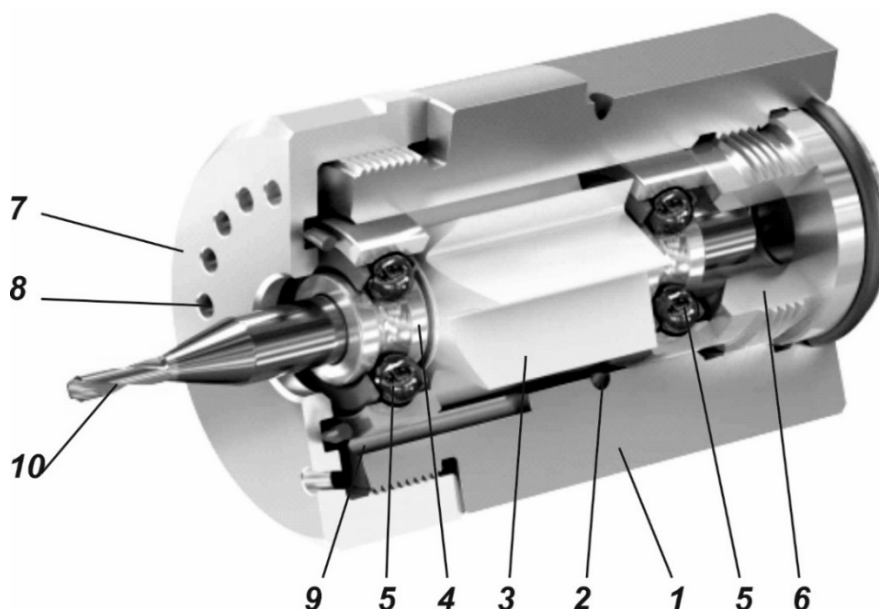


Рисунок 7.27 – Пристрій високошвидкісної головки для обробки осьовим інструментом

Робоче середовище (робоча рідина або повітря) подається в корпус 1 через отвір 2 під тиском, яка впливає на лопатки турбіни 3. Турбіна, жорстко закріплена на шпинделі головки 4, змушує його обертатися у високошвидкісних підшипниках 5, встановлених у втулці 6, яка пов'язана з корпусом 1. Кришка 7 з отворами 8 забезпечує вихід робочої рідини каналами 9 в напрямку зони обробки інструментом 10.

Завдяки автономності забезпечення обертання шпинделя головки її можна монтувати на оправках всіх типів (HSK, CAT, BT, DIN, VDI) в шпинделях багатofункціональних верстатів або револьверних головках

токарних верстатів. Головку рекомендується встановлювати в інструментальні оправки з гідравлічним, гідропластовим або цанговим затиском з можливістю подачі робочого середовища через центральний отвір.

7.2.2 Модульні блоки для виконання операцій, які не характерні для верстатів з ЧПУ токарного компонування.

Компанія WTO розробила цілу лінійку різних модулів для токарних верстатів, які дозволяють виконувати нехарактерні операції для цього класу обладнання. Сюди можна віднести блоки для обробки зубчастих коліс з модулем до 3мм, блоки для стругання шліцьових та шпонкових пазів як зовнішнього, так і внутрішнього зачеплення, блоки для вихрового нарізування різних різьбових поверхонь. Модулі мають можливість встановлюватися на верстатах із різноманітними системами кріплення інструментальних блоків (CAT, BT, DIN, VDI), тому знаходять застосування не тільки на верстатах токарного компонування, а й на багатофункціональних верстатах.

7.2.2.1 Технологічне оснащення для обробки зубчастого профілю циліндричних зубчастих коліс.

На рисунку 7.28 наведено автоматичний стругальний блок від компанії WTO для економічного виготовлення орієнтованих шпонкових пазів та шліців.



Рисунок 7.28 - Автоматичний стругальний блок від компанії WTO

Інструментальний блок встановлюється в револьверній головці і разом з нею здійснює зворотно-поступальні переміщення щодо осі валу. Швидкість переміщення до 1500 ходів за хвилину при максимальній ширині паза 12 мм. Довжина паза визначається ходом револьверної головки, габаритами державки та шириною паза (тобто зусиллям різання, що впливає на жорсткість інструментальної системи).

Багато компаній (INDEX-TRAUB, WTO, SANDVIK COROMANT, GERARDI та ін.), які спеціалізуються на випуску технологічної оснастки, що розширює технологічні можливості різних типів обладнання, випускають інструментальні модулі (рис.7.29) з обробки зубчастих коліс на верстатах, для яких такі технологічні операції не характерні. Використання додаткових технологічних модулів дозволяє здійснювати ефективну комплексну обробку деталей із наявністю зубчастого або шліцьового профілю з точністю до 8 квалітету на одному верстаті (особливо для невеликих партій).

Розглянемо принциповий пристрій таких інструментальних модулів з прикладу модуля компанії WTO для нарізання зубів циліндричних зубчастих коліс черв'ячними фрезами.

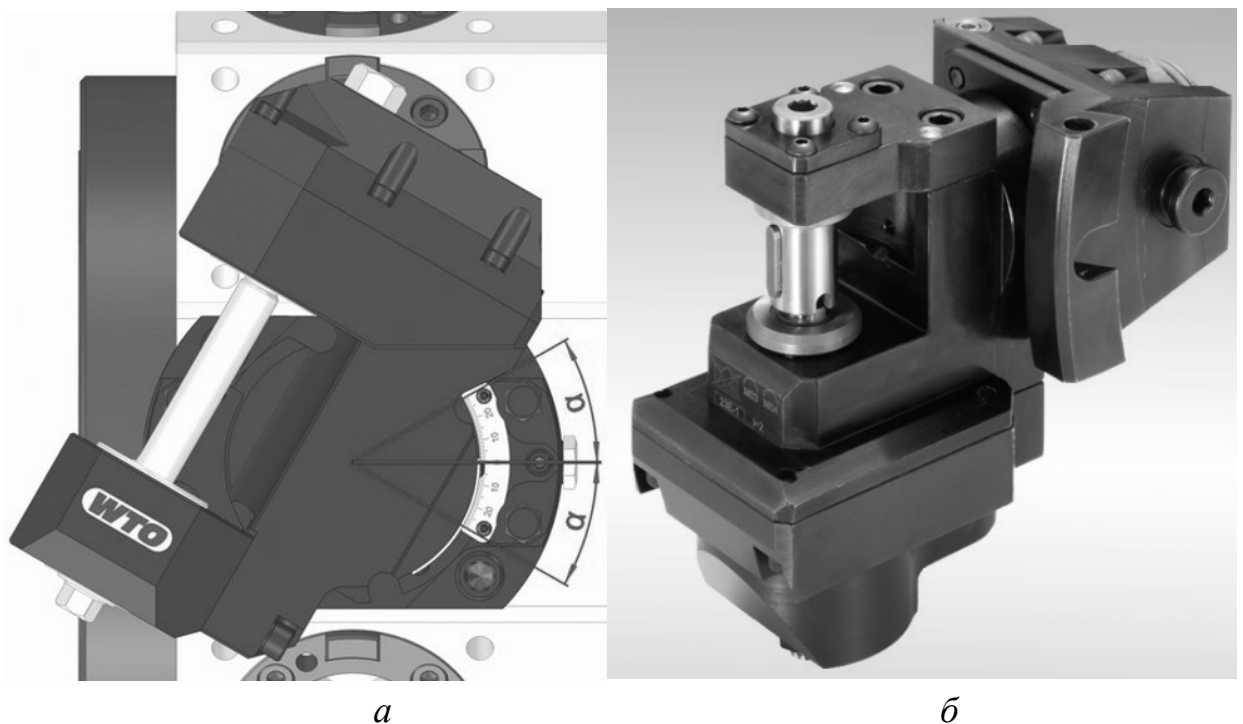


Рисунок 7.29 – Приклади зуборізних інструментальних головок:
а - WTO; б - INDEX-TRAUB

Кінематика формоутворення з використанням таких інструментальних модулів традиційна для обробки зубчастого вінця черв'ячною фрезою (рис.7.30). Головки мають можливість налаштувати кут нахилу осі фрези в

межах $\pm 30^0$ для нарізання косозубих циліндричних коліс. При встановленні черв'ячних шліцьових фрез можливе нарізування шліцьового профілю на валах.

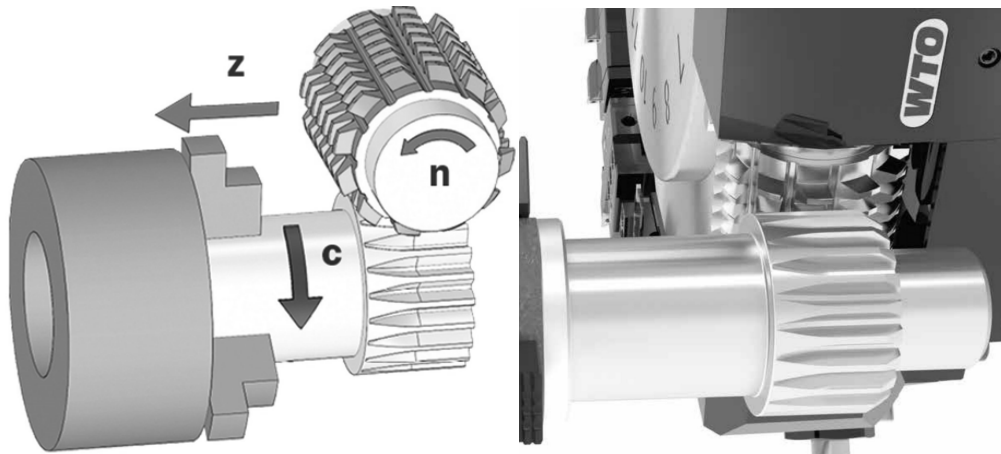


Рисунок 7.30 – Кінематика роботи інструментальної зуборізної головки

Крім зубофрезерних головок компанії, що спеціалізуються на виробництві інструментальних систем (WTO, SANDVIK COROMANT, SECO та ін.), випускають модулі, які дозволяють виконувати довбання зубчастого профілю на верстатах токарного компонування.

На рисунку 7.31 наведено загальний вигляд зубодовбального модуля фірми WTO, який дозволяє обробити зубчасті вінці зовнішнього та внутрішнього зачеплення.



Рисунок 7.31 – Конструкція зубодовбального модуля фірми WTO

Модуль оснащений гідропатроном високої точності (опціонально може доповнюватися системою внутрішньої подачі ЗОТР через інструмент) та високоточною системою регулювання кутового положення інструменту для нарізання косозубого зачеплення.

На рисунку 7.32 показано принцип роботи зубодовбального модуля та кінематика формоутворення зубчастого профілю зовнішнього та внутрішнього зачеплення (класичний варіант кінематики формоутворення для зубодовбальної операції).

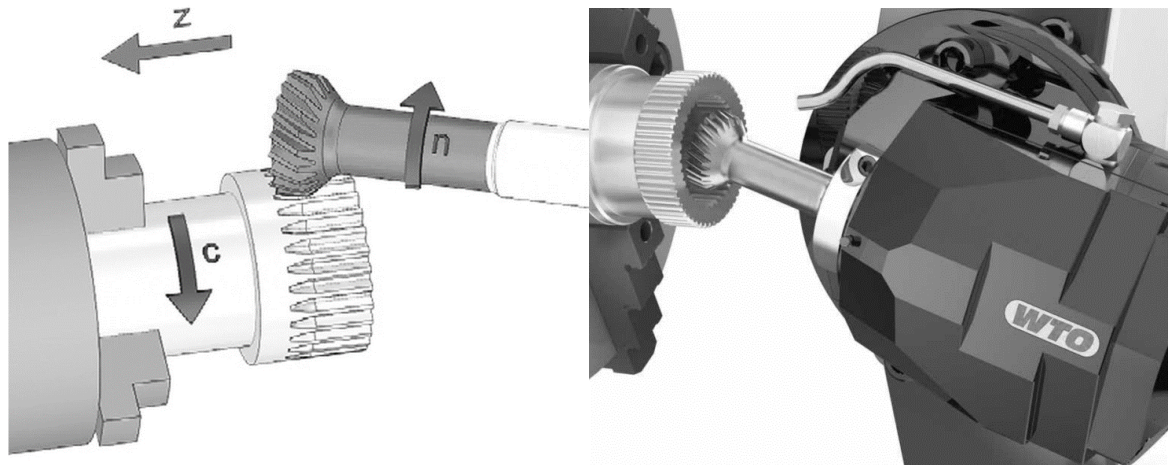


Рисунок 7.32 - Кінематика роботи зубодовбальної головки фірми WTO

7.2.2.2. Технологічні модулі для вихрового нарізування гвинтових поверхонь.

Конструкція модулів для вихрового різьблення забезпечує високошвидкісну обробку (до 8000 об/хв) різьбових поверхонь різного профілю з максимальною висотою профілю до 6мм. Число заходів різьблення та її профіль залежать від типорозміру змінних різцевих блоків (рис.7.33). Модулі оснащені спеціальними синусоїдальними лінійками для високоточного регулювання кута заходу різьбової поверхні.



Рисунок 7.33 - Модуль для вихрового різьбонарізування компанії WTO
На рисунку 7.34 наведено схему вихрового нарізування гвинтової поверхні з використанням спеціального модуля компанії WTO.

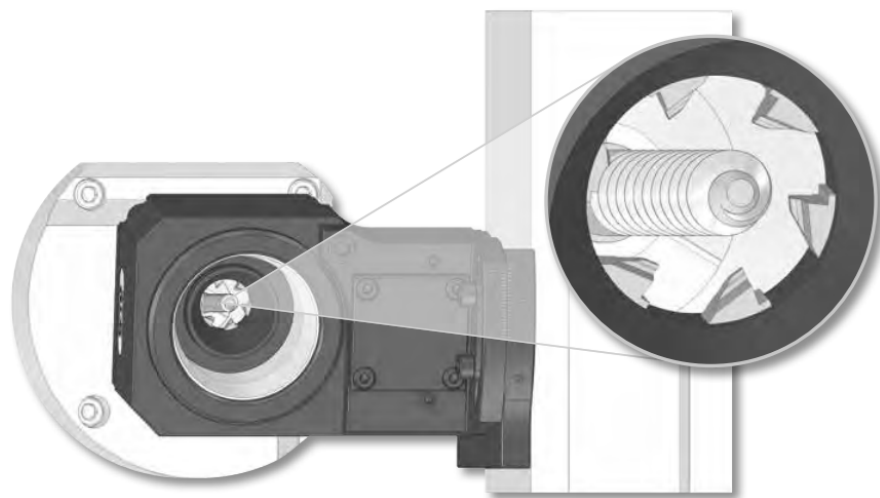


Рисунок 7.34 – Схема вихрового нарізування різьблення модулем фірми WTO

Модуль встановлюється в корпус револьверної головки, яка може забезпечувати автономне обертання блоку різця, який формує профіль гвинтової поверхні. Довжина поверхні визначається можливостями лінійного переміщення револьверної головки.

7.2.2.3. Прискорювачі шпинделя.

Перші прискорювачі шпинделя були спроектовані та розроблені фірмою GERARDI. Даний модуль дозволяє підвищити частоту обертання інструменту від 2 до 8 разів (до 35000 об/хв) за рахунок двошестеренного планетарного редуктора та забезпечує максимальну надійність роботи та точність при обробці поверхні.

Такі прискорювачі шпинделя можуть бути встановлені як на традиційних верстатах, так і на верстатах з автоматичною зміною інструменту. Для зручності обслуговування серія шпиндельних прискорювачів забезпечена спеціальним довговічним синтетичним мастилом, що практично не вимагає втручання працівника в обслуговані конструкції.

Компактна конструкція, деталі із загартованої сталі та високоточні зубчасті колеса гарантують передачу високої потужності при відносно низькому рівні шуму. Шпиндель підтримується набором попередньо навантажених прецизійних радіально-упорних шарикопідшипників, що забезпечує більшу міцність та биття менше 10мкм.

Як місце безпосередньої установки інструменту в прискорювач використовуються втулки, які забезпечують сполучення за різними стандартами (на рисунку 7.35 зображено прискорювач з цанговою посадкою інструменту циліндричного хвостовика).

Подача ЗОТР здійснюється як зовнішнім способом через корпус прискорювача (у стандартній комплектації, як показано на рисунку 7.35), і безпосередньо через інструмент (необхідна установка додаткових елементів).



Рисунок 7.35 – Прискорювач шпинделя фірми GERARDI

7.2.3. Розвиток інструментальних систем з метою підвищення точності та якості обробки.

Сучасне машинобудування висуває високі вимоги до точності та якості поверхонь деталей машин. Тому крім розглянутих вище пристроїв установки та закріплення заготовки, які забезпечують високу точність позиціонування щодо «нульової точки» верстата, необхідно враховувати і другу складову технологічної оснастки, яка забезпечує необхідну точність обробки, - інструментальну систему.

Високопродуктивна та точна обробка з використанням високих швидкостей вимагає підвищеної уваги до точності положення інструменту, жорсткості системи ВПЗІ, стійкості до вібрацій (особливо на високих швидкостях) тощо. Тому провідні виробники інструменту та інструментальних систем технологічної оснастки приділяють велику увагу розвитку нових методів і технологій базування та кріплення інструментів.

7.2.3.1. Інструментальні системи зниження вібрацій.

Провідні виробники систем інструменту, такі як Schunk, Seco, Sandvik Coromant, Index-Traub та інші, виходять на ринок з різними конструкціями оправок і тримачів інструменту, які володіють високими властивостями, що демпфують, і значно знижують вплив вібрацій процесу різання на точність обробки.

Висока точність зміни і концентричність менше 3 мікрон у поєднанні з хорошими характеристиками, що демпфують, технології гідророзширення не тільки покращують якість поверхні деталей, але і продовжують термін служби інструменту до 40%.

Основні переваги патронів та оправок на базі гідравлічних та гідропластових конструкцій:

- універсальне застосування – від тонкої високоточної обробки до об'ємного різання у важких умовах;
- передача крутного моменту до 900 Нм;
- хороші характеристики затиску інструменту;
- хороші демпфуючі показники
- висока точність заміни та концентричність установки;
- висока стабільність завдяки компактній конструкції;
- щодо невисока вартість;
- простота налаштування;

Компанія Schunk розробила модульний ряд оправок різної конструкції для кріплення великого переліку осьового інструменту (свердла, фрези, розгортки, зенківки тощо) під час роботи на різних швидкостях різання.

Оправки забезпечують центрування інструменту щодо осі обертання з точністю 3мкм, при цьому досягається клас точності G2.5 (ISO) балансування інструменту при частоті обертання 25000 об/хв (деякі оправки серії TRIBOS дозволяють працювати на швидкостях до 80000об/хв). Залежно від призначення та параметрів технологічного процесу випускаються модулі для кріплення на верстаті за всіма поширеними стандартами CAT, BT, DIN, HSK, VDI, ISO, Capto (рис.7.36).

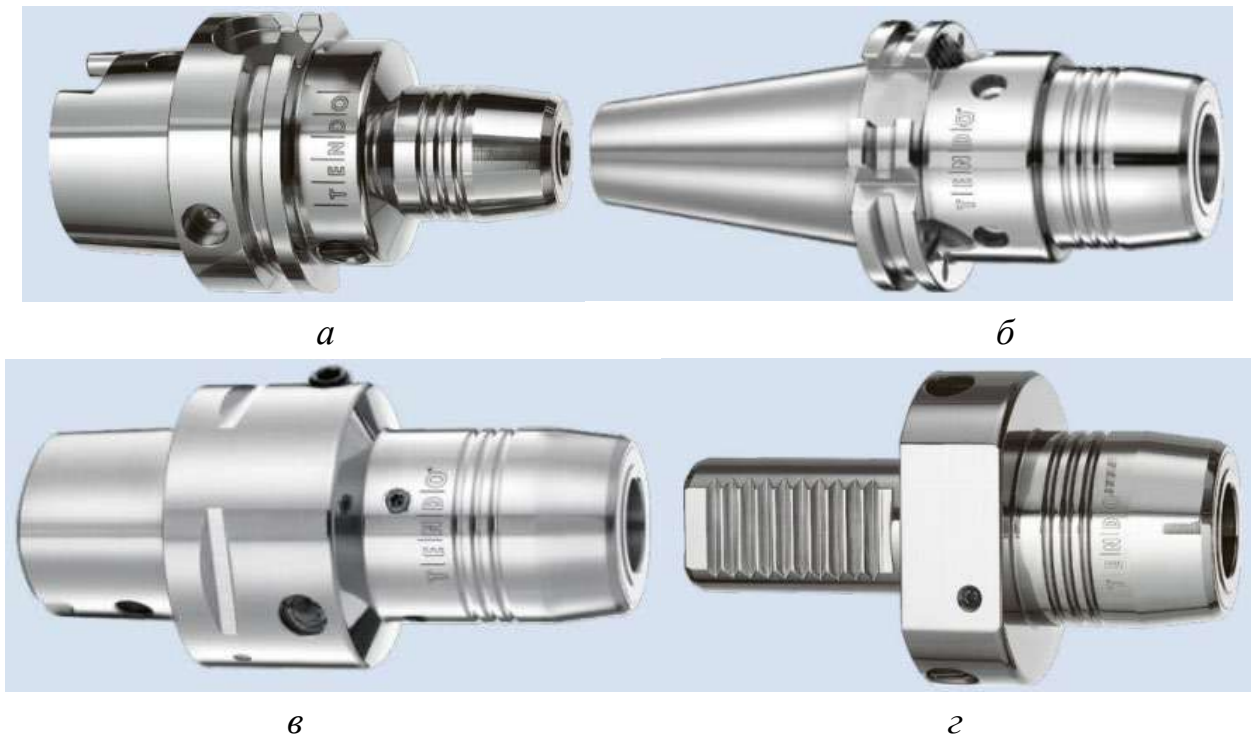


Рисунок 7.36 – Гідравлічні оправки TENDO з різним типом кріплення на верстаті: а – HSK; б-СAТ; в - Capto; г - VDI

Розглянемо принципи роботи гідравлічних оправок фірми SCHUNK серії TENDO.

На рисунку 7.37 наведено принципову схему роботи гідравлічного затиску оправок фірми SCHUNK загальна для всіх типів кріплення оправки на шпинделі верстата. Оправки серії TENDO доцільно використовувати для високошвидкісної обробки з відносно невисокими навантаженнями та інтенсивністю обробки (діаметр осьового інструменту до 20мм). Дана схема роботи справедлива і для оправок інших виробників, наприклад, Sandvik Coromant.

Корпус оправки *б* сполучається зі шпинделем верстата за рахунок уніфікованого кріплення. Затискний поршень *2* приводиться в дію за допомогою герметичного затискного гвинта *1* і подає робочу рідину *8* під тиском в масляну камеру *5*, пов'язану через мембрану *9* з затискною втулкою

4. Затискна втулка розширюється у радіальному напрямку до хвостовика інструменту 7, тому в процесі затискання хвіст з початку центрується, а потім повністю притискається по всій поверхні із центруванням щодо осі обертання. Масляна камера після заповнення робочою рідиною створює ефект гасіння вібрацій, що виникають у процесі обробки. Задля більшої герметичності використовується спеціальне ущільнення 3.

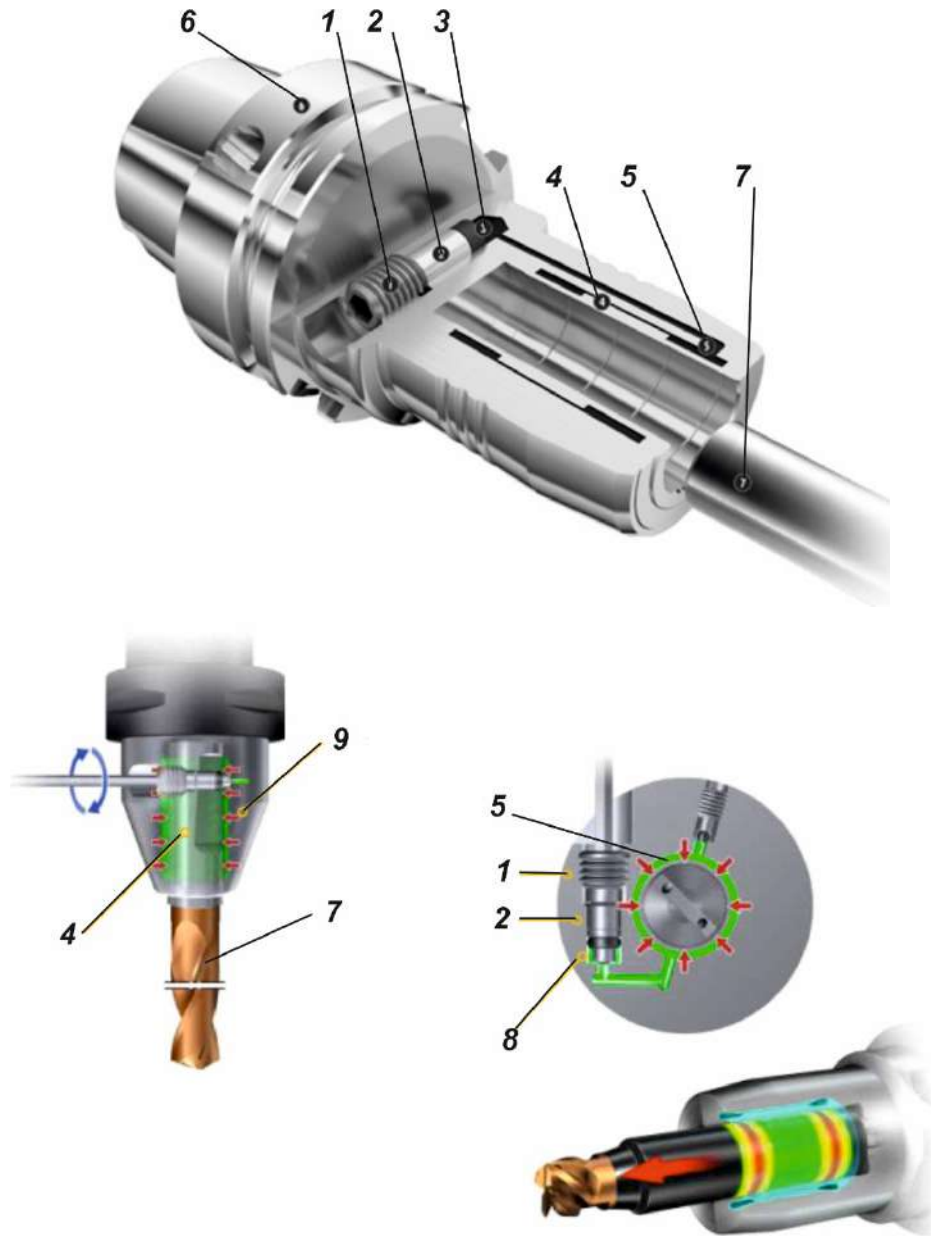


Рисунок 7.37 – Принцип роботи гідравлічного патрона

7.2.3.2. Полігональні оправки.

Оправки серії TRIBOS використовують полігональний принцип базування та закріплення інструменту, що забезпечує оптимальну плавну роботу (рис.7.38). Сфера застосування таких оправок при роботі осьовим

інструментом дуже широка, від обробки малих діаметрів починаючи від 0,3мм (серія TRIBOS MINI), до обробки з інтенсивними процесами різання (серія TRIBOS R, діаметр осевого інструменту до 32 мм).

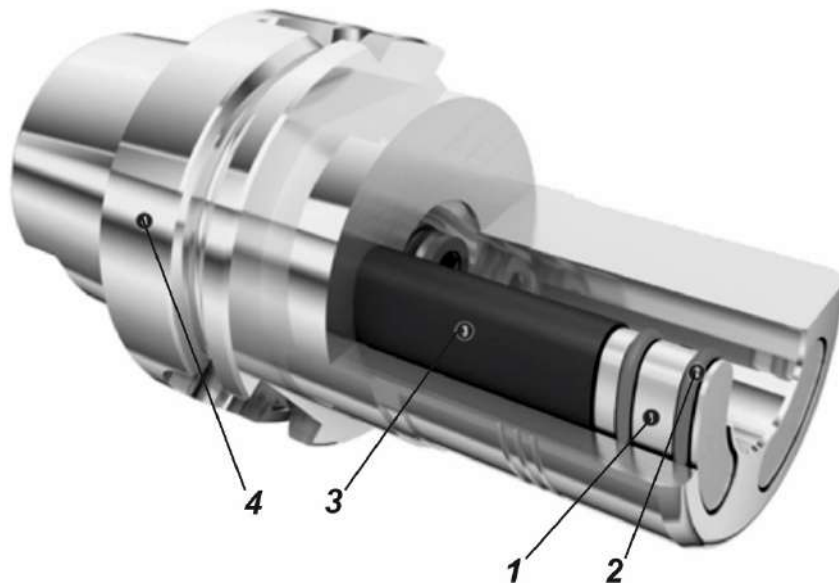


Рисунок 7.38 – Типова конструкція полігональної оправки TRIBOS R

На рисунку 7.39 наведено принципову схему роботи полігональної оправки серії TRIBOS R.

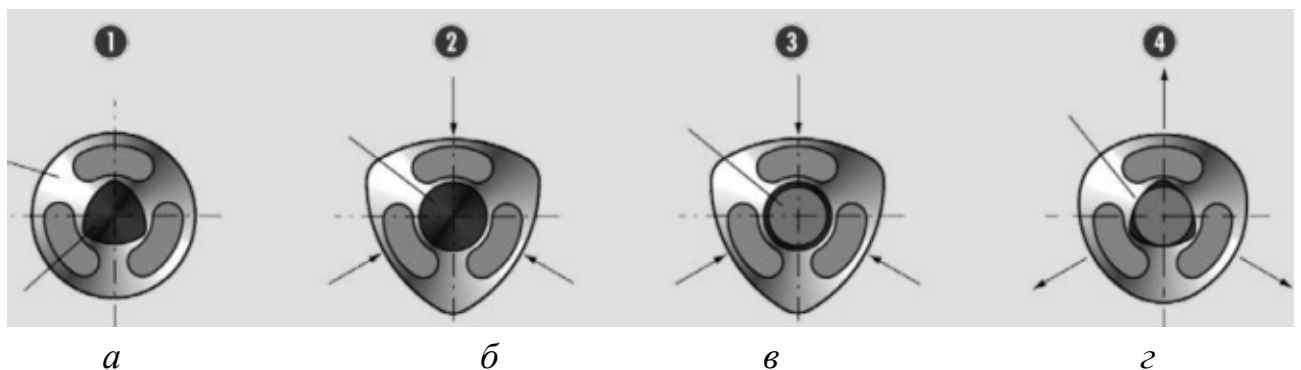


Рисунок 7.39 – Схема роботи полігональної оправки

У початковому положенні затискний елемент має полігональну форму (рис.7.39,*а*). Після подачі тиску через вставки з епоксидної смоли 3 (рис.7.38) полігональний затискний елемент інструментальної оправки приймає круглу форму (рис.7.39,*б*), що дозволяє легко вставити інструмент з незначним зазором (рис.7.39,*в*). Коли тиск на затискному елементі слабшає, він знову набуває полігональної форми ідеально охоплюючи інструмент (рис.7.39,*г*), тим самим щільно затискаючи його.

Основними елементами такої оправки є корпус 4 з полігональним отвором і встановленими в ньому кvasолеподібної форми (для рівномірності тиску) вставки 3 з епоксидної смоли, які закриті мідними заглушками 1. Для гасіння можливих вібрацій на заглушках монтуються гумові кільця-ущільнювачі 2.

Оправки серії SINO використовують гідропластову затискну технологію. Як робоче середовище використовується високотехнологічний еластомер, який крім рівномірного затиску інструменту щодо осі обертання, забезпечує гасіння вібрацій при обробці. Такий підхід дозволяє забезпечити, з одного боку високу швидкість різання, з другого, довести момент різання до 800Нм.

На рисунку 7.40 наведено конструкцію затискної оправки серії SINO.

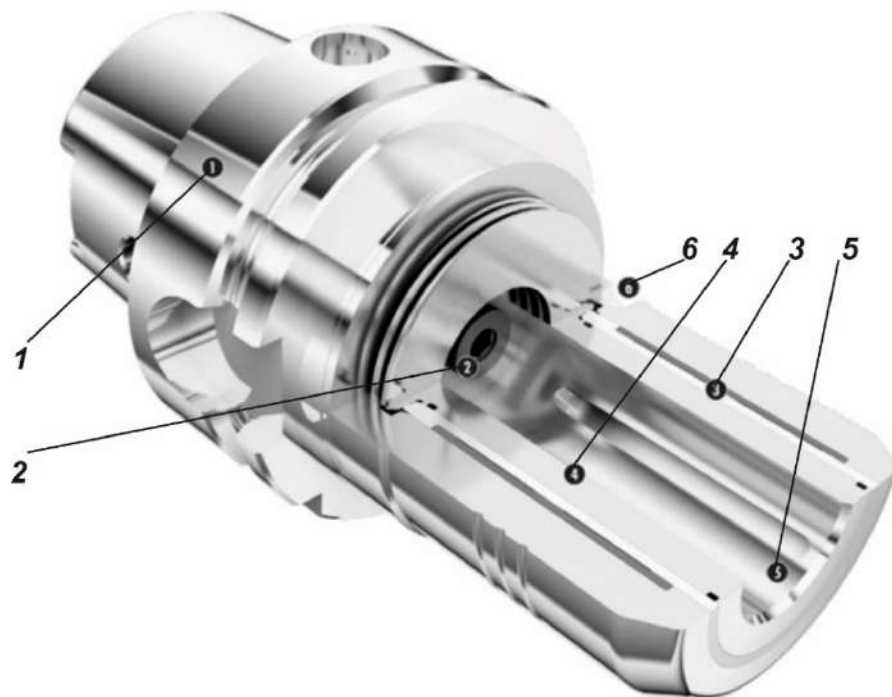


Рисунок 7.40 – Конструкція затискної оправки серії SINO

У корпусі 1 оправки розташована розширювальна камера 3 (заповнена еластомером), пов'язана з затискною втулкою 4. При затягуванні затискної втулки (ключом або затискними гайками, це залежить від виконання оправки) еластомер стискається навколо затискної втулки 5. Зовнішній стакан 6 забезпечує передачу моменту, що крутить, і оберігає оправку від впливу зовнішнього середовища. Упорний гвинт 2 служить для налаштування вильоту інструменту в осьовому напрямку.

7.2.3.3. Пат рони з т ермозат иском.

Термооправки широко використовуються при складній 5-осьовій обробці через їхню здатність зберігати відмінні характеристики биття на великій довжині інструменту, а також тому, що їх можна використовувати у

важкодоступних місцях. Крім того, термооправки чудово передають високий крутний момент і, отже, добре підходять для високопродуктивної обробки (рис.7.41,*a*). Збалансована конструкція без механічних частин, що рухаються, робить їх також ідеальною системою для високошвидкісної обробки

Застосовуються для з'єднання "гарячої" посадки, добре відомої як посадка з натягом типу H7/p6, H7/n6, що утворюється при з'єднанні нагрітих деталей, наприклад, бандажів колісних пар.



Рисунок 7.41 – Інструмент у термооправці та термозатискна машина фірми HAIMER

Дія патронів з термозатиском ґрунтується на тому, що при нагріванні посадковий отвір збільшується в діаметрі. Нагрівання в патроні до температури 475 градусів, чого достатньо для розширення конуса, як правило, здійснюється струмами високої частоти (ТВЧ), за допомогою індукційної

котушки. Час нагріву $3\div 5$ с, охолодження – 30с. Таким чином, монтаж інструменту в термопатроні займає небагато часу, а параметри точності та якість посадки забезпечують високу точність обробки при великих крутних моментах. Операція зі встановлення інструменту у термопатрон виконується на спеціальних індукційних машинах (рис.7.41,б).

Загальна конструкція термооправки та принцип затиску інструменту може бути розглянута на прикладі оправки фірми SECO з хвостовиком типу SK (рис.7.42).

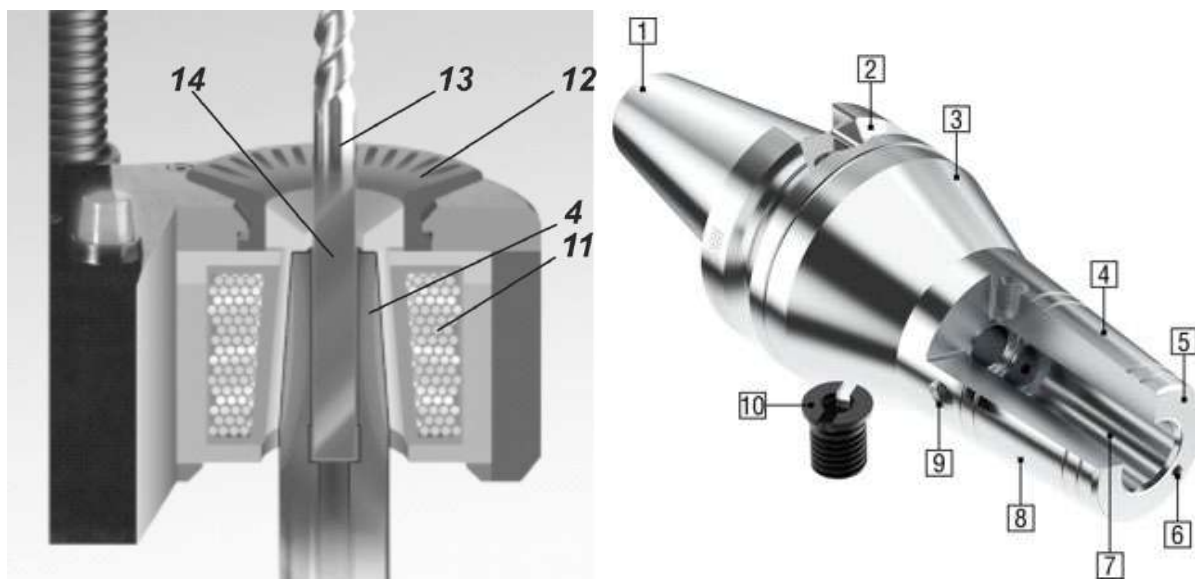


Рисунок 7.42 – Принципова конструкція та схема роботи термооправки фірми SECO

Індукційна котушка 11, яка забезпечена радіатором повітряного охолодження 12, розігріває оправку підвищеної жорсткості 3 в зоні установки інструменту 4. Хвостовик 14 закріпленого інструменту 13 вставляється в розширений високоточний отвір 7 типу патрону (на рисунку з циліндричним хвостовиком). Регулювання осьового положення інструменту, що встановлюється здійснюється за допомогою гвинта 10, в якому є центральний отвір для подачі ЗОТР в зону різання безпосередньо через центральний отвір інструменту. ЗОТР також може подаватися зовнішнім способом через отвір 6. Гвинт 9 призначений для балансування патрона, биття при цьому не перевищує 3мкм. Щоб уникнути «закушування» інструменту, передбачено спеціальне кільцеве виточення на торці 5. При охолодженні до кімнатної температури діаметр отвору патрона повертається до нормального розміру, при цьому виникають дуже великі затискні зусилля. Після повного охолодження патрон ідеально з'єднаний з інструментом та готовий до

використання. Якщо закріплення здійснюється в діапазоні пружних деформацій матеріалу патрона, воно може бути повторене багаторазово (до 5000 разів).

При розкріпленні інструменту в зоні, обмеженій ділянкою сполучення патрона і хвостовика інструменту, що закріплюється, виконується нагрівання до температури $300\div 350^{\circ}\text{C}$ можливе менш ніж за 10с. Після вилучення різального інструменту патрон охолоджується досить швидко, чому сприяє відносно велика маса патрона. Інструмент практично не нагрівається.

Утримуючі сили, що виникають в результаті охолодження патрона з термозатиском, значно більше, ніж в інших відомих системах закріплення, тому за рівнем вібрацій система закріплення, що утворюється, практично рівноцінна цільному інструменту тієї ж конфігурації.

Самі термооправки та супутнє обладнання поставляються практично всіма провідними компаніями в галузі інструментального оснащення (SECO, SANDVIK, ISCAR, WTO, HAIMER та ін.).

7.2.4. Інструментальні системи із внутрішньою подачею ЗОТР у зону обробки.

Оптимізоване внутрішнє охолодження інструменту дозволяє збільшити термін служби різальних інструментів до 30% порівняно з утриманням інструментів із зовнішнім охолодженням, що робить ці утримувачі інструменту значно продуктивнішими і, отже, економічнішими.

На рисунку 7.43 наведено конструкцію спеціальної свердлувальної державки з подачею ЗОТР у зону обробки безпосередньо через інструмент.

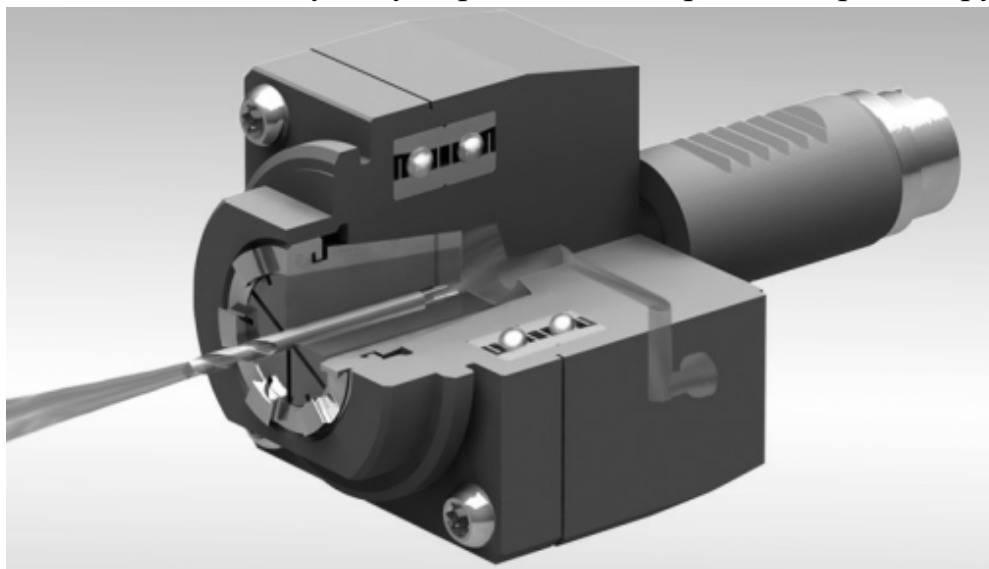


Рисунок 7.43 – Схема подачі ЗОТР у зону обробки при свердлінні з використанням спеціальної державки компанії INDEX-TRAUB

Державка встановлюється в револьверну головку верстата токарного компонування по системи VDI. Свердло з циліндровим хвостовиком затискається в цанговій оправці. ЗОТР під високим тиском подається через спеціальні канали безпосередньо до інструменту.

Цікаве рішення запропонувала компанія GERARDI для модульних фрезерних головок (рис.7.44).

Конструкція головки спроектована таким чином, що перемикання варіанта подачі ЗОТР здійснюється на етапі попереднього налаштування головки.

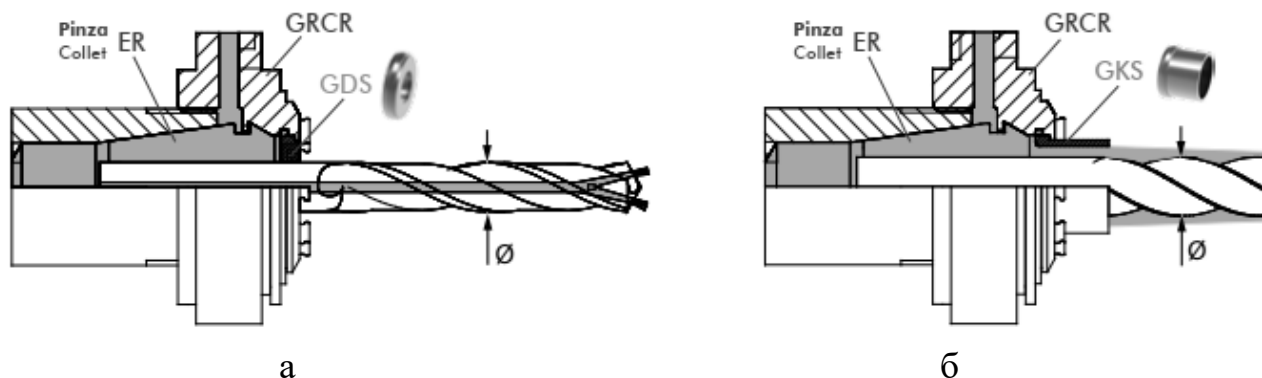


Рисунок 7.44 – Схема подачі ЗОТР у модульних фрезерних головках компанії GERARDI

ЗОТР подається через штифт за рахунок внутрішнього тиску в спеціальну зону головки, де розміщується цанга (на рисунку 7.44 виділено сірим кольором). При необхідності забезпечити подачу ЗОТР в зону обробки через різальний інструмент (рис.7.44,*а*) в затискну гайку цанги встановлюється ущільнювальна муфта GDS, яка запобігає виходу ЗОТР через гвинтові канавки інструменту і вона під тиском прямує в зону обробки через інструмент. Якщо встановити втулку GKS (рис.7.44,*б*), то ЗОТР в зону обробки буде направлятися через зазори між втулкою та інструментом.

Для таких головок можливі кілька варіантів подачі ЗОТР до зони розподілу (рис.7.45).

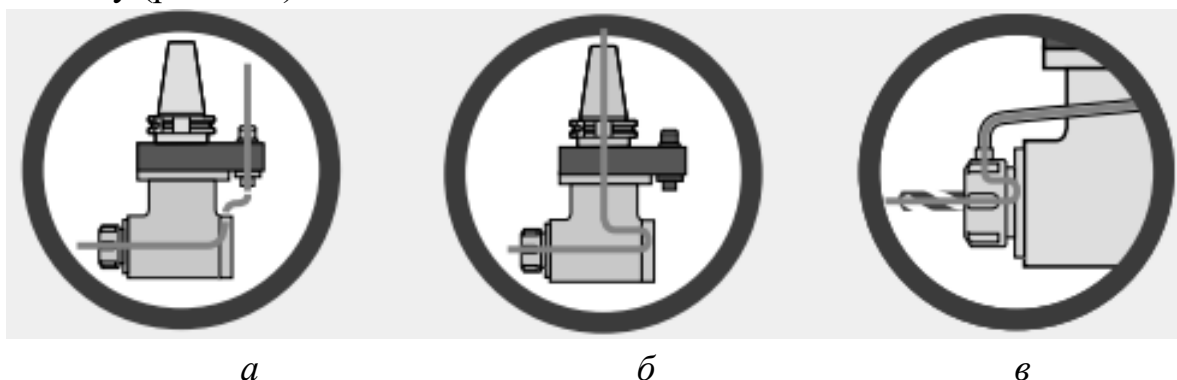


Рисунок 7.45 – Варіанти подачі ЗОТР у зону обробки у фрезерних головках компанії GERARDI

Тобто:

- 10 бар через поворотний розподільник (а);
- 70 бар через шпindelь верстата (робота без ЗОТР неможлива (б));
- 10 бар через спеціальні затискні кільцеві гайки ReCool для забезпечення проходження охолоджувальної рідини через інструмент навіть на головках, конструкції яких не забезпечують цю можливість безпосередньо (в).

Така оптимізована конструкція фрезерної головки значно покращує розсіювання тепла та збільшує час роботи різального інструменту, особливо на високих швидкостях.

7.2.5. Системи для налаштування інструменту.

Визначення геометричних розмірів і стану різальної кромки інструмента дозволяє підвищити ефективність процесу обробки, що включає перевірку правильності вибору інструменту, який завантажується, для запланованої програми обробки, корекцію на знос інструменту і автоматичне оновлення корекцій на інструмент. Досягаючи того, щоб інструмент був придатний для виконання технологічного завдання, досягаються такі цілі:

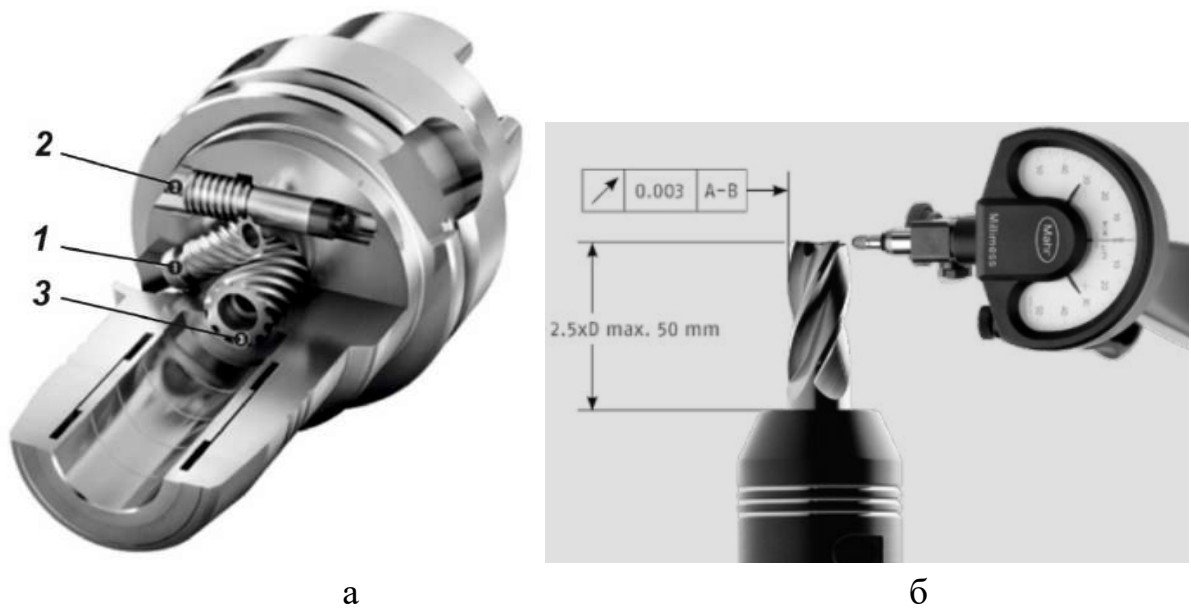
- підвищення точності обробки;
- зниження обсягу шлюбу;
- зниження ступеня участі оператора у процесі роботи;
- скорочення часу простою обладнання;
- зниження технологічної собівартості обробки.

Налагодження інструмента полягає у визначенні розмірів різального інструменту, довжини, радіусу та/або діаметра за допомогою пристрою для налагодження інструменту. Деякі способи налагодження інструменту дозволяють також отримувати таку інформацію, як дані закругленого та прямолінійного профілів та стан різальної кромки.

Практично всі компанії виробники інструментальної оснастки передбачають різноманітні конструкції допоміжного інструменту з можливістю регулювання вильоту для осьового інструменту.

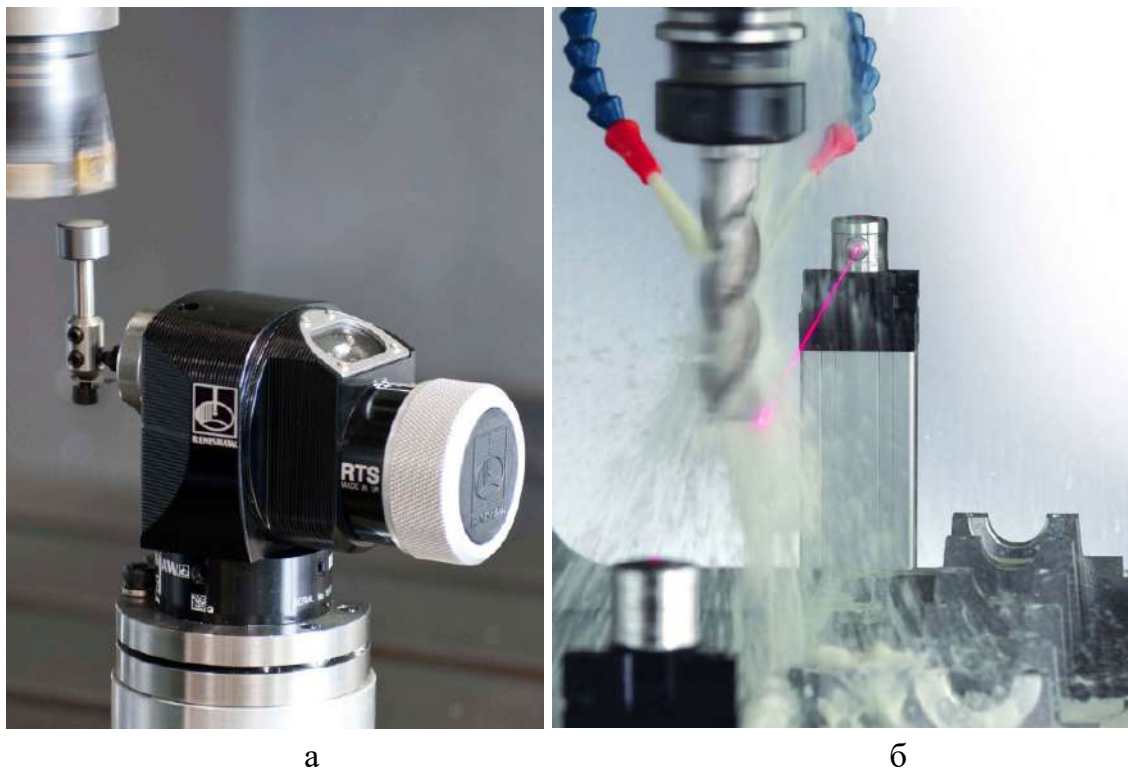
Розглянемо одне з конструктивних рішень регулювання вильоту інструменту з прикладу оправок компанії SCHUNK.

Для серії гідравлічних оправок TENDO RLA (рис.7.46,а) характерна можливість попереднього налаштування та регулювання інструменту по довжині вильоту з точністю позиціонування в осьовому напрямку до 20мкм., а також забезпечення биття різальних кромки при вильоті до 2,5D до 3мкм.



а б
Рисунок 7.46 – Схема регулювання осевого положення інструменту

Регулювання вильоту інструменту проводиться за рахунок приводного черв'ячного механізму з гвинтом 1 і регулювальним гвинтом 3. Як і в розглянутій раніше конструкції оправки, затискний гвинт 2 використовується для переміщення поршня подачі робочої рідини в камеру гідропласту для закріплення інструменту.



а б
Рисунок 7.47 – Схема установки пристрою контролю різального інструменту: а-контактного поза верстатом; б -безконтактного безпосередньо на верстаті

Контроль осевого положення та биття інструменту здійснюється на різних спеціальних контрольних пристроях. Пристрої контролю різального інструменту можуть встановлюватися поза робочою зоною верстата (рис.7.47,*a*) або безпосередньо в зоні обробки (рис.7.47,*б*).

У контактних пристроях налагодження інструменту RENISHAW застосовується механізм точного базування. Коли йдеться про забезпечення точності та надійності, то ця конструкція, котра використовується вже понад сорок років, продовжує залишатися найкращою для більшості виробників верстатів і тих, хто займається їх експлуатацією.

Здатність механізму датчика повертатися після спрацювання у вихідне положення з точністю в межах 1,0 мкм є ключовою з погляду повторюваності та якості вимірювань. Цей принцип реалізований у всіх контактних пристроях налагодження інструменту компанії RENISHAW, незалежно від того, чи йдеться про просту перевірку довжини та радіуса або про виявлення несправного інструменту.

Розглянемо конструкцію контактних пристроїв налагодження інструменту з кінематичним механізмом (рис.7.48).

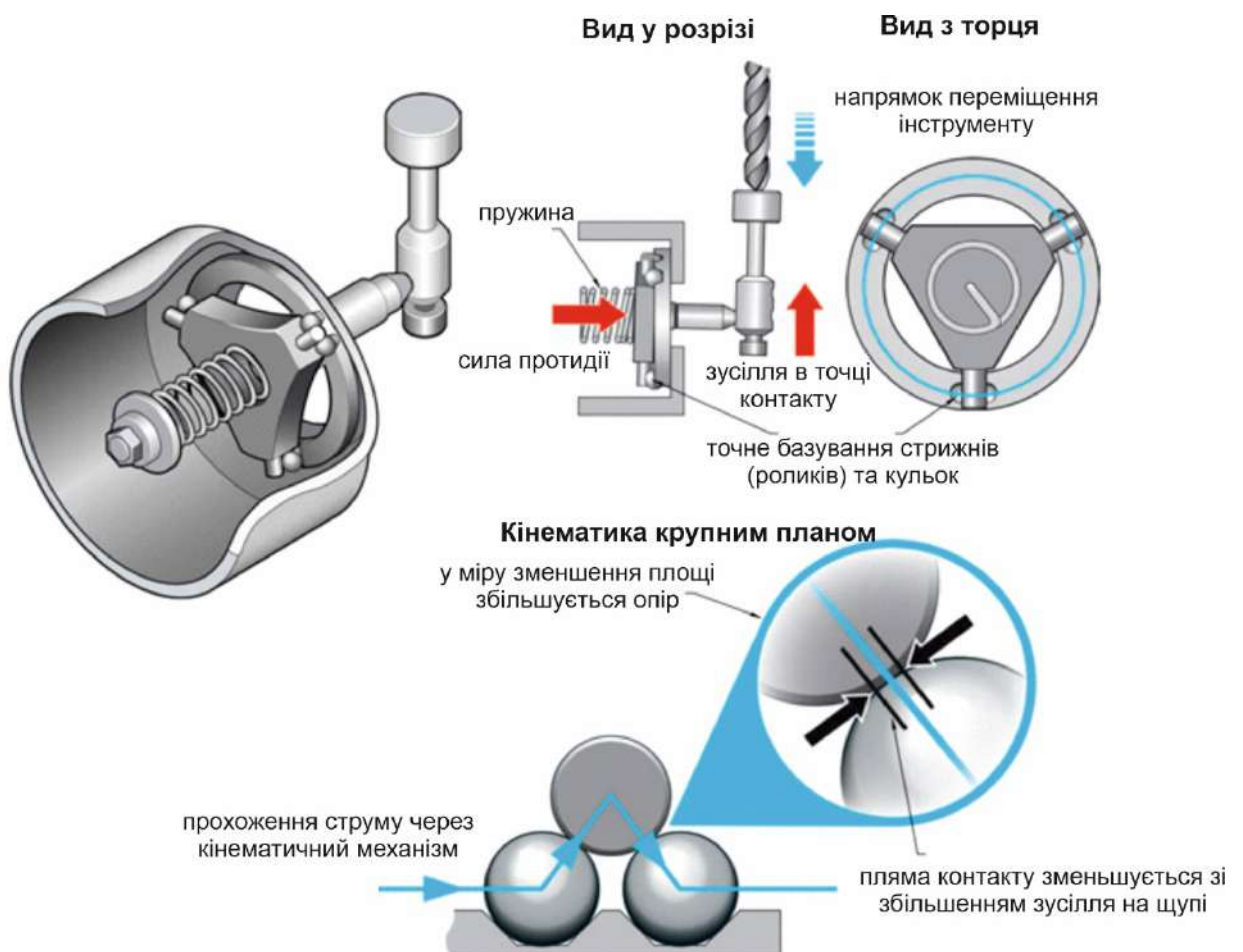


Рисунок 7.48 – Схема налагодження інструменту з кінематичним механізмом

Три стрижні (ролики), розташовані на однаковій відстані один від одного, спираються на шість кульок з карбіду вольфраму, що забезпечують шість точок контакту в системі точного базування. За допомогою цих контактів формується електричний ланцюг. Підпружинений механізм дозволяє щупу датчика відхилитися при зіткненні з поверхнею деталі та забезпечує повернення датчика у вихідне положення з точністю в межах 1,0 мкм, коли щуп відводиться від поверхні (без дотику).

При навантаженні пружини створюються плями контакту, якими може текти струм. Протидіючі сили механізму датчика призводять до зменшення деяких плям контакту, внаслідок чого підвищується опір таких елементів.

При контакті (дотику) з деталлю змінна сила, що впливає на пляму контакту, вимірюється як зміна електричного опору. Коли опір перевищує деяке граничне значення, на виході датчика подається сигнал про спрацювання.

Описаний принцип дії кінематичного механізму визначає стадії генерації сигналу спрацювання, наведені нижче (рис.7.49).

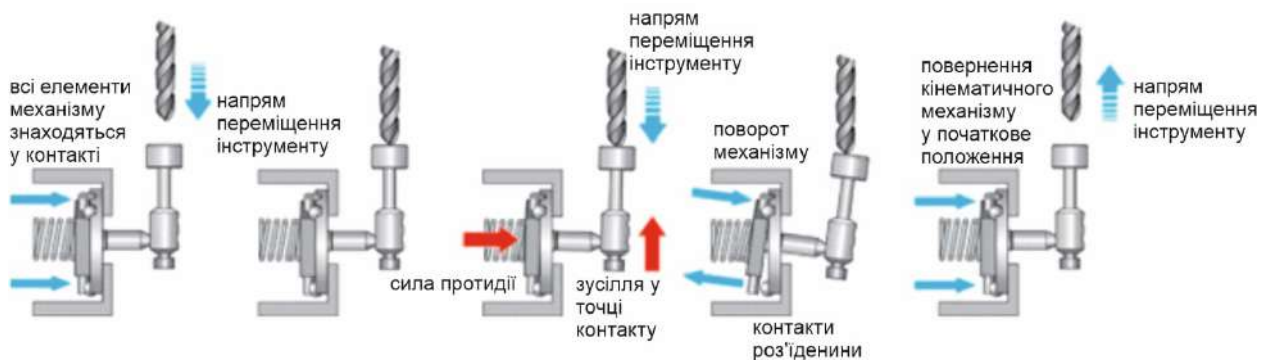


Рисунок 7.49 - Стадії генерації сигналу спрацювання

Варіанти датчиків з кінематичним механізмом налаштування різального інструменту на необхідний розмір мають на увазі використання спеціального механізму – руки для налагодження інструменту, що зазвичай використовується на токарних та шліфувальних верстатах. Рука виставляє з високою повторюваністю датчик для налагодження інструмента у потрібне положення перед револьверною головкою. Коли рука не використовується, її можна зняти зі верстата або відвести за межі робочого простору (рис.7.50). У деяких верстатах передбачені цикли перевірки інструменту і, відповідно, підведення револьверної головки в зону розташування датчика контролю параметрів інструменту.



Рисунок 7.50 – Послідовність налаштування інструменту з використанням руки компанії RENISHAW

У комплект рук входять:

- кріпильні пристрої, що закріплюються на стінці верстата;
- сама рука, з ручним керуванням або приводом;
- датчик, який встановлюється на кінці руки.

Повторюваність при поверненні механізму у вихідне положення відіграє ключову роль для даного процесу і є основою забезпечення надійних вимірювань.

У безконтактних лазерних системах налагодження інструменту використовується лазерний пучок, що йде від передавача (джерела випромінювання) до приймача, які встановлюються на верстаті так, щоб було можливе перетинання траєкторії пучка різальним інструментом (рис.7.51).

При проходженні інструменту крізь пучок лазерного випромінювання кількість світла, що потрапляє на приймач, зменшується, у результаті формується сигнал спрацьовування. У цей момент положення верстата фіксується для отримання даних, що дають змогу визначити розмір інструменту.



Рисунок 7.51 – Послідовність роботи лазерної системи налагодження інструменту

Здійснюючи підходи за декількома напрямками, можна також точно визначити всі дані з геометрії інструменту. Крім того, ці системи можуть використовуватися для виявлення несправного інструменту - інструмент швидко переміщається в положення, де він повинен перетнути лазерний пучок, і якщо на приймач потрапляє світло, це означає, що різальна кромка інструмента відсутня.

Лазерні пристрої для налагодження інструменту компанії RENISHAW відрізняються тим, що в них при проходженні лазерного випромінювання через об'єктив і два отвори малого діаметра формується значно вужчий, практично паралельний пучок (рис.7.52). Отвір малого діаметра (технологія MicroHole), розташований на виході випромінювання з джерела, визначає форму і поперечний розмір пучка, що виходить, розбіжність якого вздовж його траєкторії дуже мала. Другий отвір малого діаметра MicroHole на вході в приймач випромінювання (а в деяких моделях ще й додатковий мікроотвір усередині приймача) вирізає ту частину випромінювання, яка потрапляє на фотоприймач; таке рішення дозволяє отримати тонкий пучок, що не розходиться (колімований). Саме цей виділений вузький пучок світла, що становить малу частину лазерного випромінювання, і є тим пучком, який використовується при фактичних вимірах.

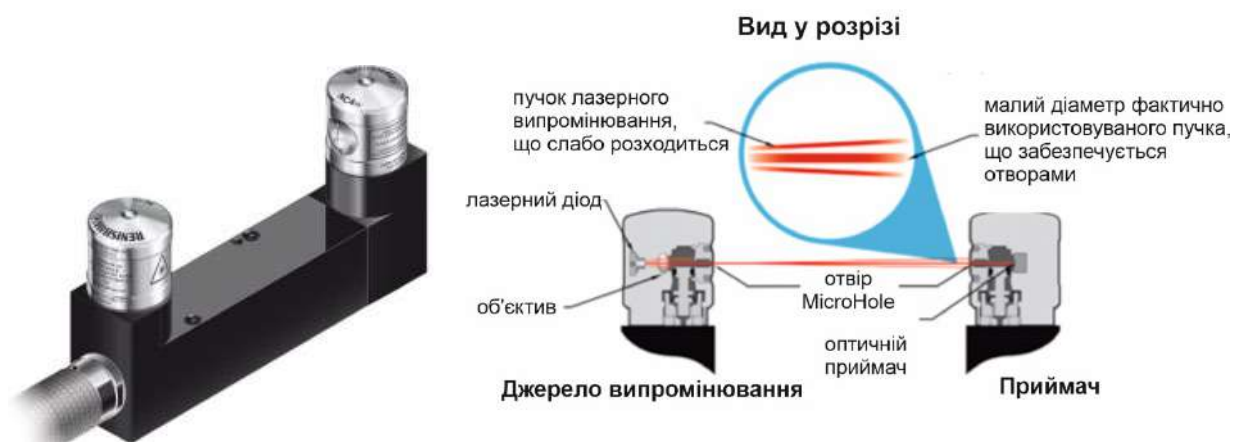


Рисунок 7.52 – Схема роботи лазерного пристрою для налагодження інструменту

7.2.6. Обробка інструментом із великим вильотом.

Компанія Sandvik Coromant пропонує модульну систему з комбінуванням елементів та з інтегрованими адаптерами, що дозволяє забезпечити стабільність та високу швидкість знімання металу у тих випадках, коли велике значення має виліт інструменту (рис.7.53). Система являє собою набір модульних оправок з усіма найпоширенішими системами установки в

шпинделі верстата (ISO, CAT, HSK, CAPTO), в яких безпосередньо або, що частіше, через комплект подовжувачів (типу Silent Tools™), тримачів або змінних головок встановлюється різальний інструмент із кріпленням за стандартом Coromant EN. Такий підхід веде до значного скорочення номенклатури необхідної інструментальної оснастки при використанні стандартизованого інструменту та мінімізація часу простою верстата.

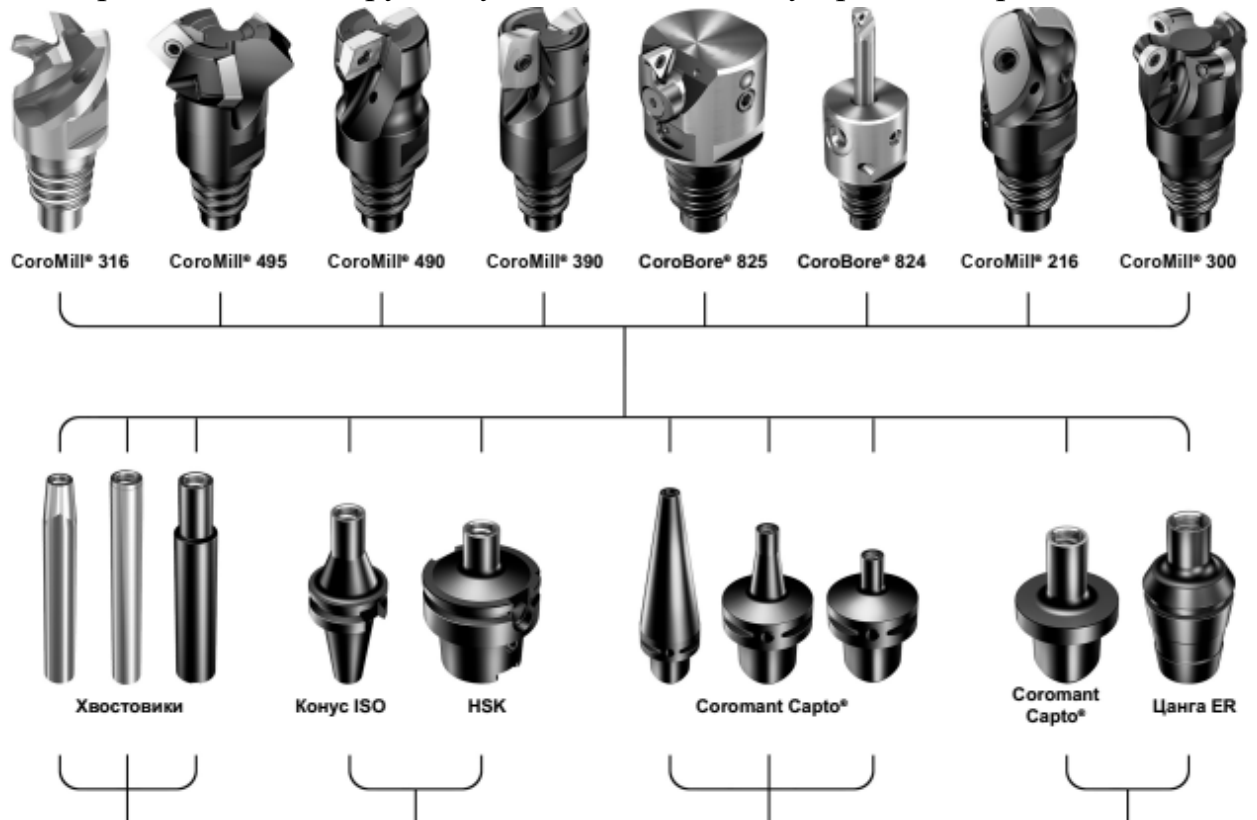


Рисунок 7.53 – Інструментальна система Coromant EN

Coromant EN являє собою конічне високоточне різьблення упорного профілю, що самоцентрується. Такий профіль різьбової поверхні забезпечує виключно міцне і надійне з'єднання, а також спрощує заміну інструменту, тому зміна інструменту виконується за кілька секунд (рис.7.54). Таке з'єднання має упор на інструменті, який дозволяє відчувати, коли головка затянута правильно, щоб уникнути перевантаження при закріпленні.

Найбільш ефективно використовувати таке кріплення інструменту при необхідності забезпечити великий виліт із зазором над заготовкою (віддаленість зони обробки) та стабільності на великих обробних центрах, а також при невеликій відстані від базової поверхні тримача до різальної кромки в малих та середніх обробних центрах, токарних верстатах із приводними інструментальними блоками. Для використання такої системи розроблено уніфіковані ряди свердлів, фрез та розточувальних головок (див. рис.7.53).

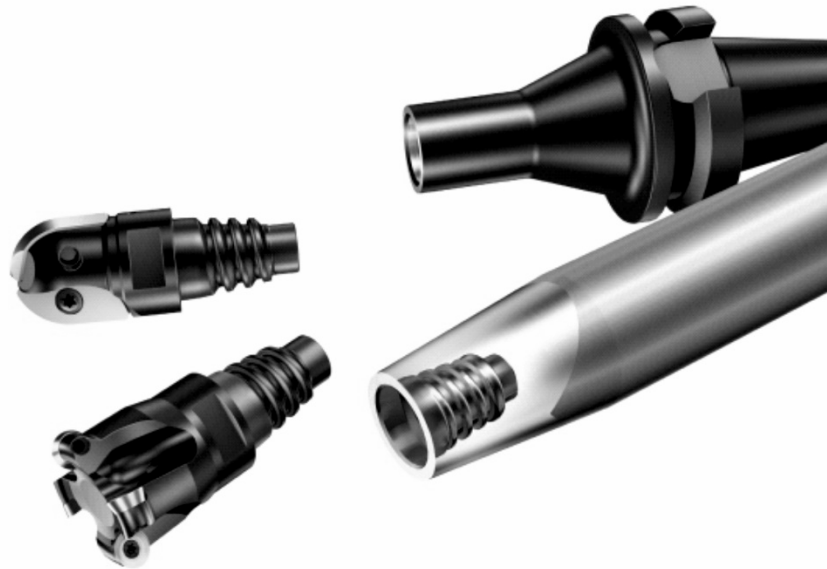


Рисунок 7.54 – Схема встановлення інструменту з хвостовиком Coromant EN

7.3. Перспективи розвитку контрольно-вимірювальних систем.

Розвиток та вдосконалення КВМ здійснюється за двома основними напрямками: удосконалення контактних вимірювальних пристроїв та розвиток безконтактних методів контролю. Обидва ці напрями пов'язані з використанням систем вимірювання на всіх етапах виробничого процесу, особливо це стосується автоматизованого виробництва на верстатах з ЧПУ, гнучких виробничих системах, контролю та діагностики готових виробів.

7.3.1. Вдосконалення контактних вимірювальних пристроїв.

Розвиток контактних вимірювальних пристроїв пов'язано з вирішенням двох завдань, що взаємно виключають.

З одного боку, це вдосконалення контактних вимірювальних пристроїв з метою збільшення точності позиціонування і, відповідно, вимірювань деталі, інструменту, координат частин верстата, що рухаються, тощо. З іншого боку, це збільшення швидкості переміщення вимірювального пристрою в процесі роботи без втрати якості вимірювань.

Розглянемо пропозицію компанії RENISHAW щодо використання системи Sprint для вбудовування у вимірювальну систему верстатів із ЧПУ. Вимірювальний пристрій OSP60 (рис.7.55) системи SPRINT з оптичною системою передачі сигналу монтується на оправку з хвостовиком під конкретну схему установки на верстаті (SK, HSK, Capto, VDI тощо). Цей датчик призначено для виконання на верстатах з ЧПУ як сканування поверхонь, так і вимірювання в окремих точках. У датчику OSP60 є аналоговий сенсор з роздільною здатністю 0,1 мкм за трьома координатами,

що забезпечує виняткову точність датчика і дає максимально повне уявлення про форму деталі.

Датчик виготовлений з високоякісних матеріалів та відрізняється міцністю та надійністю роботи в найжорсткіших умовах експлуатації верстата, витримуючи удари, вібрацію, сильні перепади температури та потрапляння рідини. Його конструкція дозволяє здійснювати безперервний режим вимірювань зі зчитуванням дійсних тривимірних даних 1000 пікселів на секунду при швидкості до 15 000 мм/хв.

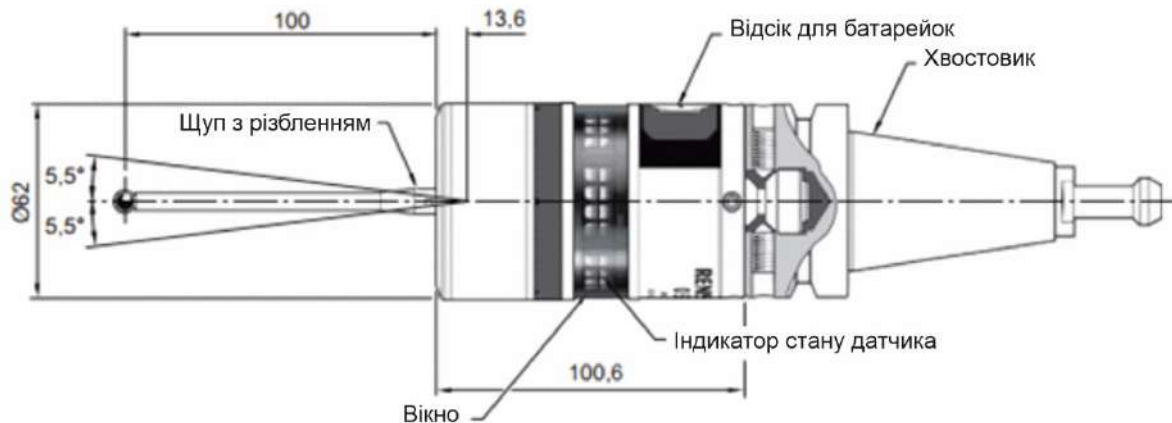


Рисунок 7.55 – Схема вимірювального пристрою системи SPRINT

Для забезпечення широкого діапазону вимірювань у комплекті поставляються набори щупів різної довжини та діаметрів вимірювального елемента (розміри кульки від 1 до 6мм). Можливість гойдання в межах 5,50 забезпечує високу точність передачі сигналу при зміні профілю поверхні.

7.3.2. Технологічна оснастка для контролю точності верстатів.

Типовий трикоординатний верстат має 21 параметр відхилення точності (рис.7.56).

За кожною трьома осями можливі 6 варіантів (рис.7.56,а) відхилень від теоретичного положення:

- відхилення від прямолінійності по горизонталі у поздовжньому напрямку;
- відхилення від прямолінійності по горизонталі у поперечному напрямку;
- відхилення від прямолінійності по вертикалі;
- поворот площини у вертикальному поздовжньому напрямку (рискання);
- поворот площини у вертикальному поперечному напрямку (крен);
- поворот площини в горизонтальному напрямку (тангаж);

Ці відхилення виникають тоді, коли фактичне положення вузла або елемента відрізняється від положення, зазначеного у системі ЧПУ. Причиною таких відхилень часто стають наступні геометричні похибки:

- похибки лінійного позиціонування, що виникають через крок ходового гвинта, внаслідок чого з'являються люфти та помилки шкали;
- похибки кутового позиціонування, які виникають у міру переміщення осі та відбувається її поворот, тобто виникають кути крену, рискання та тангажу, що може призводити до помилок лінійного та поперечного позиціонування;
- відхилення від прямолінійності або зміщення лінійного переміщення в бік у міру переміщення осі, причиною яких можуть бути викривлення напрямних або неспіввісність, що часто викликаються зносом, пошкодженням або проблемами, пов'язаними з фундаментом верстата;
- відхилення від перпендикулярності, коли дві осі прямокутної системи координат не знаходяться під кутом 90° одна до одної, причиною чого можуть бути викривлення, неспіввісність та зношування.

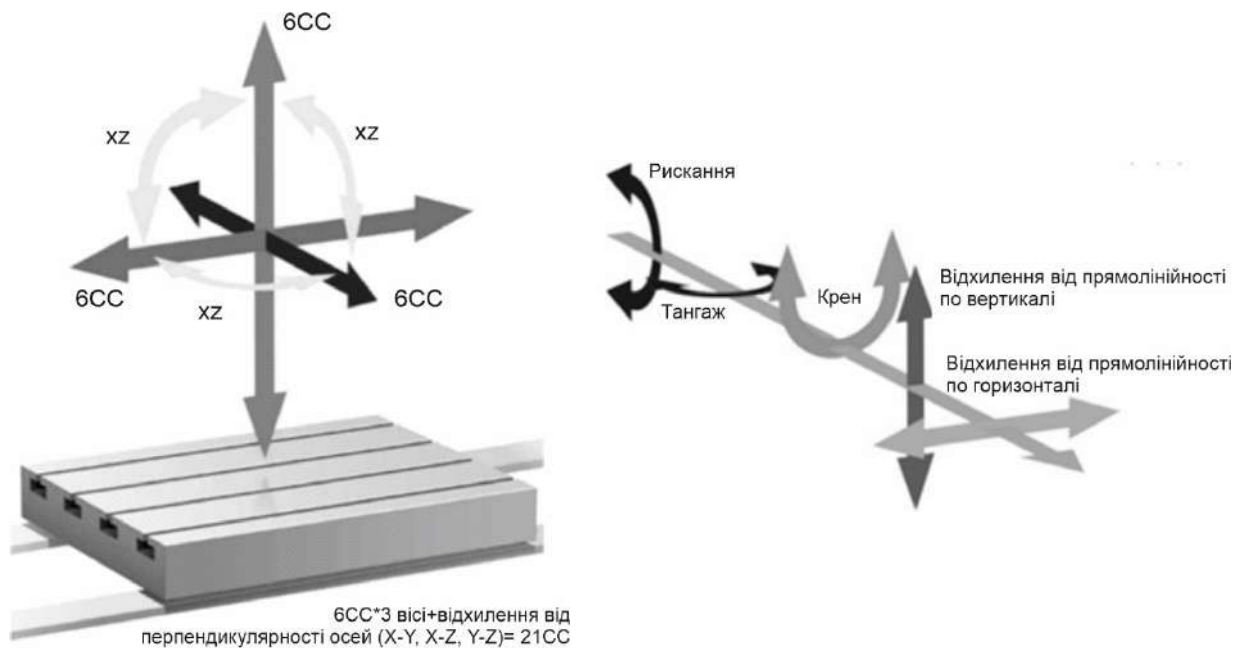


Рисунок 7.56 - Схема орієнтації за трьома осями на вертикальному обробному центрі (а), та ступені свободи щодо однієї лінійної осі (б)

Тобто спостерігається комплекс характеристик, які визначають відхилення від ідеальних параметрів верстата, до яких входять точність лінійного позиціонування, допуски на кути крену, рискання і тангажу, відхилення від прямолінійності та відхилення від перпендикулярності по

відношенню до інших осей. Всі ці відхилення можуть негативно впливати на загальну точність позиціонування верстата і точність виготовлення деталей.

Компанії, які займаються системами контролю точності, пропонують на ринку різні вимірювально-програмні системи для контролю точності верстатного обладнання, які можуть бути безпосередньо вбудовані в компонування верстата або використовувати виносні компоненти, що монтується на верстаті за необхідності контролю.

Так, компанія RENISHAW пропонує монтовані на верстаті лазерні інтерферометричні вимірювальні системи AxiSet та системи Ballbar, які дозволяють виконувати оцінку та моніторинг, а також покращувати статичні та динамічні експлуатаційні характеристики як самих верстатів, так і координатно-вимірювальних машин чи інших пристроїв з прецизійним позиціонуванням виконавчих елементів (рис.7.57).

Система AxiSet Check-Up є модульним програмним рішенням для перевірки точності виставлення поворотних осей і позиціонування центрів їх обертання.

Як зразок для вимірювань використовується єдина калібрувальна сфера, що встановлюється на магнітній опорі. Для такого простого зразка час установки мінімальний; у більшості випадків при його використанні не потрібно демонтаж деталей або затискних пристроїв.

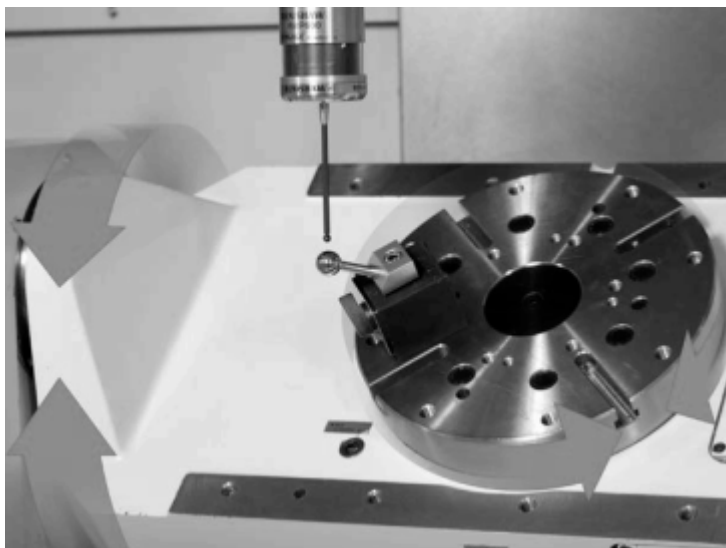


Рисунок 7.57 – Система AxiSet

Як вимірювальний пристрій використовується тензометричні датчики, які забезпечують високу точність вимірювання (рекомендуються датчики останнього покоління типу моделі MP700). Як програмне забезпечення використовується набір макросів вимірювальних циклів, призначений для

низки систем ЧПУ; різні макроси використовуються на різних верстатах з поворотними осями; існують макроси для п'ятикоординатних обробних центрів та багатоцільових верстатів токарного компонування. Макроси керують збором даних при виконанні вимірювань на верстаті та формують вихідні дані для формування звіту про стан верстата і видачу результатів у наочній графічній формі.

Система XL-80 використовує лазерну технологію отримання даних про стан елементів верстата (рис.7.58).

Лазер блоку XL-80 генерує стабільний лазерний пучок, з довжиною хвилі, перевірка якої забезпечує відповідність еталонам. Це дозволяє контролювати точність у межах 0,5мкм/м при виконанні лінійних та кутових вимірювань, а також визначення відхилень від прямолінійності на лінійних осях та визначення кутових помилок на поворотних осях. Зазвичай система XL-80 використовується для початкового комплексного калібрування верстата та корекції його характеристик.

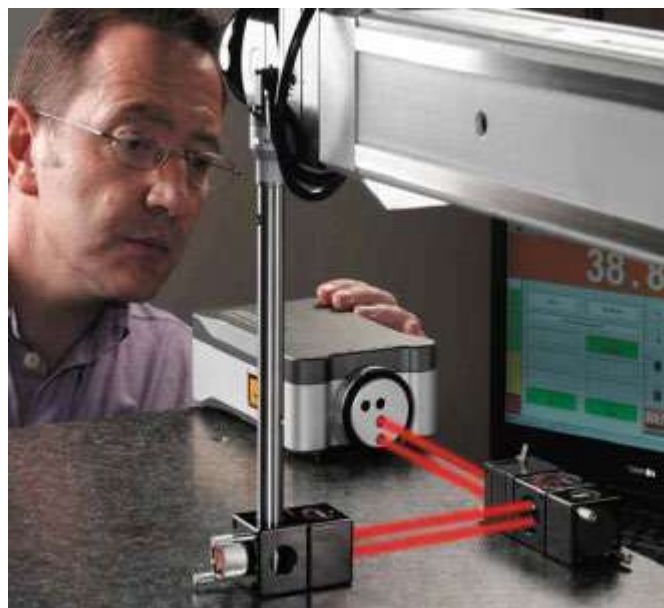


Рисунок 7.58 - Лазерна інтерферометрична вимірювальна система XL-80

Програмний блок вимірювальної системи дозволяє зробити аналіз та виведення результатів тесту відповідно до вимог останніх редакцій міжнародних стандартів, а також використання програми комплексного аналізу компанії RENISHAW, яка виконує автоматичну діагностику помилок верстата. Причому кожна помилка підлягає ранжуванню з урахуванням її відносного вкладу у загальну помилку верстата, та вказується величина помилки. Це дозволяє приділити більше уваги найслабшим місцям при налаштуванні верстата або КВМ.

7.3.3. Розвиток систем контролю несправного інструменту.

Розумною практикою є часте виконання циклів контролю за станом різального інструменту.

Виявлення несправного інструменту для автоматизованого виробництва необхідно, тому що під час циклу обробки найчастіше відбувається поломка інструменту, особливо у разі його малого діаметра. Виявлення несправного інструменту вказує на те, що з великою ймовірністю деталі, оброблені раніше, виявляться такими, що не відповідають вимогам. У програмних циклах обробки можна подати сигнал тривоги, виклик оператора або заміну дублюючим інструментом у разі виявлення несправного інструменту.

Виявлення поломки інструменту можна виконувати системами налагодження інструменту та спеціальними пристроями виявлення несправного інструмента. Застосування пристроїв як налагодження інструменту, так і виявлення його поломки дозволяють працювати на верстатах безлюдної технології, тому все ширше застосовуються в автоматизованому виробництві.

Для виявлення несправного інструмента використовується принцип, аналогічний випадку безконтактного налагодження інструменту, однак існують відмінності в способі використання і компонування пристроїв.

Розглянемо принцип роботи пристрою з контролю працездатності інструменту на прикладі одномодульної лазерної системи для виявлення несправного інструменту типу TRS2 компанії RENISHAW.

У пристрої TRS2 лазерні передавач і приймач змонтовані в єдиному блоці, і виявлення присутності інструменту виконується лазерним пучком, відбитим від інструмента (рис.7.59).

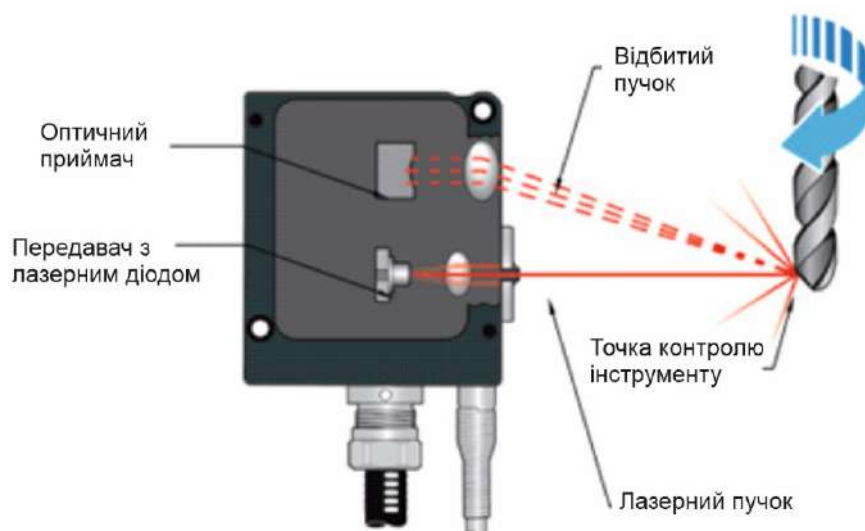


Рисунок 7.59 – Схема роботи лазерної одномодульної системи для виявлення несправного інструменту

У робочому режимі лазерний пучок виходить з блоку і відбивається від інструмента, що обертається, зазвичай в точці на 3мм вище вершини інструменту, назад на приймач (рис.7.60).



Рисунок 7.60 – Послідовність роботи системи виявлення несправного інструмента

Інтенсивність відбитого світла змінюється внаслідок обертання інструменту, причому картина цих змін носить характер, що повторюється. В унікальному електронному модулі розпізнавання інструменту ToolWise™ усередині системи TRS2 виконується аналіз цієї картини, що дозволяє швидко визначити справність інструменту та відповідно продовжити виконання циклу обробки. Якщо протягом заданого користувачем часу інструмент не був виявлений, то подається сигнал «несправний інструмент», що спричиняє виклик дублюючого інструменту.

7.3.4. Прогресивні системи безконтактного контролю та вимірювань.

Сучасне машинобудування характеризується дедалі ширшим використанням різних безконтактних систем вимірювань та контролю. Багато компаній пропонують різні 3D вимірювальні машини різного застосування від ручних вимірювальних сканерів для отримання вимірювальних та геометричних характеристик невеликих деталей до віртуальних вимірювальних кімнат, оснащених роботами для виконання необхідних циклів вимірювань. І, якщо ручні скануючі 3D системи використовуються в основному для контролю у традиційному виробництві, то вимірювальні кімнати (VMR) в основному призначені для контролю габаритних деталей та виробів в автомобілебудівній та авіаційній промисловості (рис.7.61). Такі оптичні 3D-вимірювальні машини забезпечують повністю автоматизовані відхилення по всьому полю між фактичними 3D-координатами та даними

САПР за досить короткий проміжок часу. Крім того, всі такі системи оснащені потужним універсальним програмним забезпеченням, яке пропонує програмування оцифрування, контроль та складання звітів. Ці стандартизовані та автоматизовані процедури збільшують продуктивність виробництва деталей та скорочують кількість браку, що забезпечує комплексне рішення для ефективного контролю якості у виробництві та виробничих процесах.

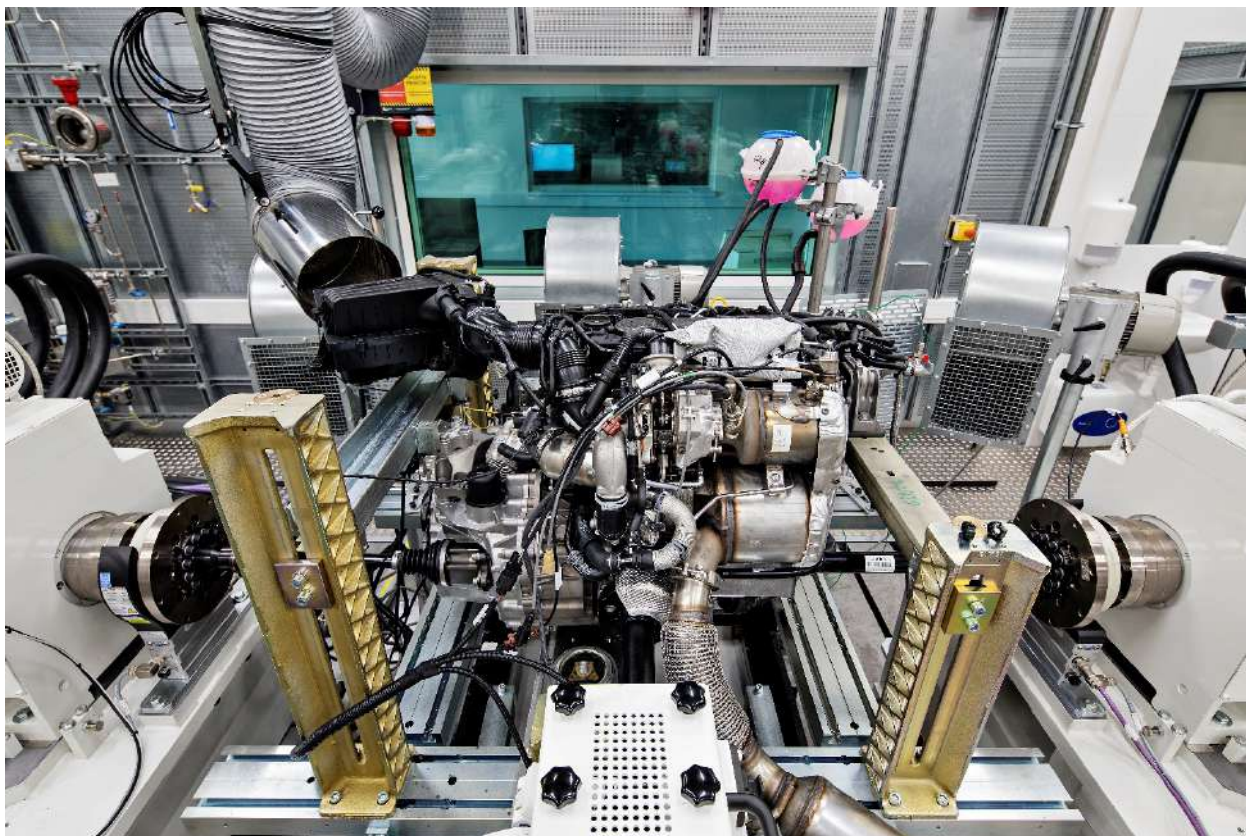


Рисунок 7.61 – Вимірювальна кімната концерну Skoda

Запитання для самоконтролю

- 1. Що означає вираз «нульова координата»?*
- 2. Які методи при проектуванні технологічної оснастки використовуються для скорочення часу простою верстата?*
- 3. У чому переваги адитивного виробництва технологічної оснастки?*
- 4. Який принцип реалізується при базуванні заготовок за зовнішнім чи внутрішнім контуром?*
- 5. Які недоліки при використанні пристроїв для базування заготовок за контуром?*
- 6. Який метод пропонує компанія ІМАО для базування складнопрофільних заготовок?*
- 7. У чому переваги модульної конструкції затискних пристроїв?*
- 8. З яких компонентів складається модульна система затискного пристрою компанії EROWA для багатофункціональних верстатів?*
- 9. Які блоки технологічної оснастки пропонують компанії для розширення можливостей верстатів токарного компонування?*
- 10. Навіщо призначені прискорювачі шпинделя? Як вони працюють?*
- 11. Які конструктивні рішення для інструментальної оснастки використовуються для зниження вібрацій?*
- 12. Як формується інструментальний блок з термозатиском?*
- 13. Що забезпечує система подачі ЗОТР до зони обробки безпосередньо через різальний інструмент?*
- 14. У чому полягає принцип закріплення інструменту за системою Coromant EN? Коли використовується ця система?*
- 15. Навіщо використовуються системи контролю різального інструмента?*
- 16. Які принципи лежать у основі безконтактних систем контролю різального інструмента?*

ЛІТЕРАТУРА

1. Яковенко І.Е. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів напрямку 131 – Прикладна механіка, 133 – Галузеве машинобудування / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А.В. Фесенко – Харків: «Діса плюс», 2022. – 424с.
2. Яковенко І.Е. Гнучкі виробничі системи: навчальний посібник для студентів напрямку 131 / – Прикладна механіка / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, О. М. Шелковой. Харків : «Діса плюс», 2019. – 246с.
3. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, 1975. – 656с.
4. Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков : справочник / А. К. Горошкин. – М. : Машиностроение, 1979. – 303с.
5. Кузнецов, Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ : справочник / Ю. Н. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – М. : Машиностроение, 1983. – 359с.
6. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием: монографія/ Ю.Н. Кузнецов, В.Н. Волошин, П.М. Неделчева, Ф.В. ЭльДахаби. – Габрово: «Васил Априлов», 2010. – 724с.
7. Кузнецов Ю.М. Приводи затискних механізмів металообробних верстатів: монографія/ Ю.М. Кузнецов, Б.І. Придальний. – Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – 352с.
8. Гевко Б.М. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої. Навчальний посібник / Б.М. Гевко, М.Г. Дичковський, А.В. Матвійчук – К. : Кондор, 2009. – 220с.
9. Пермяков А.А., Яковенко И.Э. К вопросу об унификации установочно зажимных приспособлений агрегатированного оборудования // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Технології в машинобудуванні. – Харків. : НТУ «ХПІ». – 2016. – № 33 (1205). – 166 с. –с.38-43.
10. Иванов В.О., Дегтярьов І.М., Яковенко І.Е. Експериментальні дослідження верстатних пристроїв для механічної обробки деталей типу важелів. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології у машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – № 26 (1248). – С. 66–74. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2079-004X.
11. Modular Pull Clamping System. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://imao.meclib.jp/mpcs001e/book/print.html?open=0&start=1&end=35&fusenprint=0&memoprint=0> – ІМАО.

12. 5-Axis Clamping System [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://imao.meclib.jp/5acs001e/book/print.html?open=0&start=1&end=15&fusenprint=0&memoprint=0> – IMAO.
13. One Touch Clamps [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://imao.meclib.jp/otc001e/book/print.html?open=0&start=1&end=54&fusenprint=0&memoprint=0> – IMAO
14. Machinable Collet Clamps [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://imao.meclib.jp/mcc001e/book/print.html?open=0&start=1&end=38&fusenprint=0&memoprint=0> – IMAO
15. ZERO-POINT-SYSTEMS Katalog 2023/2024 - ANDREAS MAIER GmbH -2023. - 212p.
16. Vakuumspannsysteme Katalog 2023/2024 - ANDREAS MAIER GmbH. - 2023. - 24p.
17. Magnetspannsysteme Katalog 2022/2023 - ANDREAS MAIER GmbH - 2023. - 20 p.
18. Schnellspanner, Manuell und Pneumatisch Katalog 2023- ANDREAS MAIER GmbH - 2023. - 188p.
19. Tooling System. CATALOG & TECHNICAL GUIDE 2023.2 - SECO TOOLS AB –2023. - 443p.
20. WTO. Intelligent Process Optimization. Catalogue. – WTO Werkzeug-Einrichtungen GmbH – 2023. – 32p.
21. MACHINE VICES. Catalogue 2020 – Kemmler- 2020. – 40p.
22. Cartridge Mandrel MFS. Roehm Catalogue 2023 – Roehm – 2023. - 35p.
23. VDI Driven Tools. Tooling 2019 – Gerardi –2019. - 48p.
24. DRIVEN TOOL HOLDERS NEWS. Tooling 2019 – Gerardi -2019. – 142p.
25. Системы зажимов MATRIX. Каталог продукции. – Matrix GmbH – 2022. - 39p.
26. AllMatic Spannsysteme. Original-Betriebsanleitung TeleCentric. Operating Manual. – AllMatic-Jakob Spannsysteme GmbH – 2019. - 401p.
27. EROWA System Solution. General Gatalog. - Copyright © EROWA AG- 2022. – 420p.
28. SCHUNK. Toolholders. – Schunk GmbH – 2023. – 473p.
29. Renishaw. Apply innovation. Measuring systems for CNC machines – Renishaw – 2015.- 105p.
30. Haimer Microset Tool Presetters. – Haumer – 2022. – 36p.
31. NIKKEN CNC Rotary Table Series. Catalogue 2022. - NIKKEN KOSAKUSHO WORKS, LTD. – 2022. – 116p.

32. Instruction manual. Coromant Capto DTH Plus. – Sandvik Coromant – 2022. - 41p.
33. Static Toolholders DIN69880/ISO10889. - Sandvik Coromant – 2022. - 36p.
34. New tools and solutions. - Sandvik Coromant – 2022. - 50p.
35. Бондар О.В. Технологічне забезпечення якості збірно-зварних робіт при використанні переналагоджуваних пристосувань в умовах багатомасштабного машинобудівного виробництва / Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. // Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2017. - 210с.

Навчальне видання

ЯКОВЕНКО Ігор Едуардович
ПЕРМЯКОВ Олександр Анатолійович

Технологічна оснастка. Конструкції. Перспективи.

Навчальний посібник для студентів спеціальностей

131 «Прикладна механіка»,

133 «Галузеве машинобудування»

Роботу до видання рекомендував проф. Степанов М.С.
Відповідальний за випуск доц. Іванова М.С.

В авторської редакції

Підп. до друку 29.03.2024.

Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 19,4.

Видавничий центр НТУ «ХПІ»
Свідоцтво про державну реєстрацію серія ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2
