

РОЗПОДІЛ МІКРОТВЕРДОСТІ В ПОВЕРХНЕВОМУ ШАРІ ПІСЛЯ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ ОБРОБКИ

Проаналізовано останні дослідження впливу електроерозійної обробки на твердість обробленого шару. Досліджено вплив електроерозійної обробки на розподіл мікротвердості за глибиною зміцненого шару в сталях X12, 65Г та 45 після електроерозійної обробки на установці 01.10.016А.

Постановка проблеми

Підвищення довговічності деталей, які працюють в умовах абразивного зношування, – одна з найважливіших задач сучасного машинобудування. Адже витрати, зумовлені тільки наслідками абразивного зношування, становлять від 1 до 4% національного продукту [5]. В даний час проблему підвищення довговічності деталей вирішуються, створенням і застосуванням високоміцних матеріалів і сплавів, покращеннь конструкції машин або окремих вузлів, а також вдосконаленням технологічних процесів виготовлення і зміцнення. Останнім часом для поверхневого зміцнення активно розробляється і впроваджується в промисловість електроерозійна обробка. Великий інтерес до даної технології пояснюється можливістю отримати поверхневий шар з високими триботехнічними характеристиками при низькій собівартості технологічного процесу.

Аналіз останніх досліджень та постановка завдання

Дослідженнями впливу електроерозійної обробки на твердість обробленого шару займалися такі дослідники: Б.Р. Лазаренко, Н.І. Лазаренко, Н.К. Фотєєв, В.П. Александров, М.О. Василенко та інші.

Дослідником [6] встановлено, що вплив на мікротвердість поверхневого шару здійснює матеріал електрод-інструмента, складу робочої рідини і режим обробки.

Встановлено [1], що мікротвердість поверхні сплаву ЭИ437Б підвищується після електроерозійної обробки з 4,05-4,4 до 4,7-5,07 ГПа, а сталі 12Х18Н9Т – з 1,7-3,0 до 4,7-5,0 ГПа при використанні в якості електрод-інструмента латуні ЛС59-1, алюмінію АД0 та карбонографітної композиції ЭЭГ. При використанні електрод-інструменту з сірого чавуну мікротвердість різко збільшується і складає при обробці сплаву ЭИ437Б 6,5-7,0 ГПа і сталі 12Х18Н9Т 16-17 ГПа.

На зміну мікротвердості поверхневого шару значний вплив здійснює властивості робочої рідини, яка охолоджує поверхню після проходження імпульсу струму. Утворення тих чи інших структур в поверхневому шарі, які визначають значення мікротвердості, багато в чому залежать від швидкості охолодження нагрітої поверхні, а також від охолоджуючої здатності робочої рідини (рис. 1) [6].

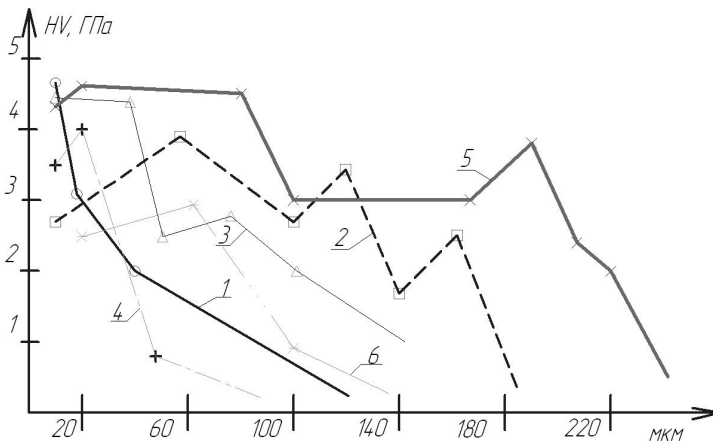


Рис.1 Зміна мікротвердості за глибиною поверхневого шару при електроерозійній обробці мідним електрод-інструментом сталі 45 при $I_{cp}=20$ А, $f=8$ кГц

1 – в дистильованій воді $T_0=70$ °С, 2 – індустріальному маслі 12 $T_0=20$ °С, 3 – індустріальному маслі 12 $T_0=70$ °С, 4 – в гасі $T_0=20$ °С, 5 – в суміші води з індустріальним маслом 12 $T_0=20$ °С, 6 – в рідині ПМС-6 $T_0=70$ °С.

Іноді значення мікротвердості за товщиною поверхневого шару має два максимуми. Це пояснюється специфікою розміщення утворених структур: поверхневий шар має два шари мартенситу з прошарками тростит-мартенситу, вододіючих різною твердістю.

Мета дослідження

Дослідити вплив електроерозійної обробки на розподіл мікротвердості в зміцненому шарі.

Методика досліджень

Електроерозійну обробку виконували на установці 01.10.016А. В якості робочої рідини використовували дистильовану воду, електрод-інструмент, виготовлений з чавуну. Дослідження проводили на зразках сталі 45, 65Г та Х12. Зрази сталі мали розміри $70 \times 70 \times 6$ мм.

Враховуючи попередні дослідження впливу режимних показників на твердість [4] та зносостійкість сталі, зразки зміцнювали при наступному режимі :
 сила струму 450А;
 напруга 45В;
 температура робочого середовища (води) 40 °С.

Дослідження розподілу мікротвердості по глибині обробленого шару проводили в чотирьох точках на відстані 5, 10,15 та 20 мм від торця обробки (рис. 2).

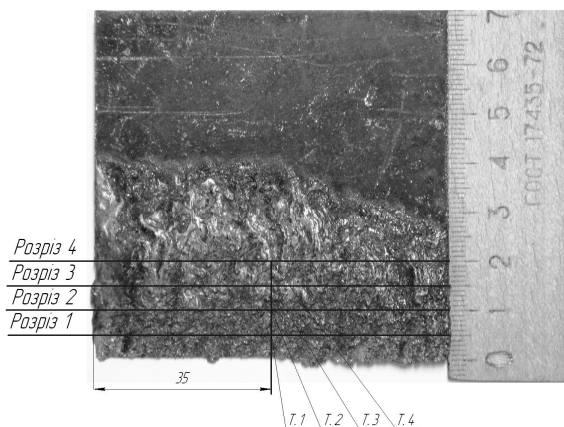


Рис. 2. Точки проведення вимірювання мікротвердості за глибиною обробленого шару

В результаті розрізу зразків на поверхні утворювався наклепаний шар, який знімали глибоким хімічним травленням.

Вимірювання мікротвердості виконували за методом відновленого відбитку. Дослідження проводили на приладі марки ПМТ-3. Перевірку приладу перед випробовуванням проводили за ТУ 3-3.1377-83 [3].

Згідно з рекомендацією [2], для дослідження був вибраний алмазний наконечник з формою робочої частини у вигляді тригранної піраміди з основою рівностороннього трикутника. Алмазний наконечник відповідав вимогам встановлених в ТУ 3-3.1377-83 [3].

Число мікротвердості визначали за формулою:

$$H_{\tilde{N}} = \frac{F}{S} = \frac{0,102 \times 3F \sin \alpha}{\sqrt{3} \times l_{\tilde{N}}^2} = 0,160 \frac{F}{l_{\tilde{N}}^2}; \quad (1)$$

де F – нормальне навантаження, яке прикладена до алмазного наконечника Н;
 S – умовна площа бічної поверхні отриманого відбитка, мм²,
 $\alpha = 65^\circ$ - кут загострення алмазного наконечника;
 l – розмір відбитка.

При випробовуванні зразків на мікротвердість застосовувалося навантаження 4,905 Н, тривалість прикладання навантаження складало 20 с. Навантаження прикладали плавно без поштовхів. Похибка навантаження не перевищувала 1% від номінального значення.

Різниця розмірів l_{∇} одного відбитку в процесі дослідження не перевищувала 3% меншого значення. Відстань між центрами відбитків, нанесених на одну поверхню, перевищувало розмір відбитка більше ніж в три рази.

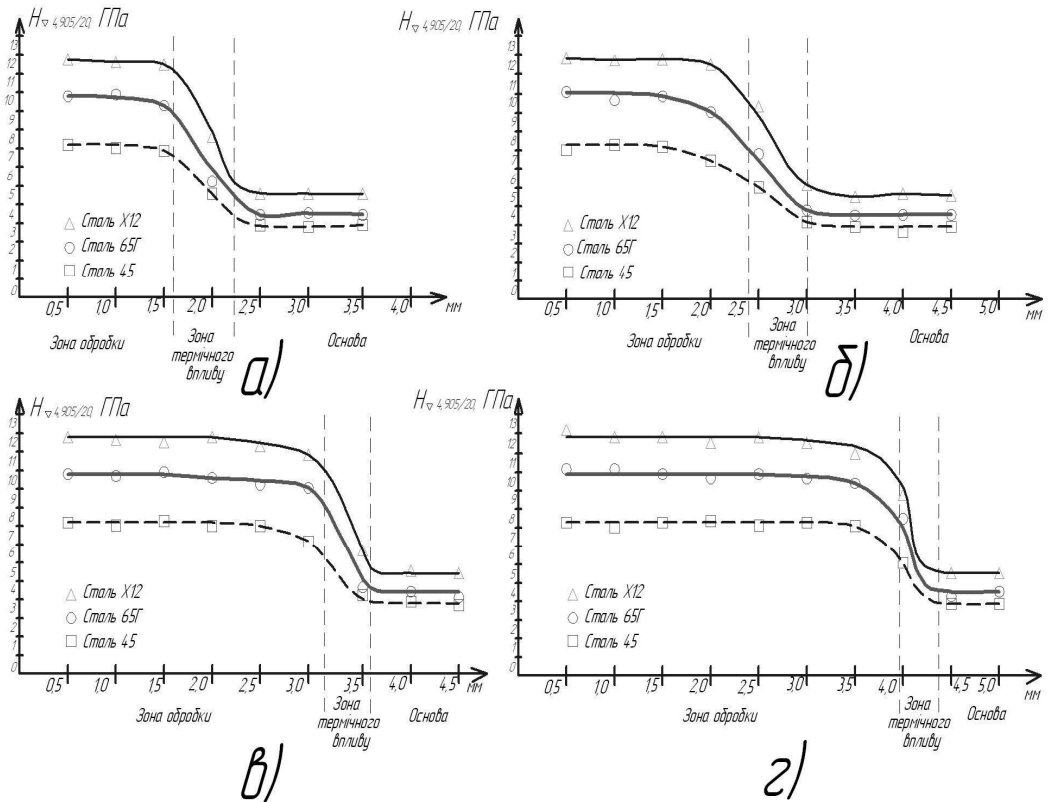


Рис. 3. Розподіл мікротвердості по глибині зміцненого шару в сталях після електроерозійної обробки

а – точка 1, б – точка 2, в – точка 3, г – точка 4.

В процесі дослідження калібровочний коефіцієнт мікроскопу встановлювався таким чином, щоб похибка не перевищувала $\pm 5\%$ вимірювального значення.

Результати досліджень

В процесі дослідження встановлено залежність розподілу мікротвердості за глибиною зміцненого шару після електроерозійної обробки (рис. 3).

Як видно з представлених залежностей в сталях, які досліджувалися твердість поверхневих шарів суттєво підвищується в порівнянні з твердістю основи це пояснюється високою швидкістю охолодження розплавленого металу поверхні. Швидкістю охолодження на поверхні перевищує 200°С/с. При такій швидкості охолодження утворюється пересичений твердий розчин вуглецю в α -залізі (мартенсит), який володіє високою твердістю.

Зі збільшенням глибини електроерозійної обробки шар металу який не розплавляється під дією імпульсу струму, а тільки піддається термічному впливу, зменшується, так в т. 1 (рис. 3 а) даний шар має глибину 0,7 мм, а в т. 4 – 0,4 мм (рис. 3 г)

Максимальна величина мікротвердості розміщена на поверхні і зменшується несуттєво в зоні розплавлення металу. Це пояснюється зменшенням швидкістю охолодження в більш глибоких шарах обробки. В зоні термічного впливу мікротвердість змінюється більш явно, це пов'язано зі зменшенням швидкості охолодження, а також з невисокою температурою нагріву металу в зоні термічного впливу. Крім цього мікротвердість обробленої зони залежить і від хімічного складу досліджуваних сталей.

Отримані результати дають можливість зробити висновок про те, що при електроерозійній обробці мікротвердість поверхневого шару сталі Х12 підвищується до 12...12,8 ГПа, сталі 65Г – до 10,5...11,2 ГПа, сталі 45 – до 7,3...8,2 ГПа. Така твердість поверхні унеможливорює процеси мікрорізання (в нормальних умовах експлуатації) при абразивному зношуванні робочих органів ґрунтообробних знарядь.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Зміцнення поверхонь робочих органів ґрунтообробних знарядь електроерозійною обробкою суттєво підвищить їх зносостійкість, оскільки в результаті електроерозійної обробки сталі на поверхні утворюється шар з високою мікротвердістю.

Надалі перспективним є дослідження впливу охолоджуючої рідини на розподіл мікротвердості для розробки нових робочих рідин для електроерозійної обробки.

Література

-
1. Александров В.П. Исследование технологических характеристик электроэрозионной обработки жаропрочных материалов / В.П. Александров. – М.: Наука, 1964 – 124 с.
 2. Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников ГОСТ 9450-76 – [введ. 1977-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 1993 – 34 с.

3. Приборы для измерения микротвердости ТУ 3-3.1377-83 – М.: Издательство стандартов, 1984 – 23 с.
 4. Провести дослідження та розробити ресурсощадні технологічні процеси і обладнання для відновлення деталей електрофізичними, газотермічними методами та підготувати пропозиції щодо підвищення їх ресурсу: звіт про науково-дослідну роботу (заключ.): 09.03.03 ф / ННЦ “ІМЕСГ” УААН; керівник Василенко М.О.; виконавці: Чернявський О., Проценко В., Долгірев П., Ткач О., Братчик А. – К., 2005. – 42 с. – Бібліогр.: с. 22. – № ДР 0102U000239.
 5. Трибологія: підруч. / М.В. Кіндрачук, В.Ф. Лабунець, М.І. Пашенко, Є.В. Корбут. – К.: Вид-во. Нац. авіа. ун-ту «НАУ-друк», 2009 – 392 с.
 6. Фотеев Н.К. Технология электроэрозионной обработки / Н.К. Фотеев. – М.: Машиностроение, 1980. – 184 с.
-