

Л.А.Шевченко, Л.Т.Жупинська, В.В.Зелинська

**ВИДАЛЕННЯ ОКЛАНИНИ З ПОВЕРХНІ КАТАНКИ
НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЮ ПЛАЗМОЮ**

Встановлені основні параметри, що впливають на процес очистки катанки низькотемпературною плазмою. Визначено вплив основних параметрів на показники якості металу після плазменої очистки: повноту видалення окалини, структурний стан, шорсткість поверхні, механічні властивості, корозійну стійкість. Досліджено процес волочіння катанки після плазменої очистки.

Сучасна тенденція розвитку способів очистки катанки від окалини передбачає відхід від хімічних процесів, що вимагають значних капітальних затрат на обладнання для знешкодження і утилізацію кислотних стоків і промивних вод, які супроводжуються постійним погіршенням екологічної обстановки.

У розвитку сучасних безкислотних способів очистки катанки від окалини можна виділити два напрямки: механічна очистка і фізичні способи очистки. Фізичні методи видалення окалини – відносно новий напрямок у розвитку процесу очистки. Використання низькотемпературної плазми є одним із таких напрямків [1]. Механізм очистки катанки від окалини плазмено–дуговим способом наступний. Електричний розряд утворює на електродах діючі джерела тепла високої енергії, розподілені в області обмеженого простору – в зоні опорної плями дуги. У цій зоні утворюється висока щільність енергії, завдяки чому здійснюється місцеве руйнування окалини. Взаємодія електричної дуги з магнітним полем утворює електромагнітну силу, яка забезпечує обертання електричної дуги навколо катанки. Зона енергії високої щільності переміщується вздовж поверхні, здійснюючи очистку її від окалини.

Для проведення досліджень Інститутом геотехнічної механіки НАН України з участю Інституту чорної металургії НАН України було створено експериментальний зразок модуля плазменої очистки катанки від окалини. Конструктивно модуль плазменої очистки виготовлено у вигляді електродугового генератора з магнітною стабілізацією та обертанням дуги.

У процесі випробування експериментального зразка модуля плазменої очистки визначено, що основними факторами, які впливають на якість очистки катанки від окалини є сила струму дуги, величина індукції магнітного поля, швидкість протягування катанки, полярність плями дуги. Вагомий вплив на цей процес має і газове середовище, в якому горить дуга, а також умови виносу продуктів руйнування окалини.

При визначенні технологічних параметрів процесу очистки катанки від окалини вимірювалась сила струму та напруга на дузі, сила струму та напруга на соленоїді, швидкість протяжки катанки, витрати плазмоутворюючого газу. Для досліджень використовувалась катанка із Ст3 діаметром 6,5мм.

Величина струму силової дуги модуля змінювалась в межах 20–350 А, магнітна індукція соленоїда – 0,05–0,15 Тл. Розмір щілини між катанкою – анодом і електродом складав 205мм. Як плазмоутворюючий газ був використаний аргон і повітря. Очистка проводилась анодною плямою (табл. 1).

Таблиця 1. Параметри процесу очистки від окалини низькотемпературною плазмою катанки із Ст3 діаметром 6,5мм

№ пп	Швидкість руху катанки, м/с	Сила струму дуги, А	Напруга дуги, В	Кількість видаленої окалини,%	Плазмоутворюючий газ	Шорсткість поверхні, Ra, мкм
1	0,025	180	130	26,7	повітря	6,5
2	0,025	200	130	46,7	–"–	4,4
3	0,1	170	120	67,5	–"–	5,3
4	0,1	340	120	75,3	–"–	5,2
5	0,3	170	120	75,4	–"–	6,4
6	0,44	170	140	63,6	–"–	3,9
7	0,17	225	50	100	–"–	5,1
8	0,28	225	65	100	–"–	5,8
9	0,52	195	35	100	аргон	4,5
10	0,52	230	30	100	аргон	4,5
11	0,52	225	65	100	повітря	6,8
12	0,52	225	60	100	–"–	4,7

Аналіз одержаних результатів показує (табл.1), що зі збільшенням сили струму дуги і зменшенням напруги зростає кількість видаленої окалини. Якщо плазмоутворюючим газом є повітря, оптимальні показники струму (I_d) і напруги (U_d) складають 225 А, 50–65 В відповідно. Окалина на зразках при цих параметрах відсутня; швидкість руху катанки (V_k) складає 0,17–0,52 м/с. Якщо плазмоутворюючим газом є аргон, стовідсоткове видалення окалини вже настає при меншій вдвічі напрузі. Таким чином, повне видалення окалини низькотемпературною плазмою з поверхні катанки здійснюється: у повітрі – при силі струму дуги 225–230 А, його напрузі 50–65 В, магнітній індукції – 0,15 Тл. Швидкість руху катанки при використанні як повітря, так і аргону при зазначених параметрах дуги складає 0,52 м/с.

Досліджені і встановлені структура і властивості зразків із сталі Ст3, з яких низькотемпературною плазмою було видалено окалину за трьома режимами:

1 – $V_k=0,52$ м/с, $I_d=195$ А; $U_d=35$ в, у аргоні; 2 – $V_k=0,52$ м/с; $I_d=225$ А, $U_d=65$ в; у повітрі; 3 – $V_k=0,28$ м/с; $I_d=225$ А; $U_d=65$ в, у повітрі.

У початковому стані поверхнева твердість складає 46HRB. Незалежно від режиму видалення окалини після обробки плазмою твердість поверхневого шару зростає. Так, після обробки режимом 1 твердість складає 54HRB, режимом 2 – 67HRB, режимом 3 – 66HRB. Мікроструктурний аналіз дозволив з'ясувати причину збільшення поверхневої твердості. Вже аналіз макроструктури зразків виявив на зразках, оброблених режимами 2 і 1, поверхневий шар товщиною до 1,8 мм, який відрізняється за травимістю. На зразку 2 шар спостерігається на всій поверхні, а на зразку 1 – тільки на окремих ділянках. Після обробки режимом 3 шар не виявляється. У зразку, обробленому режимом 1, у поверхневому шарі спостерігається суттєва різнозернистість фериту, зв'язана зі здійсненням $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$ перетворення, що проходить у результаті нагріву поверхневого шару при плазменому видаленні окалини. Мікротвердість фериту у поверхневому шарі складає 1490 Н/мм². Разом з тим, на зразках трапляються ділянки, де поряд з феритом присутні структури зсувного характеру (мартенсито-бейнітні), мікротвердість яких досягає 1820 Н/мм². Нейтральні шари катанки представляють собою структуру поліедричного фериту з мікротвердістю 1430 Н/мм², яка не відрізняється від початкового стану. Зразок, оброблений за режимом 2, має поверхню, що зумовлена $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$ перетворенням з утворенням структур зсувного характеру. Мікротвердість цих структур складає 1740 Н/мм². Центральні шари катанки – поліедричний ферит з мікротвердістю 1440 Н/мм².

Таким чином у всіх досліджених режимах плазменого видалення окалини спостерігається підвищення твердості і мікротвердості поверхневого шару, зв'язаного з нагрівом вище A_{c1} , а на окремих ділянках – вище A_{c3} . Підвищення твердості поверхневого шару є небажаним з точки зору катанки, що деформується при наступному волочінні, і зносу волок. Найбільш прийнятним, але не оптимальним, є варіант обробки за режимом 1.

Аналіз впливу режимів плазменого видалення окалини на структуру і властивості металу показує наступне. Визначальним параметром є потужність, що підводиться до металу (потужність дуги) і швидкість переміщення катанки. При мінімальній потужності (режим 1) спостерігається менша кількість зсувних структур, утворення яких зв'язане з достатньо високою швидкістю переміщення катанки і зростанням із-за цього швидкості охолодження.

Поєднання високої потужності дуги і швидкості переміщення катанки дає найгірший результат (режим 2), а зниження швидкості переміщення катанки при збереженні потужності дуги дозволяє запобігти формування у поверхневому шарі зсувних структур. Оптимальним з точки зору структури і властивостей металу буде реалізація режиму 1 за потужністю дуги у поєднанні з $V_k = 0,28$ м/с.

Застосування аргону не тільки захищає поверхню катанки від повторного окислення, а й запобігає можливому насиченню поверхні металу іонізованими атомами азоту, що призводить до додаткового зміцнення поверхні. Стан поверхні катанки після очистки від окалини низькотемпературною плазмою перевірявся вимірюванням шорсткості. Одержані результати приведені в табл.1. Величина шорсткості поверхні катанки (Ra) після обробки низькотемпературною плазмою порівнювалася з Ra поверхні протравленої катанки – 3,76мкм. Корозійна стійкість зразків катанки після плазменної обробки досліджувалась методом прискорених корозійних випробувань за стандартною методикою. За критерій слугувала поверхня катанки, протравлена згідно технології, що застосовується при виробництві катанки. Результати випробувань наведені у табл.2.

Таблиця 2 – Результати корозійних випробувань поверхні катанки із Ст3 при температурі 40⁰С, вологості 100%, тривалості – дві доби

Доля поверхні зразків катанки із Ст3, уражених корозією, %					
Протравлена поверхня	Поверхня з окалиною	Поверхня оброблена плазмою згідно режимів табл.1			
		7	8	9	11
30	20	60	70	90	80

Таким чином, корозійна стійкість металу після плазменної обробки знижується приблизно у 1,7–3 рази порівняно з протравленим металом. Плазмена обробка активізує поверхню, робить її більш сприятливою до окислення. Для запобігання процесу окислення необхідно передбачити подачу металу, обробленого низькотемпературною плазмою, зразу ж (без перерви на складування) на наступну технологічну операцію, тобто на волочіння.

На основі проведення досліджень плазменної очистки катанки від окалини встановлено наступні раціональні технологічні параметри процесу: сила струму плазменної дуги, А – 220–300; напруга на дузі, В – 30–65; індукція магнітного поля, ТЛ – 0,2–0,3; швидкість переміщення катанки, м/с – 0,25–0,5; стабілізація горіння дуги плазмотрону – повітрям при атмосферному тиску; очистка здійснюється анодною плямою.

Одним із перспективних напрямків у розвитку виробництва дроту є об'єднання технологічних операцій видалення окалини – волочіння. Як

показує досвід, процес волочіння залежить від способу очистки поверхні катанки від окалини. Поверхня катанки, очищена від окалини хімічним, механічним і фізичним способами, має різні по стану шари і різну шорсткість. Хімічно очищена катанка не має на поверхні оксидів і шорсткість її поверхні не перевищує 10мкм. Крім того на хімічно очищену поверхню попередньо перед волочінням обов'язково наноситься підмастильний шар з розчинів вапна, фосфатів або інш. Процес волочіння катанки з механічно видаленою окалиною проводиться за іншими параметрами. Це зумовлено тим, що, по-перше, на поверхні катанки залишаються оксиди Fe_2O_3 і Fe_3O_4 , що не обсіпались, і які поводять себе як абразиви, по-друге, механічно оброблена поверхня катанки має шорсткість у 2–3 рази вищу (20–30 мкм), а це потребує мастильного шару в два–три рази більш товщого, ніж на протравленому металі.

Можна передбачити, що катанка, очищена від окалини фізичним способом – низькотемпературною плазмою, має на поверхні тонкий шар оксиду FeO, який утворюється після переведення окалини в рідкий стан і видалення її з поверхні. FeO більш м'який ніж Fe_2O_3 і Fe_3O_4 і абразивом не служить. Він також може бути під мастильним шаром. Шорсткість поверхні у цьому випадку складає 5,0–6,0 мкм, що не дуже відрізняється від шорсткості протравленої поверхні. Тому процес волочіння з фізично видаленою окалиною не повинен відрізнятися за своїми параметрами від волочіння катанки з протравленою поверхнею.

При визначених раціональних параметрах процесу плазмено–дугового очищення катанки із Ст3 на окалину здійснене волочіння катанки на промисловому стані. Оброблена низькотемпературною плазмою поверхня катанки добре утримувала мастило і процес волочіння відбувався стабільно. Досліджена структура поверхневих шарів дроту, який одержали після волочіння катанки. Товщина зони термічного впливу низькотемпературної плазми від 0,05 до 0,2мм. Визначені механічні властивості дроту, які відповідають технічним вимогам держстандартів.

Можна зробити висновок, що видалення окалини низькотемпературною плазмою не впливає на технологічні параметри процесу волочіння. Процес волочіння після плазменої очистки можна проводити за діючими на підприємствах технологічними інструкціями. На основі виконаних досліджень можна запропонувати дві технології очистки катанки від окалини низькотемпературною плазмою: автономна очистка і очистка розміщена з волочінням.

1. *Технология* очистки катанки от окалины низкотемпературной плазмой. / Л.А.Шевченко, Л.Т. Жупинская, В.В. Зелинская, Б.Д. Алимов, Л.Т. Холявченко // Физико–химическая механика материалов 2002, № 3. – С.582–584.