

УДК 621.1.9

С.С. Добранський

викладач спеціальних дисциплін, спеціаліст вищої категорії

А.В. Кравчук

викладач загальноосвітніх дисциплін, спеціаліст вищої категорії, старший

викладач

(Житомирський агротехнічний фаховий коледж)

**Електронно-мікроскопічний аналіз поверхністалі 65 г після
електроерозійної обробки**

Дана робота присвячена виявленню особливостей структури поверхневого шару сталі 65Г, який утворився в результаті обробки при різних режимах різання на проволочно-вирізному верстаті. В роботі досліджували сталь марки 65Г по ДСТУ 8429. Попередньо сталь 65Г піддавали повному загартуванню при температурі 800 °С в маслі і подальшому середньому відпуску при температурі 450 °С протягом 3 годин.

Ключові слова: проволочно-вирізний, електроерозійна обробка, точність, похибка, поверхневий шар.

Постановка проблеми

Електроерозійна обробка широко застосовується в багатьох технологічних процесах виробництва відповідних виробів. Її використовують при обробці штампувального, пресового та іншого інструменту, а також ливарних форм, деталей паливної апаратури, різних приладів та інших виробів [1, с. 21-24].

Слід зазначити, що процеси, що виникають при електроерозійній обробці, залежать від фізичної природи взаємодії матеріалу з концентрованим потоком енергії іскрового або імпульсно-дугового розряду. Утворений розряд визначається наступними параметрами: прикладеною до електродів напругою, часом формування імпульсу, робочою рідиною і величиною зазору між електродами.

Невід'ємною складовою процесу електроерозійної обробки є формування вторинних структур на поверхні виробу й електрода інструмента, що викликано інтенсивним термічним впливом і перенесенням речовини з електрода-інструмента на поверхневий шар матеріалу заготовки під час обробки [2, с. 63-67].

Встановлено, що властивості поверхневого шару істотно змінюються внаслідок електроерозійної обробки, однак повною мірою ці властивості невизначені. Встановлено [3,с. 188-191], що внаслідок потужного теплового впливу при виділенніелектричної енергії в процесі електроерозійної обробки робоча рідина розкладається. Окремі її елементи проникають в поверхневий шар заготовки, дифузують у нього й утворюють з оброблюваним матеріалом хімічні сполуки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вченими помічено відкладення вуглецю у вигляді сажі на поверхні заготовки, оброблюваної електроерозійним способом у ряді режимів. Крім зони насичення елементами робочої рідини, виділяють зону, яка характеризується присутністю матеріалу електрода-інструмента. Поява даної зони пов'язана з перенесенням частини енергії на заготовку факелами, що складаються з пари матеріалу електрода-інструмента. Утворення цієї зони можливе, як правило, при підключенні електрода-інструмента до негативного полюса джерела живлення (пряма полярність) у випадку електроерозійної обробки на малих міжелектродних зазорах, або такої зміни умов ведення процесу, яка порушує його стабільність. Матеріал електрода-інструмента може не тільки концентруватися на поверхні заготовки, а й дифундувати в більш глибокі шари, наприклад, в шар розплавленого матеріалу заготовки, і утворювати там різні фази: тверді розчини, з'єднання і т. п.

Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми

У теорії електроерозійної обробки показано, що при використанні електродів-інструментів з міді і вольфрамо-мідних композицій може бути утворена зона з матеріалу електрода-інструмента, яка тонким шаром буде покривати оброблювану поверхню. Крім того, мідь може проникати в зону розплавленого матеріалу заготовки, утворюючи окремі включення.

Формулювання цілей

Метою даної роботи є виявлення особливостей структури поверхневого шару сталі 65Г, що утворився в результаті обробки в різних режимах на проволочно-вирізному верстаті.

Виклад основного матеріалу дослідження

У роботі досліджувалась сталь марки 65Г, хімічний склад якої наведено в табл.5.

Таблица 5

Хімічний склад сталі 65Г, %

Елемент	C	Mn	Si	Cr	P	S	Cu	Ni
Вміст, %	0,65	1,10	0,27	0,25	0,035	0,035	0,20	0,25

Попередньо сталь 65Г піддавали повному загартуванню з температурою масла 800⁰С і подальшою середньою відпусткою при температурі 450⁰С протягом 3 годин. У результаті тримали структуру троостита відпустки.

Електроерозійну обробку проводили на проволочно-вирізному верстаті фірми Electronica модель Esocut, у середовищі робочої рідини - дистильованої води. Як електрод-інструмент використовували дріт з латуні марки Л68. Обробку проводили відповідно до режимів, наведених в табл. 6.

Дослідження хімічного складу поверхневого шару визначали на мікроскопі РЕМ-100У.

Дослідження розподілу хімічних елементів в шарі проводили на поперечних мікрошліфах з використанням електронного мікроскопа Quanta 600 при збільшеннях до $\times 15000$ і прискорюваній напрузі 30кВ.

Таблиця 6.

**Режими обробки сталі 65Г на проволочно-вирізному верстаті
фірми Electronica модель Esocut**

Режими	max	med	min
Час дії імпульсу (ton), мкс	21	21	10
Час бездіяльності імпульсу (toff), мкс	51	60	21
Напруга (U), В	50	50	50
Сила струму (I), А	2	1	0,5
Продуктивність (Q), мм/хв	4,1	3,1	1,5

Карти розподілу хімічних елементів в поверхневому шарі будували для цинку, міді, заліза, хрому, кисню.

Мікрошліфи виготовляли в кілька етапів: попередньо зразки заливали в бакелити, далі на абразивних шкурках Р240, Р320, Р600, Р1200, Р2000 послідовно шліфували поверхневий шар до моменту видалення слідів від попередньої шкурки зі зміною напрямку шліфування на 90°. Полірування поверхні зразка робили на полірувальному кругу з використанням сукна й алмазної пасти. Після полірування зразок промивали водою, знежирювали тампоном, змоченим у спирті, і сушили.

Результати дослідження

Дослідження хімічного складу поверхні сталі 65Г після електроерозійної обробки показало (табл. 3), що відбувається електроіскрове легування поверхні матеріалу міддю і цинком. Це зумовлено перенесенням парів матеріалу електрода-інструмента на заготовку факелами під час різання. У даних умовах експерименту електродом-інструментом був дріт зі сплаву міді з цинком – латунь Л68. Слід відзначити, що можливо розмір зонда при

електронно-мікроскопічних дослідженнях перевищує товщину шару, а дані з таблиці 7 можна використовувати тільки для якісної оцінки хімічного складу поверхні [3].

Таблиця 7

Залежність хімічного складу поверхні сталі 65Г від режиму обробки

Режим	Хімічний елемент			
	Cu	Zn	Mn	Si
Вихідний зразок	0,2	-	1,1	0,27
Максимальний режим $U = 30-50$; $I = 6,5-6,0A$; $V = 3,3-3,7mm$ (м)	21,5	8,8	0,4	0,3
Середній режим $U = 50$; $I = 2A$; $V = 5,0-0,3mm$ / м)	8,3	2,1	0,7	0,3
Мінімальний режим $U = 50$; $I = 0,5 A$; $V = 1,7-1,9 mm$ / м)	1,6	1,5	0,6	0,3

Побудову карти розподілу хімічних елементів проводили за допомогою астрального електронного мікроскопа CarlZeissEVO50. Показано, що на поверхні сталі 65Г сформована зона переважно з матеріалу електрода інструмента, яка тонким шаром покриває оброблену поверхню (рис. 1). Слід зазначити, що підвищена концентрація цинку і міді спостерігається переважно в пористих і пористих складових поверхні.

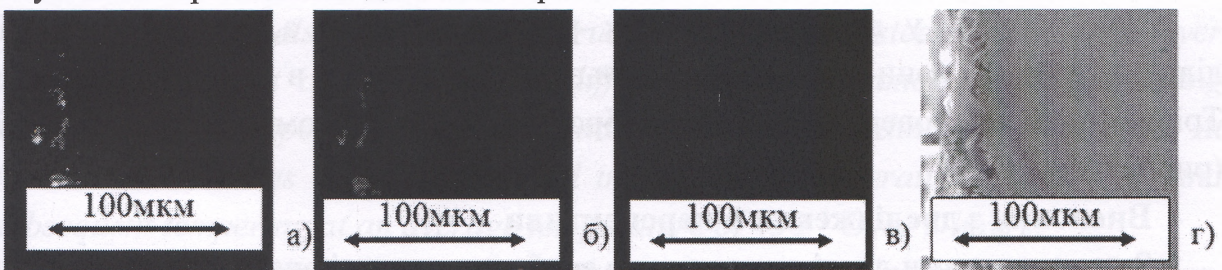


Рис.1. Розподіл цинку (а), міді (б) і марганцю (в) на поверхні зразка (г) після електроерозійної обробки в максимальному режимі

Дослідження рельєфу поверхні після електроерозійної обробки показало, що поверхня набуває специфічної шорсткості, яка сформована з сукупності великої кількості лунок (рис. 2). Обробка в максимальному і середньому режимах призводить до отримання однорідної поверхні без видимих тріщин (рис. 2, а, б), а в мінімальному режимі - на поверхні спостерігається виражене розтріскування (рис. 2, в).



Рис. 2. Шорсткість центру поверхні зразків після електроерозійної обробки в максимальному (а) середньому (б) і мінімальному (в) режимах.

Слід зазначити, що шорсткість на поверхні ближче до краю різку має більшзгладжений рельєф, кількість і глибина пробоїв ближче до краю зменшується (рис. 3).



Рис. 3. Шорсткість краю поверхні зразків після електроерозійної обробки в максимальному (а), середньому (б) і мінімальному (в) режимах.

При обробці у всіх досліджених режимах (рис.3, а, б, в) оплавлені ділянки крайової зони різку мають більшу площу, ніж в центрі поверхні. Тріщини на краю поверхні різку після обробки в мінімальному режимі відсутні (рис.3, б).

Висновки з дослідження й перспективи

За результатами досліджень можна зробити наступні висновки:

1. На поверхні заготовки при збільшенні струму різання спостерігається електроіскровелегування поверхні матеріалу міддю і цинком. Причому при збільшенні сили струму різання на поверхні збільшується процентний вміст міді і цинку.
2. Виявлено якісну відмінність між мікрорельєфом центру і краю поверхні різку: на краю різку спостерігається згладжений, схожий на оплавлені ділянки, мікрорельєф, а в центральній частині різку мікрорельєф сформований великою кількістю лунок.

Список використаних джерел

1. Лазаренко Б.Р. Электрические способы обработки металлов, и их применение в машиностроении/ Б.Р. Лазаренко. М.: Машиностроение, 1978. 40 с.
2. Фотеев Н.К. Технология электроэрозионной обработки / Н.К. Фотеев. М.:Машиностроение, 1980. 184 с.
3. Добранський С. С., Бучко І. О. Електронно-мікроскопічний аналіз поверхні сталі 65Г після електроерозійної обробки. *Сучасні проблеми землеробської механіки: 2021 рік: матеріали XXII Міжнар. наук. конф. МОН України, 16-18 жовтня 2021р. Київ-Ніжин, 2021. С. 188-191.*
4. Кіндрачук М.В. Механізм припрацювання в гетерогенних евтектичних системах / М. В. Кіндрачук, І. А. Гуменюк, О. О. Мікосянчик та ін. // Проблеми тертя та зношування. 2015. № 1 (66). С. 94–101.
5. Кіндрачук М. В. Роль локалізації напружень і деформацій в перехідній зоні «матриця – наповнювач» в кінетиці руйнування композиційних покриттів під час тертя / М. В. Кіндрачук, М. В. Лучка, В. Я. Лобурак, І. А. Гуменюк // Проблеми тертя та зношування. 2014. № 2 (63). С. 18–29.
6. Власенко М.В., Аулін В.В., Лисенко С.В. Триботехнічні характеристики поверхонь тертя при електротрибохімічному методі припрацювання // Проблеми трибології (Problems of Tribology). Хмельницький. 2003. № 3,4. С.140-144.

ELECTRONIC MICROSCOPIC ANALYSIS OF STEEL 65G SURFACE AFTER ELECTRO EROSION PROCESSING

The article deals with detection structural features of steel 65G surface layer formed as a result of processing at different cutting regimes of a wire cutting machine. In this paper we examined grade steel 65G according to DSTU 8429. At first steel 65 G was completely forged in oil at the temperature of 800 ° C and subsequent tempering at an average temperature of 450 ° C for 3 hours.

Key words: *wire electrical discharge machining, the electrode tool, precision, accuracy, surface layer.*