

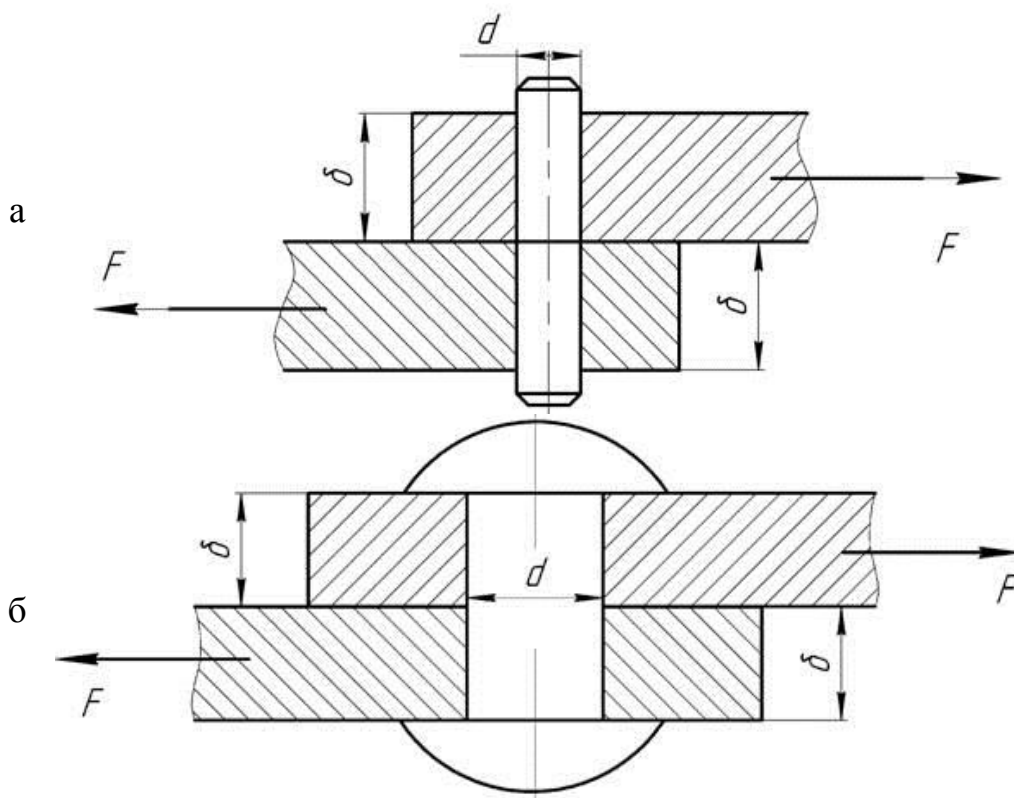
Тема: «Розрахунки на зріз і зминання. Основні поняття й розрахункові формули»

Розрахунки на зріз і зминання

Основні поняття й розрахункові формули

Деталі, що служать для з'єднання окремих елементів машин або будівельних конструкцій, — заклепки, штифти, болти й т.п. — у багатьох випадках сприймають навантаження, перпендикулярні до їхньої поздовжньої осі.

Поперечне навантаження зазначених деталей виникає, зокрема, при розтяганні (стисканні) елементів, що з'єднуються. Відповідні приклади наведені на рис.6.1 (а — штифт, б — заклепка, в — болт, поставлений без зазору, г — шпонка).



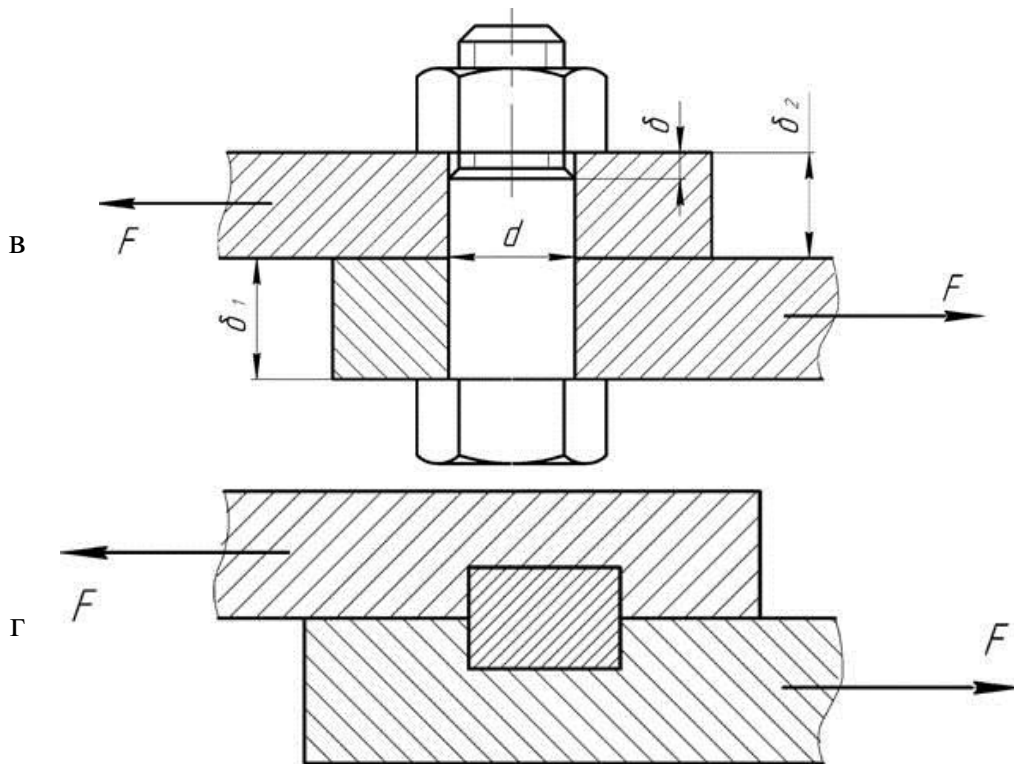


Рисунок 6.1 - Поперечне навантаження деталей при розтяганні-стисканні

Такий же характер навантаження сполучних деталей часто має місце й при передачі обертаючого моменту, наприклад, у з'єднанні шестірні з валом за допомогою штифта (рис.6.2). Останній при передачі моменту від шестірні до валу (або навпаки) несе навантаження, перпендикулярне його осі.

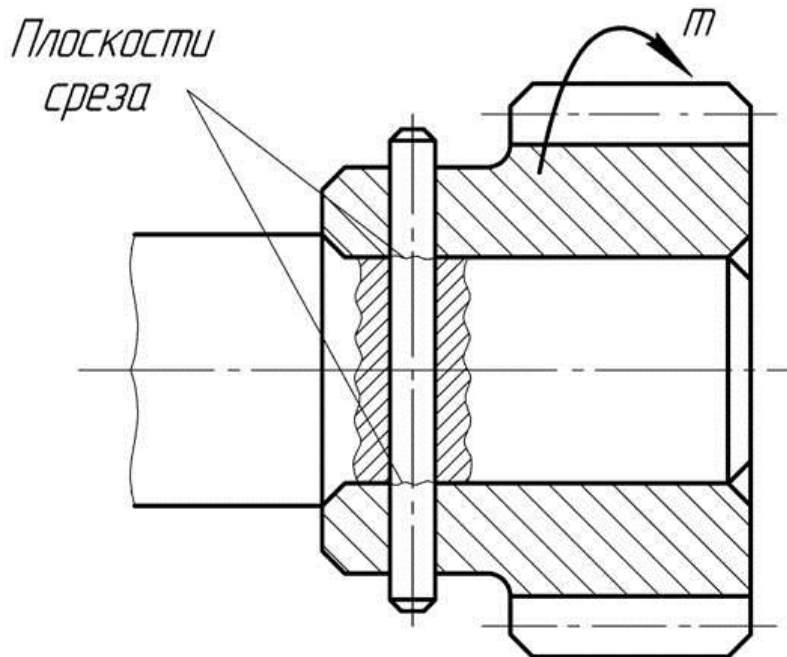


Рисунок 6.2 - Поперечне навантаження деталей при передачі обертаючого моменту

Дійсні умови роботи розглянутих деталей складні й багато в чому залежать від технології виготовлення окремих елементів конструкції і її збірки. Практичні розрахунки цих деталей носять досить умовний характер і базуються на наступних основних допущеннях:

- 1) у поперечному перерізі виникає тільки один внутрішній силовий фактор — поперечна сила F ;
- 2) дотичні напруження, що виникають у поперечному перерізі, розподілені по його площі рівномірно;
- 3) у випадку, якщо з'єднання здійснене декількома однаковими деталями (болтами й т.п.), приймається, що всі вони навантажені однаково.

Руйнування сполучних елементів (у випадку недостатньої міцності) відбувається в результаті їх перерізування по площині, що збігається з поверхнею зіткнення деталей, що з'єднуються, (рис.6.3). Тому говорять, що ці елементи працюють *на зріз*, і виникаючі в їхньому поперечному перерізі дотичні напруження також називають *напругами зрізу* й позначають $\tau_{ср}$.

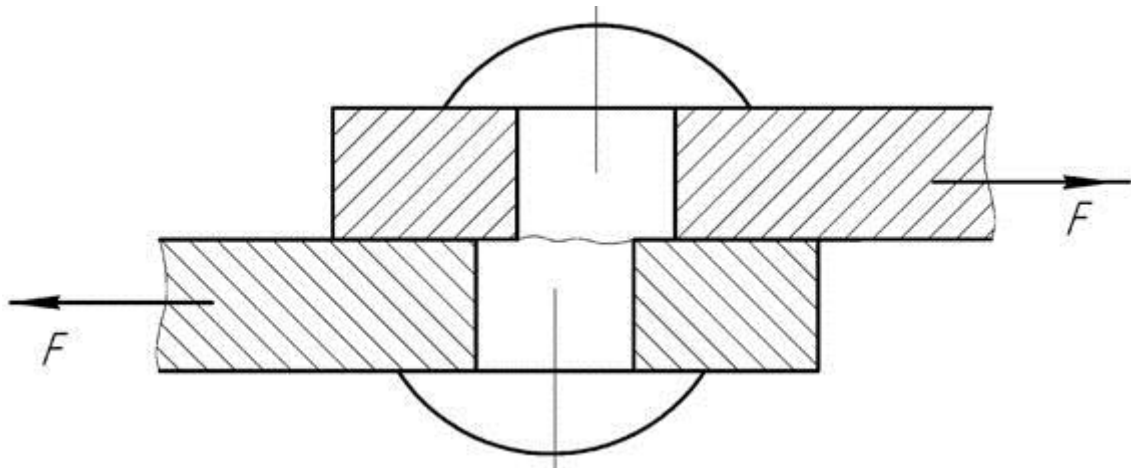


Рисунок 6.3 - Робота елементів на зріз

На основі сформульованих вище допущень одержуємо наступну розрахункову формулу (*умова міцності при розрахунку на зріз*):

$$\tau_{ср} = \frac{Q}{A_{ср}} \leq [\tau_{ср}], \quad (6.1)$$

де $\tau_{ср}$ — робоча (розрахункова) напруга зрізу, що виникає в поперечному перерізі розрахункової деталі; F — поперечна сила; при декількох однакових

сполучних деталях $Q = F/i$ (F — загальне навантаження з'єднання, i — число болтів, заклепок і т.п.); A_{cp} — площа зрізу одного болта (заклепки й т.п.); $[\tau_{cp}]$ — допустима напруга на зріз, яка залежить від матеріалу сполучних елементів і умов роботи конструкції.

У машинобудуванні при розрахунку штифтів, болтів, шпонок і т.п. приймають:

$$[\tau_{cp}] = (0,25 \div 0,35)\sigma_T,$$

де $[\sigma_T]$ — границя текучості матеріалу.

Менші значення приймають при невисокій точності визначення діючих навантажень і можливості не строго статичного навантаження.

Формула (6.1) є залежністю для перевірного розрахунку з'єднання. Залежно від постановки завдання вона може бути перетворена для визначення допустимого навантаження, або необхідної площі перерізу (проектувальний розрахунок).

Розрахунок на зріз забезпечує міцність сполучних елементів, але не гарантує надійність конструкції (вузла) у цілому. Якщо товщина елементів, що з'єднуються, недостатня, то тиски, що виникають між стінками їхніх отворів і сполучних деталей, виходять неприпустимо великими. У результаті стінки отворів зминаються, і з'єднання стає ненадійним. У випадку, якщо зміна форми отвору значна (при більших тисках), а відстань від його центра до краю елемента невелика, частина елемента може зрізатися (виколотися), як схематично показано на рис.6.4.

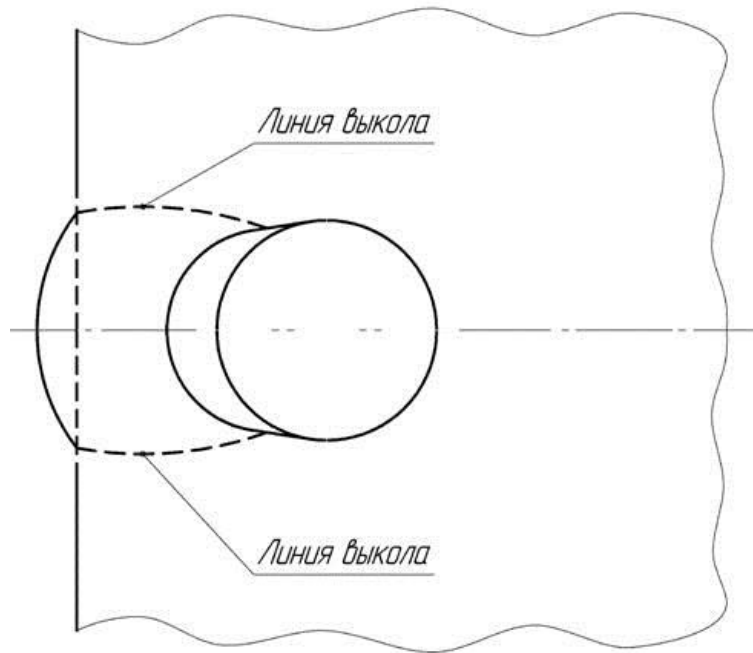


Рисунок 6.4 - Лінії виколу

Тиски, що виникають між поверхнями отворів і сполучних деталей, прийнято називати *напругами зминання* й позначати $\sigma_{см}$. Відповідно розрахунок, що забезпечує відсутність значних деформацій стінок отворів, називають *розрахунком на зминання*. Розподіл напруг зминання по поверхні контакту деталей досить невиразний й у значній мірі залежить від наявності зазору (у ненавантаженому стані) між стінками отвору й болтом (заклепкою й т.п.).

Розрахунок на зминання носить умовний характер і ведеться в припущенні, що сили взаємодії між деталями рівномірно розподілені по поверхні контакту й у всіх точках нормальні до цієї поверхні. Відповідна розрахункова формула має вигляд

$$\sigma_{см} = \frac{F}{iA_{см}} \leq [\sigma_{см}], \quad (6.2)$$

Тут $\frac{F}{i}$ — навантаження на одну сполучну деталь;

$A_{см}$ — розрахункова площа зминання;

$[\sigma_{см}]$ — допустиме навантаження зминання.

У машинобудуванні для болтових, штифтових і шпонкових з'єднань приймають: для деталей з маловуглецевої сталі $[\sigma_{см}] = 100 \div 120 \text{ Н/мм}^2$; для деталей зі середньовуглецевої сталі $[\sigma_{см}] = 140 \div 170 \text{ Н/мм}^2$; для чавунного лиття $[\sigma_{см}] = 60 \div 80 \text{ Н/мм}^2$.

Часто контактуючі деталі виготовлені з різних матеріалів; у цих випадках при виборі допустимої напруги орієнтуються на матеріал тої деталі, міцність якої менша.

У якості розрахункової площі зминання при контакті по площині (мал.6.1,г) приймають дійсну площу зіткнення — $F_{см} = tl$, де l — розмір шпонки в напрямку, перпендикулярному до площини креслення; при контакті по циліндричній поверхні (мал.6.1,а,б,в) приймають площу проекції поверхні контакту на діаметральну площину, тобто $F_{см} = d\delta$. При різній товщині деталей, які з'єднуються, у розрахункову формулу варто δ_{\min} підставляти.

Той факт, що розрахункова площа зминання у випадку контакту деталей по поверхні напівциліндра дорівнює площі діаметральної проекції цієї поверхні, легко обґрунтувати передумовою про характер розподілу напруження зминання. На рис.6.5 показаний поперечний переріз штифта (болта й т.п.), діюче на нього навантаження F й напруження зминання, що виникають на поверхні контакту штифта з одним із з'єднуваним ним елементом конструкції.

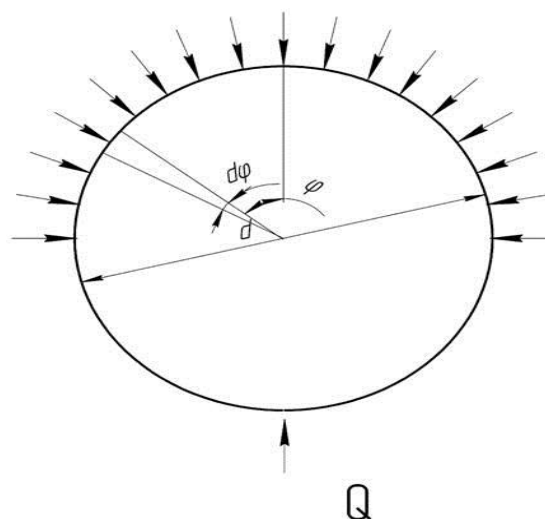


Рисунок 6.5 - Поперечний переріз штифта

Припустимо, що розмір поверхні контакту в напрямку, перпендикулярному площині креслення, дорівнює δ , тоді на елемент поверхні, що відповідає центральному куту $d\varphi$, приходить сила, рівна

$$\sigma_{см} \delta \frac{d}{2} d\varphi$$

Складаючи рівняння рівноваги сил, що діють на штифт (проектуючи всі сили на напрямок \vec{F}), одержуємо

$$Q - 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sigma_{см} \delta \frac{d}{2} \cos\varphi d\varphi = 0,$$

звідки

$$\sigma_{см} = \frac{Q}{d \delta}.$$

У деяких конструкціях сполучні деталі (штифти, шпонки) працюють на зріз по поздовжніх перерізах (рис.6.1,г); тут передумови розрахунку і його методика залишаються такими ж, як і при зрізі по поперечним перерізам.

Крім розрахунків на зріз і зминання, необхідна перевірка міцності з'єднувальних елементів на розтягання по ослабленому перерізу, тобто перерізу який проходить через центр отвору, і розрахунок на зріз (виколювання) частини елемента від центра отвору до його краю. Всі зазначені види розрахунків розглянуті в наступному прикладі.