**Однопрохідне електродугове та електрошлакове зварювання низьколегованої сталі 09Г2С товщиною 45 мм**

Козулін С.М., канд. техн. наук;

Онищенко П.І., асп., пров. інж.;

Резнік С.А., пров. інж.-техн.;  
Ганчук А.В., заст. зав. відділу

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, вул. Казимира Малевича, 11, Київ, 03150, Україна

pwi\_37@ukr.net

**Ключові слова:** однопрохідне зварювання, сталь великої товщини, двоелектродний процес, зварний шов, ЕШЗ, дугове зварювання, механічні властивості.

Зварювання сталей великої товщини має певні особливості, труднощі та обмеження щодо умов, техніки та результатів виконання. Найбільш поширеними для зварювання вертикальних швів сталей товщиною від 20 мм з примусовим формуванням є електродуговий та електрошлаковий способи.

Кожен з них має свої переваги та недоліки. Зокрема, при високій продуктивності, ефективності та якості з’єднання (за умови дотримання технології) ЕШЗ має і основний недолік – значне тепловкладення, що впливає на структуру металу навколо шовної зони, механічні властивості з’єднання в цілому та потребує додаткових технологічних процедур (термообробки). З практичного досвіду ЕШЗ застосовується для діапазону товщин від 20 до 500 мм одним, двома або трьома електродами діаметром 3,0 мм.

ЕДЗ, в свою чергу, має обмеження по максимальній товщині металу,який можна зварювати, нижчу продуктивність та ефективність при зварюванні великої товщини, гірші санітарно-гігієнічні характеристики, однак забезпечує кращі показники механічних властивостей з’єднання.

Проведені експериментальні дослідження двоелектродного ЕДЗ та ЕШЗ вертикальних швів зразків сталі 09Г2С товщиною 45 мм з примусовим формуванням електродами діаметром 2,0 мм для оцінки, порівняння та оптимізації параметрів, режиму та характеру процесу зварювання, термічного циклу та їх впливу на формування структури металу шва та ЗТВ, механічні властивості з’єднання.

Аналіз отриманих даних показав стабільне спокійне протікання процесу ЕШЗ без коротких замикань в порівнянні з ЕДЗ.

Результати запису термоциклу показали значно вищі температури при ЕШЗ в навколошовній зоні на однаковій відстані від кромок. Отримані результати розмірів шва та ЗТВ показали більші значення для ЕШЗ, що є закономірним. Це пов’язано із рівнем тепловкладення, яке в нашому випадку склало для ЕДЗ - 37 кДж/см2, а при ЕШЗ - 94 кДж/см2 як. В процесі оптимізації режимів при ЕДЗ питома енергія зросла на 20% до 44-45 кДж/см2, а при ЕШЗ, за рахунок збільшення швидкості зварювання, цей параметр було знижено на 14,9% до 80 кДж/см2, глибина проплавлення зменшилась майже в 1,5-2 рази.

Результати аналізу мікроструктур показали, що при ЕШЗ для металу шва характерною є однорідна бейнітна структура з ділянками полігонального фериту. При дуговому зварюванні у металі шва формується переважно ферито-перлітні структура з глобулярною морфологією перліту з деякими виділеннями полігонального фериту. На ділянці зони термічного впливу в обох досліджуваних шліфах переважає ферито-перлітна структура. Структура основного металу ферито-перлітна, та характеризується дрібнодисперсними рівноосними зернами (твердість 190-210 HV).

Показники мікротвердості зварних з’єднань свідчать, що метал шва отриманого ЕШЗ (235-255HV) має дещо нижчі значення в порівнянні з ЕДЗ (235-285HV). Однак в ЗТВ ці показники майже однакові (170-230HV).

Отримані показники параметрів механічних властивостей майже у всіх випадках мають значення вище показників для основного металу. При цьому, збільшення швидкості зварювання та застосування більш легованих дротів при ЕШЗ призвело до підвищення показників Ϭт та Ϭв на 10-20% практично до рівня значень ЕДЗ.

Результати випробувань на ударний згин зварних з'єднань виконаних ЕШЗ та ЕДЗ свідчать про значно кращі показники при застосуванні ЕДЗ. Однак, застосування легованих дротів Св10НМА+Св10ХГ2СМА при ЕШЗ и суттєво їх покращило (більше ніж у 2 рази) та наблизило до показників основного металу.

Підсумовуючи результати проведених експериментальних досліджень, було показано можливість отримання якісних зварних з’єднань однопрохідного двоелектродного зварювання сталі товщиною 45 мм як ЕДЗ так і ЕШЗ способами. При цьому механічні властивості отриманих з’єднань на оптимізованих режимах зварювання практично однакові.