

Лекція Обробка шліцевих поверхонь

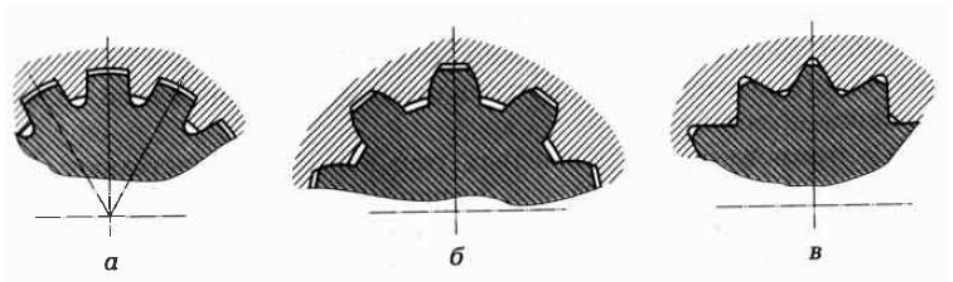
- 1) Види і призначення шліцевих з'єднань.
- 2) Методи обробки елементів шліцевих валів і втулок.

1 Види і призначення шліцевих з'єднань

Шліцеві з'єднання застосовують для посадок з натягом або з зазором деталей різного призначення (зубчастих коліс, шківів, втулок та ін.) на валу. У порівнянні зі шпонковими шліцеві з'єднання мають ряд переваг:

- деталі на шліцевих валах краще центруються і направляються при пересуванні вздовж вала;
- напруги зминання на гранях шліців менше, ніж поверхнях шпонок;
- міцність шліцевих валів при динамічних і змінних навантаженнях вище, ніж валів зі шпонками.

Найбільш поширені шліцеві з'єднання з прямобічною (рис. 1.84, а), евольвентною (рис. 1.84, б) і трикутною (рис. 1.84, в) формою шліців.



а) прямобічна; б) евольвентна; в) трикутна

Рисунок – Форми шліців

У **прямокутних** шліцевих з'єднаннях застосовують (для виготовлення та експлуатації) три способи центрування (базування) шліцевого вала і втулки: **по бічних сторонах шліців** (Використовується в ремонтних цехах в дрібносерійному виробництві); **зовнішньому діаметру шліців** (Найбільш часто використовується як більш дешевий); **внутрішньому діаметру шліців** (Найбільш точний спосіб але дорогий, тому що вимагає отримання точного отвори.).

Центрування по бічних сторонах шліців застосовують для з'єднань з зовнішнім діаметром 25 ... 90 мм в тих випадках, коли точність центрування втулки не має істотного значення і в той же час необхідно забезпечити достатню міцність з'єднання в експлуатації.

У механізмах, де основна увага приділяється кінематичній точності передач, наприклад в механізмах металорізальних верстатів, автомобілів, тракторів, застосовують **центрування по зовнішньому D або внутрішньому d діаметру шліців** (рис. 1.85, а).

Вибір зовнішнього або внутрішнього діаметра в якості центруючого визначається твердістю поверхонь шліцевих пазів і розмірами з'єднання. **Якщо шліцеві пази отвору термічно не обробляються або твердість їх поверхонь допускає калібрування протяжкою після термічної обробки, застосовують центрування по зовнішньому діаметру. Якщо твердість поверхонь отвору не дозволяє виконувати калібрування, застосовують центрування по внутрішньому діаметру.** Центрування по внутрішньому діаметру застосовують **також при обробці довгих валів, що піддаються термічній обробці**, так як в цьому випадку можливе одночасне шліфування бічних сторін зубів (виступів) шліців і внутрішнього діаметра вала.

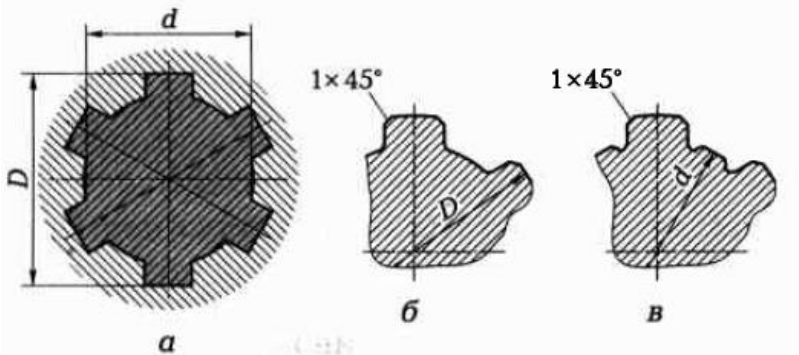


Рисунок – Шліцьове з'єднання (а) та центрування шліцевих з'єднань (б, в)

При центруванні по зовнішньому діаметру на кутах шліцевих виступів вала (рис. 2, б), а при центруванні по внутрішньому діаметру в кутах шліцевих пазів отвору роблять фаски і закруглення. При центруванні по внутрішньому діаметру, а також при необхідності забезпечити контакт бічних сторін зубів вала і пазів отвору по можливості більшій поверхні в кутах западин шліцевого вала роблять канавки (рис. 2, в).

Шліцеві вали з прямокутними зубцями обробляють спеціальними профільними фрезами для кожного значення діаметра і числа зубів.

Евольвентне шліцьове з'єднання використовують для передачі значних крутних моментів, а також у тих випадках, коли до точності центрування сполучених елементів висувають підвищені вимоги. Ці з'єднання мають підвищену міцність внаслідок поступового потовщення зубів від вершини до основи зуба, а також внаслідок зменшення концентрації напружень біля основи. Крім того, завдяки застосуванню при обробці шліців черв'ячної фрези з прямолінійними ріжучими кромками забезпечуються вищі класи шорсткості поверхні і точність обробки шліців, виключаючи в більшості випадків подальше шліфування. При евольвентному профілі шліців можна допускати оздоблювальні види обробки, що застосовуються при зубонарізуванні: шевінгування, шліфування за методом обкатки та ін.

Центрування евольвентних з'єднань здійснюють по зовнішньому діаметру, бічних сторонах шліців та допоміжній циліндричній поверхні (хвостовику). Найбільш часто застосовують центрування по бічних сторонах шліців.

Трикутні шліцьові з'єднання використовують головним чином для нерухомих з'єднань при невеликих величинах крутного моменту (щоб уникнути застосування пресових посадок), а також для тонкостінних втулок. Центрування шліцьових з'єднань здійснюють тільки по бічних сторонах шліців.

2 Методи обробки елементів шліцьових валів і втулок

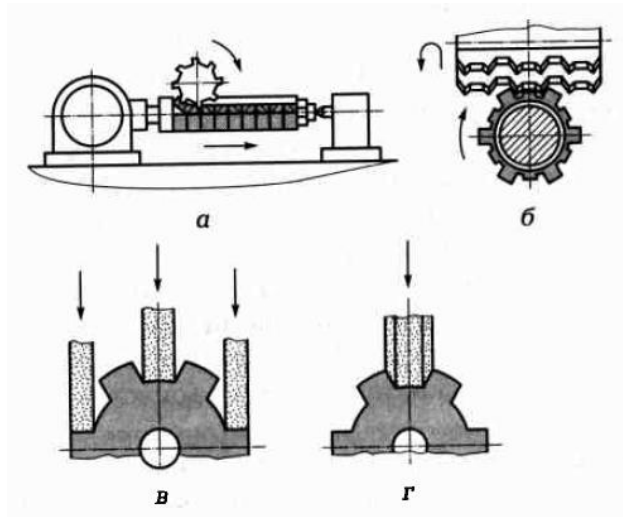
Шліцьові поверхні валів обробляють на горизонтально-фрезерних верстатах в ділильних пристосуваннях (рис. 3, а), зубофрезерних верстатах, спеціальних шліцефрезерних верстатах (рис. 3, б), а також на шліфувальних верстатах (рис. 3, в, г).

Останнім часом у крупносерійному і масовому виробництві шліцефрезерування витісняється контурним шліцесгруганням, шліцепротягуванням, холодним накочуванням роликami, рейками та профільними багатороликowymi головками. Це пояснюється тим, що застосування багатозаходних фрез для шліценарізування веде до подорожчання вартості інструмента і не забезпечує підвищених вимог до точності шліцьових поверхонь.

У серійному виробництві шліці на валах зазвичай фрезерують за дві операції: спочатку обробляють бічні сторони шліців двома дисковими фрезами одночасно, а потім внутрішній діаметр – профільної фрезою. У масовому виробництві весь шліцьовий профіль (бічних сторін та внутрішнього діаметра) фрезерують черв'ячної фрезою на зубо- або шліцефрезерних верстатах.

Шліцьові вали діаметром до 30 мм зазвичай фрезерують за один робочий хід, вали більших діаметрів нарізають за два робочих ходи. Фрезерування

черв'ячної фрезою більш продуктивне, ніж обробка дисковими і профільними фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах. Шліцьові вали з короткими шліцями, в яких до шліцьової частини близько примикає буртик або ступінь більшого діаметру (тобто немає виходу для фрези), оброблюють на зубодовбальних верстатах за допомогою спеціального довбача.



Схеми обробки шліцьових поверхонь на горизонтально-фрезерних (а), шліцефрезерних (б), плоскошліфувальних (в) та шліцешліфувальних (г) верстатах

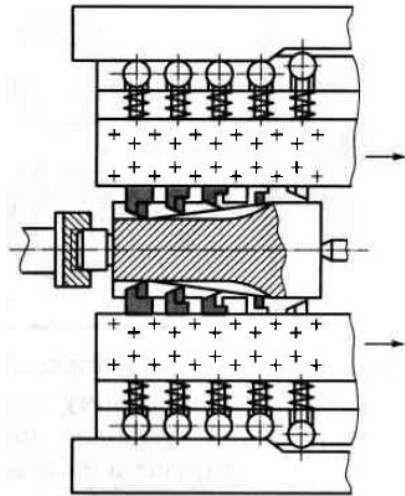
Центрові гнізда шліцьових валів після термічної обробки зазвичай шліфують кінчним абразивним інструментом.

Шліфування бічних сторін шліців і внутрішнього діаметра шліцьового валу виконують за одну або дві операції. У серійному виробництві бічні сторони і внутрішній діаметр здебільшого шліфують за дві операції на звичайних плоскошліфувальних верстатах з прямокутним столом периферією шліфувального круга: спочатку бічні сторони шліців двома кругами, потім внутрішній діаметр одним профільним кругом (рис. 3, в). У масовому і крупносерійному виробництві бічні сторони і внутрішній діаметр шліфують за одну операцію (рис. 3, г) на шліцешліфувальних верстатах.

Припуск на бічну сторону шліца і внутрішній діаметр складає від 0,1 до 0,2 мм (на сторону).

Шліцестругання виконують багаторізевою голівкою, в радіальних пазах корпусу якої розміщені профільні різці. Число різців та їх профіль відповідають

числу шліців і профілю западини оброблюваного вала. Для стругання некрізних шліців у верстаті передбачене прискорене відведення різців на встановлену довжину обробки. Обробку шліцестроганням виконують на верстаті, призначеному для обробки валів, що мають довжину оброблюваної частини 70 ... 370 мм і загальну довжину до 435 мм. Діаметр оброблюваних валів 20 ... 50 мм. Верстат допускає обробку шліцевих западин як напрохід, так і з виходом на поверхню зовнішнього діаметра.



Шліцепротягування прямокутних прямобічних шліців виконують двома блочними протяжками з подальшим поворотом (поділом) заготовки (рис. 4). Цим методом обробляють як наскрізні, так і ненаскрізні шліці, що допускають вихід інструмента.

Блочні протяжки забезпечують незалежно одна від іншої радіальне переміщення кожного зуба протяжки. Копіювальна лінійка дозволяє протягувати ненаскрізні шліці по заданій траєкторії. Протягування прямобічних шліців блоковими протяжками продуктивніше шліцефрезерування в 5-10 разів.

Холодне накручування шліців виконують роликами, рейками, профільними багатороликowymi головками. Вали з торованими шліцями можуть витримувати більш високі навантаження (приблизно на 40%), ніж оброблені різанням. У ряді випадків холодне накручування шліців дозволяє відмовитися від термічної обробки шліцевих валів і шліфування шліців.

Шліці евольвентного профілю з модулем до 2,5 мм отримують холодним накручуванням двома або трьома накатними роликами, які встановлюють за розміром ділильної кола накатуваної деталі з врахуванням пружних деформацій системи.

При накручуванні осьове переміщення заготовки виконують примусово, ролики мають заборну частину. Заготовка обертається синхронно з накатними роликами і переміщається вздовж осі накатників. Відстань між накатниками встановлюють заздалегідь і не змінюють в процесі накручування. Обробку заготовки під холодне накручування роликами виконують точніше, ніж при

шліцефрезеруванні. Холодному наковчуванню піддають заготовки твердістю не вище 220 НВ.

Цим методом наковчують вали з великим числом шліців (понад 18). Чим більше число шліців, тим плавніше йде процес наковчування. При наковченні евольвентних шліців двома-трьома роликами отримують точність по кроку в межах до 0,03 мм. При довжині шліца понад 250 мм цей метод продуктивніше шліцефрезерування приблизно в 10 разів, при довжині шліців понад 100 мм – в 4-7 разів.

Холодне наковчування профільною багатороликовою головкою виконують за схемою, показаною на рис. 5. Цей метод наковчування вимагає особливо точного виготовлення многороликової головки. Інструментальна головка складається з жорсткого загартованого кільця, в якому розміщені сегменти, в кожному сегменті встановлено по одному профільюючому ролику (на схемі - вісім роликів), що вільно обертається на осях в підшипниках. Ролики регулюють і замінюють незалежно один від іншого. Оброблювану заготовку закріплюють у центрах затискного пристрою, а багатороликова головка переміщується вздовж осі нерухомої оброблюваної деталі на точно встановлену довжину.

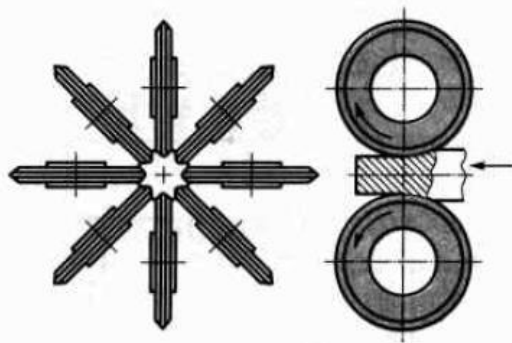


Схема холодного наковчування шліців профільною багатороликовою гооловкою

Прямобічні шліци, отримані цим методом, мають відхилення по ширині в межах 0,07 ... 0,08 мм.

При наковченні профільними роликами пластичні деформації проникають в оброблювану заготовку на велику глибину. Твердість заготовок не повинна перевищувати 220 НВ, тому в процесі наковчування відбувається її подовження, витеснений метал частково розміщується на зовнішній поверхні

деталі. Після накочування зовнішній діаметр обробленої деталі дещо збільшується, тому вона повинна бути піддана зовнішньому шліфуванню.

При накоченні багатороликowymi головками поверхневі шари оброблюваної деталі упрочнюються на 20 ... 30%. Стійкість інструментальної головки складає до 100 тис. деталей; це високопродуктивний метод обробки, але кожна багатороликoва головка призначена для обробки тільки одного розміру шліців.

Багатороликовою головкою можна накочувати евольвентні шліци, якщо їх число не перевищує 16-18; при більшому числі шліців ролики неможливо розмістити в головці.

Шліцьовий отвір втулки попередньо обробляють свердлінням і зенкуванням з підрізуванням торця, після чого протягують круглий отвір, а потім шліци. У масовому виробництві за рахунок подовження протяжки протягування циліндричної частини і шліців іноді виконують одночасно однією протяжкою. Після чистової обробки всіх зовнішніх поверхонь або тільки тих, які повинні бути співвісні зі шліцьовою частиною деталі, виконують термічну обробку, а потім шліфування внутрішнього діаметра шліцьової частини. В якості бази при цій операції застосовують циліндричну поверхню, яка з найбільшою точністю повинна бути співвісна зі шліцьовою частиною валу. Внутрішній діаметр шліфують на внутрішньошліфувальних верстатах.

Точність шліцьових валів і втулок контролюють за допомогою шліцьових профільних калібрів. У деяких випадках внутрішній діаметр шліцьового вала контролюють мікрометром або граничними кільцями з вирізами для шліців, а співвісність внутрішнього діаметру і шийки валу – індикатором.

Шліцьовий отвір і Контроль – тех. Маш

Способи обробки зовнішніх шліців

Основні способи: фрезерування; стругання; протягування; накочення; шліфування.

Фрезерування шліців.

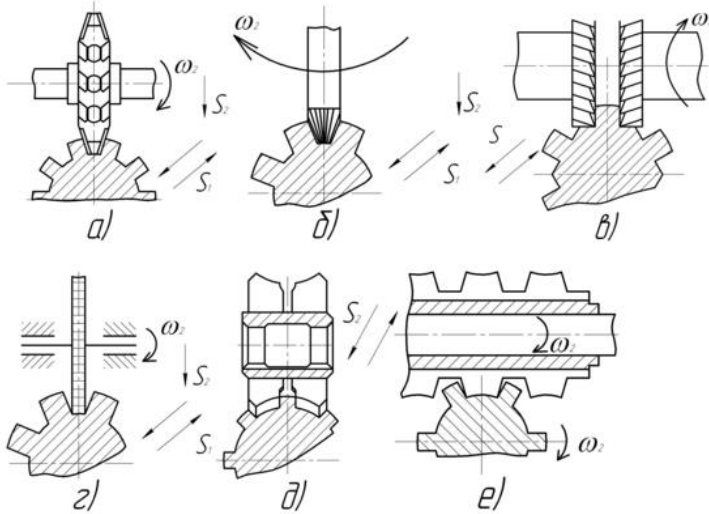


Рис. 7.4 Фрезерування шліців

Найбільш поширений спосіб т.к. відносно дешевий і універсальний. Існує кілька способів фрезерування:

1. фрезерування западин і бічних поверхонь одночасно фасонної дискової (рис. 7.4, а) і фасонної кінцевої (рис. 7.4, б) фрезами. Форма профілю фрези відповідає профілю шліцевого з'єднання. Кожна наступна западина обробляється після повороту заготовки за допомогою ділильного пристрою. Недоліки: нагромадження похибки по кроку при кожному повороті при значній кількості западин (зубів); вимагає фасонного дорогого інструменту.
2. роздільне фрезерування западини дискової і кінцевої фрезою і фрезерування бічних поверхонь парними фрезами (рис. 7.4, в). Недоліки: висока трудомісткість, похибка по кроці.
3. Фрезерування парними модульними фрезами (рис. 7.4, д) двох западин і бічних поверхонь одночасно. Переваги: висока продуктивність. Недоліки: похибка по кроку, дорогий інструмент.
4. Фрезерування з використання спеціальної черв'ячної фрези (рис. 7.4, е) методом обкатки навколо заготовки. Фреза обертаючись навколо своєї осі переміщається уздовж валу, який повільно повертається. Переваги:

високопродуктивний спосіб; забезпечує високу точність виготовлення. Недоліки: дорогий інструмент; спеціальні шліці фрезерні верстати. Останній спосіб фрезерування використовується при масовому виробництві. Шорсткість? 3,2;? 1,6. Точність 9-10 квалітет.

Стругання шліців.

Вирконується спеціальними стругальними головками, в яких кількість різців відповідає кількості канавок, а профіль різців відповідає профілю шліців.

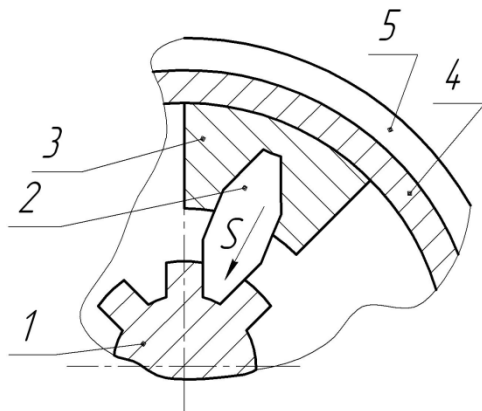


Рис. 7.5 Стругання шліців

1 - виріб; 2 - різці; 3 - конічний сегмент; 4 - обойма з конічною поверхнею; 5 - корпус;

Зуби головки після кожного проходу отримують радіальне переміщення до центру на глибину різання (рис. 7.5). Переваги: висока точність шліців по кроку; відносно висока продуктивність, тому що всі зуби нарізаються одночасно. Недоліки: потрібні спеціальні шліці стругальне головки і верстати. Шорсткість? 1,6 -? 0,8. Точність 7-9 квалітет.

Протягування шліців (рис. 7.6).

Протягування двох протилежних западин здійснюють одночасно за допомогою шліцевих протяжок. Протягування канавок повного профілю здійснюють за один робочий хід, після чого потрібна поворот заготовки на певний кут. Переваги: висока продуктивність; незначна похибка по кроці. Недоліки: потрібні спеціальні верстати; дорогий інструмент - протягання. Шорсткість? 0,63 -? 1,6. Точність 7-8 квалітет.

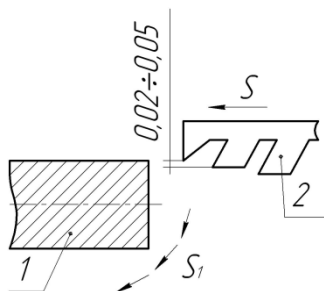


Рис. 7.6 Протягування шлицев

Накочення шлиців.

Цей спосіб здійснюється в холодну на валиках $\square$ 30-35 мм. Інструмент: шліценакатні головки (схема аналогічна рис. 7.5, де замість різців встановлюються загартовані ролики Ст У10А - У12А, або з легованої сталі). Ролики отримують радіальне переміщення після кожного подвійного ходу. Переваги: продуктивний спосіб, тому що обробляє всі канавки одночасно; зміцнення поверхні. Недоліки: потрібна обробка по зовнішньому діаметру для зняття напливів видавленого з западин металу.

Накатку можна виробляти і за допомогою плоских шліценакатні валиків. Шорсткість $0,8 - 0,4$. Точність 7-9 квалітет.

Шліфування шлиців.

Шліфуванню піддаються рухливі шлицьові з'єднання з метою отримання невисокою шорсткості $0,4 - 0,2$. Точність 7-8 квалітет.

Шліфування аналогічно фрезеруванню виконується: фасонним профільованим кругом (рис. 7.7, а), шліфуються одночасно западини і бічні поверхні; парним кругом (рис. 7.7, б), роздільне шліфування западини і бічних поверхонь.

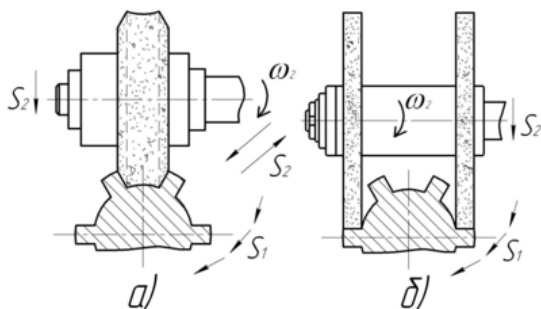


Рис. 7.7 Шліфування шлиців

Приклад умовного позначення втулки того ж з'єднання при центруванні по внутрішньому діаметрі:

d – 8x36H7 x40H12 x7 D9

Приклад умовного позначення вала того ж з'єднання

d – 8x36e8x40a11x7 f 8.