

УДК 621.791

Гринь О. Г., Жаріков С. В., Соцький І. М.

ПІДВИЩЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЧЕРЕЗ МАТЕРІАЛ ОБОЛОНКИ ПОРОШКОВОГО ДРОТУ

При виробництві самозахисних порошкових дротів (СПД) трубчастої та інших конструкцій для наплавлення використовуються металева стрічка оболонки і порошкові матеріали осердя: газоутворюючі, шлакоутворюючі, розкислювачі, легуючі, стабілізуючі.

Якість зварних з'єднань і наплавленого металу в значній мірі визначається кількістю, розміром, складом і розподілом неметалічних включень. Неметалеві включення можуть стати осередками зародження тріщин в наплавленому металі, знижувати механічні властивості і службові характеристики наплавлення.

Запобігти потраплянню домішок та екзогенних включень можливо при забезпеченні рівномірності плавлення оболонки і осердя дроту, якісного матеріалу оболонки і наповнювача, рівномірного подавання дроту в зону горіння дуги, що актуально при обмеженому часі існування зварювальної ванни.

Дана робота присвячена вивченню впливу матеріалу і стану оболонки на зварювально-технологічні властивості СПД і кількість, розмір і розподіл включень в наплавленому металі.

Незважаючи на те, що постійно удосконалюються конструкції порошкових дротів, склади наповнювачів, технології наплавлення, вміст неметалічних включень в металі наплавлення зазвичай перевищує їх вміст в основному металі [1, 2]. Згідно з даними [3, 4, 5] сумарна кількість неметалевих включень в металі, наплавленому самозахисними порошковими дротами рутилового типу, 0,3–0,46 %, а в металі зносостійкого наплавлення, виконаного порошковим дротом з фтористо-кальцієвою основою, 0,2–0,25 %. Прийнято вважати, що високий вміст неметалевих включень в разі застосування самозахисних порошкових дротів отримують з приводу не рівномірного плавлення осердя і оболонки [6, 7].

Якісна сталь, яка застосовується для зварних металоконструкцій і основи при наплавочних роботах, містить 0,02–0,04 % включень, а зварювальний дріт Св-08А до 0,015 %.

З літературних даних відомо [8], що на вміст неметалевих включень в наплавленому металі впливає їх наявність в феросплавах. Так об'ємна частка включень в феромарганцю і феросиліцію досягає 0,4 % і представлені силікатами і сульфідами.

Аналіз літературних даних показав, що питання впливу складу стрічки, яка використовується для оболонки порошкового дроту, на якість наплавлення вивчені недостатньо [9, 10]. Для зварювання і наплавлення легованих сталей застосовують порошкові дроти з оболонкою високолегованої стрічки [9], з нікелевого сплаву [10]. Найбільш часто для виготовлення порошкових дротів застосовують холоднокатану стрічку низьковуглецевої слабо розкисленої сталі [1, 2].

Один з варіантів підвищення зварювально-технологічних властивостей СПД і якості наплавлення або металу зварного шва, зокрема зниження неметалічних включень в наплавленому металі, може реалізуватися через матеріал оболонки порошкового дроту і стабільність режимів наплавлення. Для вирішення поставленого завдання при виготовленні порошкових дротів використовувалися стрічки марок 08кп, 65Г розміром 0,5 × 12 мм.

Оцінку забрудненості неметалевими включеннями металу стрічок проводили на зразках за допомогою металографічного мікроскопа «Неофот-30» при збільшенні ×100 і ×250, рівень забрудненості неметалевими включеннями визначали методом порівняння з еталонними шкалами. Оцінка розподілу неметалевих включень по розмірним групам в наплавленому металі проводилася відповідно до ГОСТ 1778-70.

Дослідженням встановлено, що метал всіх зразків забруднений переважно дрібними сульфідними включеннями неправильної і куткової форми, а також плівкового типу. В стрічці зі сталі 08кп зустрічаються окремі оксидні і силікатні неметалеві включення діаметром до 12 мкм. На рис. 1 наведена загальна картина забрудненості.

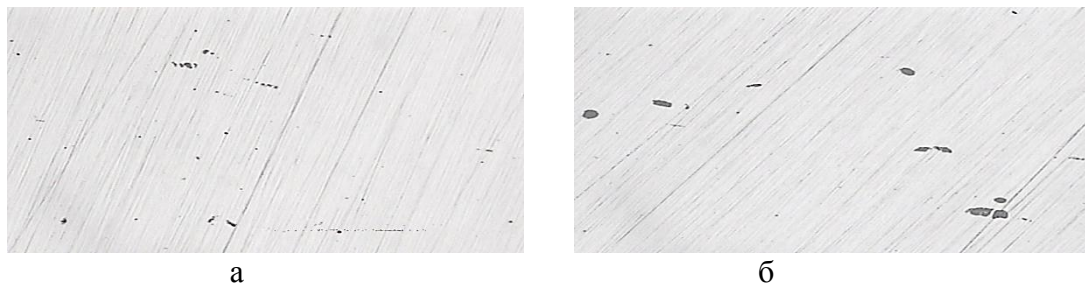


Рис. 1. Характерний вид неметалевих включень в металі оболонок порошкових дротів зі стрічок (× 250):
а – 65Г; б – 08кп

Загальна забрудненість включеннями на одиничній площадці визначалася за виразом:

$$B = \sum_{i=1}^n d_i \cdot B_i, \tag{1}$$

де n – кількість розмірних інтервалів;

d_i – середній розмір включень в i -му розмірному інтервалі, мкм;

B_i – рівень забрудненості металу стрічки включеннями розміром d_i .

Порівняння забрудненості сульфідами і оксидами стрічок з різним вмістом шкідливих домішок свідчить про підвищення частки сульфідів і зниження оксидної складової неметалевих включень в загальній забрудненості. Наявність Mn і Si в матеріалі стрічки приводить до диспергування неметалевих включень і підвищенню рівномірності їх розподілу. При цьому має місце звуження розмірного інтервалу (рис. 2) у бік зменшення розмірів неметалевих включень. Розмір включень і рівень забрудненості адекватно взаємопов'язаний з вмістом сірки в металі стрічки.

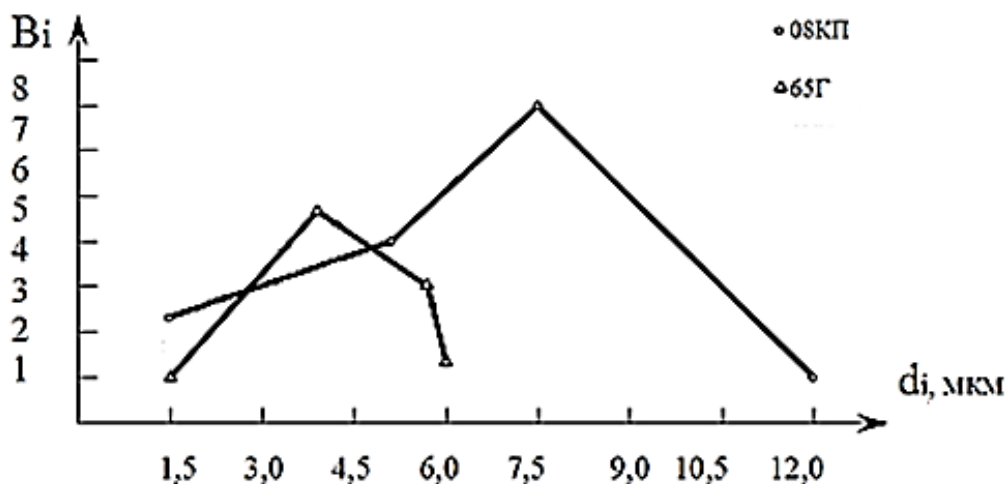


Рис. 2. Рівень забрудненості металу оболонки порошкового дроту неметалевими включеннями відповідного розмірного інтервалу

Для оцінки впливу складу стрічки оболонки на вміст неметалевих включень в наплавленому металі були виготовлені СПД карбонатно-флюоритового типу, які відрізняються матеріалом оболонки (табл. 1). Після виготовлення порошкових дротів і перевірки їх геометричних характеристик встановлено, що коефіцієнти заповнення дротів з оболонками 08кп на 10–12 % більше дротів з оболонкою зі сталі 65Г. Це може бути пояснено здатністю сталі 65Г утворювати на поверхні оболонки зміцнений поверхневий шар при деформації в процесі волочіння. Такий матеріал менше піддається деформації подовження, що призводить до збільшення коефіцієнта маси оболонки.

Варто відзначити підвищену щільність осердя на 6–7 % у дроті з оболонкою 65Г, щодо дротів, виготовлених з стрічки 08кп, що збільшує його електропровідність.

Досліджували метал з пошаровим наплавленням, виконаним дротами діаметром 2,8 мм на підкладку зі сталі 45 товщиною 8 мм. Наплавлення виконували на постійному струмі зворотної полярності на режимі: $I_{зв} = 280\text{--}300$ А, $U_d = 22\text{--}24$ В, $V_{зв} = 18$ м/г. Живлення здійснювали від випрямляча ВС-600. Хімічний склад металу, наплавленого досліджуваними дротами, у всіх випадках був в межах, %: 0,3–0,35 С; 1,4–1,5 Si; 1,6–1,9 Mn; 4,2–4,5 Cr; 0,16–0,25 Ti.

З середніх шарів отриманих наплавлень вирізали зразки для досліджень неметалевих включень. У всіх випадках наплавлення умови отримання ендегенних включень однакові. Неметалеві включення в металі стрічки оболонки мають переважно ендегенне походження. Можливо, що такі включення, потрапивши в зварювальну ванну, втрачають свої характерні властивості, їх інгредієнти взаємодіють із залишковими продуктами реакцій, що протікають в процесі наплавлення, і в подальшому можуть бути центрами утворення нових включень. Наприклад, двофазні включення утворюються в тих випадках, коли більш легкоплавкі інгредієнти, до яких відносяться силікати, закиси заліза і марганцю, осідають у вигляді плівок на тугоплавкі або екзогенні включення (шпінелі, карбіди і т. п.), які раніше утворилися. У наплавленому металі мають місце глобулярні оксиди, що розташовуються усередині карбідної евтектики.

Можна припустити, що формування неметалевих включень в наплавленому металі складається з трьох різних за своєю природою процесів:

- утворення ендегенних включень в рідкому металі наплавлення;
- утворення включень екзогенного походження з вихідних матеріалів;
- виділення конденсованої фази на поверхні розділу в двофазній області при температурі нижче температури кристалізації металу наплавлення, причому поверхня конденсації може мати різне походження.

Різниця в рівні забрудненості наплавлення (табл. 1) формується, в основному, адекватно стану використаної стрічки.

Таблиця 1

Результати дослідження наплавленого металу

Індекс СПД	Стрічка	Показники				
		домішки, %		неметалеві включення,		
		S	P	d_{cp} , мкм	$B \times 10$	d_{max} , мкм
1	08кп	0,028	0,03	7,2	3,4	8,5
2	65Г	0,019	0,02	1,7	2,6	4,5
Сталь45	-	0,03	0,025	3,2	2,0	5,2

Домінування включень менших розмірів в наплавленому металі (рис. 3) в порівнянні з вихідними матеріалами (рис. 1) пояснюється високою інтенсивністю перемішування металу і шлаку в зварювальній ванні, шлак захоплює великі включення і виносить їх на поверхню розділу метал – шлак з подальшим переходом неметалевих включень в шлакову фазу.

Дрібні включення, які спливають на поверхню зварювальної ванни, частково захоплюються шлаком, а решта через перемішування рідкого металу – знову потрапляють в шари металу, які не закристалізувалися.

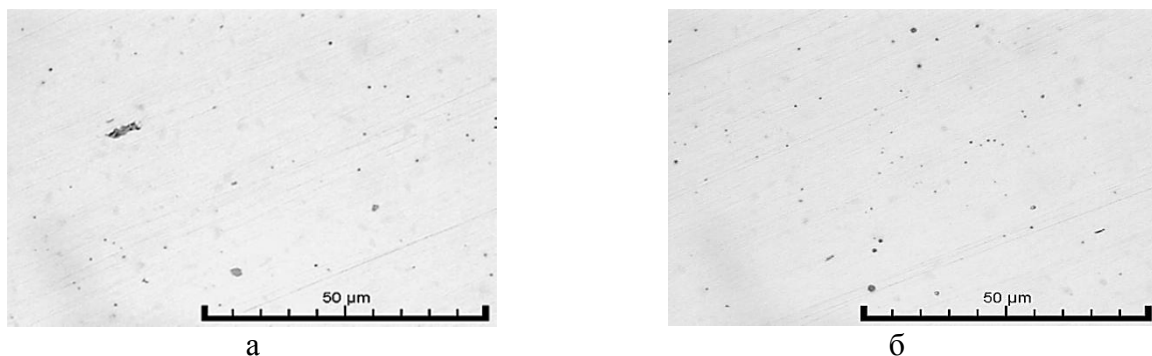


Рис. 3. Неметалеві включення в наплавленому металі ($\times 1000$):
а – 08кп; б – 65Г

На стабільність горіння зварювальної дуги впливає як склад наповнювача СПД, так і стан оболонки. Від стабільності горіння зварювальної дуги залежить якість наплавленого металу [12, 13, 14, 15]. У зв'язку з цим, виникла необхідність дослідження шорсткості поверхні оболонки СПД, а також рівня її впливу на зварювально-технологічні характеристики дроту.

Досліджено стан поверхні порошкових дротів діаметром 2,8 мм з оболонками зі сталі 08кп і 65Г (табл. 2). Вимірювання шорсткості проводили згідно ГОСТ 2789-73. Профілограми стану поверхні дротів наведені на рис. 4.

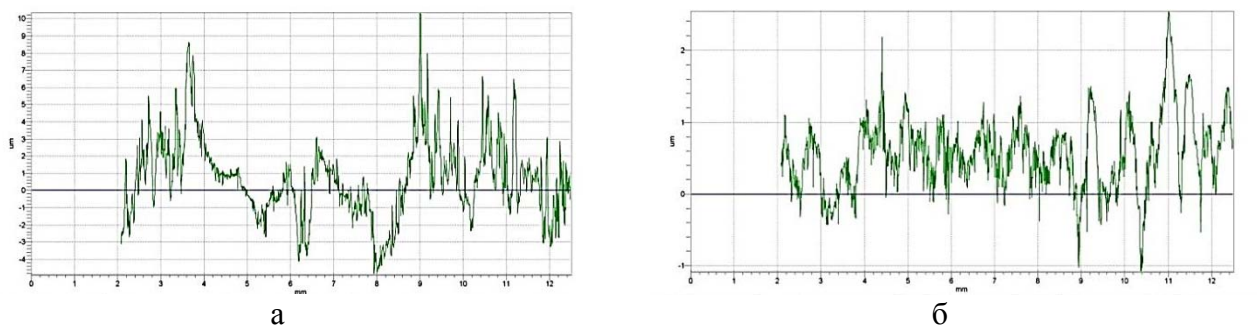


Рис. 4. Профілограми поверхонь порошкових дротів:
а – ПД с оболонкою 08кп; б – ПД с оболонкою 65Г

Для досліджуваних дротів шорсткість поверхні перебувала в межах від 2,3 до 10,1 мкм. Дроти з оболонками зі сталей 08кп показали більш високий рівень шорсткості поверхні в порівнянні з дротом з оболонкою зі сталі 65Г.

Під час наплавлення виконували фіксацію осцилограм струму і напруги за допомогою USB -осцилографа Autoscore. Перенесення електродного металу здійснювалося без коротких замикань дугового проміжку. Осцилограми наведені на рис. 5.

Кількісними критеріями стабільності процесу було прийнято вважати середні коефіцієнти пульсації струму і напруги під час наплавлення, що розраховуються за формулами (2) і (3).

Коефіцієнт пульсації напруги на дузі:

$$qU = \frac{\sum_{i=1}^n U_i^{\max} - \sum_{i=1}^n U_i^{\min}}{n \cdot U_{cp}}, \quad (2)$$

де U_i^{\max} , U_i^{\min} – максимальне і мінімальне значення напруги на i -й ділянці осцилограми відповідно;

U_{cp} – середнє значення напруги на дузі.

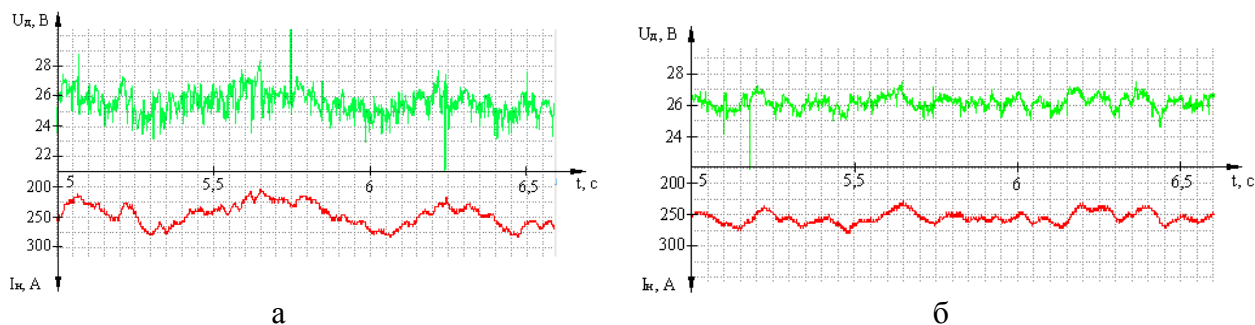


Рис. 5. Осцилограми струму і напруги на дузі при наплавленні дротами: а – в оболонці 08кп; б – в оболонці 65Г

Коефіцієнт пульсації струму:

$$qI = \frac{\sum_{i=1}^n I_{\max} - \sum_{i=1}^n I_{\min}}{n \cdot I_{cp}}, \tag{3}$$

де I_i^{\max} , I_i^{\min} – максимальне і мінімальне значення струму на i -й ділянці осцилограми відповідно;

I_{cp} – середнє значення струму наплавлення.

Розраховані значення пульсації підтвердили припущення про вплив стану поверхні оболонки і її матеріалу на стабільність процесу наплавлення. Дане явище пов'язане зі стабільністю контакту між струмопідвідним мундштуком і дротом, а також зниженням механічних опорів проштовхування дроту при його русі в зону дуги.

Залежності рівня пульсації струму і напруги при наплавленні від стану поверхні порошкового дроту наведені на рис. 6. З аналізу отриманих графіків можна зробити висновок про прямий вплив шорсткості поверхні на стабільність процесу наплавлення.

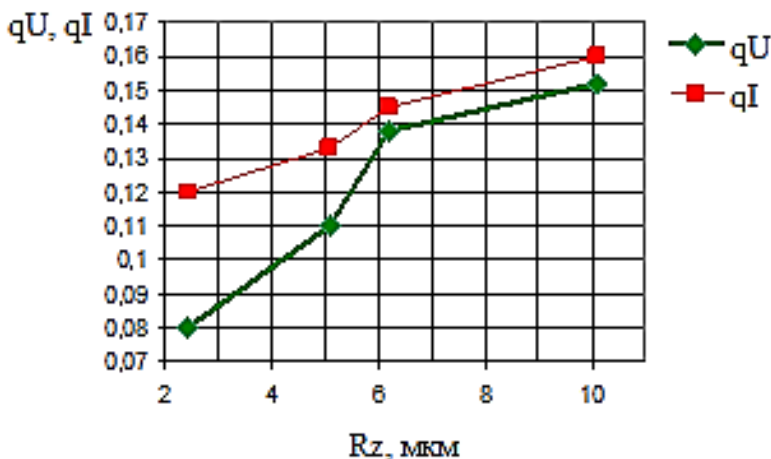


Рис. 6. Залежність пульсації струму і напруги на дузі від шорсткості дроту

Зниження шорсткості дроту за рахунок застосування стрічок зі сталей, здатних під час волочіння отримувати наклеп (сталь 65Г), дозволяє знизити рівень шорсткості поверхні до значення 2,5–3 мкм, яке помітно знижує пульсації параметрів режиму наплавлення, роблячи значний вплив на їх робочий діапазон.

Критеріями технологічно прийняттого робочого діапазону режимів наплавлення (струму і напруги дуги) були стійке горіння дуги, відсутність пор в наплавленому металі, а також помірне розбризкування електродного металу.

Розширення робочого діапазону режимів наплавлення дроту з оболонкою зі сталі 65Г може бути пояснено більш стабільною подачею дроту в зону дуги, а також надійним контактом, в струмопідвідному мундштуці, який збільшується при зниженні шорсткості дроту.

ВИСНОВКИ

При наплавленні порошковими дротами з оболонками різного ступеня розкислення загальний вміст включень в наплавленого металу визначається рівнем забрудненості стрічки і пульсацією струму та напруги.

Застосування стрічки з термопокрощеної сталі 65Г для виготовлення СПД дозволяє зменшити шорсткість поверхні оболонки до 2,5–3 мкм, що істотно знижує пульсації параметрів режиму наплавлення і робить значний вплив на розширення технологічно прийняттого діапазону режимів наплавлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Походня И. К. *Металлургия сварки, состояние и проблемы / И. К. Походня // Сварка и родственные технологии – в 21 век : сб. докл. междунар. науч.-техн. конф. – К. : 1998. – С. 227–245.*
2. Деев Г. Ф. *Дефекты сварных швов / Г. Ф. Деев, И. Р. Пацкевич. – К. : Наукова думка, 1984. – 206 с.*
3. Петров Г. Л. *Сварочные материалы / Г. Л. Петров. – Л. : Машиностроение, 1973. – 280 с.*
4. Походня И. К. *Влияние титана, введенного в покрытие электродов УОНИ 13/45, на микроструктуру и механические свойства металла шва / И. К. Походня, А. О. Корсун и др. // Автоматическая сварка. – 1986. – № 12. – С. 1–7.*
5. *Металлургия дуговой сварки. Взаимодействие металла с газами / И. К. Походня, И. Р. Явдоцин, А. П. Пальцевич и др. – К. : Наукова думка, 2004. – 241 с.*
6. Походня И. К. *Сварка порошковой проволокой / И. К. Походня, А. М. Суптель, В. Н. Шлепаков. – К. : Наукова думка, 1972. – 223 с.*
7. Билык Г. Б. *Влияние материала сердечника порошковой проволоки на параметры переноса и потери электродного металла / Г. Б. Билык, В. Д. Кассов // Сварочное производство. – 1988. – № 2. – С. 11–14.*
8. *Газы и примеси в ферросплавах / М. И. Гасик, В. С. Игнатъев, С. И. Хитрик. – М. : 1970. – 152 с.*
9. Данилов В. Г. *Влияние ультразвуковых колебаний на процесс волочения порошковой проволоки / В. Г. Данилов, С. А. Шамин, А. Н. Березин // Автоматическая сварка. – 2005. – № 2. – С. 41–42.*
10. Мойсов Л. П. *Методы прогнозирования технологических возможностей порошковых проволок / Л. П. Мойсов // Сварочное производство. – 2005. – № 8. – С. 26–29.*
11. Гринь А. Г. *Влияние углеродобразующего компонента порошковой проволоки на образование неметаллических включений в наплавленном металле / А. Г. Гринь, И. А. Бойко, Н. Е. Дегтяренко // ВісникДДМА : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2010. – № 2(19). – С. 83–87.*
12. Букаров В. А. *Оценка стабильности дуговой сварки по осциллограммам процесса с использованием статистических методов / В. А. Букаров, С. С. Ермаков, Т. А. Дорина // Сварочное производство. – 1990. – № 12. – С. 30–32.*
13. *Критерии оценки стабильности процесса дуговой сварки на постоянном токе / И. К. Походня, И. И. Заруба, В. Е. Пономарев и др. // Автоматическая сварка. – 1989. – № 8. – С. 1–4.*
14. Кобозев В. А. *Оценка устойчивости процессов ручной и механизированной дуговой электросварки плавящимся электродом / В. А. Кобозев, В. В. Коваленко, В. А. Лебедев // Автоматическая сварка. – 1998. – № 8. – С. 26–31.*
15. *Влияние возмущений в системе подачи электродной проволоки на качество сварных соединений / И. С. Полосков, Ю. С. Ищенко, В. А. Лебедев, О. Б. Гецкин // Сварочное производство. – 2001. – № 8. – С. 3–7.*

Стаття надійшла до редакції 11.03.2018 р.