

23. Дворук В.І. Державний університет «Київський авіаційний інститут», м. Київ, Україна.
Бучко І.О. Житомирський агротехнічний фаховий коледж.

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ СТАЛІ ЗМЦНЕНОЇ ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ

При русі в масі незакріплених абразивних часток відбувається інтенсивне й швидкоплинне зношування деталей машин та інструменту, що чинить негативний вплив на продуктивність та довговічність ґрунтообробної техніки. Так, наприклад, термін служби робочих органів ґрунтообробних машин у сільському господарстві становить 40 – 150 годин [1].

Для підвищення зносостійкості при виготовленні робочих інструментів ґрунтообробних машин застосовують різні методи зміцнення, до числа яких відноситься, зокрема, термічна обробка із залученням різних методів та швидкостей нагріву сталі: об'ємного, коли аустенізація та відпуск проводиться при малих (пічних) швидкостях нагріву, поверхневого, коли аустенізація і відпуск проводиться методами швидкісного нагріву і об'ємно - поверхневого, коли аустенізація проводиться методами швидкісного нагріву, а відпуск - пічного нагріву.

Встановлено [1, 2], що об'ємна та об'ємно-поверхнева термообробка низьколегованих сталей Л53 і 65Г, що широко застосовуються для виготовлення робочих інструментів ґрунтообробних машин у сільському господарстві, не може бути ефективним засобом підвищення їх зносостійкості. У зв'язку з цим нами досліджено вплив одного з видів поверхневої термічної обробки – швидкісної електротермічної обробки (ШЕТО) на зносостійкість сталі 65Г.

Відмінність ШЕТО від об'ємної термообробки полягає в тому, що аустенізація та відпустка проводиться контактним або індукційним електронагрівом. В результаті одержують високодисперсну (або дрібнозернисту) структуру сталі з оптимальним співвідношенням властивостей міцності та пластичності.

Відомо [3,4], що в механізмі зношування при терті ковзання об нежорсткозакріплені абразивні частки визначальну роль грає міцнісна основа металу. Границя міцності, у свою чергу, пов'язана [4] з границею втоми такою залежністю: зі зростанням границі міцності, як правило, зростає границя втоми. Виходячи з цього, можна очікувати, що підвищення міцності й пластичності сталі після ШЕТО одночасно має сприяти підвищенню її опору втомному руйнуванню. Оскільки процес абразивного зношування однозначно визначається утомним руйнуванням і знеміцненням її поверхневого шару, то можна очікувати позитивного впливу такої обробки на зносостійкість сталі в умовах, що розглядаються.

Для оцінки адекватності такого припущення нами проведено дослідження [5] впливу режиму термічної обробки (табл. 1) на трибомеханічні та реологічні властивості сталі 65Г, (табл. 2).

Видно, що найбільше підвищення опору великим пластичним деформаціям (твердість HV), поширенню статичних (реологічний параметр R) і втомних тріщин (реолого-втомний параметр R_y) на межі області нелінійних ефектів в околах їх вершин спостерігалось після поверхневого гартування індукційним нагрівом без відпуску (режим термообробки II). Звертає на себе увагу, що порівняно з ШЕТО (режим термообробки IV) відмінності твердості та реологічного параметра були дуже суттєвими, тоді як реолого-втомні параметри – знаходилися в межах похибки вимірювання.

Таблиця 1 – Режимы термічної обробки сталі 65Г

Режим термообробки	Гартування		Відпуск	
	Нагрів	Охолодження	Нагрів	Охолодження
I	Пічний, 810°C	Вода	Пічний, 200°C	Повітря
II	Індукційний, 810°C, сила струму I = 0,8 А	Вода	-	-
III	Індукційний, 810°C, сила струму I = 0,8 А	Вода	Пічний, 200°C	Повітря
IV	Індукційний, 810°C, сила струму I = 0,8 А	Вода	Індукційний, 200°C, сила струму I = 0,8 А	Повітря

Таблиця 2 – Залежність трибомеханічних та реологічних властивостей сталі 65Г від режиму термообробки

Режим термообробки	Трибомеханічні властивості		Реологічні властивості	
	Твердість, HV	Зносостійкість, $\varepsilon \times 10^{-7}$, кг	Реологічний параметр, R $\times 10^9$, Па	Реолого-втомний параметр, R _y $\times 10^{14}$, Па
I	587	2,4	1,4	0,8
II	1130	4	11,5	4,6
III	606	2,6	1,62	0,9
IV	720	3,5	2,4	4.1

Порівняння зазначених характеристик з абразивною зносостійкістю ε показали наявність закономірної відповідності між ними після всіх режимів термообробки (рис. 1). При цьому відмінності у зносостійкості сталі після індукційної обробки (режим термообробки II) і ШЕТО (режим термообробки IV) знаходились в межах похибки вимірювання, що підтверджує висловлену вище гіпотезу.

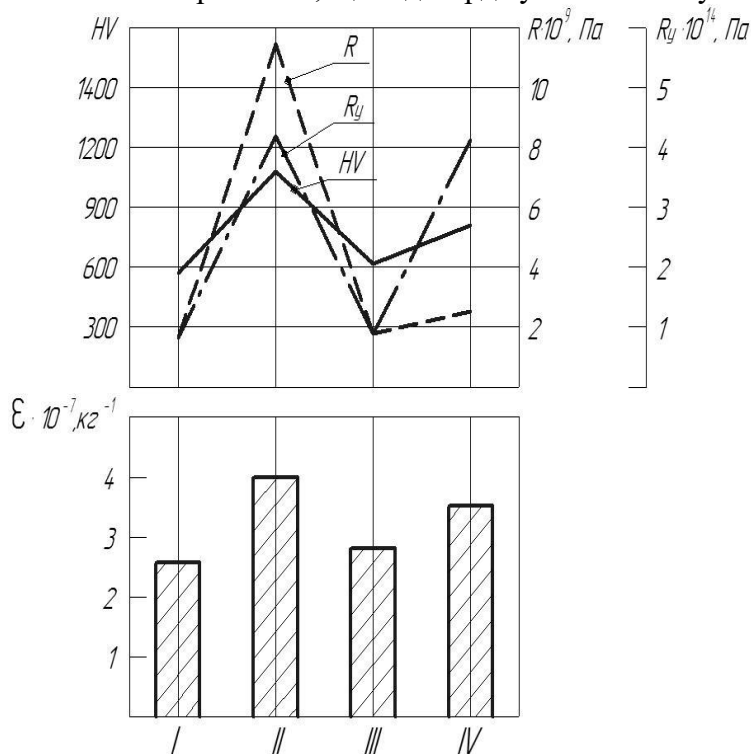


Рис. 1. Зіставлення зносостійкості (ε) з твердістю (HV), реологічним параметром (R) та реолого-втомним параметром (R_y) сталі 65Г після різних режимів термообробки

Отже, у формуванні зносостійкості сталі, зміцненої термообробкою в режимах I - III, внесок твердості, реологічного параметра та реолого-утомного параметра є рівноцінним, а після зміцнення ШЕТО (режим IV) істотно зростає внесок реолого-втомного параметра.

Виходячи з отриманих результатів, можна констатувати, що в міцнісній основі механізму зношування при терті ковзання об нежорстко закріпленій абразив сталі, зміцненої ШЕТО провідну роль грає опір зародженню й поширенню втомних тріщин на межі області нелінійних ефектів в околах вершин тріщин, а механічний компонент контактної взаємодії є визначальним. Це свідчить про високу чутливість зносостійкості сталі до її реолого-утомного параметра. Тому низьколеговані сталі доцільно ранжувати за зносостійкістю за допомогою реолого-втомного параметра.

Як режим термічної обробки доцільно рекомендувати ШЕТО, оскільки вона забезпечує вищу енергоємність сталі 65Г, порівняно з індукційною обробкою, що є істотною перевагою в умовах високої ймовірності додаткових динамічних навантажень при експлуатації робочих інструментів ґрунтообробних машин. Порівняно є об'ємною обробкою підвищення зносостійкості складає 45 – 50%.

Список використаних джерел

1. Дворук В.І. Зносостійкість сталі 65Г, зміцненої гартуванням при індукційному нагріванні // Вчені записки ТНУ ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2019. - №5. – С. 1 – 5.

2. Дворук В.І. Моделювання зношування металів при русі в абразивній масі // Проблеми трибології. – 2015. – № 1. – С.77 – 85.

3. Dvoruk V. I., Borak K. V., Buchko I. A. Destruction of Steel, by the WorkHardened Speed Electrothermal Treatment at Wear by Friction of Skidding at the Non-Rigid Envisaged Abrasive // Journal of Friction and Wear // 2022. - Vol. 43, No. 3. - P. 255–264.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ



ЗБІРНИК ТЕЗ

XI Міжнародної науково-практичної конференції
**«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій
та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»**

<https://doi.org/10.64165/proceeding-ptdstsamt.2025>



11 квітня 2025 року
м. Житомир

<https://doi.org/10.64165/proceeding-ptdstsamt.2025>

УДК 631.2:621.017:615.281:340(477)

Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь. PTDSTSAMT-2025» з нагоди 30-річчя започаткування підготовки ОС «Бакалавр» за спеціальністю «Агроінженерія». 11 квітня 2025 року. МОН України. Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Житомир. 2025. 333 с. <https://doi.org/10.64165/proceeding-ptdstsamt.2025>.

Рекомендовано до друку методичною радою Житомирського агротехнічного фахового коледжу МОН України (протокол від 10.04.2025 р. № 6)

Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference "Prospects and Trends in Development of Structures and Technical Service of Agricultural Machinery and Tools. PTDSTSAMT-2025." on occasion of the 30th anniversary of the initiation of the preparation of the Bachelor's Entity in the specialty "AgroEngineering". April 11, 2025. Ministry of Education and Science of Ukraine. Zhytomyr Agrotechnical Professional College. Zhytomyr. 2025. 333 p. <https://doi.org/10.64165/proceeding-ptdstsamt.2025>.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів Житомирського агротехнічного фахового коледжу, провідних вітчизняних і закордонних закладів вищої освіти та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The collection presents abstracts of reports by scientific and pedagogical workers, researchers, postgraduates and students of the Zhytomyr Agrotechnical Professional College, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, which consider the completed stages of development.

Передрук або інше відтворення в будь-якій формі в цілому або частково матеріалів, опублікованих у цьому віданні, дозволено лише за посиланням на джерело і дотриманням вимог законодавства