

# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ СТАЛЕЙ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*В роботі показано вплив електроімпульсного гартування на формування структури та фізичні властивості поверхневих шарів сталі та сплавів.*

**Ключові слова:** електроімпульсне гартування, мартенситні перетворення, мікроструктура, джерела енергії.

## *Abstracts*

*The paper shows the effect of electropulse hardening on the formation of the structure and physical properties of the surface layers of steel and alloys.*

**Keywords:** electropulse hardening, martensitic transformations, microstructure, energy sources.

## Вступ

Методи поверхневої обробки деталей, які підвищують надійність та довговічність машин, можна віднести до трьох основних груп - поверхнева термічна обробка, хіміко-термічна обробка та нанесення покриттів. Такий розподіл умовний, так як при існуючих багато чисельних способах більшість з них важко віднести до тієї або іншої галузі.

Розробка на їх основі та впровадження у виробництво нових технологій поряд з використанням недефіцитних матеріалів дозволяє підвищити продуктивність, знизити енергоємність процесів обробки сталевих деталей. Так, використання індукційного гартування у порівнянні з нагрівом у печах дозволяє знизити витрати електроенергії у три рази, імпульсне гартування економить не менш як 10% енергії.[1,2]

Одним з перспективних методів зміцнення деталей є електроімпульсна обробка, яка полягає у використанні потужних джерел енергії, здатної впливати на структуру і фізичні властивості металів та сплавів.

Метою роботи є використання потужних джерел енергії здатних впливати на структуру і фізичні властивості поверхневих шарів деталей машин і як наслідок підвищення якості та експлуатаційних властивостей поверхонь.

## Результати дослідження

На рис.1 представлено загальну схему виконання експерименту. Зразок (9) встановлюється між змінними електродами-вставками (7) та основними мідними електродами (2) встановлених на шарах (5) з метою створення спільних з гнучким струмопроводом (3) розміром 10x0,8 мм. паралельних площин основними електродами для надійного контакту та зафіксований пластинами затисної струбцини (4). Гнучкі струмопроводи підключені до циліндричного струмопровіда-шунта (6) та збірних шин ІН-6.

В результаті дії енергії на зразки було виявлено наступне:

1. Зразки не повинні мати концентраторів напружень, тобто без надрізів та напливів;
2. Зразки на згин втратили форму і для подальших випробувань не прийнятні;
3. При дії на зразки з енергією, температура нагрівання яких більша за 1500°C, вони потекли, тобто розплавившись, що призвело до необхідності виготовленні спеціального оснащення .

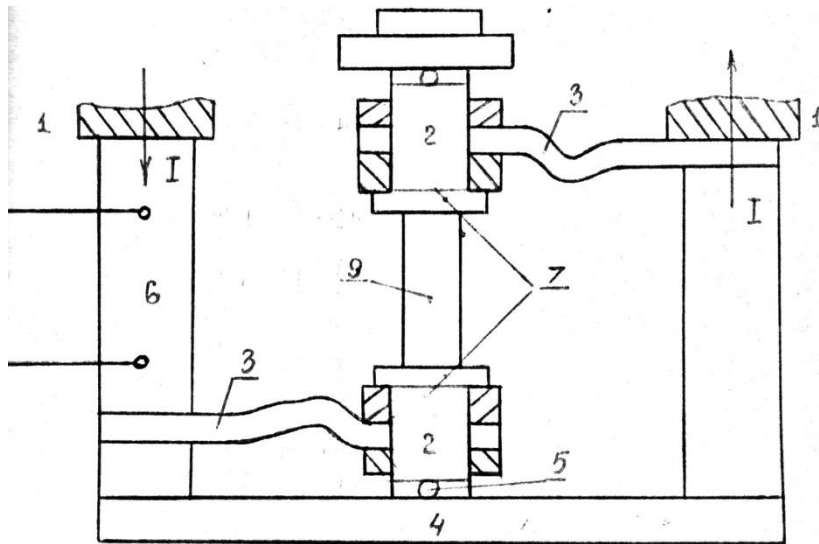


Рисунок 1 - Схема експериментальної установки, на якій виконувались експерименти

Задачі, пов'язані з впровадженням та розробкою нової технології термічної обробки сталі з використанням імпульсного джерела живлення, вирішувалися в лабораторіях Вінницького національного технічного університету. Дослідження проводили з використанням сталі Р6М5, сталі 45. Об'єктами досліджень - зразки, виготовлені для використання на ударну в'язкість та згин.

Хімічний склад досліджуваних сталей відповідав ГОСТу, дані наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад досліджуваних сталей

Сталь	Хімічний склад, % ваги				
	C	W	Mo	Cr	V
Р6М5	0,81	5,71	5,10	3,76	2,15
45	0,42...0,50	-	-	0,25	-

При дослідженні впливу електроімпульсної обробки на властивості сталей були використані наступні методи.

Металографічний аналіз: проводився з метою визначення оцінки структури, глибини та товщини утвореного модифікованого шару. Металографічний аналіз обробленої поверхні досліджували за допомогою мікроскопа МІМ-8 при збільшенні  $400^x$  та  $1000^x$ . Для виявлення структури наплавленого шару використовували реактив: азотна кислота, % - 4; етиловий спирт, % - 96.

Механічні властивості: для дослідження мікротвердості по глибині зміцненого шару використовували прилад ПМТ-3. Вимірювали твердість відповідно ГОСТу 9450-85 при навантаженні  $2 \cdot 10^{-2}$  та  $5 \cdot 10^{-1}$  Н. В процесі вимірювань мікротвердості робили відбитки через рівні проміжки, кожна з величин середнє вимірювання із 5 значень.

При визначенні твердості HRC<sub>e</sub> та HV (ГОСТ 2999-85, ГОСТ 9013-59) виконували 6...10 замірів.

Ударна в'язкість: для оцінки в'язкості матеріалів та визначення їх схильності до переходу із в'язкого в крихкий стан проводили дослідження з надрізаними зразками на маятникових копрах на стандартних зразках з У-подібним надрізом, відповідно ГОСТу 9454-88.

Структура сталі Р6М5 в початковому стані - сорбітоподібний перліт з вкрапленнями карбідів, які відрізняються формою та розміром. Всі карбіди можна розділити та класифікувати на 4 групи:

1. Крупні залишкові карбіди з розмірами в поперечному перерізі до 20...25 мкм.;
2. Евтектоїдні карбіди розміром в поперечному перерізі до 8...12 мкм.;
3. Дрібні карбіди з розмірами 3...5 мкм;
4. Найдрібніші карбіди розміром в поперечному перерізі до 1 мкм.

Окремо варто зазначити карбідну неоднорідність, яка в досліджуваній сталі Р6М5 характеризується балом 2...1.

Твердість досліджуваної сталі Р6М5 в початковому стані складає 2450 МПа (НВ). Ця ж твердість, визначена на приладі Роквелла була в межах 23-25 HRC<sub>e</sub>.

За допомогою рентгеноструктурного аналізу виявлено, що досліджувана сталь Р6М5 являє собою  $\alpha$ -твердий розчин + Me<sub>6</sub>C + Me<sub>23</sub>C<sub>6</sub> + MeC. При цьому відношення не перевищує значення 0,2.

Період кристалічної решітки основних фаз сталі Р6М5 в вихідному стані відповідає наступним значенням:

2,8610 Å - для  $\alpha$ -твердого розчину;

11,0500 Å - для Me<sub>6</sub>C;

10,6100 Å - для Me<sub>23</sub>C<sub>6</sub>;

4,1750 Å - для MeC;

параметр кристалічної ґратки  $a=6,6882$  Å.

Для виявлення особливостей впливу електроімпульсного нагріву на структуру і властивості сталі Р6М5 використовували різні режими обробки.

Через зразки 10x10 мм., довжиною 55мм. пропускали поодинокі імпульси з наростаючою енергією від 24,2 до 44 кДж. оцінювали вплив імпульсного нагріву.

Експериментально доведено, що кращі результати досягаються після імпульсної обробки згідно режиму:  $W = 36..42$  кДж;  $I = 27$  кА; тривалість імпульсу  $\tau = 0,6$  с. Температура, зафіксована термопарою знаходиться в межах 1200°C, розрахункова температура  $\sim 1350$ °C.

### Висновки

Критичний аналіз отриманих результатів дослідів дозволяє зробити висновок, що електроімпульсний нагрів своєрідно впливає на розчинення карбідної фази та перерозподіл вуглецю і легуючих елементів між твердим розчином та карбідами. Одним із найбільш важливих висновків є те, що електроімпульсним нагрівом можна досягнути пониження балу карбідної неоднорідності, деякого додаткового легування твердого розчину молібденом, вольфрамом і, що особливо важливо, ванадієм, збільшення міцності і пластичних характеристик, а також збільшення теплостійкості. Потрібно відмітити, що при електроімпульсному нагріві матриця не встигає коагулювати, її структура лишається достатньо дисперсійною, а карбідна фаза, питомий опір якої в 3-5 раз вище у порівнянні з матрицею, помітно розчиняється.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Інженерія поверхні: Підручник. Ющенко К.А., Борисов Ю.С., Кузнецов В.Д., Корж В.М. – К.: Наукова думка, 2007 – 559 с.3. WWW.FESTO.COM.UA

2. Жуков А. А. Получение износостойких высокоуглеродистых поверхностных слоев на стали и чугуна / А. А Жуков, В.І.Савуляк, Е.П. Шилина, Т.Ф. Архипова // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1997. – № 12. – С. 21

**Шилина Олена Павлівна** – канд. техн. наук, доцент кафедри технології підвищення зносостійкості Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: epshilina.tpz@gmail.com

**Shilina Olena P.** – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of department of technology increasing wear resistance, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: epshilina.tpz@gmail.com