

Лекція 7. Шпонкові і шліцові з'єднання

1. Шпонкові з'єднання. Розрахунок з'єднань призматичними шпонками
2. Зубчасті (шліцові) з'єднання, застосування та перевірний розрахунок

1. **Шпонкові з'єднання** – це з'єднання, що утворені за допомогою шпонок (Рис. 1). **Шпонкою** називають деталь, яку вставляють у пази вала і маточини для утворення з'єднання, здатного передавати крутний момент від вала до маточини або навпаки. Це з'єднання типу вал-маточина.

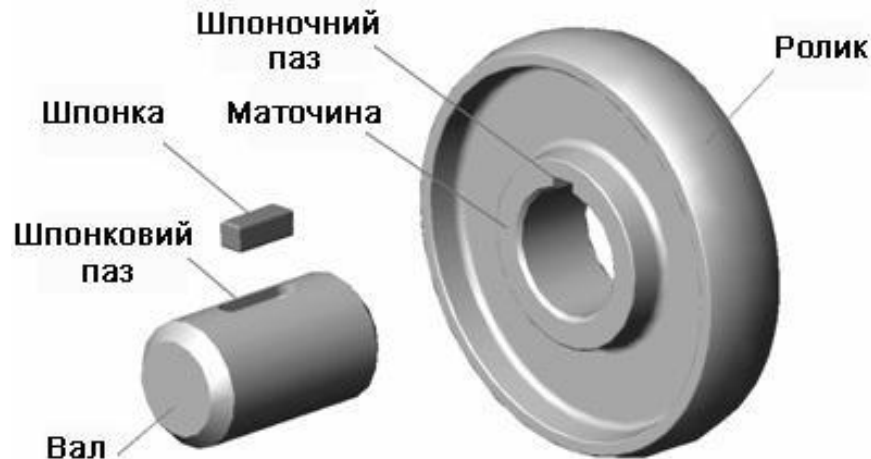


Рисунок 1. Основні складові шпонкових з'єднань

Шпонкові з'єднання призначені для кутової або кутової та осьової фіксації маточин деталей (зубчастих коліс, зірочок, шківів, роликів тощо) на валах. Такі з'єднання виконують за допомогою спеціальних додаткових деталей – шпонок, які вставляють у пази вала і маточини (рис.1.2). Шпонкові з'єднання поділяють на дві групи:

- 1) *ненапружені*, в яких використовують призматичні або сегментні шпонки (рис. 1.2 а, б);
- 2) *напружені*, які виконують клиновими, тангенціальними та круглими шпонками (рис. 1.2 в, г).

У машинобудуванні найбільш поширені *ненапружені з'єднання*.

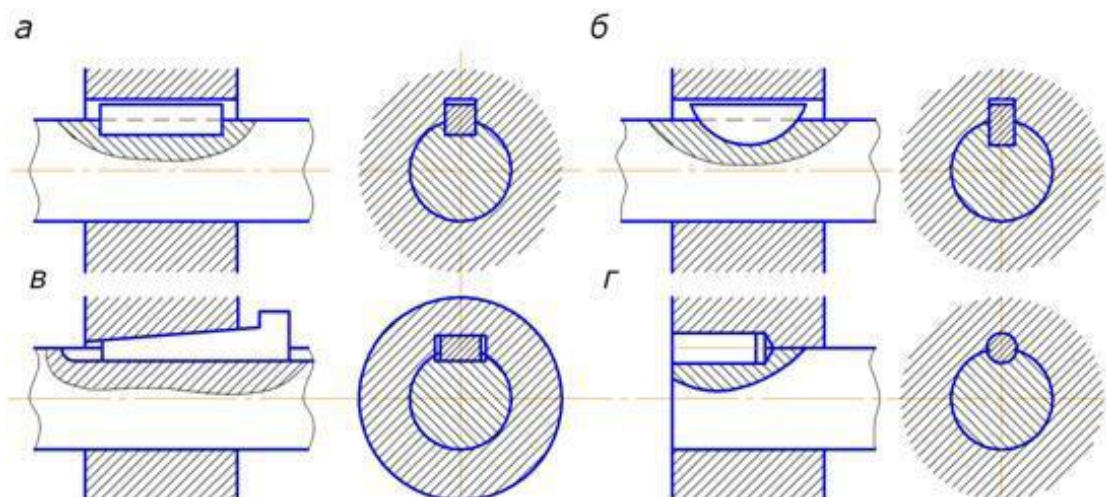


Рисунок 1.2. – Види шпонок - а – призматична; б – сегментна; в – клинова; г – кругла

Призматичні з'єднання



Сегментні з'єднання



Згідно із стандартом ширина шпонок b і висота h вибирається залежно від діаметра вала d . Довжину шпонки l вибирають залежно від довжини маточини l_m деталі.

2. Ненапружене шпонкове з'єднання з призматичною шпонкою

Шпонкові з'єднання з використанням *призматичних шпонок* за призначенням бувають звичайними та напрямними (ковзними). Звичайні призматичні шпонкові з'єднання призначені для нерухомого з'єднання маточини (втулки) з валом. Шпонки таких з'єднань бувають із заокругленими або плоскими торцями. Напрямні (ковзні) шпонкові з'єднання застосовують у тих випадках, коли деталі, розміщені на валах, можуть рухатись уздовж валів. Напрямну шпонку закріплюють до вала гвинтами.

Конструкцію з'єднання з призматичною шпонкою зображено на рис. 2, де позначено:

d – номінальний діаметр з'єднання;

$b \times h$ – ширина і висота поперечного перерізу шпонки, які беруть за стандартом залежно від діаметра вала d ;

l – довжина шпонки, що вибирається за стандартом;

l_p – робоча довжина шпонки ($l_p = l - b$);

l_m – довжина маточини ($l_m = l + 5 \dots 10$ мм);

t_1 – глибина паза вала;

t_2 – глибина паза маточини ($t_1 > t_2, t_2 \approx 0,4 h$);

M_k – опорний обертальні моменти;

ω – кутова швидкість.

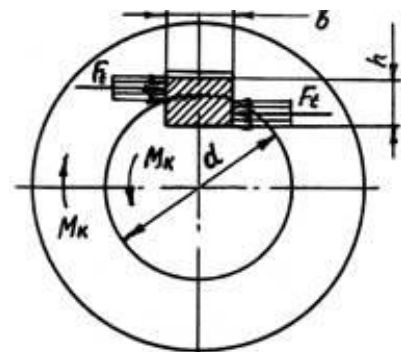
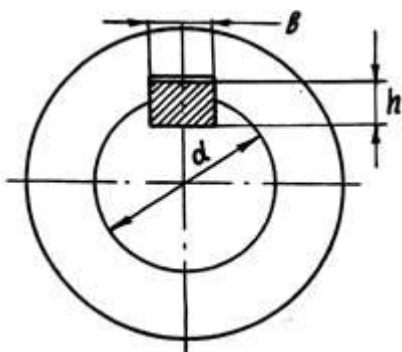


Рисунок 2 – Конструкція шпонкового з'єднання з призматичною шпонкою

У такому з'єднанні виконується лише кутова фіксація маточини на валу для передавання обертового моменту від вала до маточини або навпаки. Робочими гранями при цьому є вузькі бічні.

Переваги:

- простота конструкції; 2) жорстка кутова фіксація насаджуваної деталі.

Недоліки:

- трудомісткість виготовлення, бо потрібне ручна підгонка або підбирання деталей з'єднання, що обмежує їх використання в умовах серійного та масового виробництва; шпонковий паз ослаблює вал і викликає в ньому концентрацію напружень.

3. Ненапружене шпонкове з'єднання з сегментною шпонкою

Сегментні шпонки використовують для з'єднань без ручного приганяння або підбирання (рис. 3). Перевагою такого з'єднання є також стійке положення шпонки у пазу вала, що зменшує її перекіс і концентрацію тиску. Основний недолік з'єднання – глибока канавка для шпонки послаблює міцність вала. Шпоночний паз фрезерують спеціальною фрезою відповідно до розмірів шпонки $b \times h \times l$, що підбирають за стандартом.

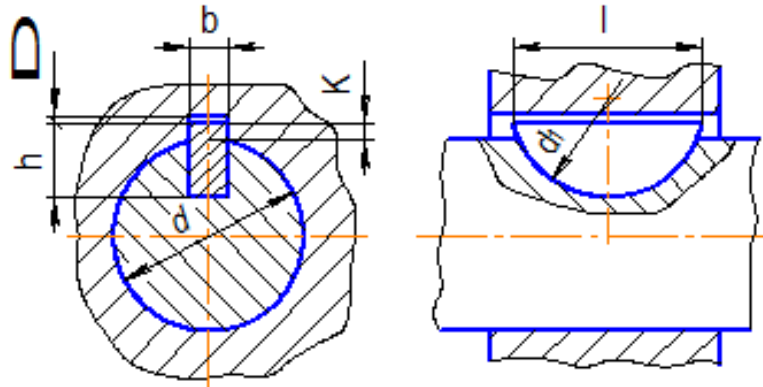


Рисунок 3 – Конструкція шпонкового з'єднання з сегментною шпонкою

4. Розрахунки на міцність

Деталі шпонкового ненапруженого з'єднання зазнають змінання поверхонь, а шпонки – додатково зрізу.

Основний вид відмов – змінання робочих поверхонь.

Шпонкові з'єднання розраховують на міцність за напруженнями змінання $\sigma_{зм}$ та зрізу $\tau_{зр}$ (рис. 4.6).

Умови міцності на змінання та зріз:

$$\sigma_{зм} = \frac{F_t}{A_{зм}} = \frac{4 \cdot M_k}{d \cdot l \cdot h} \leq [\sigma]_{зм}$$

$$\tau_{зр} = \frac{F_t}{A_{зр}} = \frac{4 \cdot M_k}{d \cdot l \cdot b} \leq [\tau]_{зр}$$

де $[\sigma_{зм}]$, $[\tau_{зр}]$ – допустимі напруження, які визначаються за рекомендаціями.

6. Шліцьові з'єднання

Шліцьові з'єднання призначені для жорсткої кутової фіксації маточин деталей на валах. Шліцьове з'єднання умовно можна розглядати як багатошпонкове, в якому шпонки виконані як одне ціле з валом.

Шліцьові з'єднання бувають рухомими та нерухомими, без навантаження (у коробках передач) і під навантаженням (карданні вали автомобілів).

Залежно від форми зубців розрізняють *прямобічні, евольвентні та трикутні* шліці (рис. 6).

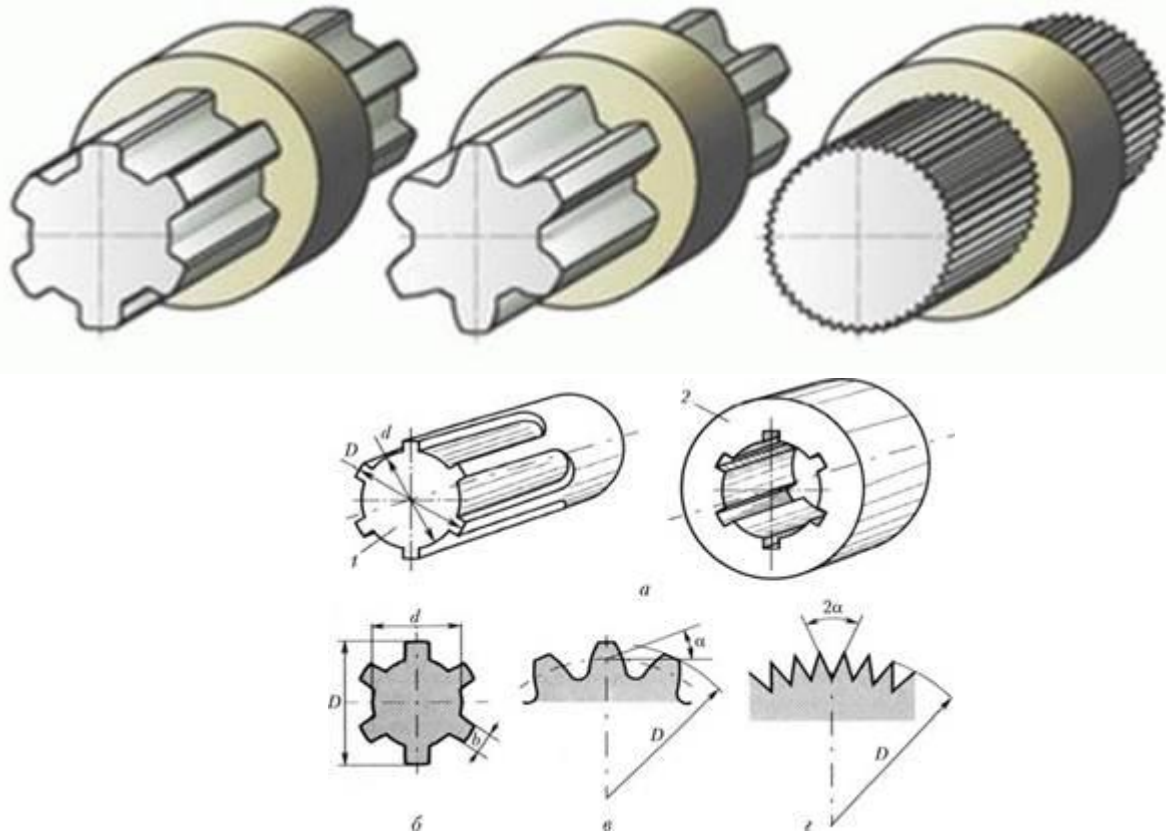


Рисунок 6– Форми шліців

У машинобудуванні найширше використовують прямобічні шліцьові з'єднання, розміри яких стандартизовано. Евольвентне шліцьове з'єднання відрізняється від прямобічного досконалішою технологією виготовлення, підвищеною міцністю самих шліців і валів та точністю центрування. Трикутне шліцьове з'єднання використовується для нерухомих з'єднань у разі невеликих навантажень і на тонкостінних деталях.

При з'єднанні шліцьової втулки з валом розрізняють три способи їх відносного центрування: за зовнішнім діаметром D , за бічними сторонами зубців b і за внутрішнім діаметром d .

Порівняно зі шпонковими шліцьові з'єднання мають:

1) мають підвищену навантажувальну здатність завдяки значно більшій площі поверхні контакту, рівномірному розподілу тиску по висоті зубців і меншій концентрації напружень у валів;

2) високу точність центрування маточини на валу.

Ці переваги визначають використання шліцьових з'єднань у разі великих навантажень і частоти обертання в умовах масового виробництва.

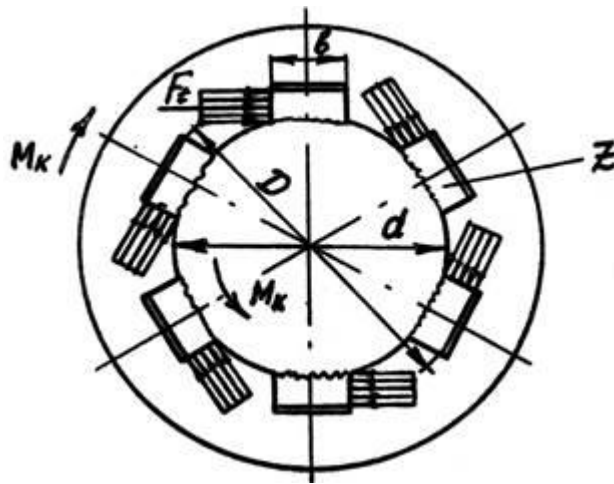


Рис. 6.1. Розрахункова схема шліцевого з'єднання

Для оцінювання роботоздатності шліцевого з'єднання визначають напруження зминання, зрізу і згину за формулами:

- на зминання
$$\sigma_{зм} = \frac{8 \cdot M_k}{(D^2 - d^2) \cdot l \cdot z \cdot \psi} \leq [\sigma]_{зм};$$

- на зріз
$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot M_k}{(D + d) \cdot b \cdot l \cdot z \cdot \psi} \leq [\tau]_{зр};$$

- на згин
$$\sigma_{зг} = \frac{3 \cdot M_k \cdot (D - d)}{(D + d) \cdot b^2 \cdot l \cdot z \cdot \psi} \leq [\sigma]_{зг}.$$

В умовах міцності маємо $\psi = 0,75 \dots 0,8$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження на шліці з'єднання.

7. Умови роботи, види відмов, критерії працездатності та розрахунку шліцевих з'єднань

Експерименти підказують, що при роботі шліцевих з'єднань у разі радіальних навантажень і згинальних моментів відбуваються ковзання та спрацювання, пов'язані із зазорами та контактними деформаціями, особливо за відсутності мастильного матеріалу.

Основні види відмов шліцевих з'єднань:

1) пошкодження робочих поверхонь зубців у вигляді спрацювання та зминання; 2) заїдання; 3) поломки шліцевих валів і зубців.

Головні критерії працездатності шліцевих з'єднань:

1) зносостійкість; 2) стійкість до заїдання; 3) міцність.

Надійність роботи з'єднань забезпечується вибором відповідних матеріалів, зміцненням робочих поверхонь шліців і розрахунком.

Основним вважають розрахунок на спрацювання з перевіркою на зминання. Умова міцності на зминання

$$\sigma_{зм} \leq [\sigma_{зм}],$$

де $[\sigma_{зм}]$ – допустимі напруження, що визначаються за рекомендаціями.

Питання

1. Для чого призначене шпонкове з'єднання, за схемою укажіть основні елементи шпонкового з'єднання.

2. Які шпонкові з'єднання називають напружені, а які ненапружені? За рахунок чого стан з'єднання стає напруженим?

3. Що представляють собою шліцьові з'єднання?

4. Які розрізняють види шліців? Які переваги мають шліцьові з'єднання порівняно зі шпонковими?

5. Перерахуйте види відмов шліцьових з'єднань та критерії працездатності.