

10.11.25

## **Урок №15 «Електрошлакове зварювання: сутність процесу і область застосування»**

### **1 Застосування електрошлакового зварювання металів.**

Електрошлакове зварювання відноситься до термічного класу і є видом зварювання плавленням, під час якого нагрівання здійснюється теплом, що виділяється під час проходження електричного струму між електродом та з'єднуваними заготовками через розплавлений шлак.

Метод добре підходить для виконання стикових, кутових, таврових з'єднань з будь-якою конфігурацією шва: змінного перерізу і кривизни, прямолінійною і кільцевої форми. З них найбільш технічно простим вважається стикове зварювання

Область застосування електрошлакового зварювання досить широка, тому що метод підходить для зварювання за одне проходження металевих деталей різної товщини. Великим плюсом вважається той факт, що збільшення товщини елементів, що сполучаються прямо впливає на підвищення ефективності процесу. Застосовується електрошлакове зварювання для зварювання чавунних виробів, поверхонь кольорових металів, для виконання наплавлення



### **Можливості використання:**

- з'єднання товстостінних листів і деталей (бронекорпусів кораблів, валів гідравлічних турбін, станин потужних пресів і прокатних станів, броні танків, барабанів котлів високого тиску);
- зварювання металів, що мають різний хімічний склад;
- спорудження кожухів домен;
- виробництво зварювально-кованих і зварювально-литих конструкцій;
- виготовлення металургійного обладнання, товстостінних циліндрів.

Метод також застосовують для зварювання металу невеликої товщини (14-30 мм), наприклад, монтажних стиків корпусів суден на стапелі.

**За допомогою електрошлакового зварювання виконуються прямолінійні, криволінійні, кільцеві шви.** Найменша товщина елементів, що з'єднуються встик варіюється від 20 до 35 мм. Вважається за доцільне застосовувати ЕШС при роботі з товстостінними матеріалами і конструкціями з низьковуглецевих, середньовуглецевих, низько-, середньо і високолегованих сталей. Також ЕШС прекрасно підходить для зварювання виробів з чавуну і кольорових металів, таких як алюміній та титан.

Діапазон товщин, що можуть зварюватись становить від 8 до 2500 мм. Теоретично електрошлаковим процесом можна з'єднувати метали необмеженої товщини.

Джерело нагріву – теплота, що виділяється при проходженні енергоносія в шлакової ванні.

## **2. Процес електрошлакового зварювання.**

Робочий процес протікає у вертикальній площині і полягає в проходженні зварювального кола електричного струму по електроду, основному металу і рідкому шлаку.

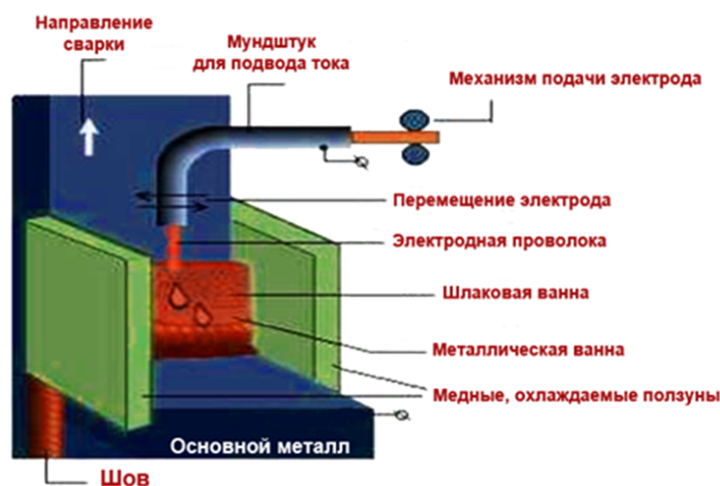


Схема процесу електрошлакового зварювання

Електрошлакове зварювання розробив у 1950-х роках колектив Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона.

Під час електрошлакового зварювання у просторі, обмеженому кромками зварюваних зразків та формуючими пристроями, утворюють ванну розплавленого флюсу (шлаку), в яку через мундштуки занурюють металевий електрод.

Струм, протікаючи від кромки через шлак. ванну до електродів, нагріває їх аж до розплавлення. Найбільша частка теплової енергії виділяється в шлаковій ванні.

У свою чергу, розплавлений метал стікає на дно шлакової ванни та утворює металеву ванну, внаслідок кристалізації (знизу) якої між кромками з'являється з'єднувальний шов.

Межа затвердіння (фронт кристалізації) рухається вгору зі швидкістю зварювання.

**ГОСТИ**

Вимоги, технічні умови, типи з'єднань і інша інформація, що відноситься до електрошлакового зварювання, міститься в ГОСТах, обов'язкових для виконання. Деякі стандарти:

1. **процеси зварювання:** ГОСТ 30482-97 – правила технологічного процесу проведення робіт дротяним електродом або плавленням мундштуком низьколегованих і вуглецевих сталей.
2. **зварювальні матеріали:** ГОСТ 9087-81, ГОСТ 30756-2001 – технічні умови на флюси зварювальні плавлені для електрошлакового зварювання і технологій.
3. **зварні з'єднання:** ГОСТ 15164-78 – типи, елементи, розміри.

**Електрошлакове зварювання виконують різними прийомами залежно від типу електродів, способів введення їх у зварювальний проміжок (зазор) та підведення зварювального струму в зону зварювання.**

**Класифікують електрошлакове зварювання по виду, кількості електродів і наявності коливань електрода.**

**Найширшого застосування в зварювальному виробництві набули методи:**

- ☐ **зварювання дротяними електродами,**
- ☐ **плавкими мундштуками**
- ☒ **електродами великого перерізу, переважно пластинами.**

#### **ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОДНИХ ДРОТІВ**

Процес виконується із застосуванням дротяного електрода з діаметром перетину 2-3 мм без поперечних коливань.

**Швидкість подачі дроту в шлакову ванну повинна бути постійною. Метод застосовується при зварюванні металу товщиною до 50 мм.**

Для зварювання металу більшої товщини використовується кілька електродних дротів. Електроди переміщуються зворотно-поступальним способом в перпендикулярному напрямку до поздовжньої осі зварюваного шва.

#### **ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОДІВ ВЕЛИКОГО ПЕРЕРІЗУ**

Застосовують стрижні і пластини круглого, квадратного або іншого перетину. Розміри і кількість електродів залежать від розмірів деталей, що з'єднуються, форми і величини заварювати отворів і порожнин. **Спосіб переважно використовується при великій товщині зварюваних елементів і висоті шва до 1 м.**

Пластинчастий електрод у міру його оплавлення опускається в шлакову ванну, глибина якої становить 20-25 мм. Основа шва відбувається в результаті з'єднання розплавлення основного металу з розплавленим матеріалом пластин.

#### **ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАВКОГО МУНДШТУКА**

**Метод поєднує в собі зварювання електродними дротами і електродами великого перерізу.** У зазор між деталями, які сполучаються встановлюється нерухомо сталеві пластина (мундштук). Вона має трубки або пази, через які пропускаються електродні дроти. Мундштук в процесі зварювання залишається нерухомим. У шлакову ванну подаються електродні дроти, які розплавляються і заповнюють зазор між сполучними елементами. Одночасно з дротом відбувається оплавлення тієї частини мундштука, яка знаходиться в

шлакової ванні.

**Розмір мундштука і кількість дротів вибираються відповідно до розмірів деталей, що зварюються. Цей метод застосовують при з'єднанні елементів зі складним перетином і невеликою висотою швів.** Плавкий мундштук виготовляють з перетином такої ж форми, як у з'єднуваних частин.

Використовують також електрошлакове зварювання з подаванням сипучих домішок, підвищеним вильотом дрютяного електрода та ін.

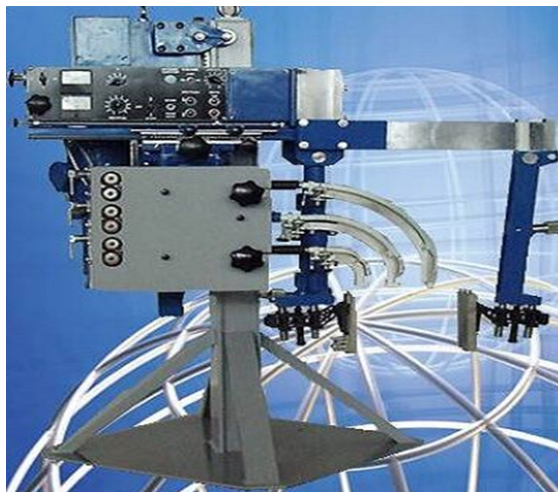
### **3. Технологія електрошлакового зварювання.**

Зварювальні деталі встановлюють вертикально, залишаючи достатній зазор між крайками. Формування металу шва відбувається примусово. У зону зварювання подається дрютяний електрод або сталева пластина (стрижень) і флюс. Між дрютом і металом на початку процесу горить дуга. Після утворення достатнього шару рідкого флюсу (шлакової ванни) дуга гасне, і проходження електричного струму відбувається тільки через флюс. Виділене тепло сприяє подальшому розплавлення флюсу, дрютяного електрода і кромки зварюваних матеріалів. Розплавлений метал утворює зварювальну ванну, стікаючи на дно шлакової ванни.

Зварювальний головка разом з мідними повзунами-кристалізаторами переміщується по з'єднуваним деталям знизу до верху, утримуючи їх. Повзуни, формуючі метал шва, охолоджуються через канали, по яких циркулює вода, з метою забезпечення нормального формування шва і запобігання витікання з плавильного простору рідкого шлаку і металу. У міру заповнення зазору пластини повзуна переміщуються вгору. Метал ванни охолоджується, відбувається кристалізація і утворення зварного шва по всій висоті кромки з'єднувальних матеріалів.

### **4. Устаткування для електрошлакового зварювання.**

Метод вимагає застосування обладнання – зварювальних апаратів автоматичного і напівавтоматичного типу, верстатів і установок.



Зварювальні установки для виконання ЕШЗ складаються з власне зварювального апарату та пристроїв для необхідних маніпуляцій зі зварюваним виробом. Вони бувають **спеціалізованими або універсальними** і застосовуються для електрошлакового зварювання прямолінійних, кільцевих швів та швів складної конфігурації.

**Зварювальні апарати є стаціонарного або переносного типу. Їх можна переміщувати безпосередньо по стику зварюваного виробу чи по окремій колоні.** Українські зварювальні апарати виготовляють в інституті електрозварювання НАНУ (Київ) та на Каховському заводі електрозварювального обладнання (Херсонська обл.).

**Зварювальний автомат для електрошлакового зварювання містить:**

- джерело живлення;
- зварювальну головку;
- пристрою (повзуни) для примусового утримання зварювальної ванни;
- механізми переміщення зварювального апарату і електродів;
- елементи управління;
- котушки для дроту;
- бункер для флюсу;
- прилади контролю положення зварювальної ванни.

Автомати, що застосовуються для здійснення електрошлакового зварювання, трохи відрізняються від інших зварювальних пристроїв.

Вони забезпечені:

**спеціальними пристроями** для утримання поточного металу, шлаку в зоні зазору; **пристроями, що переміщують електрод** уздовж зварювальної ванни, що забезпечують рівномірний прогрів;

**джерелом живлення**, що забезпечує стабільність процесу і температурний режим шлакової ванни.

**ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ** (ПОРІВНЯНО З АВТОМАТИЧНИМ ДУГОВИМ ЗВАРЮВАННЯМ)

**До позитивних якостей способу відносяться:**

1. **Можливість однопрохідної зварювання виробів, що мають необмежену товщину.** Наслідок – зменшення трудомісткості зварювального процесу, здешевлення виробництва, поліпшення якості швів.
2. **Відсутність необхідності в спеціальній підготовці кромek деталей, що зменшує обсяг підготовчих робіт.**
3. **Витрата флюсу в 15-20 разів менше в порівнянні з електродуговим зварюванням під флюсом.**
4. **Вертикальне положення процесу зварювання (не потрібно часте кантування виробів).**
5. **Забезпечення рівномірного проварення кромek з'єднувальних елементів.**
6. **Відсутність кутових деформацій на листах після зварювання.**
7. **Висока продуктивність.**

**недоліки:**

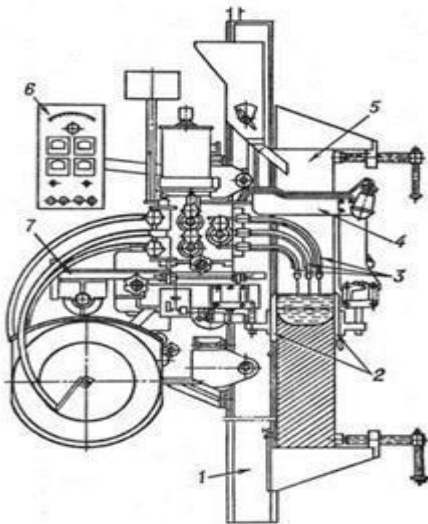
- обов'язкова вертикальна орієнтація шва;
- неприпустимість переривання зварювального процесу щоб уникнути дефектів;
- необхідність установки додаткового обладнання (Повзуни, планки);
- грубозерниста структура шва;
- необхідність термообробки готового виробу з метою поліпшення міцності.

## **5. Зварювання рельс.**

У простір між кромками вертикально встановлених деталей (рисунок 4) приставною сталлюю або мідною планкою і шлакоутримувальними мідними повзунами подається флюс та один чи кілька зварювальних дротів діаметром 2...3 мм. Зварювання починається із збудження дуги під шаром флюсу між електродними дротами і приставною планкою. В міру розплавлення флюсу й утворення шлакової ванни, зварювальні дроти занурюються в розплавлений шлак, і горіння дуги припиняється



- 1 — напрямна рельс-колонна, закріплена на виробі;
- 2 — передній та задній повзуни;
- 3 — струмопровідні мундштуки с електродами;
- 4 — пластина для кріплення заднього повзуна;
- 5 -- виріб;
- 6 — пульт керування;
- 7 — механізм горизонтальної подачі.



**Рисунок 4 Автомат рельсового типу для електрошлакового зварювання дровими електродами:**

Проте струм продовжує протікати крізь рідкий шлак, і теплота, яка виділяється в ньому, витрачається на подальше плавлення флюсу, кромки зварюваних деталей і присадного металу. Під час зварювання по зігнутих струмопідвідних мундштуках за допомогою системи подавальних роликів безперервно надходить дріт у рідкий шлак. Автомат за допомогою коліс або спеціальних електромагнітів переміщується у

вертикальному напрямі разом з повзунами. Останні, охолоджуючись проточною водою, сприяють примусовому формуванню зварного шва, що утворюється з ванни розплавленого металу. Трубою, встановленою трохи вище мундштуків, у зону зварювання подається флюс.

**Домашнє завдання: опрацювати матеріал та**

*Підручник «Технологія електродугового зварювання» Гуменюк І.В. та інші. – Київ : Грамота, 2006*

**Питання для самоконтролю:**

1. Що таке електрошлакове зварювання та його сутність?
2. Класифікація методів ЕШЗ.
3. Область застосування та технологія ЕШЗ.
4. Переваги та недоліки ЕШЗ.
5. Складові устаткування для ЕШЗ.