

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія природничих дисциплін

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни «Матеріали та деталі»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Аеронавігація

тема – Шпонкові, шліцьові, штифтові та профільні з'єднання

Вінниця 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії природничих дисциплін, протокол від
28.08.2023 № 1

Розробник: викладач циклової комісії природничих дисциплін, спеціаліст вищої
категорії, викладач-методист Грибанова С.А.

Рецензенти:

1. Доцент кафедри автомобілів та тракторів Кременчуцького національного
університету імені Михайла Остроградського, кандидат технічних наук,
доцент Черниш А.А.

2. Начальник відділу організації наукової роботи та гендерних питань, к.т.н.,
спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Владов С.І.

План лекції:

1. Призначення шпонкових з'єднань.
2. Ненапружене шпонкове з'єднання з призматичною шпонкою.
3. Переваги та недоліки призматичних шпонкових з'єднань.
4. Ненапружене шпонкове з'єднання з сегментною шпонкою.
5. Розрахунки на міцність.
6. Напружені з'єднання клиновими шпонками.
7. Шліцьові з'єднання.
8. Умови роботи, види відмов, критерії працездатності та розрахунку шліцьових з'єднань.
9. Штифтові з'єднання.
10. Профільні (безшпонкові) з'єднання.

Рекомендована література:

Основна

1. Більченко О.В., Дудка О.І., Лобода П.І. Матеріалознавство. Навчальний посібник, Київ, К.Кондор, 2009 – 152 с.
2. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є, Степаненко В.О., Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів, Навчальний посібник, Київ, «Либідь», 2002 – 327 с.
3. Животовська К.О, Мамлюк О.В. Авіаційні матеріали та їх обробка. Навчальний посібник, Київ, "Вища освіта", 2003 – 303 с.
4. Гарнець В.М. Матеріалознавство Підручник. Київ, К.Кондор, 2009
5. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство Навчальний посібник, Львів, 2002. – 264 с.
6. Коновалюк Д.М., Ковальчук Р.М., Байдула В.О., Товстушко М.М. Деталі машин. Практикум. Навч. посіб. К.: Кондор, 2009. – 278 с.
7. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. — Львів: Афіша, 2003. — 557 с.
8. Коновалюк Д. М. Деталі машин: підручник / Д. М. Коновалюк, Р. М. Ковальчук. - К.: Кондор, 2004. - 584 с

Додаткова

9. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Курсове проектування: Навч. посіб. – 3-тє вид., стереотипне. –Львів: “Новий Світ – 2000”, 2007. 252с.
10. Малащенко В.О., Павлине В.Т. Деталі машин. Збірник завдань та прикладів розрахунків. Львів: Видавництво Новий Світ – 2000, 2009. – 136 с.
11. Мархель І.І. Деталі машин. Навчальний посібник. — Видавництво Алерта, 2016. — 368 с.

12. Дмитро Коновалюк, Рю Ковальчук, В. Байбула, М. Товстушко. Деталі машин. Практикум. – Видавництво Кондор, 2009 – 278с.

13. Анурьев В.І. Довідник конструктора-машинобудівника. - В 3 т. - М.: Машинобудування, 2001. – 859 с.

14. Міняйло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. та ін. Деталі машин: Підручник. – К.: Агроосвіта, 2013. – 448 с.

15. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. – Харків: НТУ «ХП», 2020. – 275 с.

16. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків. Навч. посіб. — Львів: НУ «Львівська політехніка», 2006. — 196 с., 2009. — 208 с.

17. Павлице В.Т., Данило Я.Я. Різьби, різьбові з'єднання та кріпильні деталі: Довідник. — Львів: Інтелект-Захід, 2001. – 239 с.

Текст лекції

1. Призначення шпонкових з'єднань

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

Шпонкові з'єднання поділяють на дві групи:

1) ненапружені, в яких використовують призматичні або сегментні шпонки;

2) напружені, які виконують клиновими, тангенціальними та круглими шпонками.

У машинобудуванні найбільш поширені на напружені з'єднання.

2. Ненапружене шпонкове з'єднання з призматичною шпонкою

Конструкцію з'єднання з призматичною шпонкою зображено на рис. 1, 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 ($l_m = l + 5...10 \text{ мм}$);

Δ – гарантований зазор між шпонкою і дном паза маточини;

t_1 – глибина паза вала;

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

T_1, T_2 – рушійний і опорний обертальні моменти;

ω – кутова швидкість.

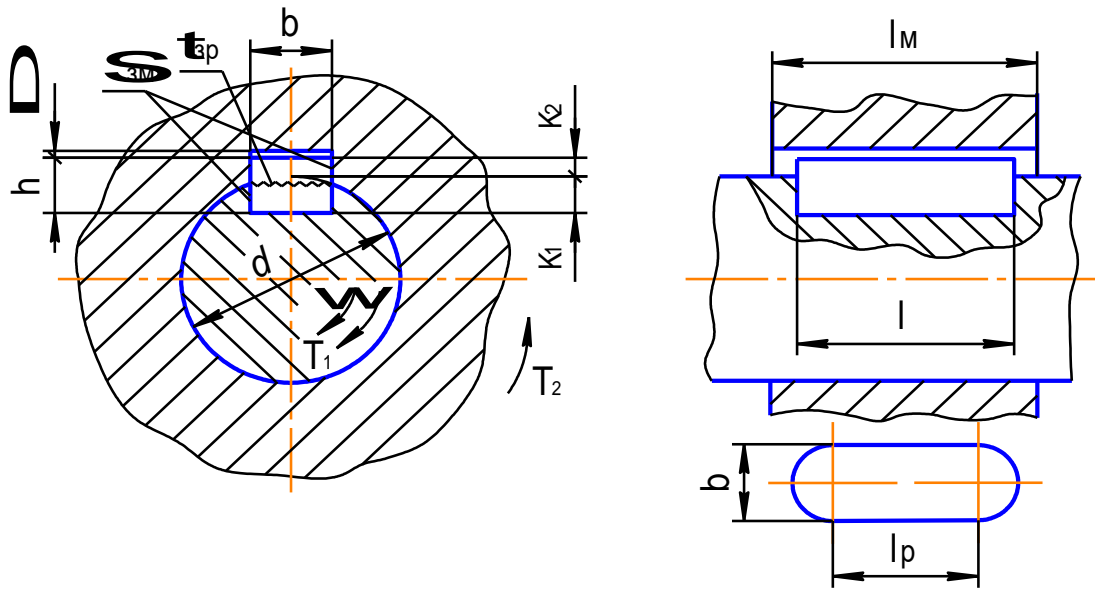


Рисунок 1 – Конструкція шпонкового з'єднання з призматичною шпонкою

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

3. Переваги та недоліки призматичних шпонкових з'єднань

Переваги:

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

Недоліки:

- 1) трудомісткість виготовлення, бо потрібне ручне приганяння або підбирання деталей з'єднання, що обмежує їх використання в умовах великосерійного та масового виробництва;
- 2) шпонковий паз ослаблює вал і викликає в ньому концентрацію напружень.

4. Ненапружене шпонкове з'єднання з сегментною шпонкою

Сегментні шпонки використовують для з'єднань без ручного приганяння або підбирання (рис. 2). 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.

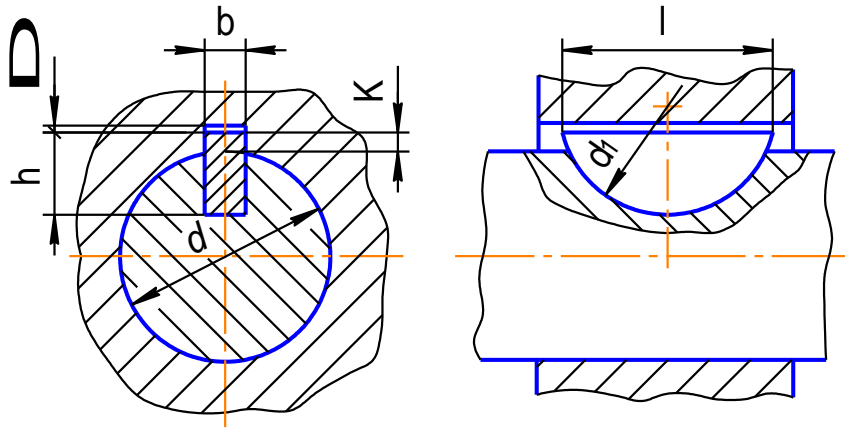


Рисунок 2 – Конструкція шпонкового з'єднання з сегментною шпонкою

5. 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 напружен-нями змінання $\sigma_{зм}$ та зрізу $\tau_{зр}$ (рис. 1).

Умови міцності на змінання та зріз:

$$\sigma_{зм} \leq [\sigma_{зм}] ,$$

$$\tau_{зр} \leq [\tau_{зр}] ,$$

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

6. Напружені з'єднання клиновими шпонками

Клинові шпонки – це клини, як правило, з уклоном 1:100, що забезпечує самогальмування (рис. 3). У них робочими є широкі верхня та нижня грані, а по бокових гранях існує зазор. Ці шпонки створюють напружене з'єднання і забезпечують як кутову, так і осьову фіксацію. Таке з'єднання здатне передавати не лише обертальний момент, а й осьову силу.

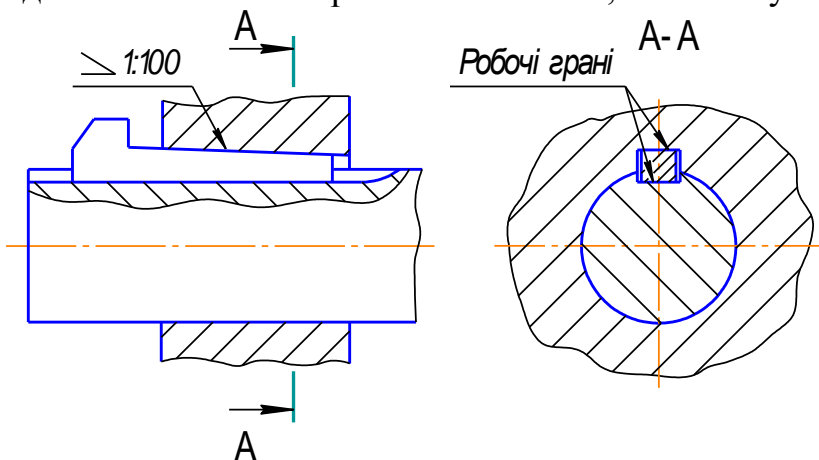


Рисунок 3 – Конструкція шпонкового з'єднання з клиновою шпонкою

Перевага таких з'єднань – гарне сприйняття ударних навантажень. Недолік – клинова шпонка в процесі складання спричиняє радіальне зміщення осі маточини щодо осі вала, тобто перекид з'єднаних деталей.

7. Шліцьові з'єднання

Шліцьові з'єднання призначені для жорсткої кутової фікації 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 шліци (рис. 4).

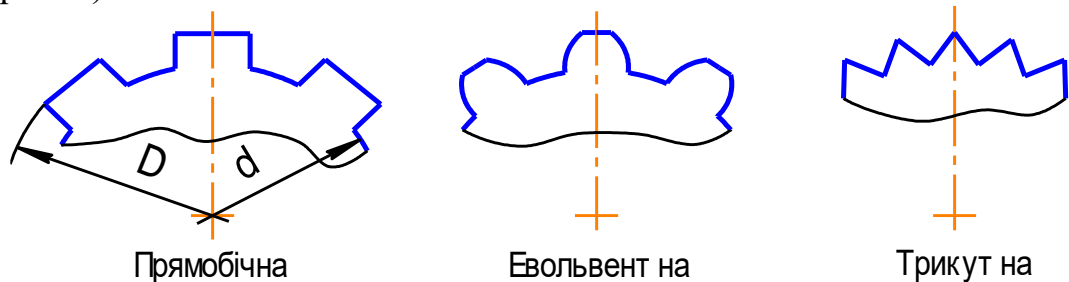


Рисунок 4 – Форми шліців

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:

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.

8. Умови роботи, види відмов, критерії працездатності та розрахунку шліцьових з'єднань

Експерименти підказують, що при роботі шліцьових 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.

9. Штифтові з'єднання

Штифти в основному призначені для точного взаємного фіксування деталей, а також для передачі відносно невеликих навантажень – обертальних моментів та осьових сил. За формою штифти поділяють на: циліндричні, конічні (рис. 5) та іншої форми (фасонні, циліндричні пружинні, просічні, зрізні).

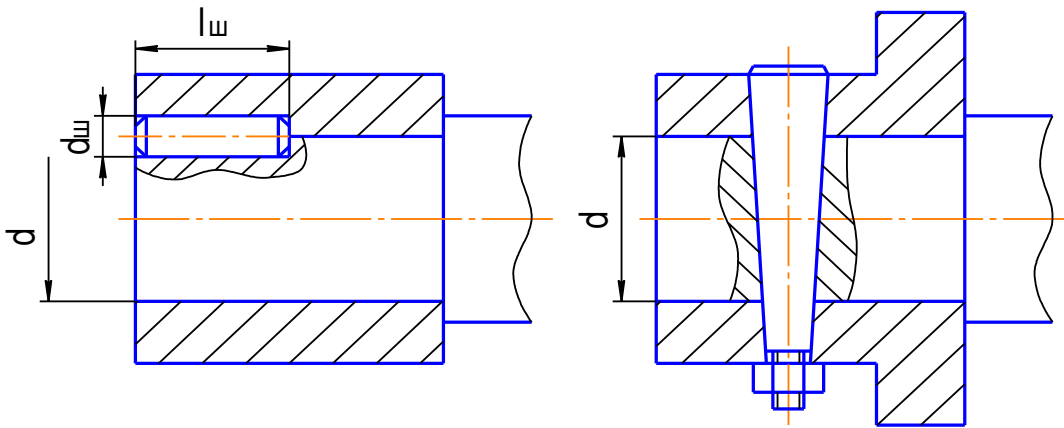


Рисунок 5 – Приклади штифтових з'єднань

Штифтові з'єднання, як і шпонкові, розраховують на міцність за напруженнями зминання $\sigma_{зм}$ та зрізу $\tau_{зр}$.

10. Профільні (безшпонкові) з'єднання

Під профільними з'єднаннями розуміють з'єднання типу вал-маточина з контактом по плавному некруглому циліндричному або конічному профілю без шпонок і шліців (рис. 6).

Переваги таких з'єднань:

- 1) відсутність джерел концентрації напружень при крученні;
- 2) гарне самоцентрування;
- 3) знижений шум під час роботи.

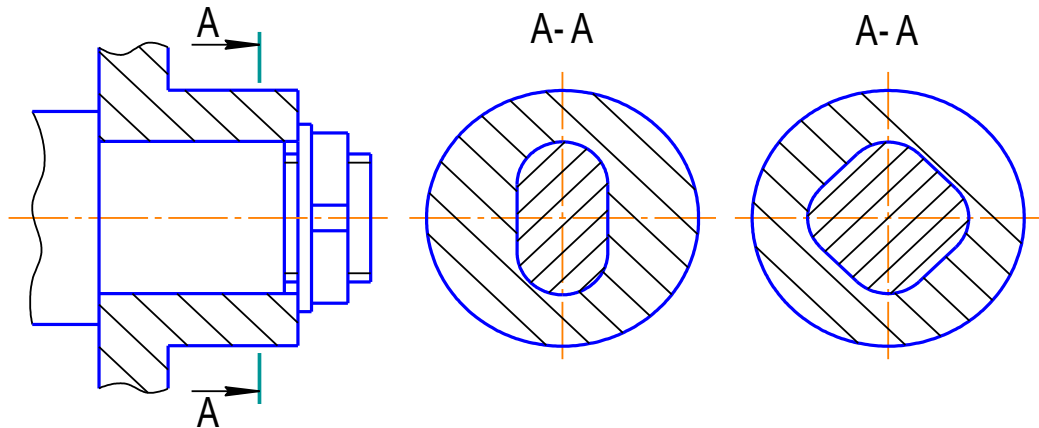


Рисунок 6 – Профільні з'єднання

Основні недоліки профільних з'єднань:

- 1) складна технологія виготовлення (на токарних, фрезерних, шліфувальних верстатах або на верстатах із ЧПУ);
- 2) несуча здатність нижча, ніж у шліцьових.

Теми для додаткового самостійного вивчення

1. Особливості конструювання шпонкових з'єднань.
2. Розрахунки шпонкових з'єднань на міцність.
3. Розрахунки шліцьових з'єднань на міцність.
4. Розрахунки штифтових з'єднань на міцність.
5. Клинові з'єднання.