Вибір допустимих напружень при

розрахунку зварних з’єднань

При дотриманні стандартних вимог виробництва зварювання, належного підбора електродів і флюсу домагаються, щоб міцність наплавленого металу шва була не нижче міцності основного матеріалу деталей, що зварюються, тобто забезпечують рівну міцність зварного шва і деталей, що з’єднуються. Однак в пришовній зоні термічного впливу (3...6 мм), де метал деталей, що зварюються, перетерплює структурні зміни, не завжди вдається зберегти початкові характеристики вихідного матеріалу, особливо при ручному зварюванні. Ця зміна матеріалу, що зварюється, визначається коефіцієнтом міцності шва *φ* і враховується при виборі допустимих напружень.

Допустимі напруження у зварних швах при статичному зовнішньому навантаженні призначають для основного металу в залежності від допустимих напружень, а також від способу зварювання і характеристики електродів [4].

В якості основного прийняте допустиме напруження на розтягання [*σр*] основного матеріалу, для інших видів деформацій напруження визначаються в залежності від допустимих напружень на розтяггання для зварного шва

$\left[σ\_{p}^{'}\right]=ϕ⋅\left[σ\_{p}\right]$, (3.2)

де *ϕ* – коефіцієнт зниження допустимих напружень визначається за [6; 14].

Для зварних конструкцій при дії змінних навантажень допустимі напруження для основного металу і зварного шва зменшують у порівнянні з допустимими напруженнями використовуваними в розрахунках при статичному навантаженні,

$\left[σ\_{R}\right]=γ⋅\left[σ^{'}\right]$. (3.3)

Коефіцієнт зниження допустимих напружень *γ* залежить від типу з’єднань, що визначає характер розподілу напружень в перетині, характеристики циклу *R* і марки сталі:

$γ=\frac{1}{\left[\left(aK\_{σ}\pm b\right)-\left(aK\_{σ}\mp b\right)R\right]}$, (3.4)

де *a* і *b* – коефіцієнти для вуглецевої сталі рівні відповідно 0,56 і 0,26; для легованої – 0,66 і 0,30, *Kσ –* ефективний коефіцієнт концентрації напружень при симетричному циклі вибирають за даними [6]; *R –* коефіцієнт асиметрії циклу, визначається як відношення найменшого і найбільшого за абсолютним значенням напружень чи зусиль, взятих зі своїми знаками:

$R=R\_{σ}=\frac{σ\_{min}}{σ\_{max}=\frac{F\_{min}}{F\_{max}}}$.

У знаменнику формули (3.4) верхні знаки приймають при розтягуючому найбільшому по абсолютному значенню напружень і при дотичних напруженнях, нижні – при стискаючому.

Якщо при обчисленні *γ* за формулою (3.4) одержують γ *>1*, то в розрахунок приймають *γ = 1*. Це звичайно виходить при великій асиметрії циклу *R >* 0 і вказує на те, що для даного циклу вирішальне значення має не опір утоми, а статична міцність.

**Приклади розрахунку і конструювання**

**нерознімних з’єднань**

**Задача** 1. Розрахувати зварне з’єднання (рис. 3.1).

|  |  |
| --- | --- |
|  | Дані для розрахунку: *F=*18 кН*; α* =30°*;L=*120 мм*; l =* 80 мм*;* матеріал деталей з’єднання – сталь Ст 3;допустиме напруження, за яким здійснено розрахунок, [*σ*]зг = 160 МПаРис. 3.1 Навантаження статичне. Тип електрода і спосіб зварювання вибрати самостійно. |

*Розв’язання:* 1. При ручному зварюванні вибираємо електроди Э42. Визначаємо допустиме напруження зрізу згідно [1, с. 345, табл. 36]

,

. (1.1)

1. Горизонтальну *Fх* і вертикальну *Fу* складові сили визначаємо за формулами:

  і ; (1.2)

 кН,

  кН.

3. Потрібний момент опору швелера попередньо визначаємо, згідно [23, с. 251] за формулою:

, (1.3)

де *Мзг = Fy L;*

кН·м, тоді

мм3 або 11,7 см3.

Згідно ГОСТ 8240-72 вибираємо швелер, у якого довідкова величина *Wx* більше або рівне розрахунковому значенню, отриманому за формулою (1.3). Катет шва приймаємо рівним товщині стінки *k* = 5, а ширину плити – висоті швелера *l = h.* Приймаємо швелер *№ 6,5* з *Wx* = 15 см3. У нього *h* = 65 мм [23, додаток 1].

|  |  |
| --- | --- |
| Рис. 3 2 | 4. Зварний шов знаходиться в складному напруженому стані. Сумарне значення в найбільш навантажених точках визначається як геометрична сума трьох напружень: *τм; τFx; τFy* (рис. 3.2).5. Напруження від моменту в точці В, найбільш віддаленої від центру ваги швів, згідно [11, с. 52], (1.4)  |

Рис. 3.2

де ;



 – розрахунковий полярний момент інерції швів, згідно [11, с. 53]:

, (1.5)

де .

6. Моменти інерції відносно осі Х:

  (1.6)

7. Моменти інерції відносно осі Y:

 . (1.7)

Підставимо значення *М, ρmax* і ** в формулу (1.4), отримаємо максимальне значення напруження в зварному шві від моменту:

,

8. Напруження в зварному шві від сили *Fx*, згідно [11, с. 53]:

, (1.8)



де *Азв* – сумарна розрахункова площа зварних швів в бісекторному перерізі:

,

.

9. Напруження в зварному шві від сили *Fy*:

, (1.9)

.

10. Результуюче напруження *τ* визначається побудовою

|  |  |
| --- | --- |
|  | векторного багатокутника (рис. 3.3) і порівнюється з допустимим напруженням [*τ*`]зр для зварного шва. (1.10) Якщо умова не виконується, то необхідно збільшити розміри зварного шва. Рис. 3.3 |

**Задача 2***.* Розрахувати зварне з’єднання листа і кутика (рис. 3.4).

Дані для розрахунку:

*F* = 24 кН; *α* = 45°;

*a* = 150 мм; *b* = 75 мм.

Матеріал деталей – сталь Ст.3. Допустиме напру-ження, за яким здій-снюється розрахунок,

[*σ*]р= 160 МПа;

[*σ*]зг = 160 МПа.

Навантаження статичне.

 Рис. 3.4

Рис. 3.4

*Розв’язання:* 1. Вибираємо ручне зварювання, для якого рекомендуються згідно [1, табл. 36] електроди Э42.

Визначаємо допустиме напруження зрізу за даними [1. табл. 36]:

.

2. Горизонтальну *Fх* і вертикальну *Fу* складові сили визначаємо за формулами:

 і ; (1.11)

,

.

3. Приведемо сили *Fу* та *Fх* до центру ваги зварного шва. В результаті приведення на шов будуть діяти сили *Fу* і *Fх* та моменти , .

Так як моменти діють в одній площині, то сумарний момент:

 .

4. Приймаємо довжину шва *l* ≥ 2b+(10….20)мм

 мм.

5. З умови міцності на згин визначаємо розрахункову товщину листа згідно [11, формула (3.3)]

, (1.16)

.

Приймаємо *δ* за ГОСТ 19904-74 для листової холоднокатаної сталі. Причому *δ ≥ δр*.

6. Катет шва приймаємо рівним товщині листа: *k = δ*

7. Максимальне напруження в зварному шві визначаємо геометричним сумуванням за схемою (рис. 3.5)

Рис. 3.5

,

де  згідно [11, формула (3.7)]; ,  згідно [11, формула (3.8)].

**Задача 3.** Розрахувати зварне з’єднання (рис. 3.6), швелерів до листів. Визначити розміри *hp* і *δ*. Дані для розрахунку: *F* = 30 кН; *L* = 800 мм. Матеріал швелера і листа – сталь Ст.3; допустиме напруження, за яким здійснено розрахунок, [*σ*]p = 160 МПа; [*σ*]зг = 160 МПа. Навантаження статичне.

Швелер № 20.

*Розв’язання:* 1. Вибираємо електрод Э42, який рекомендується при виконанні ручного зварювання. Визначаємо допустиме напруження зрізу зварних швів  [1, табл. 36]:

Рис. 3.6

,

.

2. Швелер № 20 за ГОСТ 8240-72 має висоту *h* = 200 мм, товщину стінки *S* = 5 мм. Товщину листів *δ* приймаємо рівну товщині стінки швелера *δ = S*. Катет шва приймаємо рівним товщині листів *k* = 5 мм.

3. З умови міцності на згин визначаємо розмір листів *hp*, [11, формула (3.3)]:

. (1.18)

Розмір *hp* вибираємо рівним стандартом довжин, *hp*= 280 мм.

4. Максимальне напруження в найбільш навантажених точках зварних швів визначається шляхом геометричного сумування двох напружень *τМ* і *τр* за схемою (рис. 3.7)

Рис. 3.7

5. Напруження від моменту в точці, найбільш віддаленій від центру ваги швів (див. рис 3.2), згідно [11, с. 52]:

, (1.19)

де ;

 – визначаємо за умовою (1.5):

, .

6. Моменти інерції швів відносно осі Х, мм4:



7. Моменти інерції швів відносно осі У, мм4:



Тоді:

, .

.

8. Напруження в зварних швах від сили *F*

,

,

де 



9. Сумарне напруження *τ* визначається побудовою векторного трикутника (див. рис. 3.7) і порівнюється з допустимим напруженням [τ`]зр для зварного шва.