

УДК 665.7.038.5:621.892.6

ОСОБЛИВОСТІ КОРОЗІЇ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ СТАЛІ В ЗОНІ РІЗАННЯ

Н. В. КРЕТ, О. Т. ЦИРУЛЬНИК, Л. О. БАБІЙ

Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів

Досліджено вплив умов різання на електрохімічні властивості та опір корозії інструментальної сталі залежно від рН мастильно-охолоджувальних рідин.

Ключові слова: *мастильно-охолоджувальні рідини, інструментальна сталь, корозія.*

Ефективність технологічних процесів виготовлення деталей машин із застосуванням обробки різанням суттєво залежить не тільки від фізико-механічних властивостей інструменту, а також від його електрохімічної (ЕХ) взаємодії із мастильно-охолоджувальними рідинами (МОР). Як правило, це водні емульсії оливо, які дають можливість оптимізувати різання і підвищити якість оброблюваної поверхні. Сьогодні, наприклад, широко використовують МОР ЕТ-20У, що містить 10% емульсолу ЕТ-2 [1], а щоб знизити її корозійну агресивність, рекомендують додатково вводити електроліти, які підвищують рН [2]. Водночас специфічні умови, які виникають у зоні різання (формування ювенільних свіжодетформованих поверхонь, високі температури та контактні навантаження), сприяють розкладу МОР з утворенням водню та пероксидних сполук [3], істотно змінюють механізм та кінетику катодних і анодних процесів на ювенільній поверхні інструменту. З одного боку, через інтенсивну корозію передчасно затуплюється різальне лезо інструменту, а з іншого – може наводнюватись високоміцна сталь, що різко підвищує ризик крихкого корозійно-механічного руйнування інструменту за механізмом водневого окрихчення. Тому важливо під час розроблення та використання МОР досліджувати їх вплив на корозійну поведінку матеріалу різального інструменту не тільки у стаціонарних умовах, але й з урахуванням специфічних умов у зоні різання.

Мета праці – дослідити ЕХ властивості інструментальної сталі Р6М5 у зоні різання та її опір корозії залежно від рН водної емульсії ЕТ-20У.

Методика випробувань. Досліджували швидкорізальну сталь після штатної термообробки (гартування від 1230°C і триразовий відпуск при 500°C, витримка за кожного відпуску 60 min, $\sigma_{0,2} = 3040 \dots 3530$ МПа, $\sigma_B = 3200 \dots 3600$ МПа). Базовим розчином слугувала водна емульсія ЕТ-20У з 10% емульсолу ЕТ-2, рН якої 4,8. Додаючи до неї гідроксид натрію, збільшували рН до 9,6 і 10,5. Для порівняння використовували також водогінну воду з додаванням сульфатної кислоти до рН 4,8.

Для ЕХ досліджень інструменту у зоні різання на базі вертикально-свердлильного верстату розробили вимірний комплекс (рис. 1). Свердлили важко оброблюваний діелектричний композит за осьової сили різання $P = 180$ N та швидкості 880 rev/min обертання свердла діаметром 5 mm. ЕХ характеристики вимірювали потенціостатом П-3847. Поляризаційний опір R_p визначали, лінійно змінюючи потенціал у діапазоні ± 30 mV [4] в околі потенціалу корозії E_{corr} . Для порівняння розраховували ЕХ характеристики за обертання свердла без різання ($P = 0$).

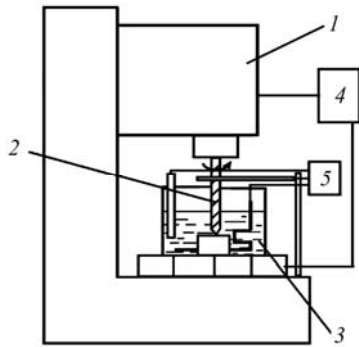


Рис. 1. Схема комплексу для визначення ЕХ характеристик інструменту у зоні різання: 1 – вертикально-свердильний верстат; 2 – ізолюваний від патрона інструмент; 3 – ванна для робочого середовища та оброблюваної деталі; 4 – тензометричний динамометр; 5 – блок ЕХ вимірювань.

Fig. 1. The scheme of complex for electrochemical measurements of tool in a cutting zone: 1 – apeak drilling machine-tool; 2 – instrument isolated from a cartridge; 3 – bath for a working environment and processing elemnt; 4 – tensometric dynamometer; 5 – electrochemical measuring block.

Результати та їх обговорення. За стаціонарних умов ЕХ досліджень сталі у водогінній воді з рН 4,8 на катодній гілці поляризаційної кривої з’являється нечітка область граничних струмів i_d (рис. 2) Отже, катодна реакція протікає за змішаним механізмом дифузійного і активаційного контролю шляхом відновлення молекул води і йонів гідроксонію [4]. У МОР з рН 4,8 потенціал корозії дещо зміщується у від’ємний бік (див. таблицю), внаслідок чого катодна реакція протікає без дифузійного обмеження, тобто тільки з відновленням йонів гідроксонію.

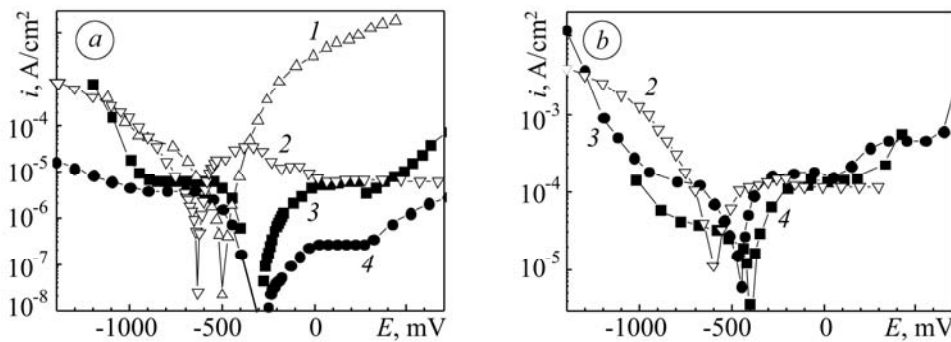


Рис. 2. Поляризаційні криві сталі Р6М5 у водогінній воді (1) та у МОР (2–4) за $P = 0$ (а) та 180 N (b) за різних рН: 1, 2 – 4,8; 3 – 9,8; 4 – 10,5.

Fig. 2. Polarization curves of P6M5 steel in tap-water (1) and lubricating-cooling liquids (2–4) for $P = 0$ (a) and 180 N (b) for different pH: 1, 2 – 4.8; 3 – 9.8; 4 – 10.5.

Електрохімічні характеристики сталі Р6М5 у водогінній воді та у МОР за різних рН

Характеристики	Вода, рН 4,8	МОР		
		рН 4,8	рН 9,6	рН 10,5
$-E_{\text{corr}}$, mV	505	632/596	294/366	281/343
R_p , $k\Omega \cdot \text{cm}^2$	3,9	15/1,1	48/9,7	137/12
i_d , A/cm^2	–	–	$7,7 \cdot 10^{-6} / 2 \cdot 10^{-4}$	$8,1 \cdot 10^{-6} / 2,6 \cdot 10^{-5}$
i_a , A/cm^2	–	$3,1 \cdot 10^{-5} / 1,5 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-6} / 3,1 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-7} / 1,6 \cdot 10^{-4}$

Примітка: у чисельнику характеристики за $P = 0$, а у знаменнику – при 180 N.

Зсув потенціалу корозії сталі у від’ємний бік за дії певного чинника зазвичай трактують як прояв інтенсифікації анодної реакції розчинення металу. Однак емульсол у МОР виступає як інгібітор розчинення металу, оскільки за потенціалів, позитивніших -200 mV, сталь пасивує, що проявляється у виникненні області граничних анодних струмів i_a до потенціалу 300 mV і чого немає за випроб у во-

догінній воді. Однак за потенціалу корозії сталь у цьому розчині знаходиться в активному стані, а катодна реакція сприяє її наводнюванню, а отже, і водневому окрихченню. Водночас за незначного зсуву потенціалу у позитивний бік вона може перейти в активно-пасивний стан, що посилює ризик зародження та росту корозійної тріщини за плівковим механізмом локального анодного розчинення.

Підлужнення МОР істотно змінює ЕХ поведінку сталі. Її потенціал корозії різко зміщується у позитивний бік, що вказує на посилення пасивації. Це підтверджують також різке (на порядок за рН 9,6 і на 2 порядки за рН 10,5) зниження i_a та суттєво більші значення R_p . Зростання опору корозії сталі у лужних розчинах спричинене також різким зниженням швидкостей катодних електродних процесів, які до потенціалу -950 mV протікають тільки внаслідок реакції відновлення йонів гідроксонію. Характерно, що з поліпшенням бар'єрних властивостей поверхневої плівки через збільшення рН від 9,6 до 10,5 гальмується не тільки вихід крізь неї йонів феруму у розчин (анодна реакція), але і транспорт молекул оксигену та йонів гідрогену (катодна реакція). Судячи з граничних струмів катодної поляризації та струмів у пасивній області, можна зробити висновок, що сталь у МОР з рН 9,6 кородує за змішаним катодно-анодним контролем, а у МОР з рН 10,5 швидкість корозії лімітує анодна реакція розчинення.

Температурно-силові умови зони різання суттєво впливають на ЕХ сталі (див. таблицю). У всіх МОР знешляхетнюється E_{corr} , і тим більше, що вище рН. Це зумовлено різкою інтенсифікацією і катодних, і анодних реакцій. Однак граничні катодні струми в обох лужних розчинах збільшуються тільки втричі та зберігається на порядок сильніший гальмівний вплив вищого рН. Водночас швидкість анодного розчинення сталі у зоні різання практично не залежить від рН МОР. Тому можна було б очікувати, що і швидкість її корозії тут не залежатиме від цього показника. Проте поляризаційний опір сталі за цих умов все ж відчутно зростає зі збільшенням рН, особливо за зміни від 4,8 до 9,6. Це пов'язано зі зміною лімітувальної стадії корозії сталі за переходу від стаціонарних до умов у зоні різання. Як зазначалося вище, за стаціонарних умов випроб корозія сталі у МОР протікає за катодно-анодним (рН 9,6) або лише анодним (рН 10,5) контролем, зважаючи на струми i_d та i_a . Корозія сталі у зоні різання на фоні високої швидкості анодного розчинення, що практично не залежить від рН, лімітується швидкістю спряженої реакції катодної деполіризації.

ВИСНОВКИ

МОР на основі водної емульсії ЕТ-20У суттєво гальмує корозію сталі Р6М5 порівняно із водою за однакового рН. З підвищенням рН поліпшуються її інгібувальні властивості. Температурно-силові умови у зоні різання на порядки інтенсифікують анодну реакцію розчинення сталі і практично нівелюють позитивний вплив на неї підвищення рН МОР. Однак рН, гальмуючи спряжену лімітувальну реакцію катодної деполіризації, інгібує корозію сталі.

РЕЗЮМЕ. Исследовано влияние условий резания на электрохимические свойства инструментальной стали в зависимости от рН смазочно-охлаждающих жидкостей.

SUMMARY. The effect of the cutting conditions on the electrochemical properties of the tool steel in dependence of the рН lubricating-cooling liquids is investigated.

1. Малиновский Г. Т. Масляные смазочно-охлаждающие жидкости для обработки металлов резанием. – М.: Химия, 1988. – 190 с.
2. Энтелис С. Г., Берлинер Э. М. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
3. Латышев В. Н. Повышение эффективности СОЖ. – М.: Машиностроение, 1975. – 88 с.
4. Коррозия: Справ. / Пер. с англ. под ред. Л. Л. Шрайера. – М.: Металлургия, 1981. – 632 с.

Одержано 21.10.2014