

МАШИНОЗНАВСТВО

УДК 691.9.048.4

С.М. Герук, к.т.н., доц.
К.В. Борак, аспір.

Житомирський національний агроекологічний університет

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ХІМІЧНИЙ СКЛАД СТАЛІ X12

Представлено результати лабораторних досліджень впливу електроерозійної обробки на хімічний склад сталі X12. З'ясовано, що в результаті електроерозійної обробки сталі X12 утворюється поверхневий шар з дрібногочаастою мартенситною структурою. Також поверхневий шар насичується хромом, нікелем, кремнієм та марганцем. У результаті досліджень запропоновано раціональний режим електроерозійної обробки.

Вступ. Постановка проблеми. Останнім часом все більшого розповсюдження набуває метод електроерозійної обробки металів. Електроерозійна обробка входить у сучасні технології як один з перспективних способів виготовлення і обробки деталей з важкооброблюваних матеріалів, що дозволить зменшити трудомісткість і вартість процесів виготовлення та обробки. Електроерозійна обробка полягає в зміні форми, розмірів, шорсткості й властивостей поверхні заготовок під дією електричних розрядів у результаті електричної ерозії [1]. В результаті електроерозійної обробки сплавів поверхневий шар суттєво змінює свої властивості [2]. Незважаючи на це в повному обсязі властивості даного шару не визначені.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженнями впливу електроерозійної обробки на властивості поверхневого шару після електроерозійної обробки займалися: Б.Р. Лазаренко, В.С. Авраменко, В.П. Александров, Ю.А. Гелер, Б.М. Золотих, М.М. Писаревський, Н.К. Фотєєв, М.О. Василенко та ін.

Дослідником [2] для зручності дослідження рекомендовано шар після електроерозійної обробки умовно розділити по товщині на такі зони (рис. 1):

- 1 – зона насичення елементами робочої рідини;
- 2 – зона відкладення матеріалу електрод-інструменту;
- 3 – білий шар утворений із розплавленого матеріалу заготовки;
- 4 – зона термічного впливу;
- 5 – зона пластичної деформації.

Послідовність утворення зон, їх кількість, структура і властивості значною мірою залежать від оброблюваного матеріалу, а також від режиму обробки, робочої рідини, матеріалу електрод-інструменту та умов протікання процесу. Між зонами як правило немає чіткої різниці, а в більшості випадків вони перекривають одна одну [2].

При використанні як робочу рідину мінерального мастила спостерігається відкладання сажи на поверхні заготовки, крім того вуглець дифузує в поверхневий шар, утворюючи карбіди [3, 4].

Перенесення матеріалу електрод-інструменту на заготовку можливо, як правило, при підключенні електрод-інструменту до негативного полюса джерела живлення (пряма полярність) у випадку електроерозійної обробки на малих міжелектродних зазорах. Матеріал електрод-інструменту може не тільки концентруватися на поверхні заготовки, але і дифузувати в більш глибокі шари [2].

Товщина білого шару як правило залежить від величини струму та температури охолоджуючої рідини, а також від теплопровідності матеріалу заготовки. Білий шар як правило має дрібнозернисту структуру [2]. В білому шарі легко утворюються сплави компонентів матеріалу з матеріалом електрод-інструменту та елементами робочої рідини, а також карбіди і оксиди. Так дослідженнями [4] було відмічено зміну хімічного складу після електроерозійної обробки сплаву ЭИ437Б та сталі 12Х18Н9Т, незважаючи на це чіткої залежності зміни вмісту елементів у поверхневому шарі від режимних показників не спостерігалось.

Після швидкого охолодження білий шар в окремих випадках має ледебуритну будову з утворенням первинних кристалів цементиту в ледебуритній основній масі. При обробці сталевих деталей у воді білий шар може мати мартенситну структуру [2].

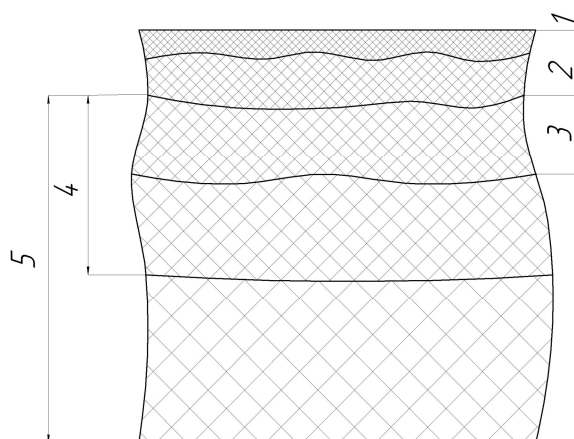


Рис. 1. Схематичне розташування зон поверхневого шару, після електроерозійної обробки

Зона термічного впливу значно перевищує своїми розмірами білий шар. На структуру розплавленої зони здійснюють вплив матеріал заготовки, його початковий стан, властивості робочої рідини, а також режим обробки.

Залежно від умов протікання процесу електроерозійної обробки зона термічного впливу має загартовані ділянки з дрібнозернистою структурою, ділянки вторинного загартування, які при обробці на грубих режимах чергуються з ділянками відпуску [5, 6].

При електроерозійній обробці на м'яких режимах ($W < 10^{-3}$ Дж) у воді послідовність розташування зон у межах термічного впливу буде таким: мартенсит, тростито-сорбіт, відпущений метал, основний метал, при обробці у вуглецевмісних робочих рідинах: аустеніт, мартенсит, тростито-сорбіт, відпущений метал, основний метал. При обробці на грубих режимах у вуглецевмісних робочих рідинах на поверхні утворюється ледебурит, після якого розташовуються вказані вище структури.

У процесі електроерозійної обробки поверхня металу зазнає значних ударних впливів, пов'язаних з переміщенням хвилі напруги від розширення і стиснення металу при нагріванні й охолодженні оброблюваної заготовки під дією електричного розряду; від тиску газу, утвореного в результаті випаровування робочої рідини; від тиску потоку факелів, рухаючись зі швидкістю, близькою до швидкості звуку; від електростатичних і електромагнітних сил, що виникають в процесі обробки, а також від протікання в зоні термічного впливу структурних змін та інших факторів.

Зона пластичної деформації проявляється у вигляді подрібнення зерен, утворення великих дислокацій, а також змінення параметрів кристалічної ґратки. Так І.С. Стекольніков виявив суттєву зміну зерна далеко за межами одиначної лунки, а М.М. Писаревський з'ясував, що величина параметрів ґратки аустеніту рівна $3,64^\circ$ замість $3,59^\circ$, що відповідає марці сталі, яку досліджували.

Мета досліджень. Виявити вплив режимних показників електроерозійної обробки на зміну хімічного складу сталі X12.

Викладення основного матеріалу. Результати досліджень. Визначення вмісту вуглецю в поверхні сталі після електроерозійної обробки визначали методом кулонометричного титрування [7], за допомогою експрес-аналізатора АН-7529.

Визначення вмісту сірки в поверхні сталі після електроерозійної обробки визначали методом кулонометричного титрування [8], за допомогою експрес-аналізатора АС-7932.

Визначення вмісту інших хімічних елементів виконували рентгенофлуоресцентним методом [9], за допомогою рентгенофлуоресцентного спектрометра VRA-20.

Мікроструктуру поверхні сталі після електроерозійної обробки досліджували за допомогою мікроскопа «Neophot-32».

Перед проведенням досліджень було визначено хімічний склад листової сталі X12. Результати представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний склад сталі X12 до електроерозійної обробки

Матеріал	Масова частка елемента, % (Fe -)							
	C	Si	Mn	Cr	S \pm 0,004	P	Cu	Ni

	$\begin{matrix} + \\ - \end{matrix} 0,01$							
Сталь Х12	2,14	0,31	0,24	12,40	0,024	0,028	0,18	0,31

Зразки сталі відповідають за хімічним складом ГОСТ 5950-2000 [10].
Електроерозійну обробку виконували на установці 01.10.016А (рис. 2).

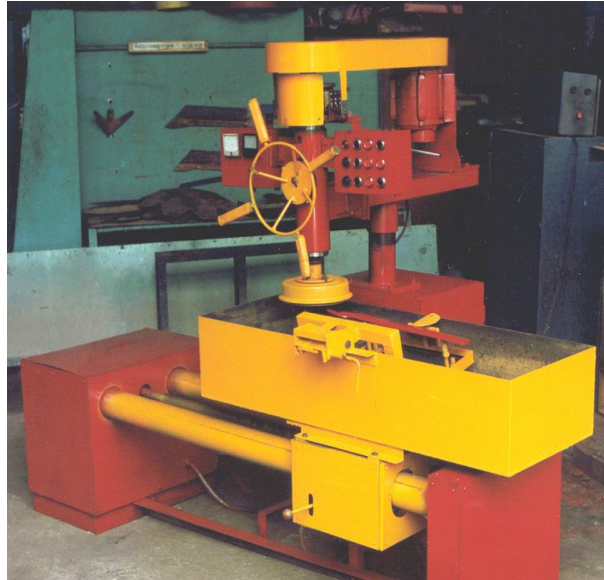


Рис. 2. Установа для електроерозійної обробки 01.10.016А

У процесі дослідження вивчали вплив сили струму на хімічний склад, всі інші фактори мали постійне значення. Результати дослідження представлено в таблиці 2 та на рисунках 3–4.

Таблиця 2

Хімічний склад поверхневого шару сталі Х12
після електроерозійної обробки

Номер зразка	Масова частка елемента, % (Fe -)							
	C $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix} 0,01$	Si	Mn	Cr	S $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix} 0,004$	P	Cu	Ni
Зразок 1 (сила струму 200А)	2,14	1,18	0,74	12,42	0,02	0,018	0,038	0,32
Зразок 2 (сила струму 300 А)	2,12	1,01	0,66	12,38	0,023	0,019	0,035	0,32
Зразок 3 (сила струму 400 А)	2,14	2,14	1,64	12,84	0,023	< 0,01	0,048	0,34
Зразок 4 (сила струму 500 А)	2,16	1,42	0,81	12,43	0,023	< 0,01	0,051	0,33

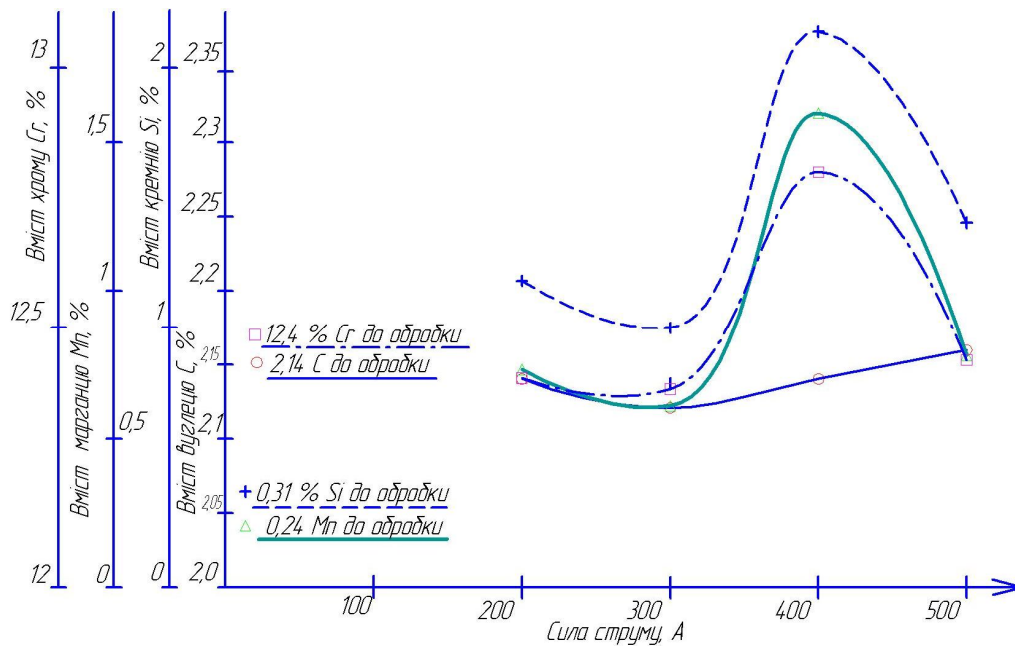


Рис. 3. Зміна вмісту Cr, Mn, Si, C у поверхневому шарі сталі X12 після електроерозійної обробки

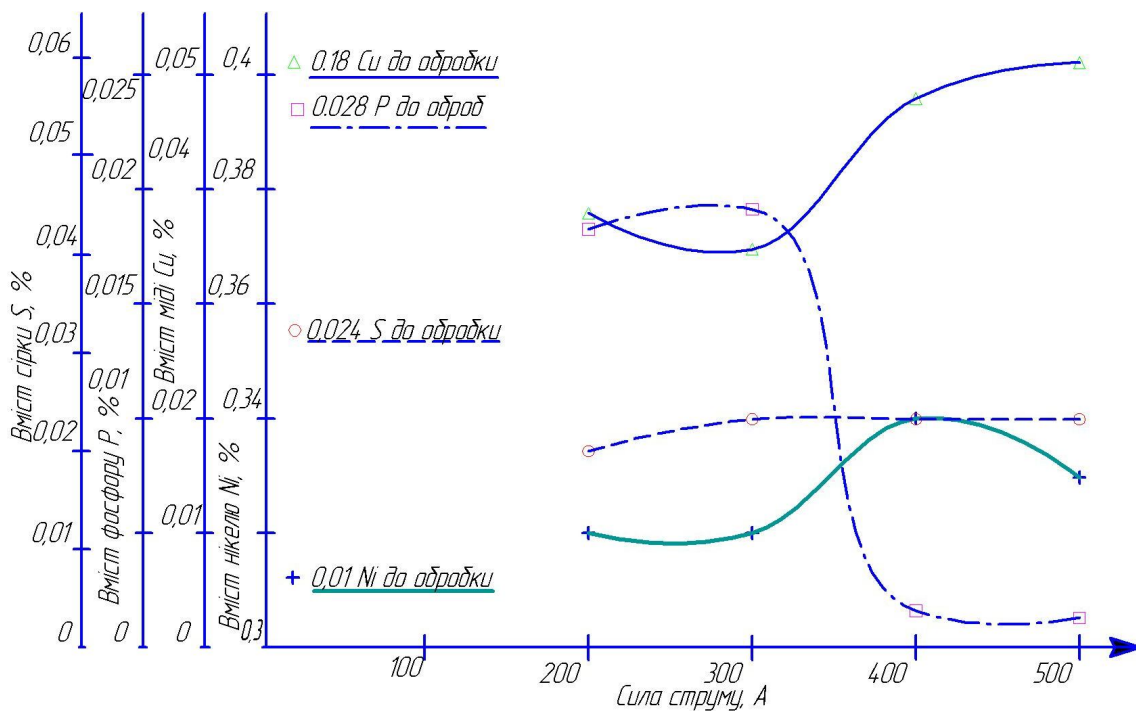


Рис. 4. Зміна вмісту Cu, Ni, S, P у поверхневому шарі сталі X12 після електроерозійної обробки

Найбільше збільшення вмісту в сталі X12 після електроерозійної обробки спостерігалось у марганцю Mn (з 0,24 % до 1,64 % при 400 А), та кремнію Si (з 0,31 до 1,00 при силі струму 400 А). При вмісті в сталях до 0,8 % марганець вважається технологічною добавкою та суттєвий вплив на властивості сталі не здійснює. У нашому випадку його вміст підвищився до 2,0 %, в свою чергу, це призведе до підвищення міцності, твердості, зносостійкості та зниження в'язкості. Підвищення вмісту кремнію (навіть незначне) в сталях призводить до підвищення твердості, міцності, пружності та одночасно до зниження в'язкості.

До негативних наслідків електроерозійної обробки слід віднести підвищення вмісту сірки та дане насичення є не суттєвим і знаходиться в межах чинного стандарту для сталі X12 (S до 0,023 %).

Найбільше зниження вмісту спостерігається для міді (з 0,18 % до 0,035 % при силі струму 300 А), це пов'язано з тим, що мідь є легкоплавким металом.

Позитивним моментом є також підвищення вмісту хрому рази (з 12,40 до 12,84 % при силі струму 400 А), адже хром різко підвищує твердість сталі в зоні термічного впливу, утворюючи карбіди хрому, а також сприяє утворенню загартованих структур. Підвищення вмісту хрому в сталі Х12 підвищує також її міцність, в'язкість та зносостійкість.

З рисунка 3 можна зробити висновок, що вміст нікелю в обробленому шарі максимально збільшився при силі струму в 400 А. Насичення поверхні нікелем підвищує міцність, твердість, в'язкість при низьких температурах та корозійну стійкість.

Як видно з наведених графіків зміна вмісту хімічних елементів у сталі Х12 після електроерозійної обробки не має чіткої закономірності. Також можна зробити висновок, що найбільший вміст елементів, які позитивно впливають на зносостійкість, спостерігався при силі струму 400 А.

Дослідження структурних перетворень показали, що в результаті електроерозійної обробки утворюється зносостійкий шар з дрібногочастою мартенситною структурою незалежно від режимних показників. Це пов'язано з тим, що дослідження проводили при температурі робочого середовища (води) в межах 20–60 °С, а дана температура забезпечує охолодження обробленої поверхні зі швидкістю більшою 20 °С/с, що і необхідно для утворення мартенситних структур.

У результаті проведення дослідження було з'ясовано, що при силі струму 500 А (незалежно від інших факторів) по всьому об'єму обробленого шару утворюються мікротріщини. Це пов'язано з виникненням великих внутрішніх напружень під час протікання процесу електроерозійної обробки.

При електроерозійній обробці мікротвердість поверхневого шару сталі Х12 підвищується до 12...12,8 ГПа.

Висновки. Зміни в хімічному складі в результаті електроерозійної обробки сталі Х12 підвищує її зносостійкість, адже насичує поверхневий шар хромом, нікелем, кремнієм та марганцем.

Найбільш раціональним режимом електроерозійної обробки є: сила струму 400–350–450 А, температура робочого середовища 20–60 °С, напруга 45 В.

Перспективи. Дослідити розподіл хімічних елементів пошарово для поверхні після електроерозійної обробки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 25331-82. Обработка электроэрозийная. Термины и определения.
2. *Фотеев Н.К.* Технология электроэрозийной обработки / *Н.К. Фотеев.* – М. : Машиностроение, 1980 – 184 с.
3. *Красюк Б.А.* Выявление на поверхностных слоев в образцах строения железных про- травляющихся сплавов. Заводская лаборатория / *Б.А. Красюк.* – Т. 22. – 1956. – № 5.
4. *Александров В.П.* Исследование технологических характеристик электроэрозийной обработки жаропрочных материалов / *В.П. Александров.* – М. : Наука, 1964. – 124 с.
5. *Геллер Ю.А.* Инструментальные стали / *Ю.А. Геллер.* – 4-е изд. – М. : Металлургия, 1975. – 584 с.
6. *Могилевский И.* Металлографические исследования поверхности стали после электроискровой обработки / *И.Могилевский, А.Чановая* // Электроискровая обработка металлов. – Вып. 1. – М. : Изд- во АН СССР, 1957.
7. ГОСТ 12344-88. Стали легированные и высоколегированные. Методы определения углерода.
8. ГОСТ 12345-2001. (ИСО 671-82, ИСО 4935-89). – Стали легированные и высоколегированные. Методы определения серы.
9. ГОСТ 28033-89. Сталь. Метод рентгенофлюоресцентного анализа.
10. ГОСТ 5950-2000. Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия. Дата введения в действие : 01.01.2002. – К. : УкрНИИИспецсталь. – 35 с.

ГЕРУК Станіслав Миколайович – кандидат технічних наук, доцент Житомирського національного агроекологічного університету.

Наукові інтереси:

- електроерозійна обробка;
- підвищення зносостійкості ґрунтообробних машин.

БОРАК Костянтин Вікторович – аспірант Житомирського національного агроекологічного університету.

Наукові інтереси:

- структурні перетворення за електроерозійної обробки;
- підвищення зносостійкості ґрунтообробних машин.

Подано 20.09.2011