

4 НЕРОЗ'ЄМНІ З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

4.1 Зварні з'єднання

4.1.1 Загальні відомості

Зварне з'єднання утворюється зварюванням з'єднуваних деталей у зоні стику і не вимагає ніяких допоміжних елементів. *Зварювання* – технологічний процес з'єднання деталей, який здійснюється при місцевому нагріванні стику деталей до розплавленого або пластичного стану їх із подальшим взаємним деформуванням. Затверділий після зварювання метал, що з'єднує зварені деталі, називається *зварним швом*. Зварювання – один із самих прогресивних і поширених способів одержання нероз'ємних з'єднань. Зварне з'єднання краще інших наближає складові деталі до цілісних. У зварному з'єднанні простіше забезпечуються умови рівномірності і зменшення маси виробу. Зварювання застосовують не тільки як спосіб з'єднання деталей, але і як технологічний спосіб виготовлення самих деталей. Зварюванням виготовляють станини, рами і основи машин, шківів, зірочки, маховики, барабани, ферми, колони, різні резервуари, труби, корпуси річкових та морських суден. Зварені деталі в багатьох випадках із успіхом замінюють деталі ковани, штамповані або виготовлені литтям.

В даний час освоєно зварювання всіх конструкційних сталей, чавуну, алюмінієвих та інших сплавів кольорових металів, а також деяких пластмас.

Найбільш поширені способи зварювання: електродугове, електроконтактне, газове (хімічне), тертям, вибухом, ультразвуком та ін.

При *електродуговому зварюванні* під дією тепла електричної дуги оплаваються сполучені поверхні і їх метал разом з металом електрода, який обмазується захисним покриттям або під шаром флюсу, утворюють міцний шов. Таким способом зварюються конструкційні сталі будь-яких марок. Електродугове зварювання високолегованих сталей, а також сплавів на основі алюмінію, міді, молібдену проводиться в середовищі захисного газу – аргону або гелію. Метал практично необмеженої товщини дозволяє зварювати *електрошлакове зварювання*.

Контактне зварювання ґрунтується на використанні підвищеного омичного опору в стику деталей.

Основними перевагами зварних з'єднань є:

- відсутність додаткових з'єднуючих елементів;
- рівномірність шва щодо з'єднуваних елементів деталей,
- економія матеріалу та зменшення маси виробів;

- висока продуктивність та простота процесу зварювання.

До недоліків зварних з'єднань належать:

- поява температурних напружень;
- значна концентрація напружень в області зварних швів;
- знижена стійкість проти корозії та ін.

Основні види зварних з'єднань при електродуговому зварюванні залежно від взаємного розміщення з'єднуваних елементів деталей надано на рис.2.19.

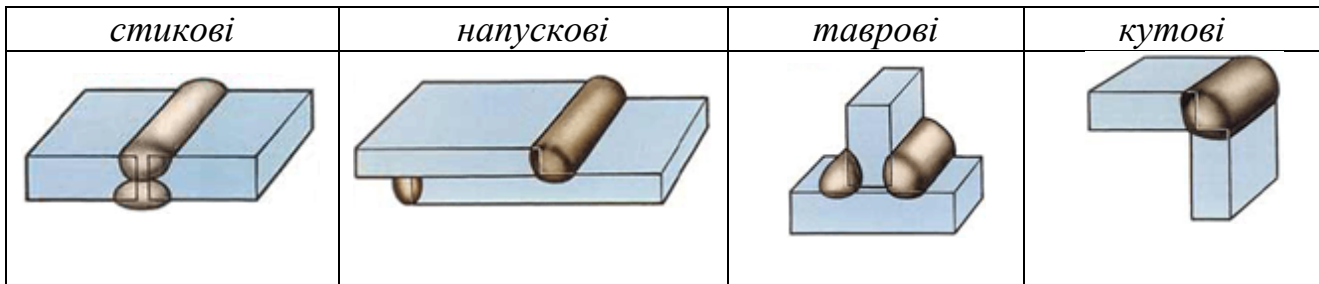


Рисунок 2.19 – Основні види зварних з'єднань

Стикове з'єднання є найраціональнішим видом зварних з'єднань. Воно утворюється за допомогою дугового або контактного зварювання. Таке з'єднання виконується стиковим зварним швом.

Напускові з'єднання виконують за допомогою кутових (валоподібних) швів.

Види кутових швів залежно від розміщення шва щодо лінії дії сили F надано на рис.2.20.

Довжина лобових швів у напускових з'єднаннях не обмежується, а довжина флангових швів не повинна бути більш ніж $60k$, оскільки зі збільшенням довжини підвищується нерівномірність розподілення напруги у шві.

Таврове з'єднання використовують при розміщенні з'єднуваних деталей у взаємно перпендикулярних площинах.

Кутове з'єднання здійснюється без попередньої підготовки кромки і з підготовкою кромки.

У більшості випадків такі з'єднання є мало навантаженими і використовуються для забезпечення щільності.

<i>лобові</i>	<i>косі</i>
---------------	-------------

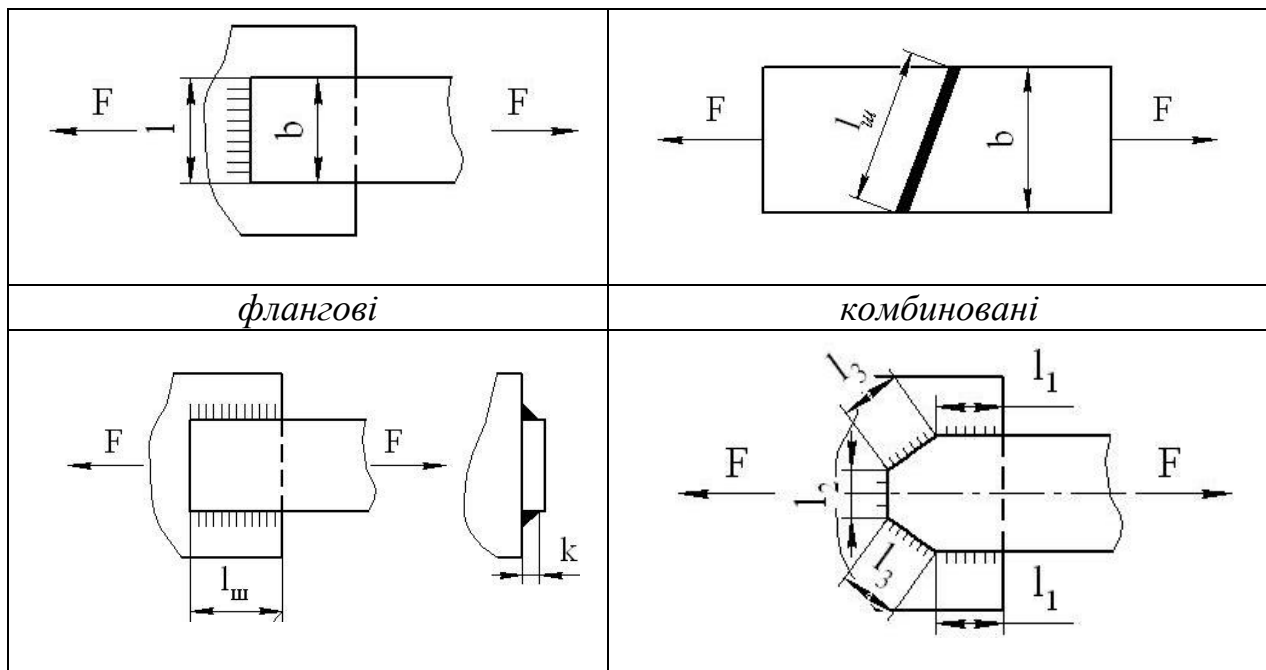


Рисунок 2.20 - Види кутових швів залежно від розміщення шва щодо лінії дії сили F

4.1.2 Розрахунок зварних з'єднань на міцність

Основною умовою під час проектування зварних конструкцій деталей є забезпечення рівномірності зварних швів та з'єднуваних елементів деталей.

Згідно із цією умовою залежно від розмірів та взаємного розміщення зварних деталей установлюють відповідні розміри швів для даного з'єднання.

Переважно на практиці розміри зварних швів та тип їх визначаються за формою та конструкцією деталей. Тому розрахунок зварних з'єднань в основному виконують як перевірний.

Основним критерієм працездатності швів зварних з'єднань є міцність. Розрахунок на міцність заснований на припущенні, що напруження у шві розподілені рівномірно як за довжиною, так і за перетином.

4.1.2.1 Розрахунок стикового зварного з'єднання

Розрахунок стикових з'єднань (рис.2.21) здійснюється за нормальними напруженням розтягу або стиску по номінальному перерізу з'єднувальних елементів без урахування опуклості шва. Товщина шва дорівнює товщині деталі.

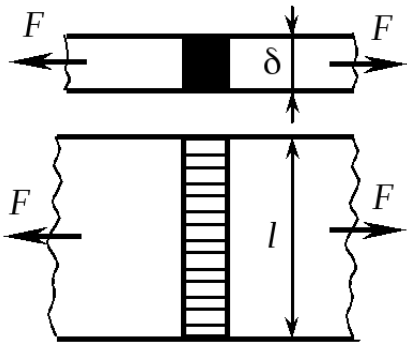


Рисунок 2.21 - Розрахункова схема стикового зварного з'єднання

Умова міцності на розтяг (стиск) має вигляд:

$$\sigma' = \frac{F}{A_p} = \frac{F}{\delta \cdot l} \leq [\sigma'] \quad (2.10)$$

де σ' - відповідно розрахункове напруження у шві при розтягу або стиску;

F - сила, що розтягує або стискає з'єднані деталі;

δ - товщина більш тонкої зі з'єднаних деталей;

l - довжина зварного шва;

$[\sigma']$ - допустиме напруження металу шва для прийнятої технології зварювання (напруга в металі шва позначаємо відповідною буквою зі штрихом).

При проектному розрахунку визначається довжина l зварного шва:

$$l = \frac{F}{\delta \cdot [\sigma']}. \quad (2.11)$$

4.1.2.2 Розрахунок напусків зварних з'єднань кутовими швами

Руйнування кутових швів (рис.2.22) відбувається по найменшим перерізам трикутника шва – по площині, яка проходить через бісектрису прямого кута. Катет шва k , як правило, обирають рівним товщині зварних листів: $k = \delta$.

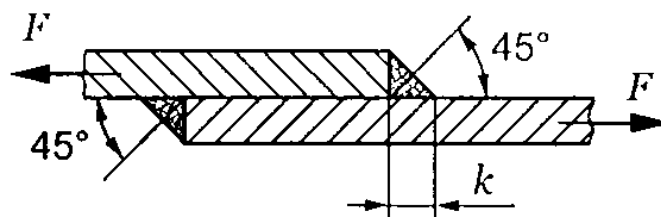


Рисунок 2.22 - Схема напусків зварних з'єднань кутовими швами.

Розрахунок кутових швів проводиться по дотичним напруженням зсуву в небезпечному перерізі.

Умова міцності на зрізування (зсув) для перевірного розрахунку має вигляд:

$$\tau'_{зр} = \frac{F}{A_{зр}} = \frac{F}{0,7 \cdot \delta \cdot l} \leq [\tau'_{зр}] \quad (2.12)$$

де $A_{зр}$ - розрахункова площа зварного шва на зсув;

l - сумарна довжина зварного шва;

$[\tau'_{зр}]$ - допустиме напруження металу шва для прийнятої технології зварювання.

При проектному розрахунку визначається довжина l зварного шва

$$l = \frac{F}{0,7 \cdot \delta \cdot [\tau'_{зр}]} \quad (2.13)$$

Формула 2.13. підходить для лобових і флангових швів (рис.2.23).

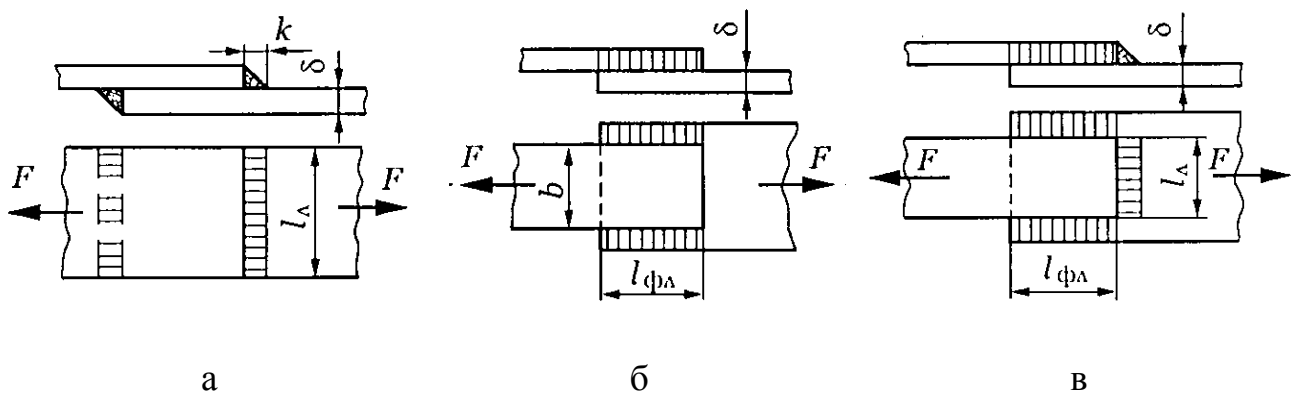


Рисунок 2.23 - Схеми на пускових зварних з'єднань:

а – лобовими швами; б – фланговими швами; в – комбінованими швами.

Умови міцності для зварних швів з рис.2.23:

$$а) \quad \tau'_{зр} = \frac{F}{2 \cdot 0,7 \cdot \delta \cdot l_{л}} \leq [\tau'_{зр}]; \quad (2.14)$$

$$б) \quad \tau'_{зр} = \frac{F}{2 \cdot 0,7 \cdot \delta \cdot l_{фл}} \leq [\tau'_{зр}]; \quad (2.15)$$

$$в) \tau'_{зр} = \frac{F}{0,7 \cdot \delta \cdot (l_n + l_{фн})} \leq [\tau'_{зр}]. \quad (2.16)$$

Допустимі напруження металу швів обираються в залежності від типу зварки і виду деформації в долях від допустимого напруження розтягу основного металу.

Орієнтовно для сталевих конструкцій при статичному навантаженні:

$$[\sigma'] = (0,9 \dots 1)[\sigma]; \quad [\tau'] = (0,6 \dots 0,65)[\sigma].$$

Тут $[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[S]}$, де σ_T - границя текучості основного матеріалу; $[S]$ - допустимий коефіцієнт запасу міцності ($[S] = 1,35 \dots 1,7$ - більші значення для легованих сталей).

4.2 Заклепкові з'єднання

4.2.1 Загальні відомості

Заклепкове з'єднання здійснюються за допомогою спеціальної деталі – заклепки, яку встановлюють у отвори з'єднуваних деталей. Заклепка має циліндричний стержень і закладну головку на одному кінці. Після пластичного деформування другого кінця утворюється замикаюча головка, і таким чином маємо з'єднання деталей. Для зручності вставлення заклепки діаметр отвору у з'єднуваних елементах дещо більший, ніж діаметр стержня d заклепки. Під час клепаання (щоб мати замикаючу головку) стержень заклепки збільшує свій діаметр і щільно заповнює отвір. В готовому заклепковому з'єднанні діаметр заклепки дорівнює діаметру отвору під заклепку.

Технологія виготовлення заклепкового з'єднання зображена на рис.3.24,а.

Заклепки стягують з'єднувані деталі, завдяки чому частина навантаження з'єднання передається за рахунок сил тертя в площині стику, а частина сприймається стержнем заклепки.

Заклепкові з'єднання розповсюджені в машинобудуванні, будівельних конструкціях і приладах. Заклепкові з'єднання добре працюють у конструкціях, що сприймають різко виражені вібраційні навантаження (корпуси літаків, кораблів, металоконструкції, автомобільні і тракторні рами тощо).

Діаметр d заклепки залежить від товщини δ скріплюваних листів і спочатку визначається за формулою $d = \delta + (6 \dots 8)$, мм, а потім уточнюється за таблицями стандарту, що рекомендує такі значення: 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12 і тоді.

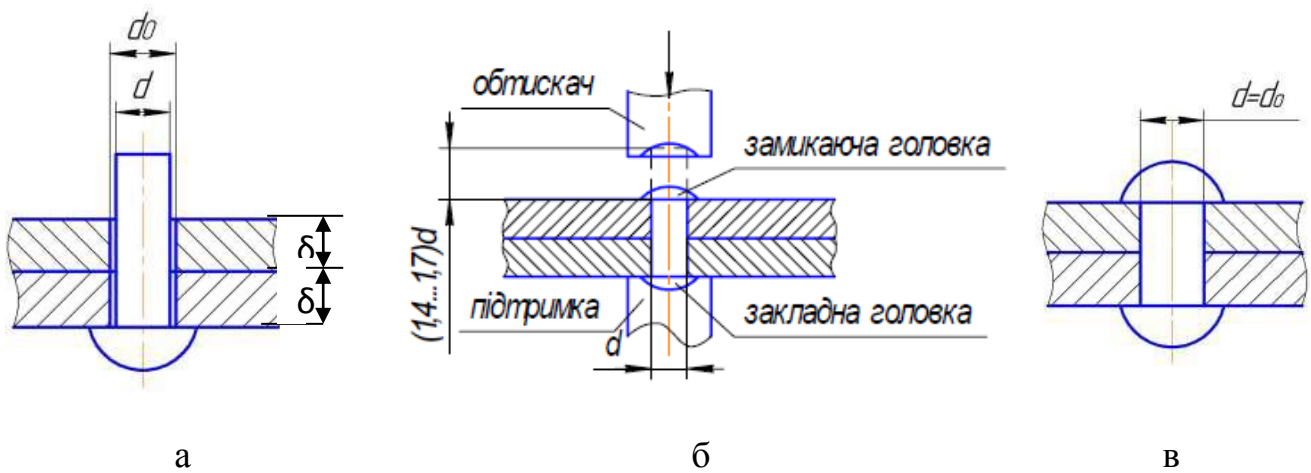


Рисунок 3.24 - Формування заклепкового з'єднання:

а - закладання заклепки;
 б - процес клепаання; в - заклепка після клепаання

Довжину l стрижня заклепки приблизно визначають за формулою $l=2\delta+1,5d$ або за таблицями (ГОСТ 14802-85 «Заклепки (повышенной точности). Диаметры отверстий под заклепки, подбор длин заклепок») із такого ряду: 2...20; 22; 24; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 46; 48; 50 і т.д.

Отвори в деталях продавлюють (товщина листів до 25 мм) або просвердлюють. У разі продавлювання листи деформуються, на краях отворів виникають тріщини, а на вихідній стороні утворюються гострі кромки, які можуть спричинити підрізання стрижня заклепки. Продавлювання отворів застосовують в мало відповідальних конструкціях. Свердління менш продуктивне, але забезпечує підвищену міцність. Іноді продавлювання суміщають з наступним розсвердлюванням.

Клепаання виконується вручну або машинами. Якість з'єднання машинного клепаання вища, оскільки при цьому забезпечується однорідність зусилля клепаання і більша сила стиску деталей.

Стальні заклепки малого діаметра (до 10...12 мм) і заклепки із кольорових металів клепаються без нагрівання (холодне клепаання), стальні заклепки з більшим діаметром перед установленням нагрівають (гаряче клепаання). Нагрівання заклепок полегшує процес клепаання і підвищує якість з'єднання.

Форма та розміри основних видів заклепок загального застосування стандартизовані. Розрізняють такі види заклепок: заклепки із суцільним стрижнем, заклепки напівпустотілі, заклепки пустотілі. У практиці машинобудування широке застосування мають наступні заклепки із суцільним стрижнем: з напівкруглою головкою (ГОСТ 10299-80, рис.2.25, а) - для силових швів; з потайною головкою (ГОСТ 10300-80, рис.2.25, б) - коли недопустимий виступ частин за межі з'єднаних деталей; напівпотайною (ГОСТ

10301-80, рис.2.25,в); з плоскою головкою (ГОСТ 14801-85, рис.2.25.г.) - для роботи в корозійних середовищах; класів точності *B* і *C*, з покриттям і без нього.

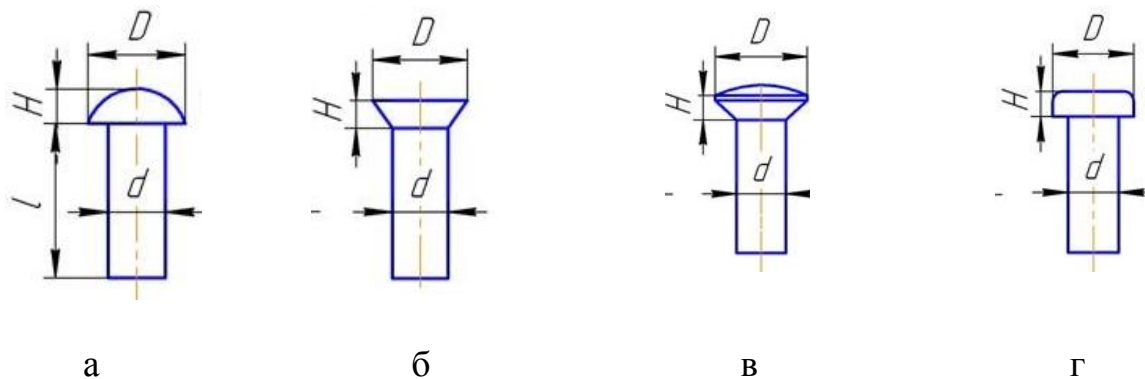


Рисунок 3.25 - Основні види заклепок із суцільним стрижнем

Напівпустотілі заклепки заклепки використовуються у випадках, коли небажано або неприпустимо заклепочні з'єднання піддавати ударам. Пустотілі заклепки застосовують, щоб використовувати їх отвори в клепаних з'єднаннях, наприклад, для пропуску електричних, кріпильних або інших деталей.

В окремих випадках застосовують спеціальні заклепки, наприклад вибухові.

Приклад позначення заклепки: *Заклепка С8х20, 38.МЗ.136 ГОСТ 10299-80*, де *С* – клас точності (клас *B* не записують); *8* – діаметр; *20* – довжина; *38* – група матеріалу; *МЗ* – марка матеріалу (мідь); *136* – вид (13) і товщина (6) покриття.

Заклепки виготовляють із сталі, алюмінію, латуні, міді та інших матеріалів. Матеріал заклепок повинен бути досить пластичним для забезпечення формування головок. Сталеві заклепки виготовляють з вуглецевих сталей (Ст 2, Ст 3, Сталь 10 кп, Сталь 20 кп), а в спеціальних випадках – із легованої сталі (09Г2, Х18Н9Т). Щоб уникнути хімічної корозії в з'єднаннях застосовують заклепки з того ж матеріалу, що і з'єднувані деталі.

Переваги заклепкових з'єднань:

- висока надійність з'єднання,
- зручність і надійність контролю якості шва,
- високий опір вібраційним і ударним навантаженням

Недоліки заклепкових з'єднань:

- трудомісткість клепаання,
- значна вартість клепаання,

- ослаблення деталей отворами,
- високий шум і ударні навантаження при kleпанні,
- підвищені витрати матеріалу.

Заклепкові з'єднання застосовують в конструкціях, які зазнають значні вібраційні і ударні навантаження при високих вимогах до надійності з'єднання; при виготовленні конструкцій з незварних матеріалів (дюралюміній, текстоліт тощо); в з'єднаннях кінцевооброблених деталей, в яких застосування зварювання неприпустиме внаслідок короблення при нагріванні.

В сучасному машинобудуванні область застосування заклепкових з'єднань все більш скорочується по мірі удосконалення методів зварювання.

4.2.2 Класифікація заклепкових з'єднань

З'єднання деталей групою заклепок називається *заклепковим швом*.

Класифікація заклепкових швів наведена на рис.2.26.

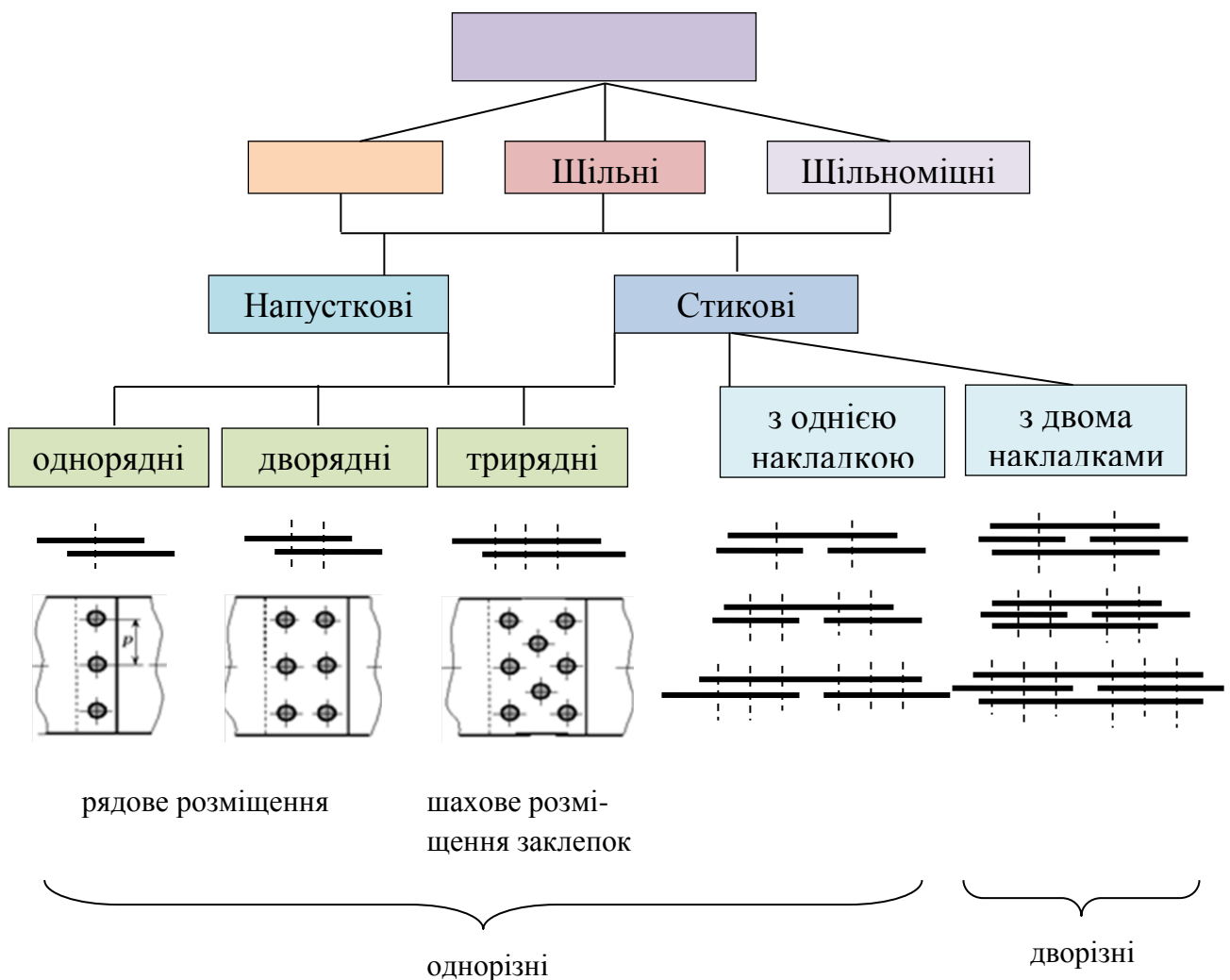


Рисунок 2.26 - Класифікація заклепочних швів

За призначенням заклепкові шви поділяють на:

- *міцні*, що забезпечують необхідну міцність з'єднання (вузли машин, конструкції споруд);
- *щільні (герметичні)*, що забезпечують задану герметичність з'єднання (резервуари з невеликим внутрішнім тиском);
- *міцнощільні*, коли вимоги ставляться і до міцності з'єднання і до його герметичності (парові котли та резервуари під високим тиском).

За взаємним розташуванням з'єднаних деталей розрізняють шви *внапуск* (рис.2.27,а) і *встик*. Останні виконують за допомогою однієї (рис.2.27,б) чи двох (рис.3.27,в) накладок.

За кількістю рядів заклепок шви поділяються на *однорядні* та *багаторядні*; з розміщенням заклепок *рядами* чи у *шаховому порядку*. Для швів встик число рядів заклепок враховується по один бік стику.

У залежності від числа площин зрізів шви називають *одно зрізними* (рис.2.27,а,б), *двозрізними* (рис.2.27,в) чи *багатозрізними*.

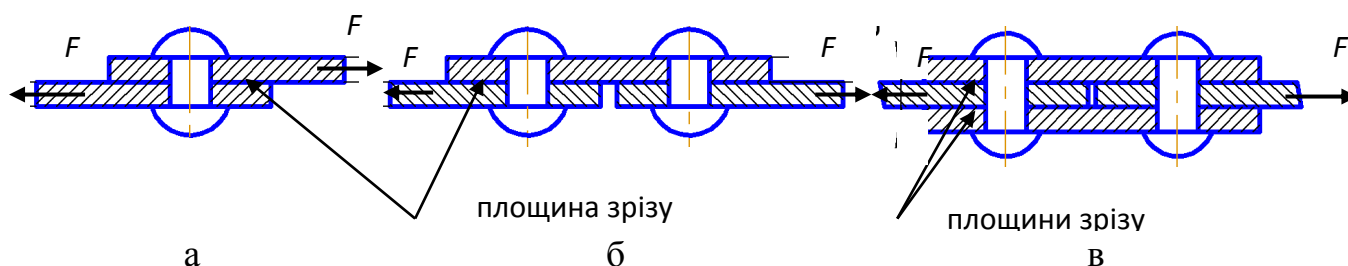


Рисунок 2.27 – Заклепкові з'єднання

4.2.3 Розрахунок міцних клепаных з'єднань

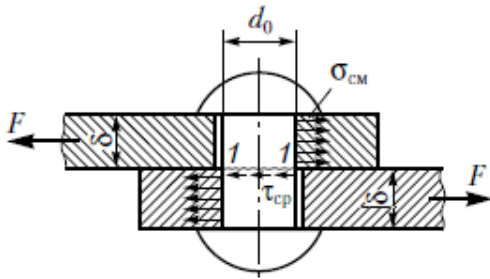
Розрахунок заклепкового шва полягає у визначенні діаметра і числа заклепок.

Основним критерієм роботоздатності клепаных з'єднань є міцність заклепок і листів. Матеріал листа працює на розтяг та зріз, а матеріал заклепки працює на зріз і зминання.

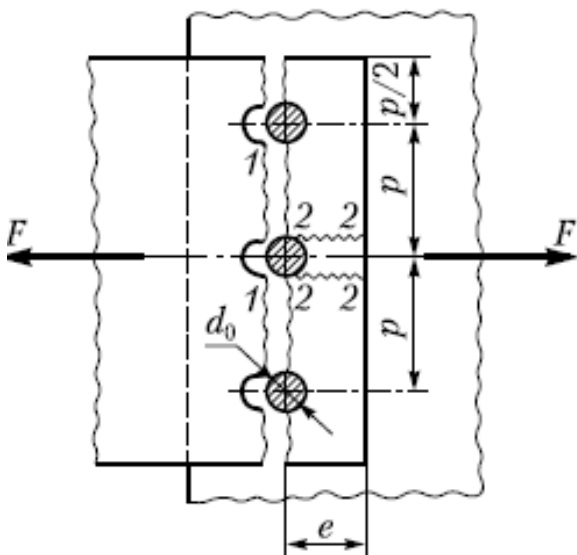
Зазвичай клепані з'єднання навантажені поздовжніми силами F , що діють паралельно площині контакту з'єднувальних деталей і намагаються зсунути одну деталь відносно іншої (рис.2.28). Тому руйнування з'єднання може статися в результаті наступних причин:

- зріз заклепок по перетину 1-1 під дією дотичних напружень (рис.2.28,а);

- змінання отворів деталей, що з'єднуються і заклепок під дією напружень змінання (рис.2.28,а), в результаті чого осі заклепок перекошуються, виникає позацентровий розтягнення і може статися відрив головок від стрижня;
- розрив з'єднаної деталі по перетину, ослабленому отворами під заклепки (рис.2.28,б);
- зріз деталей, що з'єднуються по двом перетинам 2-2 (рис.2.28,б).



а



б

Рисунок 2.28 - Схема напускового заклепкового з'єднання

В процесі клепки матеріал заклепки осаджується і заповнює отвір, тому розрахунок з'єднання ведуть по діаметру поставленої заклепок (по діаметру d_0 отвору під заклепку). Крім того, передбачається, що навантаження F розподіляється між заклепками шва рівномірно, а сила тертя, що виникає між склепанними деталями, в розрахунку на міцність не враховується.

На рис.2.28 показана розрахункова схема напускового клепаного з'єднання. Зовнішня сила F утворює пару сил, моментом якої, зважаючи на малість плеча, можна знехтувати. Розрахункові формули на міцність з'єднання мають наступний вигляд:

1 Міцність заклепок на зрізування (рис.2.28,а):

$$\tau_{зр} = \frac{F}{Z \cdot A_{зр}} \leq [\tau_{зр}], \quad (2.17)$$

де $A_{зр} = \frac{i \cdot \pi \cdot d_0^2}{4}$ - площа зрізу заклепки, мм;

Z – кількість заклепок;

i – кількість площин зрізання;

$[\tau_{зр}]$ – допустиме напруження зрізування, Н/мм².

1 Міцність на зминання бічної поверхні заклепки:

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{Z \cdot A_{зм}} \leq [\sigma_{зм}], \quad (2.18)$$

де $A_{зм} = d_0 \delta_{\min}$ - площа зминання, мм;

δ_{\min} – мінімальна з товщини з'єднувальних деталей, мм;

$[\sigma_{зм}]$ – допустиме напруження зминання, Н/мм².

2 Міцність з'єднаних деталей на розтяг (рис.2.28,б):

$$\sigma_p = \frac{F}{Z \cdot A_p} \leq [\sigma_p], \quad (2.19)$$

де $A_p = (p - d_0) \delta_{\min}$,

p - крок заклепкового шва (відстань між заклепками по довжині шва).

3 Міцність з'єднувальних деталей на зрізування

$$\tau'_{зр} = \frac{F}{Z \cdot A'_{зр}} \leq [\tau'_{зр}] \quad (2.20)$$

де $A'_{зр}$ - мінімальна площа зрізу листа, визначають за формулою

$$A'_{зр} = 2 \left(e - \frac{d_0}{2} \right) \delta_{\min}, \text{ тут довжина перетину 2-2 зменшена на } \frac{d_0}{2}, \text{ оскільки}$$

з початку матеріал зминається на цю величину і потім відбувається зрізування).

Значення допустимих напружень на зріз $[\tau_{зр}]$ і зминання $[\sigma_{зм}]$ залежать від матеріалів заклепок, способу виконання отворів, характеру навантаження і обираються з довідникової літератури. Наприклад, для сталених заклепок (сталі марок 2, 3) при отворах, що отримують свердленням, приймаються $\tau_{зр} = 140$ МПа і $\sigma_{зм} = 300$ МПа.

З умови рівномірності з'єднань приймають крок заклепок $p=(3 \dots 6) \cdot d$, відстань між рядами заклепок береться рівною $(2 \dots 3) \cdot d$, де d - діаметр заклепки. На практиці для однорядного шва приймають: $d_0 = 2\delta$, $p = 3d_0$, $e = (1,5 \dots 2)d_0$. Аналогічно отримують співвідношення для визначення d_0 , p , e для інших типів міцних заклепкових швів.

4.3 Пресові з'єднання

4.3.1 Загальні відомості

Пресовим називається з'єднання складових частин виробів з *гарантованим натягом* внаслідок того, що розмір охоплюємої деталі більше відповідного розміру деталі, що охоплює. Особливістю пресових з'єднань є те, що вони здійснюються без додаткових деталей.

Пресові з'єднання передають робочі навантаження за рахунок сил тертя спокою між сполученими поверхнями, які можуть бути циліндричними і конічними. Пресові з'єднання по циліндричних поверхнях мають переважне поширення.

Конічні з'єднання з натягом вважаються перспективними і їх використання розширюється. Переваги таких з'єднань порівняно з циліндричними – це можливість точнішого контролю натягу (за осьовим натягом), порівняна легкість монтажу і демонтажу без використання спеціального обладнання, що дозволяє багато разів складати і розбирати з'єднання. На практиці часто застосовують сполучення пресового з'єднання зі шпонковим або шліцьовим. Якщо з'єднання виконується без шпонок, то конусність деталей приймається 1:50 (рідше 1:100). З'єднання зі шпонками зручні для складання – розбирання і виконуються з конусністю 1:10 і затяжкою з допомогою різьби (кінці валів електродвигунів і редукторів).

Слід зазначити, що пресові з'єднання займають проміжне положення між нероз'ємними і роз'ємними з'єднаннями, так як допускають нечасто розбирання без порушення цілісності складових частин виробу.

Складання пресових з'єднань здійснюється двома способами:

- запресовуванням (напресовуванням) деталей;
- нагріванням охоплюючої або охолодженням охоплюваної деталі.

Схема утворення пресового з'єднання показана на рис.2.29. Пресові з'єднання застосовуються для з'єднання валів і осей з шківками, зірочками, зубчастими колесами, підшипниками кочення тощо. Їх часто називають з'єднаннями типу «вал-маточина». У пресових з'єднаннях типу «вал-маточина» передається крутний момент або осьова сила через сили тертя на сполучених

поверхнях вала 1 і втулки 2. Потрібний тиск p між цими поверхнями створюється силами пружних деформацій вала 1 і втулки 2, що виникають через натяг.

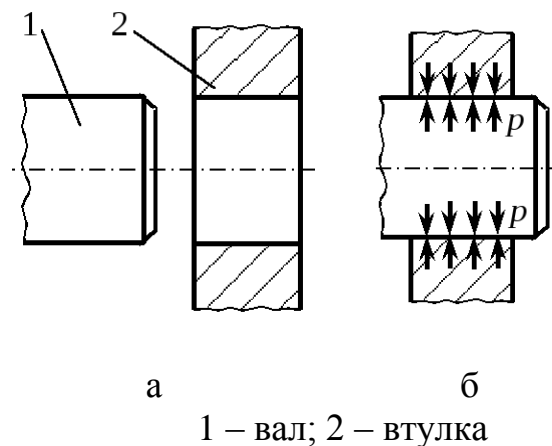


Рисунок 2.29 - Схема утворення пресового з'єднання:

а – з'єднані деталі перед запресовкою; б – деталі після запресовки.

Переваги пресових з'єднань: простота та технологічність з'єднання забезпечують йому низьку вартість і можливість використання в масовому виробництві; висока точність центрування деталей і рівномірний розподіл навантаження на всю посадочну поверхню дає змогу застосовувати пресове з'єднання для скріплення деталей у сучасних високошвидкісних машинах.

Недоліки пресових з'єднань: складності збирання і розбирання; наявність високих напружень в деталях при запресовуванні їх та зменшення опору руйнуванню від втоми внаслідок концентрації напружень біля країв отворів.

Значення натягу і відповідно вид посадки з'єднання з натягом визначаються в залежності від необхідного тиску на посадочній поверхні з'єднаних деталей. Тиск p повинен бути таким, щоб сили тертя, що виникають на посадочній поверхні, цілком протидіяли зовнішнім силам, що діють на деталі з'єднання. Значення натягу невелике і вимірюється мікронами. Для пресових з'єднань деталей рекомендують такі посадки: H7/p6; H7/r6; H7/s6 у системі отвору та N7/h6; P7/h6 у системі вала.

4.3.2 Розрахунок пресового з'єднання

Пресове з'єднання може передавати осьову силу F_a , крутний момент M або їх комбінацію. Зовнішні навантаження врівноважуються силами тертя на сполучених поверхнях деталей, які створені нормальним тиском p , що виникає із-за натягу δ у з'єднанні.

Умова міцності з'єднання при його навантаженні осьовою силою має вигляд:

$$F_a \leq \pi \cdot d \cdot l \cdot p \cdot f, \quad (2.21)$$

Звідки потрібний тиск на сполучених поверхнях

$$p \geq \frac{F_a}{\pi \cdot d \cdot l \cdot f} \quad (2.22)$$

де f – коефіцієнт тертя;

d та l – відповідно діаметр та довжина посадочної поверхні.

Умова міцності з'єднання при його навантаженні крутним моментом:

$$M \leq 0,5 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot l \cdot p \cdot f, \quad (2.23)$$

З цієї умови потрібний тиск на поверхнях з'єднання:

$$p \geq \frac{2M}{\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot f} \quad (2.24)$$

Умова міцності з'єднання при одночасному навантаженні осьовою силою F_a і крутним моментом M має вигляд:

$$\sqrt{F_a^2 + F_t^2} \leq \pi \cdot d \cdot l \cdot p \cdot f, \quad (2.25)$$

де $F_t = \frac{2M}{d}$ – колова сила від дії крутного моменту, віднесена до сполучених поверхонь. Потрібний тиск для такого з'єднання буде:

$$p \geq \frac{\sqrt{F_a^2 + F_t^2}}{\pi \cdot d \cdot l \cdot f}. \quad (2.26)$$

По отриманому значенню p визначається розрахунковий натяг з'єднання.

4.4 Паяні та клейові з'єднання

4.4.1 Загальні відомості

По конструкції паяні і клейові з'єднання подібні зварним. Застосування пайки і склеювання в машинобудуванні зростає в зв'язку з упровадженням нових конструкційних матеріалів (наприклад, пластмас) і високоміцних легованих сталей, багато з яких погано зварюються.

Пайка і склеювання – одні з основних видів з'єднань у приладобудуванні, радіоелектроніці, де вони є переважно сполучними, а не силовими з'єднаннями. Широко застосовуються в автомобілебудуванні, літакобудуванні, побутовій і легкій промисловості.

На відміну від зварювання пайка і склеювання дозволяють з'єднувати деталі не тільки із однорідних, але і з неоднорідних матеріалів. При цьому кромки деталей не розплавляються, що дозволяє більш точно витримати їх розміри, а також робити повторні ремонтні з'єднання.

Процеси пайки та склеювання порівняно легко піддаються механізації та автоматизації, що в багатьох випадках приводить до значного підвищення продуктивності праці, зниження маси і вартості конструкцій.

За міцністю паяні та клейові з'єднання поступаються зварним в тих випадках, коли матеріал деталей має достатньо добру зварюваність (за винятком з'єднання тонкостінних елементів типу оболонки, коли є небезпека пропалу деталей при зварюванні).

4.4.2. Паяні з'єднання

Паяння на відміну від зварювання здійснюється без розплавлення з'єднуваних деталей (температура нагрівання не перевищує 1000 °С). Зв'язок між елементами при паянні забезпечується силами молекулярної взаємодії поверхонь деталей із присадним матеріалом – припоєм.

Нагрів припою і деталей при пайці здійснюється паяльником, газовою горілкою, т.в.ч., у термічних печах, зануренням у ванну з розплавленим припоєм та ін.

Для зменшення шкідливого окислювання поверхонь деталей застосовують спеціальні флюси (на основі бури, хлористого цинку, каніфолі), паяють у середовищі нейтральних газів (аргону) або у вакуумі.

Припоями можуть бути як чисті метали, так і сплави. Частіше за інші застосовують сплави на основі олова, міді, срібла.

Конструкції паяних та клейових з'єднань подібні до зварних, а розрахунки цих з'єднань на міцність аналогічні зварним із стиковими швами.

4.4.3 Клейові з'єднання

Створення високоякісних синтетичних клеїв на базі фенольних, епоксидних та інших смол, а також фенол каучукових та інших композицій послужило підставою для більш широкого застосування в машинобудуванні і приладобудуванні клейових з'єднань, здійснюваних за рахунок сил адгезії (сил зчеплення) у процесі затвердіння рідкого клею. Є клейові сполуки з виборчою адгезією до яких-небудь певних матеріалів – спеціальні клеї (наприклад, гумові) або з високою адгезією до різних матеріалів (наприклад, до металів, кераміки, дерева, пластмас та ін.) – універсальні клеї (наприклад, БФ).

У процесі склеювання виконують ряд послідовних операцій: підготовку поверхонь деталей, нанесення клею, збирання з'єднань, витримку при відповідному тиску і температурі.

Міцність клейового з'єднання в значній мірі залежить від товщини клейового шару (рекомендовані значення 0,05...0,15 мм), товщина якого залежить від в'язкості клею і тиску при склеюванні. Клейові з'єднання краще працюють на зсув, гірше на відрив. Тому кращими є з'єднання внапуск. Для підвищення міцності застосовують сполучення клейового з'єднання з різьбовим, зварним і заклепковим.

Якість клейового з'єднання характеризується не тільки його міцністю, але також водостійкістю, теплостійкістю та іншими показниками.