

## ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ УДОСКОНАЛЕННЯ ОБРОБКИ ЕЛЕМЕНТІВ ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ ЕШЗ

*канд. техн. наук, проф. О.В. Набока, асп. Є.О. Пермяков, асп. О.М. Гудименко, асп. В.О. Храпов, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків;*

*канд. техн. наук Я.В. Антоненко, асп. В.В. Иванченко, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ*

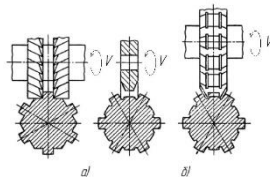
В машинобудуванні накопичений досвід обробки ЕШЗ. Вибір технологічного процесу шліцеобробки визначається видом виробництва, конструктивними особливостями деталі, продуктивністю та економічною цілеспрямованістю.

Шліці на валах та інших деталях виготовляються різними способами: фрезерування, стругання (шліцестругання), протягування (шліцепротягування), накатування (шліценакатування), шліфування та ін [1, 2].

Метод копіювання. При нарізанні зубів дисковими профільними фрезами використовують універсальні або спеціальні фрезерні верстати, оснащені ділильними головками або спеціальними ділильними пристосуваннями. Як ріжучий інструмент використовують дискові двосторонні фрези в поєднанні з профільною (рис. 1, а) або одну дискову профільну фрезу, обробляючи весь профіль зуба відразу (рис. 1, б). У першому випадку обробку ведуть в дві операції: на першій – чистове фрезерування бічних сторін і чорнове внутрішнього діаметра, на другій операції – чистове фрезерування внутрішнього діаметра. Такі методи обробки характерні для індивідуального і дрібносерійного виробництва, їх продуктивність невелика.

Фрезеруванням профільними дисковими фрезами можна обробляти будь-які форми зубів. Матеріал інструменту – швидкоріжуча сталь. Можливе застосування фрез з ріжучими пластинками з твердого сплаву.

Раціональна область застосування – багатосерійне і масове виробництво. Досягається точність по коливанню товщини зуба  $0,015 - 0,05$  мм, шорсткість поверхні  $Rz = 20$  мкм.



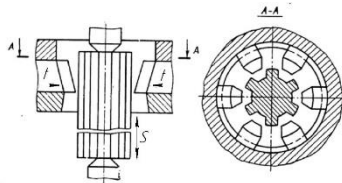
$V$  – напрям обертання інструменту

Рисунок 1 – Методи обробки зубів валу дисковими профільними фрезами

Обробка шліцеструганням. Шліцестругання реалізується, як правило, на спеціальних верстатах напівавтоматах, які можуть працювати як окремо, так і будучи вбудовані в автоматичну лінію. Цим методом найчастіше обробляються наскрізні шліці або шліці, у яких передбачений вихід для різців.

Всі шліці нарізаються одночасно. При цьому обробка ведеться набором фасонних різців (рис. 2), встановлених з можливістю переміщатися в радіальному напрямку. Число різців дорівнює числу пазів валу. Оброблювана заготовка розташована вертикально і їй надається зворотно-поступальне переміщення уздовж осі. Перед кожним переміщенням заготовки вгору різці переміщуються у напрямку до осі заготовки на величину поперечної подачі. Робочим рухом є переміщення заготовки вгору. При її переміщенні вниз різці відводяться від оброблюваної поверхні, щоб уникнути тертя об заготовку. Цей процес високопродуктивний і використовується у великосерійному і масовому виробництві.

Шліцестругання забезпечує шорсткість поверхні  $Ra = 3,2 - 0,8$  мкм.



$S$  – напрям подачі заготовки;  $t$  – напрям переміщення інструменту

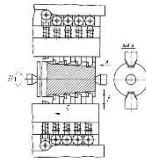
Рисунок 2 – Схема одночасної обробки зубів валу струганням багаторізцевою головкою

Обробка протягуванням. Метод заснований на протягуванні однієї або одночасно двох протилежних впадин блоковими збірними протяжками з подальшим поворотом (поділом) заготовки (рис. 3). Оброблений вал встановлюють в центрах. Задана глибина пазу утворюється послідовним зрізанням шарів металу усіма зубами протяжки за один або кілька проходів. При протягуванні некрізних пазів кожен зуб протяжки має незалежне переміщення по копіру. Завдяки можливості зміни різців блоки протяжок можна використовувати для протягування широкого діапазону типорозмірів шліцевих валів. Обробка протягуванням проводиться на спеціальних вертикальних або горизонтальних верстатах моделі МА–51 і 7520.

Продуктивність праці при виготовленні зубів на валах при протягуванні в 6 і більше разів більше, ніж при обробці фрезеруванням черв'ячними фрезами. Ефективність методу протягування особливо зростає при збільшенні довжини оброблюваних зубів.

Можлива також обробка шліців з використанням так званих охоплюючих протяжок. Однак через складність інструменту цей процес застосовується порівняно рідко.

Шліцепротягування забезпечує шорсткість поверхні  $Ra = 1,6 - 0,8$  мкм.



$S$  – напрям подачі заготовки;  $t$  – напрям переміщення інструменту;  
 $D$  – напрям повороту заготовки

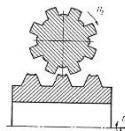
Рисунок 3 – Схема протягування зубів валу

Найбільший економічний ефект від застосування методу протягування досягається в умовах великосерійного і масового виробництва шліцевих валів.

Методи обробки обкаткою. Обробка черв'ячними шліцевими фрезами на шліцефрезерних верстатах. Фрезерування черв'ячними фрезами (рис. 4) є в даний час найбільш відпрацьованим і поширеним способом обробки зубів на валах в умовах великосерійного і масового виробництва. Точність профілю та інших елементів шліцевого валу при обробці методом обкатки вище, ніж при застосуванні методу копіювання.

Черв'ячні фрези для обробки шліцевих поверхонь стандартизовані по ГОСТ 8027–86 для шліцевих валів з прямокутним профілем зуба та по ГОСТ 6637–80 для шліцевих валів з евольвентним профілем.

Черв'ячна фреза — це черв'як, що має прямокутний профіль осевого перерізу гвинтових ниток при обробці евольвентних зубів і евольвентний при обробці зубів прямокутної форми. Черв'ячної фрезою певного модулю можна нарізати евольвентні зуби на валах різного діаметру, що визначає одне з переваг евольвентних шліцевих з'єднань в порівнянні з прямокутними.



$n_s$  – напрям обертання заготовки;  $n_i$  – напрям обертання інструменту

Рисунок 4 – Схема фрезерування зубів валу черв'ячною фрезою

При різанні черв'ячна фреза обертається і рухається поступально відповідно до обертання шліцевого валу, що нарізується. Ось черв'ячної

фрези встановлюють під кутом до площини торця оброблюваного валу, що дорівнює куту підйому нитки фрези на її ділильному циліндрі. Фреза крім обертання має ще й поступальний рух подачі уздовж твірної бічної циліндричної поверхні оброблюваного валу. Процес різання відбувається безперервно і в ньому беруть участь одночасно кілька ріжучих зубів фрези, завдяки чому цей спосіб нарізування зубів є більш продуктивним, ніж: обробка фрезеруванням однієї профільної фрезою методом копіювання.

Зуби нарізуються зазвичай одно- і двохзаходними фрезами. Застосування двохзаходних фрез дозволяє збільшити продуктивність в 1,5 – 1,8 рази, проте внаслідок більш низької точності їх застосовують при чорновій обробці під подальше чистове фрезерування однозаходною черв'ячної фрезою або шліцешліфування. Остаточне одноразове шліцефрезерування виконують однозаходної черв'ячної фрезою. Точність зубів по товщині при обробці однозаходних фрезами: 0,025 – 0,12 мм; відхилення від паралельності до 0,04 мм на довжині 100 мм; шорсткість обробленої поверхні  $Rz = 20 - 40$  мкм.

Режими різання при фрезеруванні зубів вала наступні: подача на оборот заготовки при чорновій (під шліфування) обробці 1,5 - 2,6 мм / об, при чистовій по суцільному металу 0,5 - 1,0 мм / об; швидкість різання відповідно 15 - 40 і 10 - 30 м / хв.

Фрезерування черв'ячними фрезами ведуть на спеціальних шліцефрезерних верстатах або на зубофрезерних верстатах.

Обробка довбачем на зубодовбальних верстатах. Зубодовбання застосовують для обробки зубів на валах, конструкція яких не дозволяє застосовувати фрезерування (наприклад, при наявності у валу фланця або буртика, що перешкоджає виходу фрези).

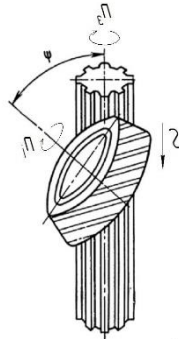
Обробку зубів вала довбачем (ГОСТ 6762–79) виконують на звичайних: зубодовбальних верстатах, призначених для виготовлення зубчастих коліс. Довбачу і оброблюваному валу надають взаємний рух обкатки з розрахунку, щоб повороту валу на один крок зубів відповідав поворот довбача також на один крок. Для здійснення різання довбачу повідомляють зворотно-поступальний рух уздовж осі оброблюваного валу. Метод зубодовбання забезпечує високу точність профілю та взаємного розташування зубів.

Обробка методом зуботочіння. Цей метод утворення зубів розроблений у ВНДІ. Інструментом для обробки; зуботочінням (рис. 5) є обкатний різець, за зовнішнім виглядом нагадує косозубий довбач. Число зубів обкатного різця зазвичай в 2 – 4 рази перевищує число зубів оброблюваного валу. Як і при обробці черв'ячної фрезою, інструмент і заготовка знаходяться в стані відносного руху зачеплення (узгоджений обертальний рух інструменту і заготовки). Для здійснення процесу різання інструмент має поступальний рух уздовж осі виробу. Зріз металу з заготівлі

відбувається в результаті ковзання зубів інструменту щодо оброблюваних поверхонь при наявності великого кута перехрещення  $\psi = 60 - 90^\circ$  між їх осями. Узгоджений рух інструменту і заготовки досягається кінематикою верстата. Методом зуботочіння можна нарізати зуби прямокутного, евольвентного та трикутного профілів як з прямолінійним, так і спіральним напрямком твірної. Доцільна область застосування – чистове нарізування при великосерійному і масовому виробництві.

Шліцьові вали нарізають обкатний різцями, оснащеними ножами зі сталі P18 і P9K10, на модернізованих шліцефрезерних верстатах моделей 5350 і верстатах моделей КТ-90. Рекомендовані режими різання: швидкість різання 35 – 45 м / хв, подача 0,6 – 0,9 мм на один оборот заготовки. Точність обробки: діапазон товщини зубів до 0,1 мм, відхилення від паралельності до 0,04 мм, шорсткість поверхні від  $Rz = 20$  мкм до  $Ra = 2,5$  мкм.

Нарізування шліцьових валів по методу зуботочіння забезпечує в порівнянні з обробкою черв'ячними фрезами скорочення машинного часу обробки в 2,5 – 5 разів, підвищення стійкості інструменту за кількістю нарізаних валів в 2 – 3 рази і скорочення витрат на інструмент, що припадають на один вал, до 40 %.



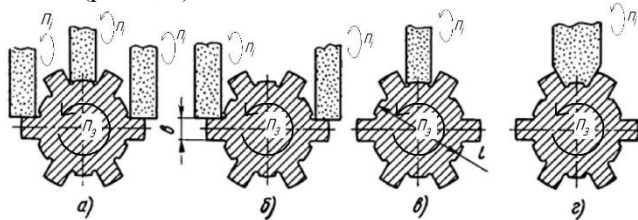
$n_2$  – напрям обертання заготовки;  $n_1$  – напрям обертання інструменту;  
 $S$  – напрям подачі

Рисунок 5 – Схема обробки зубів валу зуботочінням

Методи чистової обробки зубів валу. Шліфування зубів. Існує кілька способів шліфування зубів валу (рис. 6). Одночасне шліфування поверхонь, що належать різним зубам, за допомогою декількох шліфувальних кругів не забезпечує економічного отримання досить високої точності через нерівномірний знос кіл, що мають різні окружні швидкості (рис. 6, а).

При роздільному шліфуванні бічних сторін і центру поверхні зубів (рис. 1.13, б) знижується точність обробки і збільшується трудомісткість виготовлення в зв'язку з тим, що шліцьовій профілю валу обробляється

послідовно в дві установки. З усіх відомих способів найкращі результати як в сенсі точності, так і продуктивності виходять при шліфуванні зубів одним профільним колом (рис. 6, в).



*a* – трьома циліндричними колами; *б* – роздільне шліфування поверхонь *a* й *б*; *в* – одним профільним колом;  $n_2$  – напрям обертання заготовки;  $n_1$  – напрям обертання інструменту

Рисунок 6 – Схеми шліфування зубів на валах

Обробку шліцьових валів з центруванням по зовнішньому діаметрі виробляють аналогічно вищевикладеному. Кінцеву обробку зовнішньої циліндричної центрувальної поверхні виконують на звичайних круглошліфувальних верстатах, що забезпечують більшу продуктивність на цій операції. При шліфуванні поверхонь впадин між зубами у валів з центруванням по зовнішньому діаметру цій обробці піддають тільки бічні поверхні зубів. Тому шліфування шліцьових валів з центруванням по зовнішньому діаметрі простіше і більш економічне обробки валів з центруванням по внутрішньому діаметру.

**Список літератури:** Ключко О.О., Рябченко С.А., Ковальчук О.М., Нежибовський В.В., Бережний Р.А., Шилков О.О. Моделювання технологічних процесів обробки евольвентних шліцьових з'єднання з модифікованим профілем вугільних очисних комбайнів. Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали ХІХ Міжнародної науково-технічної конференції 01 – 04 червня 2021 року / за заг. ред. В. Д. Ковальова. – Краматорськ: ДДМА, 2021. – С. 70 – 73. ISBN 978-966-379-987-2.