

УДК 621.3

М.Г. Єфименко<sup>1</sup>, І.В.Дощечкіна<sup>2</sup>, В.М. Краснокутський<sup>2</sup>, А.Г. Єндавицька<sup>2</sup>, О.С. Оболенський<sup>2</sup><sup>1</sup> Харківський державний педагогічний університет ім. Г.С. Сковороди, Харків<sup>2</sup> Харківський національний автомобільний університет, Харків

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗВАРНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ І РАМ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ

*Показана можливість підвищення надійності зварних конструкцій із листових двофазних низьколегованих сталей шляхом мікролегування металу шва ітрієм.*

**Ключові слова:** земляні роботи, штампування, метал, машина.

### Вступ

При виготовленні машин для земляних робіт (МЗР) значну кількість деталей отримують із листових сталей методом штампування із подальшим їх з'єднанням. Для навантажених виробів досить складної конфігурації (опорні та хребтові рами, робочі органи, зчіпні пристрої, кронштейни) використовують низьколеговані двофазні феритно-мартенситні сталі (ДФМС) підвищеної міцності. Широке застосування цих сталей обумовлено прагненням до поліпшення якості деталей МЗР, зменшення їх маси і зниження витрат пального. При всезростаючому ускладненні конструкцій і умов експлуатації МЗР дуже актуальним є питання підвищення надійності їх відповідальних зварних з'єднань, які передчасно виходять із ладу через появу тріщин як у процесі їх виробництва, так і під час експлуатації.

**Аналіз публікацій.** У зв'язку з тим, що деталі робочих органів і рам МЗР отримують холодним штампуванням, деформаційне зміцнення негативно впливає на зварюваність. Мартенсит, що міститься в двофазній сталі, після гартування також погіршує зварюваність. Надійність зварного з'єднання з одного боку лімітується небезпекою локального окрихнення через наявність мартенситу, а з іншого боку - можливістю знеміцнення сталі під впливом високої температури зварювання. Забезпечення задовільної зварюваності і отримання більш якісного зварного з'єднання - це необхідні умови застосування двофазних сталей підвищеної міцності для зварних конструкцій рам і робочих органів МЗР [1]. Перспективним напрямом поліпшення якості зварних з'єднань є мікролегування наплавленого металу рідкісноземельними елементами (РЗМ)[2]. Завдяки своїй високій хімічній активності по відношенню до шкідливих домішок, РЗМ очищують метал від кисню, сірки, азоту, фосфору, зменшують схильність до перегріву, сприяють подрібненню зерна, дисперсності і глобуляризації неметалевих включень, а також очищенню границь зерен [3,4].

Важливим показником штампуємість металу є співвідношення  $\sigma_{0,2}/\sigma_b$  [5]. Для типових ДФМС воно відповідає  $\sim 0,5$ . Забезпечивши в мікроструктурі сталі 20 - 25% мартенситної складової як зміцнюючої фази, можна знизити відношення  $\sigma_{0,2}/\sigma_b$  до 0,4 - 0,45 і по-

ліпшити штампуємість [6]. Як свідчить [6] отримати 20-25 % мартенситу можна при гартуванні сталі від температури 780-790<sup>0</sup> С. Феритно-мартенситна структура з 25% мартенситу забезпечить підвищення міцності сталі при збереженні гарної штампуємість, але при цьому погіршується зварюваність. Для поліпшення зварюваності в наплавлений метал додавали мікродобавки РЗМ. Як впливає з попередніх досліджень [7, 8] серед РЗМ найбільш ефективний вплив на структуру і властивості металу має ітрій.

**Метою даної роботи** є забезпечення гарного штампування сталі 09Г2С для рам і робочих органів МЗР і підвищення надійності їх зварних з'єднань шляхом мікролегування наплавленого металу ітрієм.

### Методика і результати досліджень

Для експериментів узяли електрод марки УО-1 типу Е50. Електроди виготовляли за стандартною технологією з використанням дроту Св-08ГС діаметром 4 мм. Зварювання виконували на постійному струмі зворотної полярності з силою струму 200 - 210 А. Режимми зварювання вибирали у напрямку зменшення сили струму і невеликого збільшення тривалості процесу з метою зменшення розігріву металу.

Для вивчення зміни хімічного складу, мікроструктури і механічних властивостей під впливом ітрію в якості моделі використали сталь 10. Зварні з'єднання виготовляли із листової сталі 09Г2С.

Ітрій в покриття електрода вносили в розрахункових кількостях 0,2-3,0%, що відповідало його залишковому вмісту у наплавленому металі 0,005 - 0,015 % відповідно.

Встановлено, що максимальний модифікуючий і рафінуючий ефекти досягаються при його добавці в кількості до 0,3%. При цьому помітно зменшується кількість шкідливих домішок - сірки і фосфору, вони більш рівномірно розподіляються по перетину. Стають чистішими границі зерен. Знижується загальна кількість неметалевих включень, вони подрібнюються, набувають округлої форми. При добавці 0,6 % ітрію спостерігається подальше подрібнення включень, але помітно збільшується їх кількість.

Ітрій істотно зменшує розмір зерна. В металі без ітрію 60% зерен відповідають 40 - 60 мкм, а з ітрієм - більше 70 % займають зерна розміром  $\sim 15$  мкм. При

присадці ітрію ~ 1 % по границям зерен виділяється нова крихка фаза, що збагачена ітрієм до 1,5%.

Проведені дослідження показали, що при добавці 0,3% ітрію ударна в'язкість при  $-60^{\circ}\text{C}$  в 2 рази вища, ніж у наплавленого металу серійним електродом. Збільшення вмісту ітрію до 0,6...1% призводить до зниження показників ударної в'язкості у всьому температурному інтервалі, що пов'язано із забрудненням металу оксидами ітрію та іншими сполуками, що утворюються при зварюванні. Сама по собі ударна в'язкість ще не характеризує в повній мірі опір матеріалу крихкому руйнуванню, тому були визначені її складові: робота зародження тріщини  $\text{K}_{\text{C}_3}$  і робота її розвитку  $\text{K}_{\text{C}_\text{P}}$ . Наявність ітрію в металі підвищує  $\text{K}_{\text{C}_3}$  у всьому інтервалі температур (від  $+20^{\circ}$  до  $-60^{\circ}\text{C}$ ),

$\text{K}_{\text{C}_\text{P}}$  помітно збільшується при кімнатній температурі, але при зниженні температури різниця між значеннями  $\text{K}_{\text{C}_\text{P}}$  для металу з ітрієм та без нього менша.

Ітрії позитивно впливає на зварювально-технологічні характеристики: підвищується стабільність горіння дуги, зменшується розбрикування металу, утворюється шлакова корка, яка добре захищає рідку ванну і легко відділяється при охолодженні.

Оскільки електроди із присадкою ітрію забезпечили підвищення властивостей наплавленого металу як при кімнатних, так і від'ємних температурах, було вирішено використати їх для зварних конструкцій із двофазної хладостійкої сталі підвищеної міцності 09Г2С. У табл. 1 наведено результати механічних досліджень сталевих зварних з'єднань.

Таблиця 1

Механічні властивості зварних з'єднань із сталі 09Г2С, виконаних серійним і експериментальним електродами з ітрієм

| Сталь | Електрод  | $\sigma_{\text{в}}$ , МПа | $\sigma_{0,2}$ , МПа | $\delta$ , % | $\Psi$ , % | $\text{K}_{\text{CU}}$ , МДж/м <sup>2</sup> |     |     |     |     |     |
|-------|-----------|---------------------------|----------------------|--------------|------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
|       |           |                           |                      |              |            | +20   | 0   | -20 | -40 | -60 | -70 |
| 09Г2С | Серійний  | 580                       | 470                  | 28           | 68         | 1,8   | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 0,7 | 0,6 |
|       | Дослідний | 620                       | 490                  | 28           | 68         | 2,1   | 1,8 | 1,8 | 1,5 | 1,2 | 1,0 |

Із таблиці видно, що характеристики міцності зварних з'єднань, виконаних електродом, що містить ітрії, вищі порівняно із серійним варіантом. Пластичність зберігається практично на тому ж рівні, тоді як ударна в'язкість, особливо при низьких температурах, зростає. Поліпшення зварюваності, запас пластичності, підвищення ударної в'язкості збільшують опір металу зварного шва крихкому руйнуванню, а отже, підвищують надійність в експлуатації.

### ВИСНОВКИ

1. Двофазна феритно-мартенситна сталь, що містить після гартування 20 - 25% мартенситу, забезпечує співвідношення  $\sigma_{0,2}/\sigma_{\text{в}} = 0,4 - 0,45$ , яке є показником гарної штампуємості деталей для робочих органів, сполучних пристроїв і рам МЗР.

2. Для отримання 25 % мартенситу в структурі сталі 09Г2С її треба піддати неповному гартуванню від температури  $780 - 790^{\circ}\text{C}$ .

3. Підвищення надійності зварних конструкцій із сталі 09Г2С може бути досягнуто з використанням зварювальних матеріалів, що містять ітрії.

4. Оптимальна добавка ітрію (0,3%) забезпечить зварним з'єднанням робочих органів і рам МЗР зростання міцності без зниження пластичності, а також ударної в'язкості при позитивних і негативних температурах, отже, підвищить їх конструктивну міцність і хладостійкість.

### Список літератури

1. Краснокутський В.М. Якість машин / В.М. Краснокутський, В.В. Нічке. – Х.: ХНАДУ, 2009. – 220 с.
2. Дощечкина И.В., Дьяченко С.С., Татаркина И.С. Повышение срока службы деталей ходовой части трактора / Вісник ХНТУСГ. – 2008. – Вип.68. – С.70-74.
3. Фраге Н.Р. Модифицирование чугуна малыми добавками легатуры РМЗ / Фраге Н.Р., Гуревич Ю.Г., Филинков М.Д. // Известия вузов. – ЧМ, 1981. – №2. – С. 93-97.
4. Александров А.Г. Влияние иттрия на структуру и механические свойства шва при сварке чугуна, стали и сплавов / А.Г. Александров, П.П. Лазебнов // Автоматическая сварка. – 1982. – № 12. – С. 34-37.
5. Востриков А.А. Штампуемость малоуглеродистых и неуглеродистых сталей / А.А. Востриков, В.В. Гайдук, Г.Э. Аркумс // Сталь. – 1982. – № 1. – С. 67-71.
6. Голованенко С.А. Двухфазные низколегированные стали / С.А. Голованенко, Н.М. Фонтштейн. – М.: Металлургия, 1986. – 206 с.
7. Ефименко Н.Г. Металловедение и термическая обработка сварных соединений / Н.Г. Ефименко, Н.А. Радзивилова – Х.: ХНАДУ, 2003. – 488 с.
8. Дощечкина И.В. Повышение конструкционной прочности и хладостойкости литой низкоуглеродистой стали / И.В. Дощечкина, С.В. Кафтанов, В.О. Костик // Вестник НТУ «ХПИ». – 2002. – Т.10. – С. 36-39.

Надійшла до редколегії 17.02.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Фоменко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СВАРНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И РАМ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

М.Г. Ефименко, И.В. Дощечкина, В.М. Краснокутский, А.Г. Ендавицкая, А.С. Оболенский

Показана возможность повышения надежности сварных конструкций из листовых двухфазных низколегированных сталей путем микролегирования металла шва иттрием.

**Ключевые слова:** земляные работы, штампования, металл, машина.

### INCREASE OF RELIABILITY OF WELDED WORKINGS ORGANS AND FRAMES OF MACHINES FOR EARTHWORKS

M.G. Efimenko, I.V. Doschekhina, V.M. Krasnokutskiy, A.G. Endavickaya, A.S. Obolensky

Possibility of increase of reliability of weldments is rotined from sheet diphasic низколегированных сталей by the microalloying of metal of guy-sutures by a yttrium.

**Keywords:** earthworks, punching, metal, machine.