

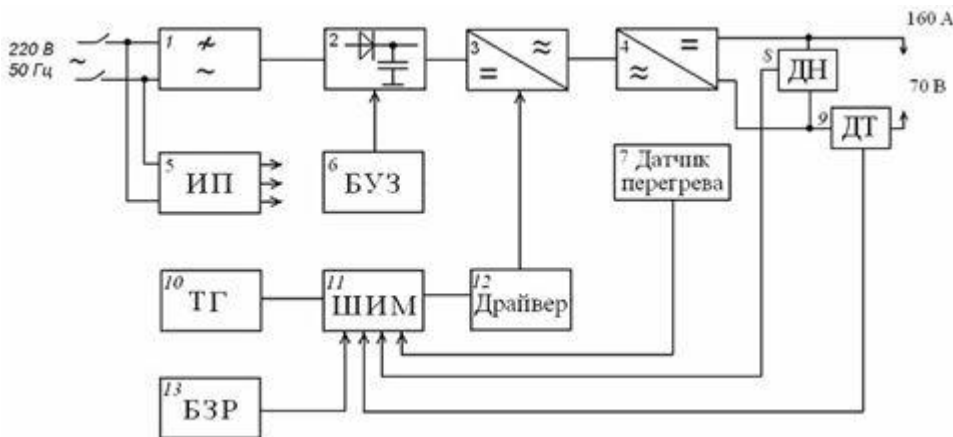
## Тема №6

### Деформації та напруги при зварюванні

#### Урок № 28-30

#### Причини виникнення напруги і деформацій та способи їх зменшення. Термічна обробка при зварюванні. Вібраційна обробка зварних конструкцій. Забезпечення точності виготовлення зварних конструкцій.

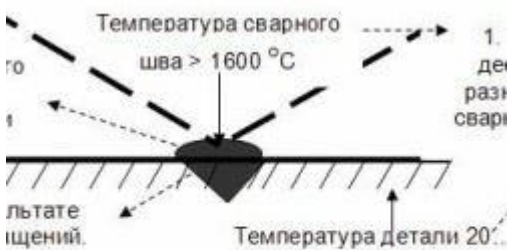
Головним при зварних роботах є дотримання технології для різних видів зварювання і безпеки при виконанні такого виду робіт. При виконанні цих робіт кожна точка отриманої спайки відчуває напруги і деформації при зварюванні.



#### Типова структурна схема інверторного зварювального апарату.

Це відбувається на початковому етапі зварювальної спайки металів, коли їх нагрівання тільки посилюється, а при охолодженні такі сили напруги та деформації набувають інший характер розташування, в залежності від перетину. Такі деформації та напруги при зварюванні прийнято називати тимчасовими. Ці короткі за часом процеси в міру експлуатації з поступовим охолодженням металу переходять в значення залишкового характеру. Подібні дії металеві елементи конструкції можуть відчувати протягом досить тривалого часу, аж до виходу з ладу.

### ВИЗНАЧЕННЯ ТА РІЗНОВИДИ НАПРУГ І ДЕФОРМАЦІЙ



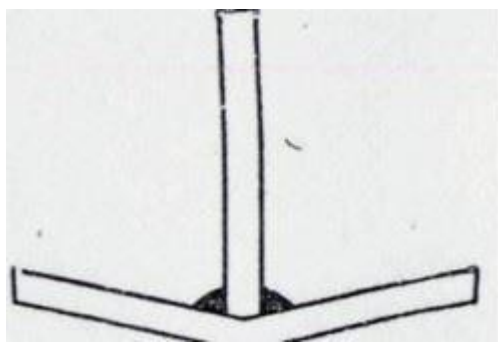
Причини деформацій деталей при сварке.

#### Причини деформації деталей при зварюванні.

Напругою при зварювальних роботах беруть силу, яка має відношення до одиничної площі елемента зварювання. Дану характеристику металу можна розділити на процеси, які викликані розтягуванням, вигином, крутінням, стисненням і зрізом. Даним параметром не можна нехтувати, так як вони викликають серйозні деформації при зварюванні і порушення одержуваних швів в цілому.

Коли з'єднання змінює габарити або геометричні розміри в результаті проведеної роботи, то це деформація деталі. Деформації бувають пружними або пластичними. Якщо форма і розміри здатні повернутися в початковий стан після припинення робіт, то подібна деформація носить назву пружною. Якщо геометрія виробу або його форма не повертаються в початкове положення, то таку характеристику називають пластичною.

Під впливом високої температури в процесі роботи виникають деформації зовнішнього властивості в деталях, які піддаються обробці. Якщо такі зміни спостерігаються тільки в період робіт, то такі напруги і деформації називають тимчасовими, які припиняють свою дію при закінченні процесу. А ось залишкові деформації і напруги продовжують діяти на метал досить тривалий час після самих робіт.



### ***Кутова деформація при зварюванні таврового з'єднання.***

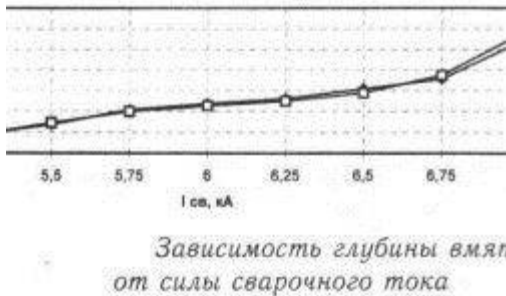
Дані параметри можна розділити на такі типи: лінійні, плоскі або об'ємні (або одно- і тривісні). Залежно від того, на який обсяг металу напруга впливає, його можна розділити на значення 1, 2 і 3 роду. Параметр 1 роду діє на великих обсягах металу, тобто в макрооб'ємів. Напруги, які обмежують свій вплив рамками кристалічного зерна металу, відносять до 2 роду. В межах кристалічної решітки металу впливають напруги при зварюванні 3 роду.

Деформації при зварюванні безпосередньо самого металу, які виникають в процесі, можна охарактеризувати:

- прогинами зварювальних елементів;
- кутом повороту в процесі робіт;
- укорочені, які виходять в результаті роботи;
- величинами точок зварного шва;
- розмірами виходу із площини, яка утворює рівновагу.

Якщо деформація призводить до серйозних геометричних змін початкового стану виробу і його осей, то таку деформацію називають загальною. Якщо деформація викликає зміни тільки окремо взятої частини зварного шва, вона місцева. Залежно від того, загальна деформація або місцевого характеру, приймаються заходи по її усуненню, які визначаються характером і масштабом отриманих деформацій.

## ПІДСТАВИ ДЕФОРМАЦІЙ І НАПРУЖЕНЬ

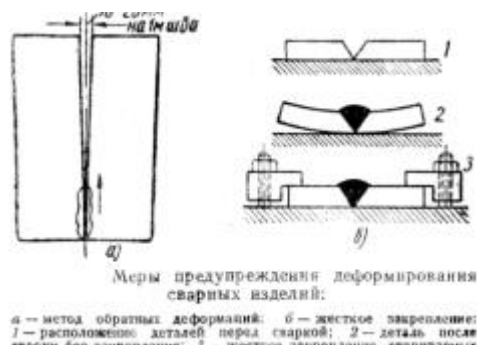


### *Залежність глибини вм'ятини від сили зварювального струму.*

Протягом робіт зі зварювання виріб піддається дії критичних високих температур. Причинами утворення напруги і деформацій є:

- нагрів матеріалу на ділянці, де виконується зварювання, відбувається нерівномірно;
- ливарна усадка;
- при охолодженні після нагрівання в матеріалі відбуваються структурні зміни в кристалічних решітках, що викликає деформацію кристалічних зерен і далі всього виробу.

## НЕРІВНОМІРНЕ НАГРІВАННЯ МЕТАЛУ ПРИ ЗВАРЮВАННІ



### *Заходи попередження деформування зварних виробів.*

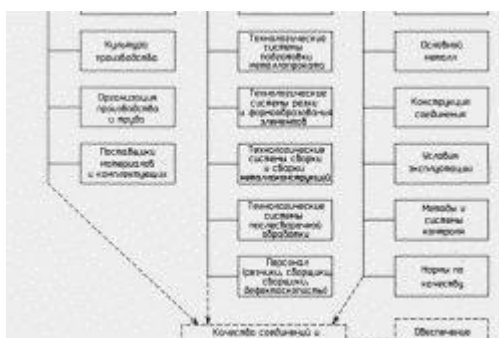
Всі метали, відповідно до своїх характеристик, розширюються в результаті нагрівання тривалого або короткострокового, а в процесі охолодження відбувається стиснення. Процес зварювання, який виконується плавленням металу, що відрізняється інтенсивним нагріванням металу в місці зварного з'єднання, утворює переривчасте

температурне поле в місці проходження шва. Якщо зв'язок між нагрітими і приварюється ділянками неперервна, в місцях прокладки зварного шва утворюються стискають напруги, які одночасні з розтягують напруженнями металу внутрішнього вигляду.

Якщо розташувати один і зварювальних елементів у вільному положенні, то при місцевому впливі високої температури зварювання довжина незакріпленого елемента може збільшитися на певну довжину. Це збільшення залежить від лінійної здатності металу до розширення, а також величини ділянки, на який відбувається високотемпературне вплив.

Після зварювання, в процесі охолодження, що утворилося подовження стане зменшуватися і поступово стане дорівнює 0, коли температура металу повернеться до первісної величині. В результаті, коли охолодження завершено, деталь, яка розташовувалася зверху, не буде відчувати внутрішніх напружень, а деформація залишкового типу буде повністю відсутні. Якщо верхню деталь закріпити жорстко щодо нижньої при здійсненні зварного шва, у неї не буде можливості подовжуватися на необхідну величину в процесі впливу високої температури. Тому в металі верхньої деталі утворюється стискаюче напруження внутрішнього вигляду.

Коли напруження стане значним, трапиться деформація стиснення, яка носить пластичний характер.



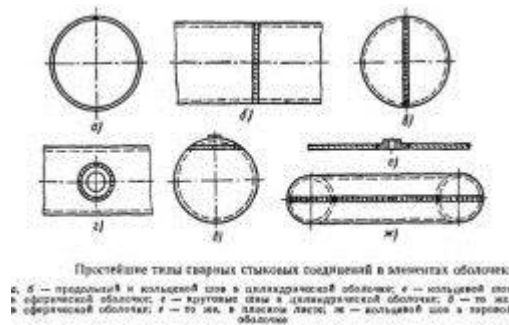
### ***Залишкові напруги і деформації при зварюванні.***

Далі метал в місці прокладки зварного шва стане товщим. Напруги металу після цього частково підуть. В результаті охолодження металу верхньої деталі необхідно стискатися, але жорстке скріплення деталей між собою перешкоджають нормальному протіканню стиснення. Тому в металі утворюються розтягують напруги.

Тиск металу внутрішнього характеру і деформація відбуваються, якщо процес ведеться методом наплавлення валика на крайку пластини. Валик і елемент пластини, яка нагрівається в процесі виконання самого з'єднання, стануть розширюватися, тим самим викликають розтягування холодної частини металеві пластини. При цьому впливі пластини буде схильна до розтягування з вигином. Валик і нагріта частина пластини залишаться стислими, так як холодна частина виробу заважає їх належного тепловому розширенню. В результаті металева пластини вигиниться опуклою частиною вгору.

Коли почнеться процес охолодження, валик і гаряча частина металевої пластини, які зазнали пластичну деформацію, почнуть зменшуватися в розмірах. Але холодний шар пластини буде цього процесу протидіяти. Наплавлений метал і нагріті елементи металевої пластини прогнуться опуклою частиною вниз, напруги залишкового характеру при цьому процесі перерозподіляться. При виконанні зварного з'єднання спрямованим валиком температурні зміни в нагрівається і холодній частинах металевої пластини протікають поступово.

## ЛИВАРНА УСАДКА: ОСОБЛИВОСТІ



### *Найпростіші типи зварних стикових з'єднань в елементах оболонок.*

Усадка металу неминуча, коли на нього впливає температура безпосередньо при зварюванні і наступному охолодженні. Сама усадка визначається взаємозв'язком між щільністю і обсягом. При застиганні метал стає щільним, значить, менш об'ємним. Так як метал, розташований на шві з основним елементом виробу, який зберіг свій обсяг, розплавлений, то в самому шві утворюються напруги внутрішнього характеру.

В процесі проведення зварювання утворюються поздовжні і поперечні усадки плавиться металу. Шов відчуває тиск відповідного напрямку, що може викликати деформацію в поздовжньому напрямку і в кутах.

Напруги, які утворюються в металі, при зварюванні деталей можуть бути з'являтися не тільки під впливом високих температур. Вони можуть зумовлюватися змінами та перетвореннями, що відбуваються в структурі металу, який схильний до високотемпературного впливу. Такі напруги найнаочніше виявляються при зварюванні елементів, які виконані з вуглецевих марок сталі.



### *Схема деформації стержня з різними умовами закріплення при нагріванні.*

Якщо деталі виконані з низьковуглецевої сталі, то зміна обсягу в результаті зварювальних робіт протікає без напружень, які можуть виникнути в процесі охолодження. Якщо необхідно виконати зварний шов між деталями з легованої сталі, то вплив високої температури здатне викликати структурні напруги.

Ці напруження розтягу утворюють додаткові деформації, які здатні утворювати тріщини в самому з'єднанні. Це пов'язано з тим, що легована сталь має гарну міцність, але меншою пластичністю. Тому для виконання зварювання деталей із загартованої сталі розробляється спеціальний процес, який технологічно дуже трудомісткий і енерговитратний.

## ЗАХОДИ, ЯКІ ЗНИЖУЮТЬ НАПРУГИ І ДЕФОРМАЦІЇ МЕТАЛУ ПРИ ЗВАРЮВАННІ



### *Вплив режиму зварювання на форму шва.*

Скорочення або зниження напруги і деформації металів при виконанні зварювання — це досить важке завдання. Тому для цих цілей необхідно взяти ряд заходів, які можуть виконуватися на різних стадіях робіт:

1. До виконання зварювальних швів. На етапі проектування металеві конструкції розглядаються взаємодії металів, які братимуть участь у зварюванні. Якщо обрані матеріали між собою не поєднуються або виконання зварного шва вимагає додаткових зусиль і фінансових витрат, то можна розглянути застосування іншого вихідного матеріалу або змінити саму конструкцію, щоб кількість зварних з'єднань по ній стало мінімальним.

2. В процесі виконання зварювання. На даному етапі необхідно правильно вибрати послідовність, з якою будуть виконуватися зварні шви. Шви, які будуть замикати конструкцію в остаточний контур повинні виконуватися найостаннішими. Якщо зварні з'єднання виконуються вручну і мають великий протяжністю, то такі сполуки рекомендують робити в ступінчастому порядку. Вузли між собою треба скріплювати досить жорстко.

Крім того, безпосередньо перед виконанням зварного шва можна кілька пошкодити кромку деталі в напрямку, який буде назад передбачуваного напрямку деформації. Якщо метал трохи підігріти, то зварене з'єднання буде піддано меншою деформації, отже,

меншим напруженням. Напруга при зварюванні, яким знехтували, може змінити міцність і жорсткість конструкції.

Після зварювання роблять термічний відпустку. Така операція забезпечує зниження залишкової напруги і покращує пластичні властивості зварного з'єднання.

*Підручник: Гуменюк І.В. «Технологія електродугового зварювання»*

**§**

**Коорди́нація накладання :**

Що виникає, коли напруги перевищують границю текучості металу?

Що виникає, коли напруги перевищують границю міцності металу?

Що утворюється при наявності жорстких зв'язків між нагрітими й холодними частинами металу ?

Що таке ливарна усадка розплавленого металу?

5. Що таке структурні перетворення в металі?

6. Що забезпечує попередній і супровідний підігрів?

7. Що відбувається при проковуванні швів?

8. Що забезпечує зворотноступінчастий порядок накладання швів?

9. Що таке рівноваження деформацій?

10. Як зменшують деформації за допомогою зворотніх деформацій?

11. Для чого використовують термічну обробку зварних виробів?

**Відповіді надсилайте на електронну адресу [pele1984@ukr.net](mailto:pele1984@ukr.net)**

**Подивитися відеоролик за посиланням:**

**[https://www.youtube.com/watch?v=AJy1uew48Ns&ab\\_channel](https://www.youtube.com/watch?v=AJy1uew48Ns&ab_channel)**

**t**

**p**

**s**

**w**

**w**

**w**

**y**

**o**

**u**

**t**

**u**

**b**

**e**

**c**

**o**

**m**