Міністерство освіти і науки України

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

В.М. Доля

ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ

Конспект лекцій

ХАРКІВ 2003

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Спеціальність: 7.090.202

В.М. Доля

ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ

Конспект лекцій

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 2 від 14.05.2003 р.

Харків НТУ „ХПІ” 2003

УДК 621.9.06-52

Рецензент проф. Раб О.Х.

Кафедра різання матеріалів та різальних інструментів

Доля В.М. Технологія обробки типових деталей: Конспект лекцій для студентів спеціальності 7.090.202 „Технологія машинобудування” усіх форм навчання. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2003. – 64 с.

У конспекті лекцій розглянуті питання обробки типових деталей – валів та корпусів в умовах одиничного, серійного та масового типів виробництв. Подані методи обробки типових поверхонь деталей. Надані типові технологічні процеси виготовлення типових деталей.

Табл. 7. Бібліогр.: 4 назв.

© В.М. Доля, 2003

© НТУ “ХПІ”, 2003

ЗМІСТ

ВСТУП 5
1 ТИПІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ 6
1.1 Типовий технологічний процес 6
1.2 Класифікація деталей машин. Типова деталь 7
2 ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ СТУПІНЧАСТИХ ВАЛІВ 10
2.1 Службове призначення валів 10
2.2 Класифікація ступінчастих валів 10
2.3 Матеріали та способи отримання заготовок для ступінчастих валів 11
2.4 Попередня обробка заготовок 12
2.5 Токарна обробка ступінчастих валів 14
2.6 Обробка шпонкових канавок на ступінчастих валах 17
2.7 Обробка шліців на ступінчастих валах 18
2.8 Нарізання різьби на валах 19
2.9 Методи нарізання черв’яків, циліндричних та конічних зубів валів-шестерень 19
2.10 Шліфування шийок та торців валів 21
2.11 Способи остаточної обробки зубів 21
2.12 Шліфування шліців 23
2.13 Накатування рифлень 23
2.14 Типові технологічні процеси виготовлення валів 23
3 ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ 32
3.1 Службове призначення корпусних деталей 32
3.2 Класифікація корпусних деталей 32
3.3 Матеріали та способи отримання заготовок корпусних деталей 33
3.4 Технічні вимоги до корпусних деталей 36
3.5 Вибір баз та загальна послідовність обробки корпусних деталей 37
3.6 Обробка зовнішніх поверхонь корпусних деталей 39
3.7 Методи обробки головних отворів 44

3.8 Обробка кріпильних та інших отворів корпусних деталей 49
3.9 Контроль корпусних деталей 50
4 ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ НА АВТОМАТИЗОВАНИХ ВЕРСТАТАХ 52
4.1 Багатоцільові верстати 52
4.2 Агрегатні верстати 52
4.3 Верстати з ЧПУ 54
4.4 Вимоги до технологічності корпусних деталей та заготовок, що оброблюються на автоматизованих верстатах 55
4.5 Особливості технологічного процесу обробки заготовок корпусних деталей на автоматизованих верстатах 57
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ 63

ВСТУП

Технічний процес машинобудування характеризується як поліпшенням конструкцій машин, так і неперервним удосконаленням технології їх виробництва. Головна задача технології машинобудування – виготовити машину заданої якості у необхідній кількості при найменших витратах матеріалів, мінімальній собівартості та високій продуктивності.

Технологія обробки типових деталей є складовою частиною технології машинобудування. Студент, який закінчує навчання за спеціальністю „Технологія машинобудування” повинен чітко володіти навичками виготовлення типових деталей найбільш поширених у виробничій сфері, оскільки інженеру цієї спеціальності доводиться на практиці займатися і конструюванням, і виробництвом, і експлуатацією різних машин, приладів та апаратів. Тому незалежно від тієї або іншої направленості його інженерної діяльності інженер-механік повинен достатньо добре знати і володіти сучасними методами виробництва цієї продукції.

Кваліфікована трудова діяльність спеціалістів, які успішно вирішують технологічні задачі, – необхідна умова неперервного удосконалення машинобудівного виробництва. Це навчальне видання повинно допомагати студентам оволодіти необхідною часткою знань у галузі технології машинобудування, сприяти освоєнню матеріалу – з питань вивчення методів та прийомів виготовлення типових деталей у сучасних виробничих умовах.

1 ТИПІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

1.1 Типовий технологічний процес

Одним з найбільш прогресивних напрямків досягнення досконалості виробництва є типізація технологічних процесів.

Типізація повинна усувати різноманітність технологічних процесів обгрунтованим зведенням їх до обмеженої кількості типів.

Для обробки певної деталі можна скласти декілька варіантів технологічного процесу та використовувати різні методи обробки в залежності від розмірів виробничої програми та виробничих умов. Але навіть при однакових виробничих умовах та програмі технологічні процеси часто відрізняються один від іншого і поставленні задачі вирішуються по-різному залежно від старих прийомів та навичок технічного персоналу. До того ж існує безліч різних методів обробки деталей. Всі ці обставини і створюють труднощі та складності розробки технологічних процесів, яка потребує значних витрат часу. Значно спростити та прискорити розробку технологічних процесів може типізація технологічних процесів, тобто створення типових процесів для певних груп деталей. Типізація технологічних процесів здійснюється з метою організації обробки: окремих поверхонь; окремих поверхонь та їх сполучень; окремих поверхонь та їх сполучень, що утворюють вироби з загальними конструктивними та технологічними ознаками; окремих поверхонь та їх сполучень, що утворюють вироби з загальними тільки технологічними ознаками.

Типізація технологічних вирішень на рівні обробки окремих поверхонь дозволяє створити типові технологічні цикли для систем управління металорізальним обладнанням, спростити підготовку управляючих програм для верстатів з ЧПУ.

Типізація технологічних вирішень на рівні обробки окремих поверхонь та їх сполучень дозволяє стандартизувати (формалізувати) технологічні операції та використовувати ЕОМ для розробки технологічного процесу, операції та управляючих програм до верстатів з ЧПУ.

Типізація технологічних вирішень для виробів з загальними конструктивно-технологічними ознаками дозволяє утворювати типові технологічні процеси та типові операції їх обробки.

Типізація технологічних вирішень для виробів з загальними технологічними ознаками дозволяє утворювати групові технологічні процеси.

Типовий технологічний процес – це технологічний процес виготовлення групи виробів з загальними конструктивними та технологічними ознаками.

Груповий технологічний процес – це процес виготовлення групи виробів з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками.

Типова технологічна операція – це операція, що характеризується єдністю змісту та послідовністю технологічних переходів для груп виробів з загальними конструктивними та технологічними ознаками.

Групова технологічна операція – це операція спільного виготовлення груп виробів з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками.

Під групою розуміють сукупність виробів, яка характеризується спільністю обладнання та його налаштовування для обробки заготовки в цілому або окремих її поверхонь.

Таким чином, типізація технологічних процесів ґрунтується на класифікації деталей та їх окремих поверхонь. Робота по типізації технологічних процесів починається з класифікації елементарних поверхонь та їх сполучень у виробі. Ознаками класифікації елементарних поверхонь є форма, розміри, точність, матеріал. Ознаками класифікації сполучень поверхонь є конфігурація, взаємне розташування, точність, співвідношення розмірів між поверхнями, матеріал.

Уся різноманітність поверхонь деталей, що обробляють, представлена у виді сполучень основних та додаткових форм поверхонь. Основні форми поверхонь: циліндричні та конічні з радіусами та криволінійними профілями, поверхні неглибоких (до 1,5 мм) канавок, наприклад, для виходу шліфувального кола, та інші поверхні. Основні форми поверхонь утворюються при зовнішній та торцевій обробці прохідним різцем, а при внутрішній обробці розточеним різцем. Ці різці мають головний кут у плані $\varphi=95°$ та допоміжний кут у плані $\varphi_1=30°$. Додаткові форми поверхонь: торцеві та кутові канавки для виходу шліфувального кола, прямокутні канавки на зовнішній та торцевій поверхнях, різьбові поверхні, жолоба під ремні та інші. Для утворення цих поверхонь потрібно застосовувати додатковий різальний інструмент.

Ознаками класифікації заготовок є конфігурація заготовок, її розміри, точність обробки, якість оброблюваних поверхонь і матеріал заготовки. Крім вказаних ознак, які визначають характер і склад технологічного процесу, на побудову останнього впливають умови його здіснення. До таких умов належить об’єм виробничого завдання та розміри окремих партій оброблюваних заготовок.

Основним завданням класифікації є приведення всієї різноманітності заготовок до мінімальної кількості типів, для яких можна розроблювати типові технологічні процеси обробки у кількох варіантах.

1.2 Класифікація деталей машин. Типова деталь

Деталі машин поділяються на класи за ознаками схожості технологічних процесів. Під класом розуміють сукупність деталей, які характеризуються спільністю технологічних задач, що вирішуються в умовах визначеної конфігурації цих деталей.

Деталі машин можна поділити на наступні класи (табл. 1.1)

Таблиця 1.1 - Класифікація деталей

Найменування класу	Клас	Найменування деталей
1	2	3
Циліндричні деталі обертання	Вали	Вали, валики, осі, штоки, цапфи, пальці, штифти і т.п.
	Втулки	Втулки, вкладиші, букси, гільзи і т.п.
Плоскі деталі обертання	Диски	Диски, кільця, маховики, шківи, фланці і т.п.
Багатоосьові деталі	Ексцентричні деталі	Колінчасті вали, ексцентрики і т.п.
Деталі обертання з осями, що перетинаються	Хрестовини	Хрестовини, арматура і т.п.
Важелі	Важелі	Важелі, шатуни, тяги, серги і т.п.
Корпусні деталі	Бабки	Корпуса редукторів, коробок швидкостей, коробок подач, шпиндельних бабок і т.п.
	Плити	Плити, рами, станини, столи, салазки, планки і т.п.
	Стійки	Стійки, кронштейни і т.п.
	Корпуса	Блоки циліндрів, корпуса двигунів, компресорів, циліндрів, парових та газових турбін, кранів, трійників, вентилів і т.п.
Інші класи	Зубчасті колеса	Одно – та багато вінцеві зубчасті колеса, вінці, зубчасті колеса-вали, колеса-диски і т.п.
	Фасонні кулачки	Кулачки і т.п.
	Ходові гвинти та черв’яки	Ходові гвинти, черв’яки і т.п.
	Дрібні кріпильні деталі	Гвинти, шурупи, гвинтики і т.п.

Деталі кожного класу поділяють на групи, підгрупи та типи в залежності з найбільш характерними відмінними особливостями форми та розмірів, і отримують таким чином сукупності деталей все більш близьких поміж собою і все більш подібних за технологічними ознаками, тобто таких, що є типовими. Для обробки таких типових деталей і складають типові технологічні процеси.

Під типовою деталлю розуміють сукупність деталей, що мають однаковий план операцій, які здійснюються в основному однаковими методами з використовуванням однорідного обладнання, пристосувань, інструментів. Такі деталі, що мають спільні конструктивні та технологічні ознаки, у серійному виробництві при організації роботи за принципом потоку обробляють на одній верстатній лінії з обладнанням, розташованим за типовим технологічним маршрутом. Усі деталі на такій лінії обробляють партіями. Після обробки партії деталей одного найменування пропускають наступну партію деталей іншого найменування і так далі. Для таких ліній треба підбирати деталі, обробка яких зовсім не потребує переналагоджування лінії або пере наладки, нескладні і нетрудомісткі.

2 ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ СТУПІНЧАСТИХ ВАЛІВ

2.1 Службове призначення валів

Вали широко використовуються у вузлах та механізмах для передачі обертового руху.

В загальному машинобудуванні зустрічаються вали безступінчасті та ступінчасті, суцільні та пустотілі, гладкі та шліцові, вали-шестерні, а також комбіновані у різноманітному сполученні. За формою геометричної осі вали можуть бути прямими, колінчастими, кривошипними та ексцентриковими (кулачковими).

Вали різноманітні за службовим призначенням, конструктивній формі, розмірам та матеріалам. Не дивлячись на це, технологу при розробці технологічного процесу виготовлення валів доводиться вирішувати багато однотипних задач. Тому є доцільним користуватися типовими процесами, що розроблені на базі класифікації.

2.2 Класифікація ступінчастих валів

Найбільш поширені в машинобудуванні, у тому числі у верстатобудуванні, різноманітні ступінчасті вали середніх розмірів, серед яких мають перевагу гладкі. Більш 85 % загальної кількості типорозмірів ступінчастих валів в машинобудуванні складають вали довжиною 150 - 1000 мм. Класифікація ступінчатих валів середніх розмірів, що використовується в машинобудуванні, наведена у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Класифікація ступінчастих валів діаметром 30 - 80 мм, довжиною 150 - 1000 мм

Тип		Група		
Найменування	Позна-чення	Найменування	Позначення валів довжиною, мм	
			150 - 500	500 - 1000
Вал без центрального отвору	1	Вал без шліців та зубчастих коліс (гладкий вал)	1-1-1	1-11-1
		Вал зі шліцами	1-1-2	1-11-2
		Вал-шестерня без шліців	1-1-3	1-11-3
		Вал-шестерня циліндричний зі шліцами	1-1-4	1-11-4
		Вал-шестерня конічний зі шліцами	1-1-5	1-11-5
Вал з централь-ним отвором	2	Вал без шліців та зубчастих колес	2-1-1	2-11-1
		Вал зі шліцами	2-1-2	2-11-2
		Вал-шестерня зі шліцами	2-1-3	-
		Вал-рейка	-	2-11-3

2.3 Матеріали та способи отримання заготовок для ступінчастих валів

Вали в основному виготовляють з конструкційних та легованих сталей. Ці сталі повинні мати високу міцність, добру оброблюваність, малу чутливість до концентрації напруг, а для підвищення зносостійкості повинні підлягати термічній обробці. Таким вимогам найбільш повно відповідають конструкційні сталі 35, 40, 45, 40Х, 50Х, 40Г2, азотовані 38ХМЮА і цементовані 12Х2Н4А, 12ХН3А та інші. Леговані сталі в порівнянні з конструкційними використовують не так часто через те, що вони більш коштовні, а також мають підвищену чутливість до концентрації напруг.

Продуктивність механічної обробки валів залежить від виду матеріалу, розмірів та конфігурації заготовки, а також характеру виробництва.

Заготовки отримують відрізанням від гарячекатаних або холоднокатаних прутків та відразу ж піддають механічній обробці. Заготовки такого типу використовують у дрібносерійному та одиничному виробництві, а також при виготовленні валів з невеликою кількістю ступенів і незначною різницею їх діамет-

рів. У виробництві з великою програмою випуску, а також при виготовленні валів більш складних за конфігурацією зі ступенями з великою різницею діаметрів заготовки доцільно отримувати методами пластичного деформування: куванням, штампуванням, періодичним прокатуванням, стискуванням на ротаційно-кувальних машинах, електровисадкою. Ці методи дозволяють отримати заготовки за формою та розмірами найбільш близькі до готової деталі, що значно підвищує продуктивність механічної обробки, значно зменшує металомісткість.

Вибір способу отримання заготовки визначається з урахуванням техніко-економічної доцільності.

При механічній обробці валів на настроєних та автоматизованих верстатах пред'являються підвищені вимоги до точності заготовки. Для отримання таких заготовок використовують перспективний та високопродуктивний метод обробки ступінчастих валів – поперечно-гвинтова прокатка на тривалкових станах. Робота тривалкових станів легко піддається автоматизації, включаючи рух подачі заготовки, її нагрівання, прокатку, розрізування на мірні заготовки, охолодження прокату, укладання та упакування. Існує також метод радіального стиснення. Отримані цим методом заготовки мають малі припуски, високу точність (±0,02 - 0,2 мм), та шорсткість поверхні Ra 0,63 - 0,32 мкм.

2.4 Попередня обробка заготовок

У механічних цехах середнього та малого масштабу попередня обробка заготовок зазвичай відбувається в заготівельному відділенні, яке часто розташовується біля цехового складу заготовок та матеріалів. При наявності на заводі одного або декількох великих механічних цехів замість заготовчих відділень облаштовують самостійний заготовчий цех, яких обслуговує усі металообробні цехи заводу.

В заготовчому відділені або цеху прокат у вигляді прутків піддають правці, обдирні, розрізанню, центруванню. Поковки та штамповки також проходять заготівельні операції: фрезерування та центрування торців, обдирання та попереднє розточування отворів.

Заготівельні операції для прутків зазвичай виконуються у такій послідовності: правка, без центрове обдирання, розрізування; центрування (якщо пруток призначено для подальшій обробці на револьверному верстаті або автоматі, центрування прутка не виконують), контроль виконаних операцій.

Перед початком механічної обробки прутковий матеріал та заготовки для валів правлять у холодному стані. Заготовки у вигляді поковок та штамповок при значному їх діаметрі та довжині правлять у нагрітому стані під молотами.

Прутки і заготовки для валів можна правити на пресах – ручних гвинтових, ексцентрикових, гідравлічних, пневматичних та фрикційних. Перед правкою вали перевіряють у центрах. При цьому визначають місця, що підлягають правці. Після цього їх правлять на пресах за допомогою призм.

При великій кількості прутки та заготовки правлять на спеціальних правильних верстатах.

Для обдирки прутків використовують бесцентрово-обдиркові верстати, на яких можна про ізводити обдирання пруткового матеріалу діаметром від 15 до 80 мм, довжиною 7 м.

Прутки та вали розрізають на приводних ножівках, на пилах – дискових, стрічкових, фрикційних, електрофрикційних, та токарно-відрізних верстатах (з одним або двома відрізними різцями), відрізних автоматах, що працюють тонким абразивним кругом (використовуються для розрізання загартованої сталі та труб). В механічних цехах розрізування інколи виконують на фрезерних верстатах прорізними фрезами. Прутковий матеріал можна розрізати також на пресах та ножицями, що використовується головним чином в заготівельних відділеннях ковальських цехів.

Крім вказаних вище способів прутки, труби і заготовки (штамповки, поковки, відливки) можна розрізувати на звичайних токарних, горизонтально-фрезерних та стругальних верстатах. Всі ці способи менш продуктивні і використовуються не в спеціалізованих заготівельних цехах, відділеннях, а в невеличких механічних цехах. Розрізування на горизонтально-фрезерних верстатах відрізними фрезами використовується найбільш часто.

Центрові отвори у деталях типу валів є базою для ряду операцій: обточування, нарізання різьби, шліфування, нарізання шліців та інших, а також для правки і перевірки деталей, що виготовляються. При ремонтних роботах центровими отворами користуються, як базами для обточування зношених поверхонь або пошкоджених поверхонь шийок валів для правки, шліфування, контролю та при інших операціях.

При такому великому значені центрових отворів центрування необхідно виконувати дуже ретельно: центрові отвори повинні бути правильно засвердленими і мати певні розміри, конусність їх повинна точно співпадати з конусністю центрів верстата. При недотриманні цих вимог центрові отвори швидко втрачають форму та розміри і ушкоджують центри верстата.

Центрування заготовок виконують на вертикально - та горизонтально-свердлильних, токарних та револьверних верстатах, а в серійному та масовому виробництвах – на спеціальних одно - або двобічних центрувальних верстатах, а також на фрезерно-центрувальних верстатах. Центрування заготовок як правило виконують спеціальними комбінованими центрувальними свердлами, а після термічної обробки валів центрувальні отвори виправляють на центрошліфувальних верстатах. Деякі моделі фрезерно-центрувальних верстатів дозволяють окрім фрезерування торців та центрування отворів також обточувати крайні шийки валу з одного установу, що створює, таким чином, основні технологічні бази з мінімальними похибками. Більшість фрезерно-центрувальних верстатів можна вмонтовувати в автоматичну лінію. Двобічний фрезерно-центрувальний верстат має дві позиції для закріплення заготовки, на яких проводиться послідовно фрезерування та центрування. Фрезерно-центрувальні верстати барабанного типу одночасно фрезерують та центрують дві заготовки без знімання їх з верстату. Ці верстати продуктивні, але громіздкі і складні в нала-

дці. В існуючих автоматичних лініях використовують верстати для фрезерування торців і верстати для центрування.

2.5 Токарна обробка ступінчастих валів

Зовнішні поверхні ступінчастих валів обточують на токарних, токарно-копіювальних, горизонтальних багаторізцевих верстатах, на вертикальних одношпиндельних та багатошпиндельних автоматах, а також на верстатах з ЧПУ. Деталі встановлюють в центрах верстата або закріплюють у патроні чи на планшайбі. Заготовки коротких деталей, поковки, штамповки, відливки закріплюють у трьохкулачкових і менш часто у чотирьохкулачкових патронах. Вали з відношенням довжини до діаметра більш 12 обточують з використовуванням рухомих та нерухомих люнетів.

Принцип концентрації операцій при токарній обробці здійснюється при обточуванні одночасно декількох поверхонь декількома інструментами на багаторізцевих верстатах. Такі верстати – напівавтомати широко використовуються у серійному та масовому виробництвах. Зазвичай на багаторізцевих верстатах є два супорти – передній та задній. Передній супорт призначений для поздовжнього обточування заготовок. Задній супорт призначений для підрізання торців, прорізання канавок, фасонного обточування. Кількість різців на багатомісцевих супортах може досягати 20. Багаторізцеві верстати з великою відстанню між центрами мають два передніх і два задніх супорти. Рухи супортів автоматизовані.

Ступінчасті вали обробляють на токарних гідро-копіювальних напівавтоматах. Такі верстати легко вмонтовуються в автоматичні лінії. Обточують вали зазвичай одним різцем, який розташований у верхньому супорті, що переміщується по копіру. Підрізні або канавкові різці розташовуються у нижньому супорті. Верстат налаштовують на розмір тільки по одній шийці вала, оскільки отримання інших розмірів забезпечується копіром та стежною системою верстата. Обточувати вали на гідро-копіювальних верстатах можна за 1,2,3 та 4 проходи. Кожний прохід здійсняється по окремому копіру. Після кожного проходу супорт з різцем переміщується у початкове положення, а барабан, на якому встановлені всі копіри, обертається у відповідне положення.

Сучасні токарно-копіювальні верстати на 50 - 100 % продуктивніші універсальних токарних, їх виготовляють в достатньо широкому діапазоні типорозмірів. На токарно-копіювальних верстатах сучасних моделей можна виконувати чорнову обробку багаторізцевим супортом, а чистове обточування – однорізцевим копіювальним супортом, при чому при закріпленні вала торцевим повідком обробку можна робити з одного установа. Останні моделі деяких токарно-копіювальних верстатів мають декілька (до п’яти) копіювальних супортів, що рухаються незалежно один від одного.

Завдяки суміщенню в одній операції декількох переходів та використовуванню багатоінструментальних наладок у серійному виробництві на токарно-револьверних верстатах здійснюють різноманітну багатоперехідну обробку ва-

ликів та втулок замість роздільного використання тих же переходів на токарних, свердлильних та інших верстатах.

На багатошпиндельних вертикальних напівавтоматах безперервної дії при установці в центрах оброблюють деталі типу валів. На цих верстатах за одну установку заготовку обробляють тільки на одній позиції, при чому при обробці знаходиться одночасно декілька (за числом шпинделів мінус один) заготовок. Отже, декілька заготовок оброблюють якби одночасно на декількох одношпиндельних автоматах, що налаштовані на одну й ту ж операцію. Багатошпиндельні автомати безперервної (паралельної) дії призначені для обробки валів нескладної форми в центрах або патронах. На них обточують поверхні, розточують отвори, підрізають торці або здійснюють комбінацію цих переходів при попередній та заключній обробці. Наладки напівавтоматів дозволяють здійснювати одно -, дво -, та три циклову обробку заготовок.

В умовах серійного виробництва операції токарної обробки валів доцільно виконувати на верстатах з ЧПУ. Ці верстати забезпечують ефективне зняття стружки на чорнових та чистових переходах, допускають практично необмежену концентрацію в одному установі різних видів робіт. На верстатах з ЧПУ забезпечується максимальна автоматизація процесу обробки при мінімальному об’ємі ручних робіт. Робочі та допоміжні рухи різального інструменту, зміна режимів різання, подача охолоджувальної рідини, зміна різальних інструментів та тому подібне виконується автоматично. Для скорочення часу зняття та установки верстати обладнують автоматичними патронами, механізують або автоматизують переміщення задньої бабки та пінолі. Для скорочення витрат часу на переналадку та підналадку на деяких верстатах можлива заміна інструменту без припинення автоматичного циклу. Суттєво скорочується також простій верстату, пов’язаний з замірами деталей, за рахунок використання вимірювальних щупів та введення корекцій у процес обробки.

Висока концентрація обробки на одному верстаті дозволяє довести до мінімуму число установів та переустановів заготовок, пов’язаних з участю робочого. Заготовки, деформація яких при зніманні великих припусків не виходе за межі, передбачені технічними вимогами до операції, необхідно обробляти як правило за один-два установи.

Заготовки для центрових робіт, що подаються на верстати з ЧПУ, повинні мати центрові отвори і хоча б один оброблений торець.

У серійному виробництві токарні верстати з ЧПУ можна ефективно використовувати не тільки для повної токарної обробки, але й в технологічному процесі поряд з токарними верстатами з ручним управлінням, револьверними верстатами, копіювальними та іншими напівавтоматами. При цьому на верстатах з ЧПУ доцільно оброблять точні та взаємозв’язані поверхні, поверхні складної форми, наприклад, конуси, сфери, канавки. На верстатах з ручним управлінням виконують попередню підготовку центральних отворів, центрових гнізд та торців валів; поверхонь під затискання та встановлення заготовок в люнети; обробку на шліцьових та циліндричних оправках та інших спеціальних пристосуваннях без точної орієнтації вздовж осі обробки, нарізання різьби, накатку

рифлень, зняття фасок напилком та полірування, а також поверхонь, що виготовляються за попередніми замірами.

Вимоги до технологічності конструкції деталей типу тіл обертання з урахуванням особливостей їх обробки на верстатах з ЧПУ зводяться до наступного.

1. Деталь повинна бути утворена із поверхонь, конфігурація яких дозволяє їх утворення при обертанні заготовки відносно осі. Кожна із поверхонь повинна бути відкрита з однієї із сторін для підводу різального інструменту при його переміщенні, що забезпечує утворення поверхні.

Для обробки на звичайних токарних верстатах найбільш технологічною вважається форма виробу, яка складається з як найменшого числа циліндричних ділянок (ступіней) та прямих торців. Для верстатів з ЧПУ утворення більшого числа циліндричних та конічних ступіней, сферичних та інших фасонних поверхонь не пов'язано з перешкодами їх виготовлення, але незначно збільшує трудомісткість програмування. Використовування токарних верстатів з ЧПУ відкриває можливість поліпшення функціональних властивостей виробів за рахунок конструювання виробів складної форми, які більш відповідають своєму призначенню за конфігурацією. З розширенням використовування верстатів з ЧПУ суттєво збільшується застосування виробів складної форми.

2. Конфігурація виробу повинна дозволяти її повну (чорнову чи чистову) обробку на одному установі. Для цього заготовка (виріб) повинна бути достатньо жорсткою, не деформуватися при знятті великого припуску або від сил затискання; мати розвинену поверхню під затискні кулачки при обробці в патроні, місце для кулачків або повідків при обробці в центрах. Заготовка, крім того, не повинна потребувати термічної обробки поміж чорновими та чистовими операціями.

3. Поверхні виробу, що обробляють, не повинні перетинатися поверхнями, що виступають і не можуть бути утворені при обертанні. Наявність таких поверхонь заважає підходу звичайного інструменту, супортів, дуже часто потребує використання спеціального інструменту з великими вильотами.

4. Усі пов'язані технічними вимогами поверхні виробу повинні бути доступні для обробки на одному установі. При цьому у заготовок, що оброблюють у патроні, розміри зовнішніх поверхонь повинні збільшуватися при приближенні до патрону, а розміри внутрішніх поверхонь – зменшуватися.

5. Місця стикання циліндричних, конічних, криволінійних поверхонь з торцевими поверхнями повинні за можливістю бути одного радіусу, якщо в цих місцях немає канавок, виточок або інших елементів.

6. Канавки, виточки, заглиблення на зовнішній та внутрішній поверхнях бажано відповідно уніфікувати, забезпечивши спроможність їх утворення одним різцем для зовнішньої обробки і одним – для внутрішньої.

Різке скорочення витрат при обробці виробів на верстатах з ЧПУ, як показують розрахунки, може бути досягнуто за рахунок широкого використання типізованих технологічних рішень, перевірених в конкретних виробничих умовах.

З метою типізації операційної технології усю різноманітність поверхонь виробу поділяють на основні та додаткові форми (див. п. 1.1).

2.6 Обробка шпонкових канавок на ступінчастих валах

Шпонкові канавки на валах виготовлюють для призматичних та сегментних шпонок. Шпонкові канавки для призматичних шпонок можуть бути закритими з двох сторін (глухі), закритими з однієї сторони та крізними.

Шпонкові канавки виготовлюють різними способами в залежності від конфігурації канавки та виду використовуваного інструменту. Вони виготовляються на горизонтально-фрезерних або вертикально-фрезерних верстатах загального призначення або спеціальних.

Крізні та закриті з однієї сторони шпонкові канавки виготовляють фрезеруванням дисковими фрезами. Фрезерування канавки відбувається за один-два проходи. Цей спосіб найбільш продуктивний і забезпечує достатню точність ширини канавки. Використання цього способу обмежує конфігурація канавок: закриті канавки з закругленнями на кінцях не можна виготовити цим способом. Такі канавки виготовляються кінцевими фрезами за один або декілька проходів. Фрезерування кінцевою фрезою за один прохід відбувається таким чином: спочатку фреза при вертикальній подачі проходе на повну глибину канавки, а потім вмикається повздовжня подача, на якій шпонкова канавка фрезерується на повну довжину. При цьому способі потрібен потужний верстат, місце закріплення фрези та рясне охолодження. Цей спосіб дає неточний розмір канавки за шириною внаслідок зносу діаметру фрези.

Для отримання за шириною точних канавок застосовуються спеціальні шпонково-фрезерні верстати з маятниковою подачею, що працюють кінцевими двоспіральними фрезами з лобовими різальними кромками. При цьому способі фреза врізається на 0,1 - 0,3 мм і фрезерує канавку на всю довжину, потім знову врізається на ту ж глибину і фрезерує канавку знову на всю довжину, але в іншому напрямку і так далі. Цей метод є найбільш раціональним для виготовлення шпонкових канавок в серійному та масовому виробництвах. Недоліком цього способу є значно більша витрата часу на виготовлення канавки в порівнянні з фрезеруванням за один прохід і тим паче з фрезеруванням дисковою фрезою.

Крізні шпонкові канавки валів можна обробляти на стругальних верстатах. Канавки на довгих валах стругають на поздовжньо-стругальних верстатах. Канавки на коротких валах стругають на поперечно-стругальному верстаті. Ці способи поширені в індивідуальному та дрібносерійному виробництвах.

Шпонкові канавки під сегментні шпонки виготовляють фрезеруванням за допомогою кінцевих дискових фрез.

2.7 Обробка шліців на ступінчастих валах

Шліци на валах виготовляють: фрезеруванням з наступним шліфуванням, шліцьонакатуванням, протягуванням, шліцьоструганням.

У неавтоматизованому серійному виробництві зазвичай нарізують шліци на шліцьофрезерних або зубофрезерних верстатах черв'ячною фрезою методом обкатування. Нарізати шліци можна за один або два робочих хода в залежності від потрібної точності. Можна використовувати багатозахідну черв'ячну фрезу для чорнового фрезерування, яка збільшує продуктивність, але потрібної точності не дає.

Шліци валів невеликих діаметрів (до 100 мм) фрезерують за один прохід, великих діаметрів - за два проходи.

Чорнове фрезерування шліців, в особливості великих діаметрів інколи проводиться фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах, що мають поділкові механізми. Методом копіювання виготовляють шліци за допомогою шліцьової дискової фрези; розподільно за допомогою трьох фрез (спочатку двома фрезами фрезерують бокові поверхні шліців, а потім третьою фрезою внутрішню поверхню шліців); двома дисковими фасонними фрезами. Чистове фрезерування шліців дисковими фрезами дозволяється у випадку відсутності спеціального верстата або інструмента, тому що воно не дає достатньої точності за кроком і ширині шліців. Існує метод нарізання прямо бічних шліців попереднім фрезеруванням фасонними дисковими фрезами і чистовим фрезеруванням бокових поверхонь шліців торцевими фрезами, оснащеними пластинами із твердого сплаву.

Стругання шліців на валах відбувається набором фасонних різців, збираних у головці. Їх кількість і профіль відповідають числу шліців і профілю впадини між шліцами валу. Число подвійних ходів головки визначається глибиною різання за один робочій хід. За кожний подвійний хід різці сходяться радіально на величину подачі. Цим методом можна обробляти як крізні, так і некрізні шліци. В останньому випадку передбачається канавка для виходу різців глибиною не менш 6 - 8 мм і швидке відведення різців від заготовки.

Одним із методів виготовлення шліців на поверхні валів є протягування їх на горизонтально-протяжних верстатах використовуванням спеціального пристосування. Для протягування крізних шліців використовується спеціальна протяжка з ножами, профіль різальної частини яких відповідає формі шліца. Кожний шліц протягується почергово за допомогою подільного пристрою. Також існує шліцьопротягування за допомогою двох блочних протяжок, які складаються із набору різців - зубчат, що незалежно рухаються у радіальному напрямку. Цей метод дозволяє обробляти крізні і некрізні шліци одночасно діаметрально протилежних впадин на валу з наступним поворотом валу на визначений кут після кожного ходу протяжки.

Великі перспективи має холодне протягування шліців, при якому шліци утворюються пластичним деформуванням без зняття стружки. Накатка виконується роликами, рейками та багатороликовими профільними головками. Ущільнення шару металу при накатуванні підвищує міцність шліцьових валів. У ряді випадків холодне накатування дозволяє вилучити термічну обробку і подальшу механічну. Шліци евольвентного профілю з модулем до 2,5 мм отримують холодним накатуванням двома або трьома роликами. Шліци довжиною до 80 - 100 мм можна накатувати рейками. Для накатування шліців високої точності заготовки повинні бути попередньо оброблені по зовнішньому діаметру. Діаметр заготовки являє собою середнє-арифметичне між діаметром кола виступів і діаметром кола впадин зуба.

Накатування шліців без нагріву деталі здійснюється також багатороликовими накатними головками. Усі шліци накатуються одночасно, без обертання деталі на спеціальних верстатах з гідроприводом, гідрозатискувачем деталі та зі змінною роликовою головкою.

2.8 Нарізання різьби на валах

У конструкціях валів зустрічаються зовнішні та внутрішні кріпильні різьби.

Внутрішні різьби на валах зазвичай нарізують машинними мітчиками та різьбовими різцями на різьбонарізних, свердлильних, револьверних, агрегатних напівавтоматах та автоматах, а також токарних, фрезерних верстатах та багатоопераційних верстатах з ЧПУ. Верстати повинні мати швидкий реверс шпинделя для швидкої зміни напрямку робочого обертання на зворотне, коли різьба буде нарізана до потрібної глибини. При нарізуванні глухих різьб для точної зупинки руху подачі та обертання мітчика використовують патрони, що самі вимикаються.

Зовнішні різьби на валах нарізують плашками, різьбовими фрезами, різьбонарізними головками, гребінками, різьбовими різцями, а також формуються накатуванням (один із методів пластичного деформування). Різьбу накатують інструментом з плоскою (плашки, рейки) та круглою (ролики) робочою частиною.

Калібровку різьби виконують плашками з доведеними різальними кромками.

2.9 Методи нарізання черв’яків, циліндричних та конічних зубів валів-шестерень

Гвинтова поверхня циліндричних черв’яків в залежності від серійності може бути нарізана за допомогою профільних різців на токарно-гвинторізних верстатах або за допомогою дискових фрез – на універсально-фрезерних, різьбофрезерних та спеціальних верстатах.

Фрезерування дисковими фрезами в основному застосовують для чорнового нарізання витків черв'яка. У цьому випадку використовують фрези з прямо лінійним профілем. Остаточне нарізання гвинтової поверхні рекомендується виконувати різцями з прямолінійною різальною кромкою. Потрібний профіль витка забезпечується при цьому відповідною установкою різця.

У крупносерійному та масовому виробництвах нарізання черв'яків здійснюють круглим довбачем на спеціальних або універсальних зубофрезерних верстатах, оснащених протяжним супортом.

При обробці черв'як і довбач обертаються (їх осі обертання перетинаються під прямим кутом), а одночасно довбач здійснює відносне переміщення вздовж осі черв'яка.

В умовах крупносерійного та масового виробництва черв'яки нарізують кільцевими різцевими головками на токарних верстатах, а також торцевою різцевою головкою, яка буде оснащена пластинами із твердого сплаву, на вертикально-фрезерних верстатах, що обладнані спеціальним пристосуванням.

Нарізання черв'яків черв'ячними фрезами за методом обкату здійснюють на універсальних зубофрезерних та шліцефрезерних верстатах.

Основний метод обробки циліндричних зубів – зубофрезерування. Зубофрезерування виконують черв'ячною фрезою на одношпиндельних та двошпиндельних зубофрезерних верстатах за один або два проходи. У випадку, коли немає вільного виходу фрези, використовують зубодовбання. Існує також гаряче та холодне накатування зубів.

Конічні зубчата виготовляють фрезеруванням дисковими та пальцевими модульними фрезами за методом копіювання на спеціальних та фрезерних верстатах. Дискові фрези використовують для чорнового нарізання прямих зубів в умовах крупносерійного виробництва та для чистового нарізання невеликих зубів невисокої точності в одиничному виробництві.

Пальцеві фрези використовують для нарізання крупних прямих та криволінійних зубів невисокої точності. Нарізання конічних прямих та косих зубів в умовах одиничного та серійного виробництва відбувається струганням на спеціальних зубострогальних верстатах методом обкату за допомогою двох стругальних різців. Нарізання прямих крупномодульних конічних зубів здійснюють струганням одним або двома різцями по копіру за чотири - п'ять робочих ходів. Цей спосіб дозволяє нарізати зубчата будь-якого профілю, що визначається формою змінного копіру.

Фрезерування двома дисковими фрезами за методом обкату відбувається на спеціальних зубофрезерних верстатах в умовах крупно серійного виробництва. Так нарізують прямі та конічні зубчата з прямим або бокоподібним профілем у поздовжньому перетині.

Нарізання зубів круговою протяжкою є найбільш продуктивний метод виготовлення прямих конічних зубів невеликого діаметру методом копіювання. Профіль зуба може мати як пряму, так і бочкоподібну форму. Так нарізують зубчата у масовому виробництві на спеціальних автоматах та напівавтоматах, що мають пневматичні блокувальні пристрої для контролю точності встановлення

заготовки та пристрої для утворення гарантованого натягу у кінематичному ланцюгу.

Фрезерування торцевими різцевими головками використовують для нарізання конічних криволінійних зубів. Обробку здійснюють на спеціальних верстатах за методом копіювання (врізання) або обкату. За методом копіювання заготовка залишається нерухомою, а різцева головка обертається та пересувається вздовж осі та прорізає впадину зуба. За методом обкату заготовка та різцева головка здійснюють узгоджене обертання.

У валів-шестерень, що призначені для коробок передач, де відбувається перемикання на ходу, для полегшення вмикання роблять закруглення торців зубів на спеціальних зубозакруглювальних верстатах за допомогою пальцевих фрез методом копіювання. У процесі роботи пальцева фреза обертається та одночасно пересувається по дузі зі зворотно-поступовим рухом вздовж кромки зуба шестерні, яка періодично відводиться в осьовому напрямку, повертається навколо осі на один зуб та відводиться до фрези.

2.10 Шліфування шийок та торців валів

Найбільш відповідальними операціями, що впливають на якість валу є операції чистової обробки шийок та їх торців. Точність вказаних поверхонь досягається шліфуванням в умовах одиничного та серійного виробництва на універсальних шліфувальних верстатах та шліфувальних верстатах з ЧПУ, в умовах крупносерійного та масового виробництва – на безцентрово-шліфувальних, торцекруглошліфувальних, багатокругових верстатах, а також верстатах з декількома шліфувальними бабками.

Існують два способи круглого шліфування: шліфування з поздовжньою подачею та шліфування з поперечною подачею (врізне); а також три схеми круглого шліфування: з поздовжньою подачею, з поперечною подачею, шліфування торців та шийок валу.

Відповідальні поверхні валів підлягають: притирці, суперфінішуванню, поліруванню, обкатці роликами. Притирку використовують для покращення точності форми, зменшенню шорсткості та хвилястості. Суперфінішування використовують для зменшення параметрів шорсткості поверхні. Полірування виконують також з метою зменшення шорсткості обробленої поверхні та надання їй дзеркального блиску. Обкатування (пластичне деформування мікронерівностей) роликами призводить до підвищення твердості поверхневого шару, виникнення стискаючих напруг, зменшення параметрів шорсткості і, як наслідок, покращення експлуатаційних властивостей виробу.

2.11 Способи остаточної обробки зубів

Остаточна чистова обробка зубів здійснюється наступними способами: обкаткою, шевінгуванням, шліфуванням, притиркою ти припрацюванням.

Обкатка – це процес отримання гладкої поверхні незагартованих зубів шляхом обертання шестерні між трьома загартованими шліфованими зубчастими колесами (еталонами). При цьому досягається деяке виправлення незначних похибок у формі зуба.

Шевінгування – це процес чистової обробки зубів, при якому відбувається зняття дуже дрібних волосоподібних стружок. В наслідок чого значно виправляється ексцентриситет початкового кола, помилки у кроку, у профілі евольвенти та у куті підйому гвинтової лінії. Шевінгування (або інакше шевінг-процес) відбувається двома способами. За першим способом шевінгування виконується за допомогою спеціального інструменту – шевера. Шевер виконано у вигляді ріжучого зубчастого колеса з прорізними на бічних сторонах кожного зуба канавками глибиною 0,8 мм. Ці канавки утворюють ріжучі кромки, які й знімають стружку. За другим способом шевінгування виконується за допомогою шевер-рейки, який складається з окремих зубів з канавками, що й утворюють ріжучі кромки на боках кожного зуба. Шевінгування зубів виконують до термічної обробки – загартовування. Шліфування зубів збільшує точність незагартованих та особливо загартованих зубчастих шестерень, які деформуються під час термічної обробки. Шліфування зубів з евольвентним профілем здійснюють: методом копіювання за допомогою фасонного шліфувального круга з евольвентним профілем; методом обкатки. Верстати, що працюють за методом копіювання, обладнані шліфувальним кругом, профіль якого відповідає впадині зубів. Круг шліфує обидві сторони двох сусідніх зубів. Такі верстати використовуються у масовому, крупносерійному, а інколи і середньосерійному виробництві. Метод обкатки менш продуктивний, але більш точний. Поширений спосіб шліфування зубів методом обкатки здійснюється на зубошліфувальних верстатах з двома тарілковими кругами, що розташовані один відносно другого під кутом 30° або 40° і утворюють як би профіль розрахункового зуба, за яким і відбувається обкатка зубчастої шестерні. Використовується також шліфування зубів методом обкатки одним дисковим кругом, який представляє як би зуб рейки. Більш прогресивним методом є шліфування зубів методом обкатки на верстатах з двома дисковими абразивними кругами, що розташовані паралельно. Продуктивність цих верстатів значно вища, ніж верстатів з одним таким же кругом. Криволінійні зубчата конічних шестерень шліфуються чашковим абразивним кругом. Перетин бокових сторін круга повинен мати профіль зуба рейки.

Притирка (лаппінг-процес) широко використовується для чистової, остаточної обробки зубів після їх термічної обробки замість шліфування. Суть цього способу полягає в тому, що виготовлювана шестерня обертається в зачепленні з чавунними шестернями-притирками, які обертаються та змащуються пастою-сумішшю дрібного абразивного порошку з маслом. Притирка дає поверхні високої якості, вона вирівнює нерівності та шорсткість, надає дзеркальний блиск поверхні, значно зменшує шум та підвищує плавність роботи зубчастого з’єднання.

Припрацювання зубів відрізняється від притирки тим, що притираються не шестерня з притиром, а шестерня з зубчастим колесом, які будуть працювати разом у складеній машині. Припрацювання відбувається за допомогою абразивного матеріалу, який прискорює процес припрацювання та надає зубчаткам гладку поверхню.

2.12 Шліфування шліців

У випадку центрування шліцьових валів по зовнішньому діаметру шліфують тільки зовнішню циліндричну поверхню вала на звичайних шліфувальних верстатах.

У випадку центрування шліцьових валів по внутрішньому діаметру шліці шліфують за дві окремі операції. У першій операції шліфують тільки впадини по внутрішньому діаметру, а у другій операції – бокові сторони шліців. Вал дискретно обертається після кожного подвійного ходу стола верстата. Для об’єднання двох операцій в одну використовують верстати, на яких шліци шліфують одночасно двома кругами: один шліфує впадину, а два інших – бокові поверхні шліців.

Існує також спосіб шліфування внутрішньої та бокових поверхонь шліців одночасно фасонним кругом.

2.13 Накатування рифлень

У деяких випадках на гладких валах виконують накатування рифлень за допомогою накатних загартованих роликів на універсальних верстатах або спеціальних накатних верстатах. Накатка буває прямою та перехресною, крупною, середньою або мілкою в залежності від розмірів зубчат на роликах.

2.14 Типові технологічні процеси виготовлення валів

Типові технологічні процеси механічної обробки ступінчастих валів довжиною 150 - 500 мм в крупносерійному виробництві наведені у табл. 2.2. Типові технологічні процеси механічної обробки ступінчастих валів у серійному виробництві наведені у табл. 2.3. У табл. 2.2 та 2.3 ознакою “Х” позначені операції, що виконуються, літерою “Б” позначені вали, що не підлягають термічній обробці, а літерою “З” – вали, які підлягають загартовуванню або цементації та загартовуванню, літерою “П” – вали, які підлягають покращенню. У табл. 2.4 приведені типові технологічні процеси, в яких вказано послідовність операцій, а також типи обладнання, що використовується при виготовленні валів різного призначення та конфігурації в залежності від типу виробництва.

Таблиця 2.2 - Типовий технологічний процес механічної обробки ступінчастих валів довжиною 150 - 500 мм у крупносерійному виробництві

№ операції	Операції, рекомендовані верстати	Вали														
		1-1-1			1-1-2			1-1-3			1-1-4			1-1-5		
		Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Фрезерування торців та зацентрування. Фрезерноцентрувальні верстати МР78, МР71	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Чорнова токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 1722, 16К20Ф3			X			X			X			X			X
3	Термічна обробка - покращення			X			X			X			X			X
4	Чистова токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 1722, 16К20Ф3			X			X			X			X			X
5	Токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 1722, 16К20Ф3	X	X		X	X		X	X		X	X		X	X	
6	Накатування ріфлень. Накатний верстат 5964	X	X	X												
7	Попереднє шліфування. Круглошліфувальні верстати 3М151, 2М151Ф2					X					X	X	X	X	X	X

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8	Фрезерування шпонкових пазів. Шпонково-фрезерний верстат ДФ-96 для прямокутних пазів та 1296 для сегментних пазів	X	X	X				X	X	X	X	X	X			
9	Фрезерування шліців. Шліцьоф-резерний верстат 5350А		X									X			X	
10	Фрезерування циліндричних зу-бів. Зубофрезерний верстат 5313							X	X	X	X	X	X			
11	Попереднє довбання зубів. Зу-бодовбальні верстати на базі ве-рстатів 5В12, 514							X	X	X						
12	Довбання зубів під шевін-гування. Зубодовбальні верстати на базі верстатів 5В12, 514, 5140							X	X	X						
13	Нарізання конічних зубів. Зубо-фрезерні верстати 5230, 5320 та на базі верстата 520													X	X	X
14	Зняття фасок на торцях зубів													X	X	X
15	Обкатування зубів													X	X	X
16	Закруглення зубів. Зубозакруг-лювальні верстати 5580, 5Н580							X	X	X	X	X	X			
17	Фрезерування різьби. Різьбофре-зерні верстати КТ-45 та КТ-43				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
18	Цементація							X	X	X	X	X	X			
19	Шевінгування зубів. Шевінгувальний верстат 5702В							X	X	X	X	X	X			
20	Калібрування різьби					X		X	X			X				
21	Термічна обробка - загартування		X			X			X			X			X	
22	Виправлення центрів. Центрошліфувальний верстат МВ149, 3922Р		X			X			X			X			X	
23	Обкатка зубів. Контрольно-обкатний верстат								X			X			X	
24	Заключне шліфування поверхонь. Круглошліфувальні верстати 3М151А, 3М153А, 3Е153	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25	Фрезерування шліців. Шліцефрезерний верстат 5350А				X		X				X		X	X	X	X
26	Шліфування шліців. Шліцешліфувальний верстат 3Б451П					X						X			X	
27	Калібрування різьби та зачистка задирок					X		X	X			X	X	X	X	X
28	Промивка	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
29	Кінцевий контроль	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Таблиця 2.3 - Типові технологічні процеси механічної обробки ступінчастих валів у серійному виробництві

№ операції	Операції, рекомендовані верстати	Вали											
		1-1-1			1-1-2			1-1-3			1-1-4		
		Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П	Б	З	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Фрезерування торців та зацентрування. Фрезерноцентрувальні верстати МР78, МР71, МР37	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х
2	Чорнова токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 16К20, 16К20Ф3			Х			Х			Х			Х
3	Термічна обробка - покращення			Х			Х			Х			Х
4	Чистова токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 16К20, 16К20Ф3			Х			Х			Х			Х
5	Токарна обробка. Токарні верстати 1712П, 16К20, 16К20Ф3	Х	Х		Х	Х		Х	Х		Х	Х	
6	Попереднє шліфування. Круглошліфувальні верстати 3М151, 3А152, 3М151Ф2										Х	Х	Х
7	Фрезерування шпонкових пазів. Консольно-фрезерні верстати 6М81Г, 6М11	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х		Х	Х	Х

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	Фрезерування шліців. Шліцьо-фрезерний верстат 5350А					X						X	
9	Фрезерування зубів. Зубофрезе-рний верстат 5350							X	X	X	X	X	X
10	Закруглення зубів. Зубозакруг-лювальний верстат 5580							X	X	X	X	X	X
11	Шевінгування зубів. Шевінгу-вальні верстати 5М714, 5702							X		X	X	X	X
12	Нарізання різьби. Токарногвин-торізні верстати 1А616, 16К20				X	X	X				X	X	X
13	Термічна обробка - гартування		X			X			X			X	
14	Остаточне шліфування повер-хонь. Круглошліфувальні верс-тати 3М151, 3М153А	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	Фрезерування шліців. Шліцьоф-резерний верстат 5350А				X		X				X		X
16	Шліфування шліців. Шліцьошлі фувальний верстат 3Б451П,3451					X						X	
17	Шліфування зубів. Зубошліфу-вальний верстат 5831								X			X	
18	Калібрування різьби та зачистка					X						X	
19	Промивка. Кінцевий контроль	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Таблиця 2.4 - Типовий технологічний процес обробки валів

Найменування деталі. Матеріал. Розміри та технологічні вимоги	Вал ступінчастий без шліців та зубчастих вінців, без центрального отвору. Сталь. L ≤ 710 мм, Д ≤ 100 мм. Точність обробки шийок за 6 - 14 квалітетом. Радіальне биття шийок не більше 0,025 мм. Торцеве биття 0,02 - 0,04 мм (1-1-1).				Вал ступінчастий зі шліцами та зубчастим вінцем, з центральним отвором. Сталь. L ≤ 710 мм, Д ≤ 100 мм. Точність обробки шийок за 6 - 14 квалітетом, отвору за 7 - 14 квалітетом. Радіальне биття шийок не більш 0,025 мм. Торцеве биття 0,02 - 0,04 мм (2-1-3).			
Тип виробництва	Масове та крупносерійне		Середньо-та дрібносерійне		Одиничне	Масове та крупносерійне		Середньо-та дрібносерійне	Одиничне
Заготовка	Поперечно-клиновий прокат		Штампування на молотах		Прокат	Поперечно-клиновий прокат		Штампування на молотах	Прокат
Найменування	Обладнання								
1	2		3		4	5		6	7
1 Фрезерна	Фрезерно-центрувальний 2Г942 або	Фрезерний ФС -006	Фрезерно-центрувальний 2Г942 або	Фрезерний ФС -006		Фрезерно-центрувальний 2Г942 або	Фрезерний ФС -006	—	—
2 Центрувальна		Центрувальний ПОД–02-03		Центрувальний ПОД–02-03			Центрувалний ПОД–02-03	—	—

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
3 Токарна чорнова	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	—	—	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	—	—
4 Токарна чистова	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	—	—	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	—	—
5 Різьбоутворення	Різьботокарний 1Б922Г. Різьбофрезерний 5Б63Г	—	—	Різьботокарний 1Б922Г. Різьбофрезерний 5Б63Г	—	—
6 Повна токарна	—	Токарний з ЧПУ ЕМ500Ф3	Токарно-гвинторізний 16К20	Токарний з ЧПУ ЕМ500Ф3 та люнетами	Токарний з ЧПУ ЕМ500Ф3	Токарно-гвинторізний 16К20
7 Шліфувальна	Круглошліфувальний 3153Е	Круглошліфувальний 3153Е	Круглошліфувальний 3У12УС	Шліфувальний 3153Е та шліфувальний з ЧПУ 3М227ВФ2	Шліфувальний 3153Е та шліфувальний з ЧПУ 3М227ВФ2	Круглошліфувальний 3У227В. Внурішньошліфувальний 3К227В
8 Фрезерна	Автоматична лінія агрегатної обробки з уніфікованих вузлів	Шпонково-фрезерний ДФ860	Горизонтально-фрезерний 6Т82Ш	Автоматична лінія агрегатної обробки з уніфікованих вузлів	Шпонково-фрезерний ДФ860	Горизонтально-фрезерний 6Т82Ш

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7
9 Свердлильна		Багатоцільовий з ЧПУ ИР 500	Радіально-свердлильний 2А554		Багатоцільовий з ЧПУ ИР 500	Радіально-свердлильний 2А554
10 Цементування	Якщо є, то обробка 11	Якщо є, то обробка 11	—	Якщо є, то обробка 11	Якщо є, то обробка 11	—
11 Токарна	Гідрокопіювальний ЕМ473 або СА820	Токарний з ЧПУ ЕМ 500Ф3	—	Гідрокопіювальий ЕМ473 або СА820	Токарний з ЧПУ ЕМ 500Ф3	—
12 Термічна	ТВЧ	ТВЧ	Об’ємна	ТВЧ	ТВЧ	Об’ємна
13 Правка центрів	—	—	Ручна	—	—	Ручна
14 Шліфувальна	Круглошліфувальний 3153Е	Круглошліфувальний 3153Е	Круглошліфувальний 3412УС	Круглошліфувальний 3153Е	Шліфувальні 3153Е та 3М227ВФ2	Круглошліфувальний 3У12УС, внутрішньошліфувальний 3К227В
15 Слюсарна	+	+	+	+	+	+
16 Мийна	+	+	+	+	+	+
17 Контроль	Діаметрів на БВ6281, биття на 5755	+	+	Діаметрів на БВ6281, биття на 5755, отворів на БВ 6277	+	+

3 ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ

3.1 Службове призначення корпусних деталей

Корпусні деталі машин являють собою базові деталі, на яких встановлюють різноманітні деталі та складальні одиниці, точність відносного положення яких повинна забезпечуватись як в статиці, так і у процесі роботи машини під навантаженням. У відповідності з цим корпусні деталі повинні мати необхідну точність, жорсткість ті вібростійкість, що забезпечує необхідне відносне положення деталей та вузлів, що з'єднуються, правильність роботи механізмів та відсутність вібрації.

Конструктивне виконання корпусних деталей, матеріал та необхідні параметри точності визначають на підставі службового призначення деталей, вимог до роботи механізмів та умов їх експлуатації. При цьому ураховуються також технологічні фактори, пов'язані з можливістю отримання необхідної конфігурації заготовки, можливості обробки різанням та зручності складання, яку починають з базової корпусної деталі.

3.2 Класифікація корпусних деталей

Корпусні деталі машин у загальному випадку можна поділити на групи. Деталі цих груп мають певну загальність службового призначення, що визначає наявність сукупності однакових поверхонь та ідентичне за формою конструктивне виконання. Це, у свою чергу, визначає особливості технологічних рішень, що забезпечують досягнення необхідних параметрів точності у процесі виготовлення деталей кожної групи.

Перша група – корпусні деталі коробчатої форми у вигляді паралелепіпеда, габарити яких мають однаковий порядок. До цієї групи відносяться корпуси редукторів, корпуси коробок швидкостей, коробок подачі, шпиндельних бабок. У більшості випадків основними базами таких корпусів є плоскі поверхні, а допоміжними – головні отвори та торці, які призначені для базування валів та шпинделів.

Друга група – корпусні деталі з гладкими внутрішніми циліндричними поверхнями, довжина яких перевищує їх діаметральні розміри. До цієї групи відносяться блоки циліндрів, двигунів та компресорів, корпуси різноманітних циліндрів та золотників, пнемо - та гідроапаратури, корпуси задніх бабок, що забезпечують базування пінолі та заднього центру. У відносності до службового призначення внутрішні циліндричні поверхні повинні мати підвищенні вимоги за точністю діаметральних розмірів та точністю геометричної форми. Ці циліндричні поверхні зазвичай працюють на знос. Тому до них пред'являють високі вимоги за шорсткістю та стійкістю проти спрацювання.

Третя група – корпусні деталі складної просторової геометричної форми. До них відносяться корпуси парових та газових турбін, відцентрових насосів, колекторів, трійників, вентилів, кранів. Складна просторова форма та геометричні розміри таких корпусів призначені для формування необхідних потоків руху газів або рідини. До цієї групи відносяться також складні за формою корпусні деталі ходової частини машин – картер заднього мосту, корпус поворотного важеля та ін.

Четверта група – корпусні деталі з направляючими поверхнями – столи, супутники, каретки, полозки, супорти, повзуни, планшайби. У процесі роботи ці деталі здійснюють зворотно-поступовий або обертовий рух по направляючим поверхням і забезпечують точне відносне переміщення заготовок, що обробляють та різального інструменту.

П'ята група – корпусні деталі типу кронштейнів, кутників, стояків плит та кришок. Ця група об'єднує найбільш прості за конструкцією корпусні деталі, які виконують функції допоміжних опор для забезпечення необхідної точності відносного положення окремих механізмів, валів, зубчастих коліс. Різноманітні базуючи поверхні корпусних деталей з точки зору їх функціонального призначення можна віднести до категорії основних або допоміжних баз. Основними базами, за допомогою яких корпусні деталі з'єднуються зі станинами, рамами або іншими корпусами, у більшості випадків є плоскі поверхні або сполучення плоскої поверхні та одного або двох базових отворів. При цьому частіше реалізуються схеми базування за трьома площинами або площиною та двома отворами. У деталей типу столів, кареток, супортів комплект основних базуючих поверхонь утворюється сполученням парних поверхонь направляючих. Допоміжними базами корпусних деталей є головні отвори, по ним базуються шпинделі, вали, а також плоскі поверхні та їх сполучення, які визначають положення різних вузлів та деталей, що з'єднуються – кришок, фланців та ін.

3.3 Матеріал та способи отримання заготовок корпусних деталей

Марку матеріалу для виготовлення корпусних деталей вибирають, виходячи зі службового призначення корпусу та умов його роботи. При цьому враховують вплив властивостей матеріалу та такі конструктивні параметри, як міцність та жорсткість конструкції, вібростійкість, стійкість проти спрацювання окремих поверхонь, габарити та маса деталі. Одночасно необхідно враховувати технологічні фактори, що визначають методи отримання заготовки, оброблюваність матеріалу та пов'язані з цим грошові витрати. У якості матеріалу для виготовлення корпусних деталей використовують, головним чином, сірий чавун, вуглецеву сталь, ковкий чавун, леговану сталь та сплави кольорових металів.

Сірий чавун є основним конструкційним матеріалом для виготовлення корпусних деталей. При відносно невисокій вартості він має хороші ливарні

властивості, що дозволяє отримувати відливки складної конфігурації. Сірий чавун добре оброблюється та має непогані фізико-механічні властивості. Корпусні деталі металорізальних верстатів, корпуси сільськогосподарських та підйомно-транспортних машин, корпуси стаціонарних редукторів, відцентрових насосів виготовляють із сірого чавуна марок СЧ15, СЧ18, СЧ21. Для малонавантажених деталей типу кришок, плит, піддонів використовують чавун СЧ12. Корпусні деталі з направляючими, до яких пред'являють підвищені вимоги на зносостійкість, виготовляють із сірого чавуна СЧ21 та модифікованого чавуна марок СЧ32, СЧ35.

Плити супутників виготовляють зі сталей 30Л, 40Х, 12ХН3А, 20Х3ВМФ. Корпусні деталі ходової частини машин, що працюють під великим навантаженням виконують із сірого чавуна СЧ21, СЧ24, а також з ковкого чавуна КЧ35-10. Ковкий чавун та ливарні сталі 40Л, 40ЛК використовують для виготовлення корпусних деталей сільськогосподарських та дорожніх машин, що працюють в умовах вібрацій під знакозмінним навантаженням. Блоки циліндрів, головки блоків двигунів виготовляють із чавуна марок СЧ21, СЧ24 та алюмінієвих сплавів.

Корпуси високонапірних насосів, компресорів виготовляють із чавунів підвищеної міцності СЧ24, СЧ28 або стального литва. Корпуси парових турбін, що працюють при температурі 250-400°С та високому тиску, виготовляють із модифікованих чавунів підвищеної міцності або вуглецевої сталі 30Л. Корпуси електродвигунів відливають зі сталі 15Л.

Корпусні деталі, що працюють в агресивному середовищі (кислоти, луги, морська вода), виготовляють з корозійностійких матеріалів, таких як леговані хромисті або хромонікелеві сталі 12Х18Н9Т, 20Х23Н13, а також бронзи та ливарні латуні ЛК80-3Л. Для корпусних деталей малої маси широко використовують алюмінієві та магнієві сплави АЛ4, АЛ8, АЛ10В, АЛ13. Отримання з них точних відливок під тиском дозволяє значно зменшити трудомісткість обробки деталей різанням. Корпусні деталі з легких сплавів широко використовують в авіації та транспортному машинобудуванні.

Зварні корпусні деталі редукторів, зварні деталі типу кронштейнів, стояків, кутників у більшості випадків виготовляють з листової маловуглецевої сталі Ст3, Ст4. Штампо - зварювальні картери задніх мостів автомобілів виготовляють з листової сталі 35, 40. У порівнянні з ливарними картерами вони мають менші габарити та масу, що дозволяє отримати більш високий коефіцієнт використовування металу.

Вибір заготовки означає визначення раціонального методу її отримання, призначення потрібних припусків на обробку різанням та визначення комплексу технічних вимог, що характеризують геометричну точність заготовки та фізико-механічні властивості її матеріалу.

Заготовки для корпусних деталей отримують литвом та зварюванням. При чому відливки складають біля 95 % заготовок, а головним ливарним матеріалом є чавун.

Головними способами отримання ливарних заготовок є: литво в піщану форму, в кокіль, під тиском, литво в оболонкові форми, а для малих за масою та габаритами деталей – литво за виплавлюваними моделями.

Для корпусних деталей найбільш широко використовують литво у піщану форму. В залежності від серійності та складності відливки використовують ручну або машинну формовку. У одиничному виробництві, а також при виготовленні складних відливок застосовують ручну формовку. Для крупних відливок використовують литво у землю, у інших випадках використовується формовка у парні опоки. Машинна формовка з використанням металевих або дерев'яних моделей не потребує робочих високої кваліфікації, її використовують для малих та середніх відливок у серійному та масовому виробництві. Вона забезпечує більш високу продуктивність. Машинна формовка у порівнянні з ручною дозволяє отримати більш якісні однорідні відливки зі сталими параметрами точності.

Литво у кокіль використовують для отримання фасонних відливок із кольорових сплавів, чавуна і сталі в умовах серійного та масового виробництва. Розміри відливок можуть досягати до 1,5 м, а маса – від декількох кілограмів до декількох тон. Відливки у кокіль мають більш високу точність розмірів (11-й, 12-й квалітети), параметр шорсткості поверхні відливок Ra 10 - 5 мкм. Усе це дозволяє у 2-3 рази зменшити припуски на обробку різанням.

Литво під тиском використовують в основному для отримання відливок корпусних деталей із кольорових сплавів. Цей спосіб забезпечує отримання фасонних відливок складної конфігурації з тонкими стінками та різними за розмірами отворами з внутрішніми або зовнішніми різьбами. Такі відливки мають хороший зовнішній вигляд, параметр шорсткості поверхні Ra 5 - 1,25 мкм. Металеві форми при цьому способі мають більш складну конструкцію, технічні вимоги на точність виготовлення форм значно вищі, ніж при використовуванні звичайного кокіля. Це дозволяє отримати точні відливки габаритами до 500 мм, у яких розміри відповідають 11 - 14-му квалітетам точності, а окремі розміри – 9-му, 10-му квалітетам. Такі корпусні деталі не потребують обробки різанням.

Литво в оболонкові форми одноразового використовування застосовують для отримання відповідальних фасонних відливок із різноманітних матеріалів у серійному та масовому виробництві. Заготовки таких корпусних деталей мають невеликі розміри (до 500 - 700 мм) і масу не більш 50 кг. Точність розмірів таких відливок відповідає 12 - 14-му квалітету, параметр шорсткості поверхні Ra 10 - 2,5 мкм. Висока точність розмірів відливки дозволяє зменшити припуски на обробку до 0,25 - 0,5 мм або взагалі виключити обробку різанням більшості поверхонь.

Зварні заготовки із сталі використовують, головним чином, в одиничному та мілко серійному виробництві для корпусів відносно простої геометричної форми і для корпусів, підлеглих ударним навантаженням. Такі корпуси повинні бути достатньо жорсткими, мати симетричну форму та розташування зварних швів.

Корпусні деталі підлягають термічній обробці – низькотемпературному віджигу, який забезпечує зняття внутрішнього напруження, підвищує в'язкість та стабілізацію розмірів деталі. Інколи застосовують штучне та природнє старіння. Перед обробкою різанням заготовки піддають піскоструйному або дробеструйному очищенню у спеціальних камерах, а потім ґрунтують та красять поверхні, що не обробляються.

3.4 Технічні вимоги до корпусних деталей

В залежності від конструктивного виконання та складності до корпусних деталей пред'являють наступні технічні вимоги, що характеризують різні параметри їх геометричної точності.

1. Точність геометричної форми плоских базуючи поверхонь. Вона регламентується як прямолінійність поверхні у заданому напрямку на певній довжині і як площинність поверхні в межах її габаритів. Для поверхонь розміром до 500 мм відхилення від площинності і паралельності знаходяться у межах 0,01 - 0,07 мм, а у відповідальних корпусів 0,002 - 0,005 мм.

2. Точність відносного повороту плоских базуючи поверхонь. Граничні відхилення від паралельності або перпендикулярності однієї плоскої поверхні відносно іншої складають 0,015/200 - 0,1/200, а для деталей підвищеної точності – 0,003/200 - 0,01/200.

3. Точність відстані між двома паралельними площинами. Для більшості деталей вона знаходиться в межах 0,02 - 0,5 мм, а у корпусних деталей підвищеної точності – 0,005 - 0,01 мм.

4. Точність діаметральних розмірів та геометричної форми отворів. Діаметральні розміри головних отворів, які виконують в основному роль баз під підшипники, відповідають 6 - 11-му квалітетам. Відхилення геометричної форми отворів – некруглість у поперечному перетині, конусність або зігнутість у повздовжньому перетині знаходяться у межах 1/5 - 1/2 допуску на діаметр отвору.

5. Точність відносного кутового положення вісей отворів. Відхилення від паралельності і перпендикулярності вісей головних отворів відносно плоских поверхонь складають 0,01/200 - 0,15/200, граничні кутові відхилення осі одного отвору відносно осі іншого – 0,005/200 - 0,1/200.

6. Точність відстані від осей головних отворів до базової площини для більшості деталей складає 0,02 - 0,5 мм. Точність відстані між вісями головних отворів 0,01 - 0,15 мм. Співвісність отворів у межах 0,002 - 0,05 мм.

7. Параметр шорсткості плоских базових поверхонь Ra 2,5 - 0,63 мкм, параметр шорсткості поверхонь головних отворів Ra 1,25 - 0,16 мкм, а для відповідальних деталей до Ra 0,08 мкм.

3.5 Вибір баз та загальна послідовність обробки корпусних деталей

Не дивлячись на різноманітність конструктивних форм і розмірів корпусних деталей, структура побудови технологічного процесу має загальну закономірність. Ця закономірність відноситься до спільності підходу при виборі технологічних баз, до визначення послідовності обробки обладнання.

Для різних за конструкцією та розмірами корпусних деталей технологічний процес механічної обробки складається з таких етапів:

1. попередня та чистова обробка плоских поверхонь або площини та двох отворів, які надалі використовуються як технологічні бази;
2. обробка решти плоских поверхонь відносно створеної технологічної бази;
3. попередня та чистова обробка головних отворів;
4. обробка дрібних отворів і різьбових поверхонь;
5. заключна обробка плоских поверхонь і головних отворів деталі;
6. контроль точності відповідно до технічних умов креслення.

На першій операції оброблюють поверхні, які потім використовують як технологічні бази для більшості наступних операцій технологічного процесу. Поверхні деталі, від яких задано стан більшості інших поверхонь, рекомендується вибирати як технологічні бази.

Після створення надійної установочної бази обробка корпусної деталі на багатоцільових верстатах проводиться у такій послідовності: спочатку виконують попереднє та остаточне фрезерування плоских поверхонь, потім обробляють головні отвори (зенкерують, розточують та розвертають), а на закінчення свердлять дрібні отвори, зенкером знімають фаски і нарізають мітчиками різьбу.

При проектуванні технології обробки деталей та багатоопераційних верстатах як технологічні бази слід приймати поверхні, які однозначно є конструкторськими та вимірювальними базами. У цьому випадку похибка базування дорівнює нулю. Обробка деталей може здійснюватися за розмірами, представленими на робочому кресленні, використанням всього поля допуску на розмір.

Під час виготовлення деталі будь-яка переустановка викликає похибку. Для зменшення похибок треба максимально скорочувати число переустановок заготовки під час виготовлення та застосовувати принцип єдності (суміщення) баз. Принцип єдності баз полягає у тому, що при розробці технологічного процесу назначають як технологічні бази (вимірювальні та установочні), комплект конструкторських баз.

У випадках, коли технологічна база не збігається з конструкторською або з вимірювальною базою, виникає похибка базування. У цьому випадку технолог змушений змінити схему проставлення розмірів безпосередньо від технологічних баз.

Технологічна база, яка була використана на першій операції, називається чорновою. Як чорнову технологічну базу вибирають такі поверхні, відносно

яких на першій операції оброблюються поверхні, які при подальшій обробці будуть використані як установочні бази. Чорнова база повинна мати достатні розміри, правильність і постійність форми, найменшу шорсткість. За чорнові бази не слід використовувати поверхні, на яких розташовані у відливках додатки та ливники, а також шви, що виникають у місцях роз'єму опок у відливках і штампів у штамповках. У деталей, що не піддаються повній обробці, технологічними базами на першій операції рекомендується приймати поверхні, які не підлягають обробці. Якщо в заготовці оброблюються всі поверхні, то за технологічні бази на першій операції вибирають поверхні з найменшими припусками.

При виборі чистових установчих технологічних баз слід приймати поверхні, які одночасно є конструкторськими та вимірювальними базами деталі, а також використовуються як бази при складанні виробу.

Найбільш зручними технологічними базами для більшості операцій є:

- три площини, які утворюють координатний кут базування за трьома площинами;
- площину і два отвори, які матеріалізують схему базування за площиною та двома штирями;
- площина та один отвір порівняно великого діаметра, які забезпечують схему базування за площиною, центруючим буртом та за опорною базою.

Ці схеми базування отримали найбільше розповсюдження. Таким чином, основним завданням першої операції при виготовленні корпусних деталей на автоматизованих ділянках є підготовка зручних технологічних баз, що забезпечують можливість здійснення всієї послідовної обробки з одною установчою базою. Базування корпусної деталі на першій операції можна також здійснювати попереднім вивіренням за розміткою. Розмітка використовується для суміщення початку відліку деталі з початком відліку координатної системи супутника та пристрою. Розміткою досягається рівномірний розподіл припуску при обробці головних отворів порівняно нежорстким консольним інструментом або забезпечується рівномірність товщин стінок відносно поверхонь, що не підлягають обробці.

Технологічні бази повинні забезпечувати можливість наступної обробки заготовки корпусної деталі з п'яти боків (чотирьох горизонтальних напрямків і одного вертикального). При цьому необхідно мати хорошу доступність ріжучого інструменту до оброблюваних поверхонь.

При обробці корпусних деталей в неавтоматизованому виробництві між етапами чорнової та чистової обробок рекомендується проводити старіння для знімання внутрішніх напруг. При обробці корпусних деталей в автоматизованому циклі за принципом змінно-поточного виробництва від одних технологічних баз переривати процес виконання чорнових і чистових переходів небажано. Тому операцію старіння, яка забезпечує зрівноважуваня внутрішніх напруг, в цьому випадку слід виконувати на початку технологічного процесу, тобто до надходження деталі на багатоопераційний верстат.

3.6 Обробка зовнішніх поверхонь корпусних деталей

Зовнішні поверхні заготовок корпусних деталей оброблюють наступними методами: фрезеруванням, струганням, точінням, шліфуванням, протягуванням.

Фрезерування є найбільш поширеним методом обробки зовнішніх поверхонь. Висока продуктивність, що отримується внаслідок непериривності процесу різання, дозволяє ефективно використовувати цей метод для обробки заготовок корпусів в умовах одиничного, серійного та масового виробництва. В залежності від характеру виробництва та габаритів оброблюємих заготовок використовують універсально-фрезерні верстати з вертикальним та горизонтальним розположенням шпінелей, багатошпиндельні продольно-фрезерні верстати, карусельно-та барабанно-фрезерні верстати агрегатного типу, а також верстати з ЧПУ та багатоцільові.

На універсально-фрезерних верстатах обробляють заготовки корпусних деталей малих габаритів у одиничному та мілко серійному виробництві. У цілях підвищення продуктивності шляхом суміщення часу на виконання робочих та допоміжних ходів обробку виконують за схемою “маятникового” фрезерування. На столі верстата є дві робочі позиції. У процесі фрезерування заготовки, що встановлена у позиції I, відбувається заміна заготовки у позиції II.

Багатошпиндельні продольно-фрезерні верстати використовують для обробки крупногабаритних корпусних деталей або для групової обробки деталей середніх розмірів у серійному виробництві. Можливість суміщення ходів при одночасній обробці декількох поверхонь крупногабаритних заготовок або при паралельній обробці поверхонь декількох невеликих заготовок дозволяє отримати достатньо високу продуктивність. При груповій обробці послідовно встановлених заготовок зменшення машинного часу досягається також за рахунок перекриття відстані на врізання та перебіг фрези. У випадку використання змінних столів, на які встановлюють групу заготовок поза верстатом під час автоматичного фрезерування на верстаті інших заготовок, продуктивність операції ще більш підвищується.

Ефективним методом підвищення продуктивності при обробці заготовок корпусних деталей на продольно-фрезерних верстатах є фрезерування у перекладку. На столі верстата встановлюють спеціальне багатомісне пристосування, на якому заготовки орієнтують певним чином відносно верстата та інструмента. За один робочий хід у кожній позиції відповідними фрезами оброблюють одну або декілька поверхонь заготовок. Після кожного робочого ходу стола заготовки перекладають з попередньої позиції у наступну. У результаті у закінченні робочого ходу з останньої позиції знімають готову деталь, а на першу позицію встановлюють нову заготовку. В останньому випадку зазвичай обробляють заготовки суміжних деталей одного комплекту типу кришка-корпус або верхня та нижня половина роз’ємних корпусів. Таким чином, одночасно отримують комплект суміжних деталей, які потім надходять на наступну обробку різанням та складання. Зменшення штучного часу при використанні цього методу відбувається у результаті скорочення числа перекладок на верстаті, зменшення допо-

міжних ходів та відстаней на врізання та перебіг інструмента. При обробці на чотирьохшпиндельних повздошно-фрезерних верстатах заготовок корпусних деталей з направляючими – кареток, столів, повзунів можливо використання набору фрез, профіль яких відповідає контуру направляючих. Набір фрез, як універсальних, так і спеціальних, базується на загальній оправці, яка встановлюється у шпинделі двох горизонтальних головок. Перевагою цього способу є можливість отримання за один хід практично повного профілю направляючих. Однак є складності, пов'язані з заточкою комплекту фрез та необхідного розмірного встановлення їх у наборі. Тому цей метод використовують, головним чином, у серійному виробництві для обробки направляючих простої форми.

Карусельно-фрезерні та барабанно-фрезерні верстати використовують для обробки корпусних деталей невеликих розмірів у крупносерійному та масовому виробництві. Карусельно-фрезерні верстати з круглим столом, що обертається, мають одну або декілька фрезерних головок з вертикальним розположенням шпинделів. При наявності трьох фрезерних головок на перших двух встановлюють фрези діаметром 250 - 300 мм для чорнової обробки, а на наступній – фрезу діаметром 500 - 600 мм для чистової обробки горизонтальних поверхонь. Заготовки встановлюють у пристосування, що розташовані по кругу стола. Встановлення та знімання деталі виконується поза зоною обробки і за часом суміщається з процесом різання, який здійснюється при неперервному обертанні стола. Неперервна паралельно-послідовна чорнова та чистова обробка групи заготовок дозволяє досягнути високої продуктивності.

Короткі кінематичні та розмірні ланцюги карусельно-фрезерного верстата, підвищена жорсткість стола та нерухоме закріплення фрезерних головок сприяють отриманню високої точності розмірів та відносних поворотів оброблюємих поверхонь деталей.

На барабанно-фрезерному верстаті здійснюють одночасну обробку у розмір двох паралельних поверхонь. Барабан, що неперервно обертається відносно горизонтальної осі, має від чотирьох до восьми граней, на яких встановлені пристосування для закріплення оброблюємих заголовок. Загальне число фрезерних головок з горизонтальним розташуванням шпінелей складає 2, 4, 6, або 8. при цьому за допомогою перших фрез виконують чорнову обробку, а останні дві фрези служать для чистової обробки поверхні. Діаметри фрез для чистової обробки залежать від розмірів оброблюємих поверхонь.

Встановлення та знімання деталей виконують при неперервному обертанні барабана зі швидкістю робочої подачі 350 - 700 мм/хв. Близьке розташування заготовок забезпечує можливість перекриття дільниць на вході та виході фрези. Неперервна, паралельно-послідовна чорнова та чистова обробка деталей при суміщенні під час основних та допоміжних ходів дозволяє отримати високу продуктивність. При малих ділянках оброблюємих поверхонь та відносно великій відстані між ними ефективність використання карусельно- та барабанно-фрезерних верстатів різко зменшується.

Торцеві фрези, що використовуються для чорнової та чистової обробки плоских поверхонь мають різне конструктивне виконання. Вони бувають су-

цільні, збірні зі вставними ножами з швидкорізальної сталі або з ножами, що мають твердосплавні напайні пластини, використовують також фрези з механічним кріпленням непереточуваних твердосплавних пластин. В якості матеріалів для виготовлення різальної частини фрез використовують інструментальні вуглецеві та швидкорізальної сталі, тверді сплави та порошкові матеріали, а також надтвердий матеріал ельбор, що має високу зносостійкість.

Торцеві фрези з твердосплавними платинами мають стійкість у 3 рази вище, ніж фрези зі швидкорізальної сталі, та забезпечують підвищення продуктивності обробки до 5-ти разів. Торцеві фрези з різальною частиною з ельбору використовують для чистової обробки, якщо необхідна висока точність геометричної форми та низька шорсткість обробленої поверхні деталі.

Стругання зовнішніх площин корпусних деталей використовують в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва, а також при обробці крупногабаритних, важких деталей. Цю операцію виконують на повздошно-стругальних верстатах з використанням вертикальних та горизонтальних супортів. Продуктивність стругання нижче фрезерування внаслідок наявності допоміжних ходів та відносно малих швидкостей зворотно-поступового руху стола верстата. Продуктивність можна підвищити шляхом одночасної обробки групи заготовок, що послідовно встановлюються в один або два ряди на столі верстата. При цьому доцільна паралельна обробка горизонтальних та вертикальних поверхонь заготовок з використанням одночасно вертикальних та бокових супортів верстата. Вимогами до технологічності деталей у цьому випадку є розташування оброблюємих поверхонь у одній площині, що дозволяє виконувати обробку напрохід.

Різці, що використовуються при струганні, являють собою найбільш дешевий простий інструмент, який має малу чутливість до дефектів поверхневого шару і дозволяє знімати за один робочий хід до 15 - 20 мм. При струганні можна отримати високу точність за прямолінійністю оброблених поверхонь. Це пояснюється більш високою жорсткістю стругальних супортів у порівнянні з фрезерними головками та відносно малими температурними деформаціями у процесі різання. Крім того, при отриманні пазів і канавок продуктивність стругання вище у порівнянні з фрезеруванням. Таким чином стругання широко використовують при обробці заготовок корпусних деталей з направляючими – столів, кареток, ползунів.

На карусельно-токарних верстатах здійснюють точіння таких корпусних деталей, як корпуси парових турбін, компресорів, відцентрових насосів, крупних електродвигунів, генераторів, планшайб верстатів та крупногабаритних вентилів. Оброблювані заготовки мають складну просторову форму або форму тіл обертання з зовнішніми або внутрішніми циліндричними, конічними поверхнями та перпендикулярними торцями, які порівняно просто отримують шляхом точіння. В умовах серійного виробництва на карусельно-токарних верстатах одночасно оброблюють по відкритій площині роз’ємну групу невеликих корпусів або кришок, що встановлюються у пристосування, які розташовані по периметру круглого стола. При цьому забезпечується достатньо високі вимоги до

площинності та паралельності оброблюємих поверхонь. Використання простого та дешевого інструменту – різців дозволяє знімати за робочий хід до15мм, встановлювати відносно високі режими різання, проізводити неперервну обробку, що підвищує продуктивність процесу.

Шліфування зовнішніх площин корпусних деталей використовується в основному як заключна обробка, що забезпечує отримання підвищених вимог до шорсткості та точності геометричної форми оброблюємих поверхонь. Шліфування виконують на плоско-шліфувальних верстатах з прямокутними та круглими столами. Останні дозволяють отримати більш високу продуктивність внаслідок неперервності процесу шліфування. При цьому можливо шліфування периферією плоского круга, торцем чашечного круга або торцевою поверхнею складенного сегментного круга. Збірні сегментні круги використовують для обдирочного шліфування зовнішніх площин. Припуск, що знімається за робочий хід, може досягати 4мм.

Перевагою цього методу обробки є мала чутливість шліфувального круга до дефектів поверхневого шару литої заготовки, а також можливість продуктивної обробки складних за контуром переривистих поверхонь чавунних деталей. Обробка переривистих поверхонь чавунних заготовок струганням або фрезеруванням викликає сколи, викрашування металу на кромках і призводить до різкого зниження стійкості різального інструменту, в особливості торцевих фрез. Ліквідація цього явища шляхом зменшення режимів різання призводить до зниження продуктивності обробки. У процесі шліфування такі явища, як сколи та вібрації, що з’являються при обробці переривистих поверхонь – виключені. Багате охолодження за допомогою МОТС, що використовується при шліфуванні, дозволяє значно зменшити температурні деформації оброблюємої деталі та покращує умови процесу різання, що сприяє підвищенню точності обробки.

Протягування зовнішних площин корпусних деталей виконують у масовому виробництві на спеціальних протяжних верстатах горизонтального та вертикального типу. Протягування є найбільш продуктивним методом обробки, при якому забезпечується висока точність розмірів та відносне положення поверхонь, що обробляють. Потужні протяжні верстати з усильям протягування до 500 кН дозволяють по всій оброблюємій поверхні знімать за один хід припуск у межах 3 - 5 мм. Раціональний розподіл знімаємого припуску за довжиною протяжки, при якому на калібруючу дільницю припадає мінімальне навантаження, забезпечує високу стійкість та зберігання геометричної точності різального інструменту, що гарантує високу точність деталі.

Збірні протяжки, довжина яких складає 2 - 3,5 м, дозволяють обробляти як плоскі, так і фасонні зовнішні поверхні. При цьому швидкість протягування досягає 60 м/хв. Швидкохідні протяжні верстати з однією або декількома позиціями встроюють в автоматизовані лінії для обробки блоків циліндрів двигунів, у яких попередньо та остаточно протягують площини роз’єму під головку блоку, привалкову площину та поверхні замка під кришки кореневих підшипників, а також бокові поверхні блоку.

Факторами, що накладають обмеження на використання протягування, є відносно висока вартість різального інструменту та великі сили різання, які виникають при обробці, що виключає можливість обробки нежорстких деталей.

Протягування використовують для попередньої чистової та заключної обробки зовнішніх поверхонь заготовок корпусних деталей.

Данні про точність, отримані при різних методах обробки плоских поверхонь, представлені у табл.3.1.

Таблиця 3.1 - Параметри точності, що отримуються при обробці плоских поверхонь різними методами

Обробка	Параметр шорсткості поверхні Ra, мкм	Площинність та прямолінійність, ступінь точності	Точність повороту відносно установочної бази на довжині 300 мм		Квалітети
			Паралельність	Перпендикулярність	
1	2	3	4	5	6
Фрезерування торцевою фрезою:					
чорнове	6,3-12,5	9-12	0,08	0,12	12-14
чистове	3,2-6,3	6-8	0,05	0,07	10, 11
тонке	0,8-1,6	4-5	0,03	0,03	8, 9 (7)
Стругання:					
чорнове	12,5-25	9-11	0,07	0,1	12-14
чистове	3,2-6,3	7-8	0,04	0,06	11-13
тонке	0,8-1,6	5-6	0,02	0,02	8-10(7)
Торцеве точіння:					
чорнове	6,3-12,5	9-12	0,1	—	14,15
чистове	3,2-5	7-8	0,05	—	11-13
тонке	0,8-1,6	5-6	0,03	—	8-10(7)
Протягування:					
напівчистове	6,3	9-10	0,07	0,08	8,9
чистове	0,8-3,2	7-8	0,04	0,05	7,8
заключне	0,2-0,4	5-6	0,02	0,02	7
Плоске шліфування:					
напівчистове	3,2	-8	0,040	0,06	8-11
чистове	0,8-1,6	5-6	0,020	0,03	6-8
тонке	0,2-0,4	3-4	0,007	0,01	6,7

3.7 Методи обробки головних отворів

Обробка головних отворів – трудомісткий етап технологічного процесу виготовлення корпусної деталі. Головні отвори обробляють на розточувальних, координатно-розточувальних, свердлильних, агрегатних та інших верстатах, включаючи верстати з ЧПУ і багатоцільові верстати. Обробка проводиться в три етапи: чорнова, чистова та оздоблювальна.

На перших етапах обробки проводиться свердління, зенкерування, розточка різцями та розточувальними головками. На етапі остаточної обробки – тонке розточування, шліфування, хонінгування, а також пластичне деформування: алмазне вигладжування, розкочення кульками або роликами, дорнування.

При чорновій обробці знімають основний припуск металу, забезпечуючи при цьому точність положення отвору відносно бази та рівномірність припуску під чистову обробку. Чистова обробка забезпечує точність розмірів, геометричної форми та відносного положення отвору. Особливо важливим є забезпечення необхідної прямолінійності осі отвору і точності його відносного положення. Оздоблювальну обробку використовують для досягнення підвищених вимог до точності розміру, геометричної форми та шорсткості поверхні обробленого отвору.

Обробку отворів в корпусних деталях виконують з використанням таких різальних інструментів як свердла, зенкери, різці, розточні головки, розгортки, розточні пластини.

Свердління та розсвердлювання забезпечують 11-й – 12-й квалітети точності, а шорсткість поверхні Ra 6,3 - 12,5 мкм. Зенкерування у відливках забезпечує 11-й – 12-й квалітети точності та похибку геометричної форми 30 - 50 мкм. Напівчистове зенкерування забезпечує 10-й квалітет точності та відхилення геометричної форми 15 - 20 мкм, шорсткість Ra 2,5 - 5 мкм.

Точність діаметральних розмірів відповідає при чорновому розточуванні 11-му – 12-му квалітетам, при чистовому – 9-му – 10-му квалітетам.

Розгортання – один з методів чистової обробки отворів за 6-м – 9-м квалітетом точності. Припуски, що залишаються від розгортання, складають для попередньої обробки 0,4 - 0,9 мм на діаметр, для чистової 0,05 - 0,30 мм.

Розгортання виконується із значним охолодженням емульсією (для чавунних деталей) або сумішшю гасу з машинним маслом (для сталевих деталей).

Для розвертання отворів застосовують також плаваючі різцеві блоки та пластини з швидкорізальної сталі або твердого сплаву (точність 7-й квалітети, шорсткість поверхні Ra 1,25 мкм), одночасно з обробкою торців застосовують торцеві зенкери або спеціальні летучі супорти, які забезпечують пересування

різця в радіальному напрямі. На багатоцільових верстатах відкриті торцеві поверхні обробляються торцевими фрезами.

Для обробки в корпусних деталях головних отворів широко застосовують горизонтально-розточувальні та координатно-розточувальні верстати. Точність розташування їх відносно технологічних баз і точність міжцентрових відстаней досягаються одним із таких способів: за розміткою, методом пробних ходів та промірів, способом координатного розточування та з використанням кондукторів.

У крупносерійному та масовому виробництві для одночасної обробки різних отворів у корпусних деталях використовують агрегатно-розточувальні верстати. Агрегатні верстати можуть працювати автономно або у складі автоматичних ліній для виготовлення корпусних деталей. Ці верстати складені із уніфікованих вузлів. В залежності від вирішуємих технологічних задач вони мають різні компановки з горизонтальним, похилим та вертикальним роз положенням шпінелей, з нерухомими та рухомими столами. Верстати з горизонтальним розташуванням шпінделей бувають однобічні, двобічні, двобічні з поворотним столом, а також верстати зі столами поступового переміщення. Верстати вертикальної компановки також мають нерухомі або поворотні столи.

Для паралельно-послідовної обробки заготовок з декількох сторін використовують верстати з вертикальними та горизонтальними головками, та поворотними столами, а також горизонтальні верстати з багатопозиційними поворотними барабанами. На таких верстатах має місце висока ступінь концентрації виконуємих технологічних переходів.

Агрегатні верстати з нерухомими або поворотними столами зазвичай працюють автономно в умовах крупно серійного виробництва. Верстати зі столами поступового переміщення встроюють в автоматичні лінії, в наслідок чого забезпечується наскрізне переміщення заготовки за ходом виконання технологічного процесу. За закінченням обробки столи-супутники паралельним потоком повертаються в початкову позицію для встановлення нової заготовки.

На агрегатних верстатах виконують технологічні операції свердління, зенкування, розточування, підрізання торців, розгортання та інші. При чому одночасно обробляють декілька отворів корпусної деталі, які можуть розташовуватися як на зовнішніх, так і на внутрішніх поверхнях деталі. Необхідна точність між центрових відстаней та відносне положення інструменту забезпечується шляхом застосування кондукторних плит з направляючими втулками для різального інструменту та інструментальних оправок.

Агрегатні верстати є спеціальними, тому їх розробляють для обробки певних заготовок, що виготовляють у великій кількості. Тому застосування таких верстатів потребує економічного обґрунтування.

Для отримання в корпусних деталях отворів високої точності (6-го, 7-го квалітетів) на заключному етапі технологічного процесу вводять оздоблювані операції. Методами оздоблювання головних отворів є розгортання, тонке розгортання, планетарне шліфування, хонінгування, розкочення роликами, а в окремих випадках притирка та шабрування.

Вибір необхідного методу обробки залежить від необхідної точності, що визначається службовим призначенням деталі. Так для оздоблювання отворів під піноль задньої бабки або отворів у блоках циліндрів двигунів та компресорів, до яких пред'являються підвищені вимоги до параметрів шорсткості (Ra 0,16 - 0,04 мкм), застосовують хонінгування. А для оздоблювання отворів у шпиндельних коробках, де необхідна висока точність відносно положення отворів, використовують тонке розточування та планетарне шліфування. При необхідності зміцнення поверхні отвору з метою зменшення зносу поверхневого шару використовують розкочення роликами.

Розгортання є найбільш поширеним методом оздоблювання головних отворів в умовах одиничного та серійного виробництва. Універсальність цього методу полягає у тому, що ручне оздоблювальне розгортання взагалі не потребує верстатного обладнання. Оскільки розгортка зазвичай самовстановлюється по отвору, то для забезпечення співвісності попередньо оброблених отворів використовують комбіновані розгортки, за допомогою яких відбувається одночасне розгортання співвісних отворів.

Тонке алмазне розгортання виконують на спеціальних алмазно-розточувальних верстатах. Верстати для тонкого розточування мають високу жорсткість та підвищену вібростійкість. Вони мають вертикальну або горизонтальну компоновку з одним або декількома шпинделями. Верстати горизонтальної компоновки бувають однобічного або двобічного виконання. Розточування отворів виконують однолезовими різцями, оздобленими твердосплавними пластинами з ретельно доведеними різальними кромками.

Для обробки корпусних деталей застосовують також різці з надтвердих матеріалів. Геометрія заточки таких різців дозволяє вести обробку отворів з дуже малою глибиною різання. Інструмент встановлюють у жорстких консольних оправках з метою підвищення жорсткості та вібростійкості для розточування отворів малого діаметру замість сталевих оправок застосовують твердосплавні, які при однакових розмірах мають кращі показники. З точки зору точності обробки переважним є вертикальне розташування шпинделя, при якому сила важкості розточувальної оправки практично не впливає на точність геометричної форми отворів. Особливістю такого розточування є обробка на високих швидкостях різання при дуже малих значеннях глибини різання та повздовжньої подачі. Припуск, що залишають на тонке розточування у межах 0,2 - 0,35 мм на сторону, знімають за два робочих хода. При першому ході зні-

мають 3/4 припуску, при другому – 1/4. Охолодження при розточуванні зазвичай не використовують.

Внутрішнє планетарне шліфування застосовують, головним чином, для оздоблювання отворів діаметром більш 150 мм. Але є також координатні, планетарно-шліфувальні верстати, що дозволяють обробляти у корпусних деталях отвори діаметром від 10 мм і більше. У процесі обробки шліфувальний круг обертається навколо своєї осі та здійснює планетарний рух відносно осі оброблюваного отвору. Осьова подача здійснюється шляхом поздовжнього зворотно-поступового переміщення стола з заготовкою, шліфувального круга у радіальному напрямку. Припуск під оздоблювальне шліфування отворів складає 0,1 - 0,2 мм на діаметр.

Хонінгування використовують для оздоблювання наскрізних гладких отворів діаметром 25 - 500 мм у корпусних деталях, головним чином, із чавуна і сталі. Хонінгування являє собою процес чистової обробки циліндричних поверхонь дрібнозернистими абразивними брусками, що здійснюють обертовий та зворотно-поступовий рухи у напрямку осі отвору. Цей процес пристосований для досягнення високої точності розмірів та геометричної форми отворів, але він не дозволяє виправити положення осі отвору відносно бази. Хонінгування виконують на спеціальних одношпиндельних або багатошпиндельних верстатах з вертикальною або горизонтальною компоновкою. Одношпиндельні верстати мають значну універсальність; на верстатах з горизонтальним розташуванням шпинделя, що використовуються для обробки довгих заготовок, додатково обертається заготовка для зменшення похибки форми, яка обумовлена однобічним тиском хона.

Абразивні бруски, рівномірно розташовані по периметру хонінгувальної головки, за один хід знімають шар металу товщиною 0,3 - 0,5 мм. Кількість абразивних брусків в головці повинно бути кратно 3, а для обробки отворів малого діаметру використовують 1 брусок. Довжину брусків підбирають приблизно рівною діаметру отвору, а для хонінгування довгих отворів бруски повинні мати довжину L = (3 - 4)D. У процесі роботи вихід брусків за межі отвору складає 15 - 20 мм. Все це сприяє досягненню високої точності геометричної форми отвору.

Відношення швидкості окружного та зворотно-поступового руху встановлюють із умов отримання на циліндричній поверхні отвору перехресних штрихів під кутом 40° - 60°.

Хонінгувальна головка зв’язана зі шпинделем верстата шарнірно, і у процесі роботи вона самовстановлюється по отвору. Розходження абразивних брусків відбувається автоматично за мірою знімання припуску. Хонінгування виконують з підвищеним охолодженням, для заготовок із чавуна застосовують емульсію, що забезпечує як охолодження, так і змащування, а для сталевих – керосин з домішкою парафіну.

У крупносерійному та масовому виробництві хонінгування здійснюють на високопродуктивних верстатах – автоматах при постійному автоматичному контролі отриманих у процесі обробки параметрів точності отвору.

Хонінгування раціонально виконувати після операції розточування, у результаті якого забезпечується необхідне відносне положення осі отвору. Для відповідальних корпусів хонінгування здійснюють після тонкого розточування, так як ці два процеси технологічно доповнюють один одного. Хонінгування особливо ефективне при необхідності обробки високоточних довгих отворів порівняно великого діаметру. У практиці машинобудування хонінгування широко використовують при обробці отворів у блоках циліндрів різних двигунів та компресорів, при обробці отворів під пінолі та висувні шпинделі у циліндрах та корпусах.

Розкочування отворів – метод оздоблювання, оснований на пластичному деформуванні оброблюваної поверхні. Розкочування виконують на свердлильних, токарних або спеціальних верстатах. Інструментом є різної конструкції багатороликові розкатники, які обертаються відносно осі отвору. Ролики розташовані рівномірно по периметру сепаратора і вільно обертаються навколо своєї осі. Ролики виготовляють з якісних інструментальних сталей, їх твердість після загартування HRC_e 62 - 64.

Конструкція багатороликових розкатників дозволяє у певних межах регулювати отриманий діаметр отвору. Розкочування виконують після чистового розточування, точність отвору під розкочування складає 0,01 - 0,015 мм. Припуск, що залишається під розкочування, дорівнює 0,02 - 0,05 мм на діаметр. Розкочування не виправляє положення осі отвору, вона самовстановлюється по отвору, тому точність положення отвору відносно бази повинна забезпечуватися на розточувальній операції. Розвальцювання використовують для оздоблення наскрізних та глухих отворів у корпусах із матеріалів, здатних у холодному стані пластично деформуватися. Твердість таких матеріалів не перевищує HRC_e 35 - 40. У результаті розвальцювання поверхневий шар ущільнюється і твердість збільшується на 20 %. Продуктивність розвальцювання вище, ніж хонінгування до 5 разів. Цей метод використовують для оздоблення довгих отворів у сталевих корпусних деталях типу корпусів гідро-циліндрів, пінолей, поршневих та гвинтових насосів, гідравлічних стоїк та інших.

В одиничному та дрібносерійному виробництвах для отримання високої точності розмірів та геометричної форми отворів малих та середніх діаметрів застосовують притирку, яку виконують з використанням абразивних порошків та паст з використанням спеціальних притирів, або деталь по деталі. Ця операція не потребує спеціального верстатного обладнання, її виконують на свердлильних, токарних та інших верстатах або вручну. За допомогою притирки забезпечується необхідна ширина зазору у золотникових парах корпусів паливної, пневмо- та гідроапаратури.

3.8 Обробка кріпильних та інших отворів корпусних деталей

Кріпильні та інші дрібні отвори у корпусних деталях – під пробки, масловказники або для подачі мастильного матеріалу – оброблюють на вертикально-свердлильних, радіально-свердлильних, горизонтально-розточувальних або агрегатних верстатах. При цьому за допомогою відповідного інструменту виконують свердління, розгортання, цеківку, зняття фасок, нарізування різьби.

На вертикально-свердлильних верстатах зазвичай обробляють заготовки масою не більш 30 кг. На радіально-свердлильних або горизонтально-розточувальних верстатах обробляють дрібні отвори у деталях масою не більш 30 кг. В умовах одиничного виробництва свердління отворів у корпусі виконують за розміткою. У цьому випадку точність міжцентрових відстаней і точність розмірів, що визначають положення отворів на площині складає ± (0,25 - 0,5) мм.

Для зменшення уводу отворів свердління виконують за два або три переходи. Спочатку виконують центрування отвору або засвердлування свердлом, діаметр якого у 2-3 рази менший необхідного. Для отвору під різьбу діаметром більш 25 - 30 мм крім свердління виконують зенкерування або розточування.

Діаметр отворів під різьбу виготовляють на 0,04 - 0,1 мм більше внутрішнього діаметру різьби, тим самим ураховують підйом витків.

Обробку торців виконують зенківками або підрізними різцями з осьовою подачею.

Перед нарізанням різьби в отворах знімають фаску за допомогою конічних зенківок, різців або свердел більшого діаметру. Фаску знімають під кутом 90° до зовнішнього діаметру різьби. Нарізання різьби виконують машинними мітчиками. Різьбу з кроком до 3 мм нарізують за один хід, різьбу з великим кроком нарізають комплектом мітчиків за 2-3 робочих ходи. Різьбу нарізають з примусовою осьовою подачею, рівною кроку різьби. Для запобігання ламання інструменту у випадку розбіжності кроку різьби та подачі на 2 - 3 % використовують патрони з осьовою компенсацією або динамометричні патрони, відрегульовані на допустиме граничне значення крутильного моменту.

В умовах серійного виробництва дрібні отвори свердлять за допомогою кондукторів – накладних, скальчастих, коробчатих. Інструмент у цьому випадку направляють кондукторні втулки, у результаті відпадає необхідність розмітки та попереднього зацентрування отворів.

Для свердління отворів з різних сторін заготовки застосовують одно або двохопорні поворотні пристосування, на яких встановлюють необхідний кондуктор. Нормалізовані поворотні стійки забезпечують фіксацію кондуктора з заготовкою у необхідному кутовому положенні, що дозволяє отримати отвори з любої сторони, у тому числі і зі сторони технологічних баз деталі. Для скоро-

чення допоміжного часу на зміну різального інструменту на свердлильних верстатах використовують швидкозмінні патрони або спеціальні револьверні головки. З метою підвищення продуктивності використовують також комбінований різальний інструмент: свердла та зенкери різного діаметру, свердла-зенковки, свердла-зенкери, свердла-мітчики.

У серійному виробництві на свердлильних верстатах використовують швидкопереналаштовні багатошпиндельні головки з міжцентровими відстанями, що регулюються. За допомогою цих головок забезпечується паралельна обробка декількох отворів, розташованих в одній площині. Конструкція таких головок дозволяє змінювати кількість одночасно працюючих свердел та регулювати в певних мережах міжцентрові відстані.

У крупносерійному та масовому виробництвах обробку дрібних отворів виконують на багатошпиндельних агрегатних верстатах різних компоновок. Свердління отворів у корпусі та наступне нарізування різьби можна виконувати на двох агрегатних верстатах або на одному багатопозиційному верстаті.

3.9 Контроль корпусних деталей

Контроль корпусних деталей здійснюють як при виконанні найбільш відповідальних операцій технологічного процесу, так і після обробки. При цьому контролюють точність розмірів та відносного положення плоских поверхонь і головних отворів, точність геометричної форми та шорсткість базових поверхонь і головних отворів, точність геометричної форми та шорсткість базових поверхонь деталі, правильність відносного положення різьбових та інших дрібних отворів.

В умовах одиничного та дрібносерійного виробництва контроль виконують за допомогою універсальних вимірювальних засобів. Точність розмірів, відносних поворотів та геометричної форми плоских поверхонь контролюють за допомогою лінійок, косинців, рівнемірів, кінцевих мір, індикаторів, шаблонів. Для контролю точності розмірів, відносного положення та геометричної форми отворів додатково використовують мікрометричні та індикаторні прилади – штихмаси, пасиметри, мікрометри, штангенінструменти – штангенциркулі, штангенрейсмуси, штангенглибиноміри, контрольні оправки та граничні калібри-пробки.

У крупносерійному та масовому виробництві контроль геометричної точності корпусних деталей виконують на спеціальних приладах, що забезпечують автоматичне вимірювання одночасно декількох параметрів точності деталі. Вимірювальна система таких приладів основана на використовуванні пневматичних, індуктивних та електроконтактних датчиків.

При виборі вимірювальних засобів необхідно враховувати вимоги до точності деталі, що контролюється, та допустимі граничні похибки вимірювально-

го приладу. Гранична похибка вимірювального засобу не повинна перевищувати 0,1 - 0,2 допуску на контрольований параметр і лише в окремих випадках при малому допуску можливо припустити похибку вимірювання у межах 0,3 допуску.

Для контролю точності геометричної форми отвору у поперечному перетині (овальність, огранка) вимірювання діаметральних розмірів необхідно виконувати у декількох радіальних напрямках.

Контроль точності геометричної форми отворів у повздовжньому напрямку (конусоподібність, бочкоподібність) вимагає вимірювання діаметральних розмірів у декількох поперечних перетинах.

Для вимірювання точності положення отвору відносно площини або іншого отвору в першу чергу необхідно матеріалізувати вісь отвору. Це роблять за допомогою контрольних оправок, які вставляють в отвір. Оправки представляють собою загартовані сталеві стержні твердістю HRC_e 52 - 54 та точністю діаметрів за IT 5, IT 6, шорсткістю поверхні Ra 0,32 - 0,16 мкм.

Для отворів діаметром до 50 мм оправки встановлюють безпосередньо по отвору корпуса, а при розмірі отвору більш 50 мм оправки встановлюють через проміжні контрольні втулки, які також виготовлені з точністю калібру. Для отворів діаметром до 100 мм використовують сталеві загартовані втулки, а при більшому діаметрі використовують чавунні втулки з виточками та отворами для зниження маси.

Відхилення від співвісності двох отворів контролюють за допомогою або прохідних оправок, або за допомогою індикатора у декількох поперечних перетинах, оскільки при певному співвідношенні відхилень неспіввісність на окремих ділянках може бути не виявлена.

За допомогою втулки та індикаторів вимірюють відхилення від паралельності осі отвору площини, відхилення від осі отвору до площини, середню відстань від осі отвору до площини.

Контроль точності відносного повороту та відстані осі отвору до базової площини у горизонтальному напрямку виконують аналогічно з застосовуванням косинця. Для заміру відстані від твірної контрольної оправки до базової площини, окрім індикатора, також використовують штангенрейсмус, штіхмас, мірні плитки.

Точність положення осей отворів у заданій площині вимірюють за допомогою контрольних оправок із застосуванням лінійки, косинця або спеціальних пристосувань, на які встановлюють рівнеміри. Вимірювання можна виконувати також на контрольній плиті з застосуванням індикатора на стійці.

У корпусних деталях також контролюють точність міжцентрової відстані та паралельність осей отворів.

Відхилення від перпендикулярності осі одного отвору до осі іншого перевіряють за допомогою калібру або індикатора, встановленого у спеціальній оправці. Таким же чином перевіряються відхилення від перпендикулярності торцевої площини до осі отвору.

4 ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ НА АВТОМАТИЗОВАНИХ ВЕРСТАТАХ

4.1 Багатоцільові верстати

Високопродуктивні металорізальні верстати типу багатоцільових, що здійснюють за програмою автоматичну зміну оброблюваних заготовок та різального інструменту, дозволяють автоматично робити з однієї установки практично повну обробку корпусної деталі з 4-5 боків. Наявність на верстатах багатоінструментальних магазинів з широким набором різального інструменту дає можливість автоматично виконувати на одній або декількох робочих позиціях з однієї установки заготовки різні технологічні переходи з обробки плоских та фасонних поверхонь, з обробки головних та кріпильних отворів, з нарізування різьб та отриманню необхідних пазів та виточок. При цьому можна виконувати такі роботи, як фрезерування плоских поверхонь та фрезерування за контуром, координатне свердління, розточування, нарізування різьби. Управління верстатом здійснюється за програмою, що записана на перфострічці або находить з ЕОМ. Зміна програми відбувається протягом 1,5 - 4 хв.

Базування заготовок на багатоцільових верстатах відбувається на столі верстата або у пристосуваннях простого типу без направляючих втулок для інструменту.

Для обробки заготовки з різних боків на багатоцільових верстатах застосовують точні поворотні столи, що дозволяють за програмою обертати заготовки на необхідний кут. З метою підвищення ефективності використовування верстата у ряді випадків застосовують змінні столи або супутники, що дозволяє встановлювати заготовку у процесі обробки, сумістив тим самим основні та допоміжні переходи у часі.

Багатоцільові верстати мають різноманітні компоновки з одним або декількома шпинделями, багатопозиційними револьверними головками та магазинами, які містять від 30 до 100 різних різальних інструментів. Зміна інструмента у шпинделі у процесі технологічного процесу відбуваються автоматично протягом 4 - 6 с. Використання одного такого верстату дозволяє замінити декілька фрезерних, свердлильних та розточувальних верстатів, при цьому значно підвищується продуктивність за рахунок скорочення допоміжного часу в результаті автоматизації циклу обробки та автоматичної зміни різального інструменту та заготовки.

4.2 Агрегатні верстати

Агрегатні верстати застосовуються для забезпечення високої продуктивності в умовах масового, багатосерійного та серійного виробництв для обробки

складних і трудомістких деталей: блоків циліндрів двигунів, коробок швидкостей, корпусів насосів та ін. Їх компонують із уніфікованих вузлів відповідно до маршруту обробки. Строк окупності агрегатних верстатів складає 1-3 роки. Агрегатні верстати застосовуються для свердління, зенкерування, розточування отворів, нарізання різьби, розкочування, цеківки, знімання фасок, фрезерування площин, шпонкових пазів та ін.

Підвищення продуктивності на агрегатних верстатах досягається за рахунок концентрації переходів шляхом застосування багатошпиндельної та багатосторонньої обробки. Агрегатні верстати об'єднуються в автоматичні лінії із застосуванням транспортних і завантажувальних пристроїв.

Агрегатні верстати складаються зі станини, силових головок, нерухомого або поворотного стола для установлення обладнань та закріплення на ньому оброблюваної заготовки та засобів управління.

Компоновка верстатів із нормалізованих вузлів дозволяє здійснювати швидке переналаштування при зміні об'єкта обробки.

В останні роки агрегатні верстати стали оснащувати програмованими пристроями.

Послідовність формування технологічних показників деталей при обробці заготовок на агрегатних верстатах визначається наступними принципами побудови технологічних процесів.

1. Принцип найкоротшого маршруту обробки, який полягає у тому, що обробка кожної поверхні повинна відбуватися за мінімальної кількості технологічних переходів та операцій.

2. Принцип сумісності послідовного виконання технологічних переходів при обробці однієї і тієї самої поверхні, який полягає у тому, що значення показників якості на вході кожного наступного переходу (операції) повинні дорівнювати значенням тих самих показників на виході попереднього переходу.

3. Принцип уточнення заготовки в процесі обробки полягає у тому, що кожний наступний перехід (операція) повинен бути точніше попереднього.

4. Економічний принцип побудови технологічного процесу полягає в мінімізації затрат живої та суспільної праці для заданого об'єму випуску виробів та умов виробництва.

Продуктивність обробки агрегатних верстатів порівняно з універсальним обладнанням збільшується у десятки разів. У масовому виробництві скорочення затрат на виконання технологічного процесу механічної обробки та підвищення продуктивності праці досягається об'єднанням агрегатних верстатів і автоматичних ліній в єдину транспортну систему, а також створення автоматизованих ділянок, цехів та заводів.

У серійному виробництві найбільш прогресивним є створення інтегрованих систем, що являють собою сукупність верстатів з ЧПУ (в тому числі оброблюваних центрів), які зв'язані загальною транспортною системою і мають пристрої для автоматичного контролю, міжопераційні склади – накопичувачі, пристрої для орієнтації та закріплення заготовок на верстатах і їх зміни. Весь

комплекс обладнання інтегрованої системи управляється від загальної ЕОМ за заданою програмою.

4.3 Верстати з ЧПУ

Верстати з ЧПУ за своїми технологічними можливостями поділяють на три групи.

1. Верстати фрезерної групи призначені для обробки складних контурів корпусних деталей, шаблонів, штампів та ін. Вони здійснюють комплексну обробку, включаючи операції фрезерування, розточування та свердління.

2. Верстати свердлильно-розточувальної групи виконують свердління, зенкерування, розвертання та розточування.

3. Верстати токарної групи оброблюють деталі тіл обертання з прямолінійними та криволінійними контурами, розточують складні внутрішні об’єми порожнини, нарізають зовнішні та внутрішні різьби.

Згідно з ГОСТ 21609-82Е, ГОСТ 21610-82Е, ГОСТ 21613-82Е верстатобудівною промисловістю випускаються такі типи верстатів з ЧПУ:

1. Токарної групи – токарно-гвинторізні, токарно-револьверні, лоботокарні, токарно-карусельні, одно-та двостоякові з різним числом супортів.

2. Фрезерної групи – консольно-фрезерні горизонтальні та вертикальні; вертикально-фрезерні, консольні з хрестовим столом; поздовжньо-фрезерні вертикальні двостоякові з вертикальною бабкою, з поворотним пересувним і не пересувним столом.

3. Вертикально-розточувальної групи – вертикально-свердлильні одностоякові з хрестовим столом і револьверною головкою, двостоякові з револьверною головкою; горизонтально-розточувальні з непересувним переднім стояком і хрестовим столом, з поздовжньо-пересувним стояком і поперечно-пересувним поворотним столом, а також з поздовжньо- та поперечно-пересувним стояком.

З досвіду експлуатації верстатів з ЧПУ відомо, що при обробці одних деталей їхня ефективність є достатньо високою, а при обробці інших – незначною. Таким чином, ефективність використання верстатів з ЧПУ залежить від конструктивних і технологічних особливостей.

Основна особливість фрезерних верстатів з ЧПУ – автоматизація всіх формоутворюючих та допоміжних рухів і зміна інструмента, режимів різання, корекція положення інструменту тощо.

Для високопродуктивного процесу фрезерування площини на фрезерних верстатах з ЧПУ застосовують пальцеві циліндричні, пальцеві сферичні, торцеві та дискові фрези.

При базуванні заготовок на фрезерних верстатах з ЧПУ необхідно у всіх випадках позбавляти їх усіх ступенів вільності відносно нульової точки. Базування повинно забезпечити однозначне положення заготовки на верстаті при обробці всіх її поверхонь. Бажано забезпечити принцип сполучення баз. При обробці площин, розташованих під кутом, застосовують кутові плити з постій-

ним кутом 90° або універсальні, що допускають поворот на будь який кут навколо однієї або двох осей. Для закріплення деталей застосовують лещата різних конструкцій: прості неповоротні, поворотні навколо однієї або двох осей та спеціальні з ручним, пневматичним, гідравлічним або пневмогідравлічним приводом.

Залежно від конфігурації отворів допустимої точності, форми та взаємного розташування осей обробку їх на верстатах з ЧПУ свердлильно-розточувальної групи виконують за визначеним набором технологічних переходів. Кожному технологічному набору переходів відповідає певний набір інструментів. Якщо число позицій на верстаті менше числа потрібної кількості інструментів, то застосовують комбіновані інструменти або обробку розбивають на дві операції. Під час обробки корпусних деталей з великою кількістю отворів можливі два варіанти обробки: паралельна, коли всі отвори спочатку оброблюються одним інструментом, а потім виконується його заміна і цикл повторюється, та послідовна, коли кожний отвір оброблюється потрібним набором інструментів згідно з технологічною схемою, після чого виконується позиціонування для обробки наступного отвору. Технологічні переходи обробки отворів виконуються за типовими схемами.

4.4 Вимоги до технологічності корпусних деталей та заготовок що обробляються на автоматизованих верстатах

При розробці технологічного процесу виготовлення корпусної деталі необхідно проаналізувати конструкцію корпусної деталі з точки зору її технологічності та особливостей обробки на автоматизованих системах.

Найбільш технологічною вважають конструкцію корпусної деталі, яка відповідає наступним вимогам:

- наявність зручних технологічних баз, які забезпечують потрібну орієнтацію та надійне кріплення заготовки на верстаті при можливості обробки її з декількох сторін та вільного підводу інструменту до оброблюваних поверхонь;
- простота геометричної форми заготовки, що дозволяє обробляти більшість її поверхонь з однієї установки;
- зовнішні поверхні деталі повинні мати відкриту форму, що забезпечує можливість обробки напрохід у напрямку подачі;
- оброблювані поверхні приливів та платиків на відповідних зовнішніх сторонах бажано розташовувати в одній площині;
- у конструкції деталі необхідно вилучати оброблювані поверхні похилого розташування, ділянки фасонного профілю, складні уступи та пази, які переривають плоскі поверхні та отвори;
- головні отвори, які вимагають високої точності, необхідно робити наскрізними з мінімальною кількістю ступіней, що дозволяє виконувати обробку напрохід меншою кількістю інструментів;

- отвори, які розташовані на одній осі у протилежних стінках, бажано виконувати одного діаметра;
- при наявності на одній осі декількох отворів їх діаметральні розміри повинні зменшуватися від зовнішньої стінки до середини деталі; найбільш точні отвори бажано розташовувати на зовнішніх стінках;
- отвори необхідно розташовувати перпендикулярно до плоских поверхонь; при наявності похилих отворів, вони повинні бути доступні для обробки при повороті обертового стола з закріпленою заготовкою;
- у конструкції деталі необхідно вилучати обробку внутрішніх торцевих поверхонь та бабишек, які потребують переривання циклу та встановлення інструменту всередині при відсутності спеціальних механізмів радіальної подачі;
- оброблювані поверхні заготовки необхідно розташовувати у доступних для обробки площинах, які можуть бути звернені до шпинделя при поступовому повороті стола з заготовкою на певний кут;
- кріпильні отвори бажано мати однакових розмірів з можливістю нарізування у них різьби за допомогою мітчиків, що дозволяє використовувати стандартні цикли обробки;
- заготовка повинна мати достатню жорсткість та міцність, при яких вилучається можливість вібрації у процесі обробки або неприпустимих деформацій від сил різання та закріплення.

При аналізі технологічності необхідно враховувати особливості програмних верстатів та багатоцільових верстатів. Ці особливості визначаються у першу чергу компоновкою верстата, наявністю поворотного або глобусного стола, наявністю підкладних плит та іншої технологічної оснастки, а також прийнятої у верстаті системи відліку координат.

При виготовленні корпусної деталі на верстаті з ЧПУ необхідно здійснити перерахунок розмірів, що визначають точність відстані та відносного повороту, до єдиної системи координат, що відповідає прийнятому комплексу технологічних баз. При обробці на верстатах з ЧПУ траєкторія відносного переміщення заготовки та різального інструмента формується за командами у опорних точках, що задані у прямокутній системі координат. У відповідності з цим розміри на кресленнях необхідно задавати у прямокутній системі координат.

У загальному випадку проставлення розмірів на кресленнях деталей, які обробляють на автоматизованих системах, повинна бути такою, щоб при підготовці управляючої програми необхідність їх перерахунку була найменшою.

Обробка заготовок з великими припусками на точних та дорогих верстатах, якими є багатоцільові верстати, не вигідна. Це пояснюється необхідністю збереження високої точності багатоцільових верстатів, вимогою найбільш ефективного використання дорогого обладнання та специфікою технологічного процесу на автоматизованих дільницях.

В умовах автоматизованого виробництва поділ операцій, що виконуються на одних і тих же верстатах, на чорнові та чистові, а також переривання автоматичного циклу з метою здійснення штучного старіння заготовки, є вкрай неба-

жаним. Операцію штучного старіння необхідно виконувати на перших етапах технологічного процесу до поступлення корпусу на автоматизовану дільницю.

Заготовки корпусних деталей, що обробляють на автоматизованих дільницях, повинні бути достатньо точними та мати порівняно невеликі припуски, які відповідають умовам полу чистової та чистової обробки. Цім вимогам відповідають відливки першого та частково другого класів точності.

Використовування координатно-вимірювальних машин при виготовленні корпусних деталей в гнучкому автоматизованому виробництві дозволяє вилучити операцію розмітки, виконуючи необхідну орієнтацію заготовки при закріпленні її на супутнику для виконання першої операції. Бази розмітки у даному випадку виконують роль технологічних баз, які використовують для встановлення заготовки на супутнику.

4.5 Особливості технологічного процесу обробки заготовок корпусних деталей на автоматизованих верстатах

Побудова технологічного процесу виготовлення заготовок корпусних деталей на багатоцільових верстатах та автоматизованих дільницях має свої особливості. Виявлення та урахування цих особливостей має принципове значення для досягнення потрібної точності деталі та ефективного використовування коштовного верстатного обладнання.

Однією з головних особливостей побудови технологічних процесів на багатоцільових верстатах та автоматизованих дільницях є максимальна концентрація технологічних переходів, що послідовно виконуються за програмою з використовуванням різного різального інструменту при найбільш повному використовуванні принципу єдності баз. Головною технологічною перевагою цього є досягнення високої точності відносного положення поверхонь деталі, які обробляються з однієї установки при використовуванні різних різальних інструментів.

Використовування багатоцільових верстатів та автоматизованих дільниць значно поширює можливості виконання повної обробки заготовки з однієї установки при базуванні її по необроблюваних поверхнях. Структура побудови технологічного процесу при цьому значно спрощується. Повна обробка заготовки може бути виконана на одному або на декількох (двох, трьох) багатоцільових верстатах. Заготовка обробляється без перезакріплення її на одному супутнику, який послідовно переміщається з одного верстата на інший.

Якщо обробка заготовки з однієї установки не можлива, то структура виконання технологічного процесу складається з наступних етапів:

1. обробка на першій операції комплексу поверхонь, що використовуються у подальшому у якості технологічних баз, для отримання більшості поверхонь деталей.

2. обробка практично усіх поверхонь заготовки з загальних технологічних баз, отриманих на першій операції.

У багатьох корпусних деталях на одному боці може бути розташовано декілька однакових поверхонь, наприклад, поверхні отворів однакового діаметру, пазів однакової ширини або однакових за розмірами площин. У цьому випадку доцільно одним інструментом послідовно обробити усі однакові поверхні, а потім змінити різальний інструмент.

При наявності на плоских поверхнях заготовки нерівномірного або завищеного припуску фрезерування рекомендується виконувати послідовними робочими ходами з використанням фрез меншого діаметру.

Для зменшення впливу уводу свердел, з метою досягнення точності між центрових відстаней та положення отворів рекомендується виконувати центрування. Для обробки групи кріпильних отворів доцільно застосовувати прості багатошпиндельні свердлильні головки. В свою чергу, ступінчасті отвори для підвищення продуктивності необхідності обробляти налаштованими різцевими блоками або комбінованими зенкерами.

При обробці отворів у литих заготовках спочатку рекомендується розточування різцем замість зенкерування. Це дозволяє зменшити відхилення осі отвору внаслідок нерівномірного припуску. Для зменшення уводу осі у отворів великого діаметру (більш 100 мм) в якості першого переходу рекомендується фрезерування по контуру кінцевою фрезою, а потім розточування.

Для гарантованого досягнення необхідної точності положення ряду отворів та площин відносно однієї бази всі ці поверхні необхідно обробляти на одному верстаті за одну установку.

Для зменшення номенклатури інструменту необхідно підвищити вимоги до уніфікації при назначені діаметральних розмірів отворів та кріпильних різьб у корпусних деталях.

Маршрутний технологічний процес обробки корпусних деталей на багато інструментальних верстатах розробляють з урахуванням особливостей обробки на верстатах з ЧПУ, технологічних можливостей цих верстатів (у тому числі точності та продуктивності обробки) та їх собівартості.

Концентрація переходів обробки в операції, виконуємих на багатоінструментальному верстаті з ЧПУ, дозволяє скоротити число операцій, трудомісткість обробки, підвищити точність відносного положення поверхонь деталей.

У маршрутному технологічному процесі обробки корпусної деталі, що підлягає штучному старінню або що має точні отвори та площини, потрібно диференціювати операції на чорнові та чистові. У таких випадках корпусні деталі виготовляють за одну-дві чорнові та дві чистові установи. Дві чорнові (чистові) установи можуть бути об’єднані в одну чорнову (чистову) операцію з використанням багатомісних пристосувань.

У маршрутному технологічному процесі обробки корпусної деталі, що не підлягають старінню і (або) ті, що не мають точних отворів та площин як правило передбачають дві або одну операцію обробки на багатоінструментальному верстаті в залежності від числа оброблюваних сторін та їх точності. Для складних деталей повинна бути передбачена операція розмітки та нанесення розмі-

чувальних ліній, визначаючих положення деталі. Більшість слюсарних операцій, у тому числі нарізування різьби вручну, вилучають.

Якщо корпусна деталь підлягає проміжній термообробці або має точні отвори та площини, тоді маршрутний технологічний процес рекомендовано складати наступним чином.

1. Перша чорнова операція – обробка деталі з двох сторін (площини та отвори великого діаметру); в якості технологічної бази використовують поверхні, що забезпечують надійне закріплення, можливість продуктивного зняття припуску.

2. Друга чорнова операція – обробка інших сторін деталі з установкою по обробленим у попередній операції поверхням, утворення технологічних баз для наступної обробки. У кожній із чорнових операцій необхідно обробляти взаємопов'язані площини та отвори для забезпечення мінімального припуску на наступну обробку, вилучати максимальну кількість матеріалу для стабілізації внутрішніх напруг.

3. Перша чистова операція – обробка базової та протилежних їй площин заготовки та всіх елементів (пазів, уступів, отворів), розташованих на цих площинах, у тому числі основних отворів.

4. Друга чистова операція – обробка інших чотирьох сторін з установкою по обробленим на попередній операції базам, у тому числі обробка основних отворів, пазів, уступів, допоміжних та кріпильних отворів.

Операційна технологія обробки корпусних деталей на багато інструментальних свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах з ЧПУ розробляється з урахуванням наступного.

1. Операція обробки – сукупність переходів обробки окремих, елементарних поверхонь деталі.

2. Технологічні переходи обробки елементарної поверхні (отвір, площина, паз і тому подібні) вибирають за відпрацьованими технологічними схемами. Технологічна схема являє собою комплекс послідовно виконуємих переходів, необхідних для забезпечення необхідної якості поверхні.

3. На початку операції, як правило, фрезерують зовнішні та внутрішні контури торцевими, кінцевими та іншими фрезами, потім обробляють основні та допоміжні отвори великого діаметру, і наприкінці, допоміжні отвори малого діаметру.

4. Виходячи з експлуатаційних умов роботи верстату та забезпечення точності обробки операцію проектують з мінімально необхідною кількістю змін інструменту та поворотів стола з заготовкою.

5. В якості першого переходу відлитих отворів на верстатах з позиційною системою управління необхідно використовувати розточування, а не зенкерування, оскільки при розточування увід свердла та зміщення осі оброблюємого отвору значно менше. На верстатах з контурною системою управління у цьому випадку для отворів великих діаметрів доцільно використовувати фрезерування замість розточування, так як кінцева фреза значно менш чутлива до нерівномірності припуску на обробку.

6. Основні отвори та інші поверхні деталі, точність розміру та відносного положення яких обумовлена жорсткими допусками, обробляють з послідовною заміною інструментів при мінімальних змінах відносного положення деталі інструменту.

7. Базові поверхні (три площини або площина і два отвори) необхідно обробляти за одну установку. Якщо на цій же операції виконують і інші переходи, то для виключення впливу деформування деталі при обробці на точність її базових поверхонь ці поверхні обробляють наприкінці операції після технологічного установу програми і пере затискання деталі.

Загальна схема виконання переходів обробки на багатоінструментальному свердлильному-фрезерно-розточувальному верстаті з ЧПУ подана у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Загальна схема послідовності виконання переходів обробки

Зміст переходу	Інструмент	Вказівки до виконання переходу
1	2	3
1 Фрезерування зовнішніх поверхонь (чорнове, напівчистове, чистове)	Фрези торцеві	Чистове фрезерування нежорстких та деформуючих при закріпленні деталей необхідно виконувати після перезакріплення (див. п. 10)
2 Свердління (розсвердлювання) у суцільних стінках (наскрізне - основних отворів під обробку; глухе – для вводу фрез кінцевих). Діаметр отворів більш 30 мм.	Свердла	Якщо у переходах, вказаних у п. 2 і 8, використовується один і той же інструмент, то переходи можна сумістити
3 Фрезерування пазів, отворів, вікон, карманів, вибірок	Фрези кінцеві	Переходи необхідно виконувати у відповідності з рекомендаціями з фрезерування на верстатах з ЧПУ.
4. Фрезерування внутрішніх поверхонь, перпендикулярних до осі шпинделя.	Фрези торцеві, кінцеві	Також

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
5 Чорнове розточування, зенкерування основних отворів у суцільних стінках після переходів, вказаних у п. 2	Різці розточувальні, зенкери	Також
6 Обробка неточних допоміжних поверхонь, розташованих в основних отворах та концентричних осі (канавок, виїмок, уступів, фасок)	Фрези кінцеві, кутові, дискові і т.п.	Перехід фрезерування виконується у відповідності з рекомендаціями з фрезерування на верстатах з ЧПУ
7 Обробка додаткових поверхонь на зовнішніх та внутрішніх площинах, на необроблених поверхнях	Фрези кінцеві, шпонкові	Переходи фрезерування виконувати у відповідності з рекомендаціями з фрезерування на верстатах з ЧПУ
8 Обробка кріпильних та інших допоміжних отворів діаметром більше 15 мм (свердління, розсвердлювання, зенкерування, нарізування різьби)	Свердла, зенкери, зенківки, мітчики	–
9 Зняття фасок	Фрези кутові	–
10 Перезакріплення деталі, перевірка положення пересувних органів верстата, очистка посадкових гнізд у шпинделі верстата для забезпечення точності обробки	–	Переходи можна не виконувати, якщо деталь не деформується при закріпленні та верстат забезпечує точність
11 Остаточне фрезерування площин	Фреза торцева	Переходи виконуються при обробці деталей нежорстких або таких, що сильно деформуються
12 Обробка точних поверхонь основних отворів (розточування, розвертування)	Різці розточувальні, розвертки	Також

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
13 Обробка точних та точно розташованих отворів малого діаметру (під базові штифти, втулки і т.п.)	Свердла, різці розточувальні, розвертки	–
14 Обробка точних і точно розташованих в отворах додаткових поверхонь (канавок, виїмок, уступів, зенківок)	Різці розточувальні, фрези дискові тристоронні	–
15 Обробка несиметричних відносно отвору виїмок, пазів карманів, прорізів та інших подібних поверхонь	Фрези дискові, кінцеві та ін. Різці фасонні, канавкові, фаскові, кутові, розточувальні	–
16 Обробка зворотних виїмок, фасок та інших поверхонь, зв’язаних з основними отворами	Фрези дискові, кутові. Різці канавкові, фаскові	–
17 Обробка кріпильних та інших невідповідальних отворів малого діаметру (центрування, свердління, зенкування, зенкерування, нарізування різьби)	Свердла, зенківки, зенкери, мітчики	Можуть виконуватися починаючи з переходів, вказаних у п.8.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Якимов О.В., Гусарев В.С., Якимов О.О., Линчевський П.А. Технологія автоматизованого машинобудування: Підручник. – К.: ІСДО, 1994.- 400 с.

2. Технология машиностроения (специальная часть): Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А.А. Гусев, Е.Р.Ковальчук, И.М. Колесов и др. – М.: Машиностроение, 1986.- 480 с.

3. Дерябин А.Л., Эстерзон М.А. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ и ГПС: Учеб. Пособие для машиностроит. техникумов. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.

4. Егоров М.Е., Дементьев В.И., Тишин С.Д., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения: Учебник для студентов машиностроительных вузов и факультетов. – М.: Высшая школа, 1965. – 590 с.

Навчальне видання

ДОЛЯ Віктор Миколайович

ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ТИПОВИХ ДЕТАЛЕЙ

Конспект лекцій

Відповідальний за випуск А.І. Грабченко
Роботу до видання рекомендував О.М.Шелковой

В авторській редакції
Комп'ютерна верстка В.О. Склепус

План 2003, поз. 91/

Підписано до друку . . . Формат 60×84 1/16. Папір офсетний. Друк – ризографія. Гарнитура Times New Roman Ум. друк. арк. 3,2. Обл. - вид. арк. 4,8. Наклад 50 прим. Зам. №_____. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ "ХПІ".
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК №116 від 10.07 2000 р.
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня НТУ "ХПІ"
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21