

УДК 621.778

О. В. ГРУШКО, Ю. О. СЛОБОДЯНЮК

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОБМІДНЕНОГО ЗВАРЮВАЛЬНОГО МАЛОВУГЛЕЦЕВОГО ДРОТУ

Наведено порівняльну характеристику основних показників якості обмідненого зварювального дроту згідно основних світових діючих стандартів: радянського ГОСТ 2246-70, американського AWS A5.18:2005 та європейського ISO 14341:2009. Проаналізовано основні чинники, які формують якість обмідненого зварювального дроту та прокласифіковано на три групи: показники якості сировини, показники якості, що нормуються при виробництві дроту та показники якості пов'язані із технологічною спадковістю.

Ключові слова: обміднений зварювальний дріт, якість, стандарт, показники якості

Вступ. На сьогоднішній день якість, надійність, конкурентоздатність і безпека продукції розглядаються не тільки зі сторони споживача, а й зі сторони виробника. Якщо підприємство не може забезпечити конкурентоздатності своєї продукції, то в умовах ринкової економіки ніякі інвестиції не зможуть спасти підприємство. Основою конкурентоздатності є якість продукції.

Багато виробників обмідненого дроту ідуть на добровільну сертифікацію своєї продукції у різних органах: УКРСЕПРО, Морський Регістр, НАКС, ГОСТ Р, TUV та ін., а також сертифікують свою систему якості згідно вимог ISO 9001. Це дає підприємству-виробнику збільшення попиту на ринку збуту за рахунок отримання більшої довіри споживачів при виборі конкретних видів зварювальних конструкцій, підтвердження якості та інших характеристик зварювальних матеріалів.

Але при виробництві своєї продукції на підприємстві зіштовхуються з рядом проблем, які значно погіршують якість зварювального дроту та його конкурентоздатність. До того ж на сьогоднішній день ринок обмідненого зварювального дроту досить широкий – представлена продукція вітчизняного, європейського виробництва, а також велика кількість зразків китайських виробників.

Метою роботи є наведення порівняльної характеристики основних показників якості обмідненого зварювального дроту згідно основних світових діючих стандартів та аналіз чинників, які формують якість обмідненого дроту.

Основний текст. Відмітимо стандарти, які висувають вимоги до якості обмідненого зварювального дроту: у країнах пострадянського простору дріт виготовляють згідно ГОСТ 2246-70, у європейських країнах згідно ISO 14341:2009 (цей стандарт вже вступив у дію в Україні), у США, Китаї та у країнах Тихоокеанського простору згідно американського стандарту AWS A5.18:2005. Кожен із цих стандартів має свої вимоги до обмідненого дроту. Порівняльний аналіз вимог вищевказаних стандартів до якості обмідненого дроту, на прикладі діаметра дроту 1,2 мм наведено у табл. 1.

Як видно із таблиці 1 радянський ГОСТ 2246-70 значно збільшує допуски відхилення по діаметру та овальності дроту у порівнянні з європейським ISO

14341:2009 та американським AWS A5.18:2005, що негативно впливає на якість зварювально-технологічний властивостей. Дріт занадто низького діаметру може спричинювати сплавлення дроту із внутрішньою поверхнею контактної наконечника, що призводить до швидкого зношування останнього.

Найжорсткіші вимоги до хімічного складу обмідненого дроту висуває стандарт ISO 14341:2009, а найменше вимог – у стандарту ГОСТ 2246-70. Крім того ISO 14341:2009 висуває жорсткіші вимоги до таких шкідливих домішок як сірка (у порівнянні з AWS A5.18:2005) та фосфор (у порівнянні з ГОСТ 2246-70). Надлишковий вміст сірки та фосфору у обмідненому дроті збільшує їхній вміст у зварювальному шві, що має негативні наслідки. Адже підвищений вміст сірки призводить до утворення гарячих тріщин, а фосфору – до утворення холодних тріщин [1].

Найбільший сумарний вміст міді регламентує AWS A5.18:2005, менший – ISO 14341:2009, а ГОСТ 2246-70 висуває вимоги лише до міді в катанці. Великий сумарний вміст міді призводить збільшення вмісту міді у зварювальному шві, що є недопустимим у ряді відповідальних конструкцій [2]. На практиці при виробництві дроту контролюють такий показник, як товщина мідного покриття, оптимальне значення якої становить 0,15-0,20 мкм та значення має бути стабільним по довжині дроту, що намотаний на котушки. За стабільність даного показника відповідає розчин ванни міднення та її робоча температура. Велике значення товщини мідного покриття призводить до його розшарування, осипання та більшого розбризкування дроту при зварюванні.

Якість намотування обмідненого дроту має забезпечувати рівномірну подачу дроту при механізованих способах зварювання. Показниками якості намотування є діаметр витка дроту, що лежить вільно на плоскій поверхні та висота кінця якого піднімається над поверхнею (спіральність дроту). ГОСТ 2246-70 (див. табл. 1) не регламентує вимог до якості намотування дроту, на відміну від AWS A5.18:2005, що нормує намотування дроту за двома показниками, а ISO 14341:2009 висуває вимоги лише до спіральності дроту

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз стандартів до якості обмідненого зварювального дроту для дроту 1,2мм

Стандарт / Показник	ГОСТ 2246-70	ISO 14341:2009 (вимоги до розмірів та спіральності дроту) ISO 544:2003	AWS A5.18:2005
Хімічний склад дроту, який класифікується по маркам (наведено найпоширеніші марки дроту, які є аналогами)	Св-08ГС (C ≤ 0,10%; Si=0,6-0,85%; Mn=1,4-1,7%) Св-08Г2С (C=0,05-0,11%; Si=0,70-0,95%; Mn=1,8-2,1%) Також нормується максимальний вміст P; S; Ni; Cr	G3Si1 (C=0,06-0,14%; Si=0,7-1,0%; Mn=1,3-1,6%) G4Si1 (C=0,06-0,14%; Si=0,8-1,2%; Mn =1,6-1,9%) Також нормується максимальний вміст P; S; Ni; Cr; Mo; V; Al; Ti+Zr	ER70S-6 (C=0,06-0,15%; Si=0,8-1,15%; Mn=1,4-1,85%) ER70S-7 (C=0,07-0,15%; Si=0,5-0,8%; Mn=1,5-2,0%) Також нормується максимальний вміст P; S; Ni; Cr; Mo; V
Тимчасовий опір розриву дроту, МПа	882-1323	Не регламентується	Не регламентується
Сумарний вміст міді	Вміст міді у катанці не більше 0,25%	Не більше 0,35%	Не більше 0,50%
Механічні властивості наплавленого металу	Не регламентується	Границя текучості, границя міцності, відносно видовження та ударна в'язкість при мінусових температурах	
Спіральність дроту	Не регламентується	Для котушки діаметром 300 мм не більше 50 мм, для котушки діаметром 200 мм не більше 25мм	Не більше 25 мм
Діаметр кільця дроту, що вільно лежить на плоскій поверхні	Не регламентується	Не регламентується	Не менше 380мм
Відхилення по діаметру	-0,09 мм	+0,01 – 0,04 мм	+0,01 – 0,04 мм
Овальність	не більше половини допустимого відхилення по діаметру		

Згідно [2] при великій спіральності дріт виходить із зварювального пальника «ривками» та зі згином у вигляді спіралі – як наслідок це спричиняє неможливість отримати зварювальний шов із заданими геометричними розмірами. Показником якісної намотки є така спіральність дроту, що не перевищує 20 мм.

Діаметр витка дроту також впливає на зварювально-технологічні властивості дроту: як вказано у роботі [3] – якщо діаметр витка дуже низький, то можуть бути наступні проблеми: надмірне зношування наконечника та «гуляння» дуги. Якщо діаметр дуже великий то це може призвести до непостійного контакту дроту наконечнику, в наслідок чого відбувається нестабільний процес зварювання. Діаметр витка залежить від розмірів касети на яку намотаний. Так для касети із зовнішнім діаметром 300 мм діаметр витка має становити 900-1000 мм.

Дріт з непостійним хімічним складом не гарантує добрі зварювально-технологічні властивості та високу якість зварних з'єднань. [2]

Поверхневі дефекти зварювальної катанки суттєво впливають на технологічний процес виробництва дроту: призводять до частих обривів, виходу із ладу волок та частій їх заміні. В результаті це призводить до підвищеної їх витрати та зниження продуктивності праці [4].

Згідно [5] основним структурним фактором частих обривів дроту при волочінні є наявність підвищеної кількості надтвердих складових – дислокаційного мартенситу та нижнього бейніту.

Погана підготовка поверхні перед омідненням (травлення дроту) спричинює погане зчеплення

мідного покриття з основою. Згідно [4, 5] мідь осипається, при цьому забиває шлангові канали і контактні наконечники – як наслідок процес зварювання через втрату стійкого горіння дуги стає нестабільним або просто неможливим. Наслідками таких дефектів є зниження продуктивності праці зварювальника через часті зупинки з метою почистити обладнання та унеможливити зварювання швів великої довжини (8–10 м) зварювальними роботами через припинення подачі дроту.

Неправильно підібрані маршрути використання волоочильних мастил, несвоєчасна їх заміна може призвести до великих їх залишків на поверхні дроту. Як наслідок – підвищене розбризкування, швидке зношування подаючих механізмів та направляючих рукавів зварювального обладнання. На поверхні обмідненого дроту залишок мастильних матеріалів має становити не більше 0,01% від маси дроту.

ГОСТ 2246-70 регламентує вимоги до тимчасового опору розриву дроту на відміну від ISO 14341:2009 та AWS A5.18:2005. Так, для дроту діаметром 0,8-1,2 мм тимчасовий опір має становити 882-1323 МПа. У роботах [6,7] вказується, що дріт з такими показниками міцності характеризується достатньою жорсткістю, здатністю безперешкодно проходити по каналах подаючих механізмів напівавтоматичного зварювального обладнання і виходити з пальника строго прямолінійно. Остання технологічна властивість дроту дуже важлива для забезпечення необхідних геометричних розмірів і форми зварного шва, в тому числі для виключення розвиненої «гускатості» поверхні і відсутності бризг

в околшовній зоні. Якщо тимчасовий опір розриву менший, згідно [3], то порушується стабільність подачі дроту по направляючим каналам зварювального обладнання, якщо ж більший – збільшується зношування контактних наконечників.

Це є не зовсім коректно, адже тимчасовий опір розриву не є характеристикою жорсткості дроту. Потрібно враховувати для правильного аналізу границю текучості, пластичність дроту (відносне видовження) тощо [8].

При порівняльному аналізі обмідненого дроту діаметром 0,8 мм китайського виробника, який виготовлений згідно AWS 5.18:2005 із вітчизняним аналогом, що виготовлений згідно ГОСТ 2246-70, було виявлено, що тимчасовий опір розриву зарубіжного виробника становить 1470 МПа, що значно перевищує вимоги ГОСТу. Зварювально-технологічні властивості даного зразка дроту були добрими. Тимчасовий опір розриву для вітчизняного зразка становив 1320 МПа. Відносне видовження у обох зразків становило 3,5%.

На практиці зустрічаються випадки, коли дріт із тимчасовим опором розриву, що відповідає нормам ГОСТ 2246-70 (особливо діаметр 0,8 мм) надто м'який та заминається у роликах зварювального обладнання. Тому для виробництва

якісного, конкурентоздатного дроту повністю виконувати вимоги ГОСТа не є можливим.

ГОСТ 2246-70 не висуває вимог до механічних властивостей наплавленого металу (див. табл. 1), на відміну від європейського стандарту ISO 14341:2009 та американського AWS 5.18:2005. Тобто радянський стандарт не може гарантувати якісний дріт для споживача, адже при проектуванні конструкцій із елементами зварювання механічні властивості наплавленого металу відіграють вирішальну роль при виборі виробника обмідненого дроту.

Мають місце випадки, коли споживач може брати продукт гірший за якістю через нижчу ціну у порівнянні з якісним продуктом. Але використання дроту гіршої якості може мати наступні наслідки: збільшується витрата дорогих струмопідвідних наконечників, знижується продуктивність праці через простій обладнання, значно зменшується період експлуатації зварювальних напівавтоматів, нестабільне горіння дуги, погана геометрія зварювального шва, значно нижчі механічні властивості наплавленого металу.

Таким чином, основні чинники, які впливають та формують показники якості обмідненого дроту можна умовно поділити на три групи (рис. 1).

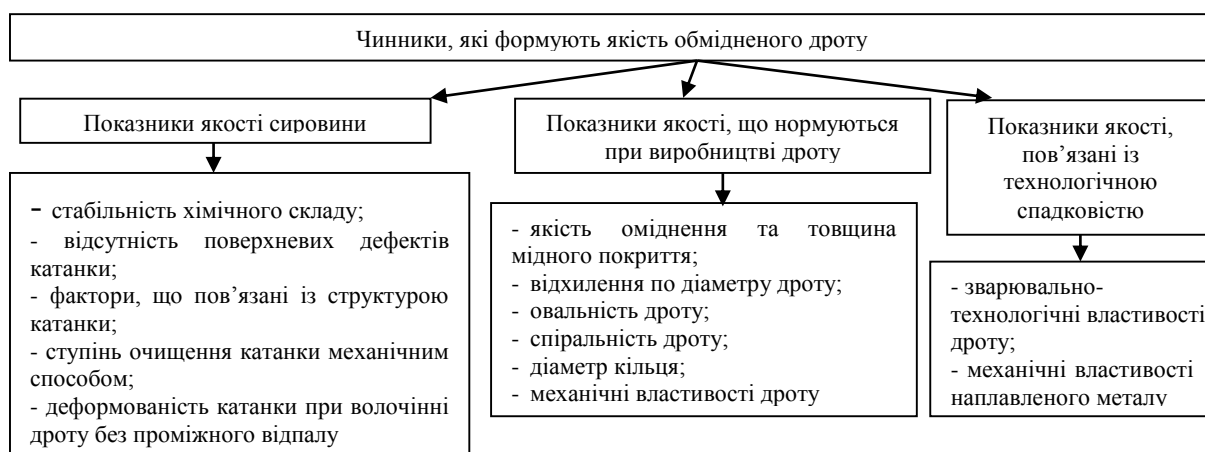


Рис. 1 – Класифікація чинників, які формують якість обмідненого дроту

Охарактеризуємо детальніше кожну групу чинників, з якими зіштовхуються виробники обмідненого дроту та зазначимо їх вплив на якість готової продукції.

Якість сировини є першочерговим фактором, який впливає на якість кінцевого продукту. Катанка для виробництва обмідненого дроту повинна мати стабільний хімічний склад для забезпечення стабільного процесу зварювання. Поверхневі дефекти катанки (вус, вм'ятини, грубі потертості) та різноманітні включення або надтверді складові у структурі призводять до частих обривів дроту, зниження стійкості волок та зменшення продуктивності праці. Сучасна технологія виробництва обмідненого дроту включає в себе очищення катанки механічним способом, а не хімічним способом як раніше. Хімічний спосіб

очищення катанки від окалини значно шкідливий та трудомісткіший на відміну від механічного способу. Також підвищує собівартість дроту та ускладнює технологічний процес виробництва проміжний відпал. Тому деформованість катанки при волочінні без проміжного відпалу є важливим показником при виборі постачальника сировини.

Показники якості, що нормуються в процесі виробництва дроту впливають із нормативної документації (діючий стандарт або технічні умови) згідно якої виробляється продукція. Для забезпечення стабільного технологічного процесу необхідно сповнення вимог до якості сировини. Контроль повинен вестися на всіх етапах технологічного процесу. Механічні властивості дроту впливають із оптимально підібраних маршрутів волочіння. Несвоєчасна заміна волок спричинює великі відхилення по діаметру та

овальності дроту. Наслідки даних дефектів є наступними: дестабілізація процесу зварювання через непостійність густини струму та ймовірності заклинювання дроту у контактному наконечнику.

Зварювально-технологічні властивості дроту та механічні властивості наплавленого металу цікавлять в першу чергу виробників зварних металоконструкцій. Формування даних показників якості впливає зі стандарту, відповідно якого виготовляється дріт, потреб споживачів продукції та здатності витримати конкуренцію на ринку.

Ступінь очищення катанки від окалини механічним способом є також важливим фактором у формуванні вимог до якості сировини. На підприємстві ПАТ «ПлазмаТек» зіштовхнулися із проблемою, коли механічний спосіб очищення катанки від окалини не справлявся повністю зі своєю функцією. Залишки окалини забруднювали волочильні мастила, розчини із ваннами, погіршилась якість мідного покриття – як наслідок, спостерігалось збільшення витратних матеріалів, які необхідні для виробництва дроту, зниження продуктивності праці та підвищення собівартості готової продукції. Вирішенням цієї проблеми стало установлення обладнання для плазмової вакуумно-дугової очистки, яка забезпечує ефективне очищення поверхні дроту. В результаті цього поверхня обробленого дроту набуває характерний сріблястий колір і високу адгезійну здатність, що при подальшому обмідненні забезпечує суцільне та однорідне покриття.

Висновки. Якість обмідненого дроту для зварювання в середовищі захисних газів є результатом технологічного процесу, який складається з багатьох факторів. Основні чинники, які формують якість дроту та підвищують його конкурентоздатність можна розділити на три групи: показники якості сировини, показники якості, що нормуються при виробництві дроту та показники якості пов'язані із технологічною спадковістю.

Асортимент ринку зварювального обмідненого дроту досить широкий: тут представлено зразки, які виготовлені у країнах пострадянського простору згідно ГОСТ 2246-70, зразки європейського виробництва, які відповідають вимогам стандарту ISO 14341:2009, а також великий вибір продукції китайського виробництва, які задовольняють вимоги американського стандарту AWS 5.18:2005. Але якість продукції повинна відповідати не тільки вимогам стандарту, а й задовольняти експлуатаційні вимоги споживачів. Так дріт виготовлений згідно

радянського ГОСТа не зовсім відповідає європейському стандарту ISO 14341:2009 та американському AWS 5.18:2005 вимоги яких до якості своєї продукції значно жорсткіші.

Список літератури: 1. Кононенко В.Я. Сварка в среде защитных газов плавящимся и неплавящимся электродом / В.Я. Кононенко. – Киев: ТОВ «Ника-Принт», 2007. – 266 с. 2. Анализ показателей качества сварочной проволоки методом статистической оценки стабильности ее химического состава / В.А. Медюшко, О.Н. Разорёнов, В.И. Криворотов, Ю.В. Медюшко // Индустрия. – Санкт-Петербург, 2007. – №2(49). – С.76-77. 3. Воропай Н.М. Технологические свойства омедненной сварочной проволоки / Н.М. Воропай, М.В. Бринюк // Сварщик. – Киев, 2002. – №4. – С. 16–20. 4. Влияние поверхностных дефектов, наследованных с катанки, на качество холоднотянутой проволоки / А.Н. Савенок, Т.П. Куренкова, И. В. Борисовец, А. А. Сахарная // Литье и металлургия. – Минск, 2012. – №4(68). – С. 35-39. 5. Нестеренко А.М. Исследование причин разрушения при волочении катанки-проволоки из стали Св-08Г2С / А.М. Нестеренко, А. Б. Сычков, С. Ю. Жукова // Металлургическая и горнорудная промышленность. – Днепропетровск, 2006. – №6. – С.60-63. 6. Медюшко В.А. Некоторые особенности производства и применения проволоки типа Св-08Г2С / В.А. Медюшко // Метизы. – Москва, 2009. –№2(18). – С.64-66. 7. Римский С.Т. Методика определения количественных показателей, характеризующих сварочно-технологические свойства проволоки при механизированной сварке в защитных газах / С.Т. Римский, В.И. Галинич, Р.Н.Шевчук // Сварщик. – Киев, 2015. – №1. – С.16–22. 8. Грушко О.В. Феноменологичні аспекти створення карт матеріалів для процесів холодного пластичного деформування / О. В. Грушко // Обработка материалов давлением : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2013. – № 1 (34). – С. 85–95. – ISSN 2076-2151.

Bibliography (transliterated): 1. Kononenko V.Ja. Svarka v srede zashhityh gazov pлавjashhimsja i nepлавjashhimsja jelektrodom / V.Ja. Kononenko. – Kiev: TOV «Nika-Print», 2007. – 266 p. 2. Analiz pokazatelej kachestva svarochnoj provoloki metodom statisticheskoj ocenki stabil'nosti ee himicheskogo sostava / V.A. Medjushko, O.N. Razorjonov, V.I. Krivorotov, Ju.V. Medjushko // Industrija. – Sankt-Peterburg, 2007. – No 2(49). – P. 76–77. 3. Voropaj N.M. Tehnologicheskie svojstva omednennoj svarochnoj provoloki / N.M. Voropaj, M.V. Brinjuk // Svarshhik. – Kiev, 2002. – No4. – P. 16–20. 4. Vlijanie poverhnostnyh defektov, nasledovannyh s kataniki, na kachestvo holodnotjanutoj provoloki / A.N. Savenok, T.P. Kurenkova, I. V. Borisovec, A. A. Saharnaja // Lit'e i metalurgija. – Minsk, 2012. – No4(68). – P. 35–39. 5. Nesterenko A.M. Issledovanie prichin razrushenija pri volochenii kataniki-provoloki iz stali Sv-08G2S / A.M. Nesterenko, A.B. Sychkov, S.Ju. Zhukova // Metallurgicheskaja i gornorudnaja promyshlennost'. – Dnepropetrovsk, 2006. – No6. – P. 60–63. 6. Medjushko V.A. Nekotorye osobennosti proizvodstva i primeneniya provoloki tipa SV-08G2S / V.A. Medjushko // Metizy. – Moscow, 2009. –№2(18). – P. 64–66. 7. Rimskij S.T. Metodika opredelenija kolichestvennyh pokazatelej, harakterizirujushhijh svarochno-tehnologicheskie svojstva provoloki pri mehanizirovannoj svarke v zashhityh gazah / S.T. Rimskij, V.I. Galinich, R.N.Shevchuk // Svarshhik. – Kiev, 2015. – No 1. – P.16–22. 8. Grushko O. V. Fenomenologichni aspekty stvorennja kart materialiv dlja protsesiv kholodnoho plastychnoho deformuvannja / O. V. Grushko // Obrabotka materialov davleniem : sb. nauch. tr. – Kramatorsk : DGMA, 2013. – No 1(34). – P. 85–95. – ISSN 2076-2151.

Надійшла (received) 22.10.2015

Відомості про авторів / About the Authors

Грушко Олександр Володимирович – доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, професор кафедри опору матеріалів та прикладної механіки; тел.: (0432) 598-465; e-mail: grushko@svitonline.com.

Grushko Oleksandr Volodymyrovych – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Vinnitsa National Technical University, Professor of the Chair of Resistance of Materials and Applied Mechanics; tel.: (0432) 598-465; e-mail: grushko@svitonline.com.

Слободянюк Юлія Олегівна – інженер-технолог, ПАТ «ПлазмаТек», м. Вінниця; e-mail: juliya_slobodyanyuk@mail.ru.

Slobodyanyuk Yuliya Olegivna – processing engineer; PJSC PlasmaTec, Vinnits, e-mail: juliya_slobodyanyuk@mail.ru.