

УДК 669.136.9

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОБУДІВНОГО КОМПЛЕКСУ

Чернета Олег Георгійович,

к. т. н., доцент

Коробочка Олександр Миколайович,

д. т. н., професор

Сасов Олександр Олександрович

к. т. н., доцент

Дніпровський державний технічний університет

м. Кам'янське, Україна

Кубич Вадим Іванович

к. т. н., доцент

Національний університет «Запорізька політехніка»

м. Запоріжжя, Україна

Вступ. В машинобудуванні, при підвищенні швидкостей, навантажень і ускладненні режимів роботи виникає попит на використання новітніх технологій зміцнення поверхневого шару деталей, що забезпечать довговічність і надійність роботи вузлів, механізмів, деталей машинобудівного комплексу. Це залежить від вибору матеріалу і технологій зміцнення поверхневого шару. Важливе значення при цьому надається таким аспектам, як економічна доцільність використання матеріалу, технологічним методам обробки – вартість матеріалу, безпечність технологічних процесів обробки, енергоспоживання, час, площа і об'єм поверхні обробки, що підлягає зміцненню. При дослідженні фізико-механічних характеристик поверхневого шару сталевих деталей часто виникає питання про неоднорідність будови поверхневої зони, глибина, щільність і мікротвердість окремих локальних зон, що виникають в процесі обробки і зміцнення матеріалу [1.с.76-77].

Мета роботи. Дослідження і порівняльний аналіз технологічних методів обробки, аналіз фізико-механічних властивостей і характеристик поверхневого шару деталей після зміцнення різними технологічними способами.

При розвитку сучасних технологій обробки деталей з'явилася можливість керувати фізико - механічними властивостями і міцними характеристиками конструкційних матеріалів. Зміцнення поверхневого шару деталі здійснюється шляхом різних варіантів обробок, що передбачають утворення в поверхневому шарі міцних і надміцних структур. Використовуючи новітні технології зміцнення сталей є можливість збільшити мікротвердість робочих поверхонь деталей в рази ($H_{\mu 50} = 2500 - 13000 \text{ МПа}$), при їх товщині 120-200 мкм. У загальному підході це визначається як технологічний аспект забезпечення надійності вузлів тертя за рахунок впливу на вихідну зносостійкість деталей при їх виготовленні. Зміцнені поверхневі шари деталей, як правило, працюють у мастильному середовищі, забезпечують формування стійких адгезійних зв'язків з багатоатомними молекулами різноманітних олив, наприклад моторних, трансмісійних тощо. А це в свою чергу прямо впливає вже на експлуатаційні аспекти забезпечення зносостійкості матеріалів при їх терті.

Матеріали і методи. Спостереження за сталевими деталями після змінення різними способами обробок і дослідження мікроструктур відповідних проводили за допомогою електронного растрового мікроскопу REM-106И.

Відсотковий розподіл матеріальних і енерговитрат різних способів обробки наведено на рис.1.





Рис. 1. Відсотковий розподіл матеріальних і енерговитрат різних способів обробки (а, б, в, г)

Зміцнення досягається шляхом використання висококонцентрованих джерел енергії, які спроможні модифікувати поверхневий шар деталі за рахунок щільності випромінювання, високих швидкостей нагріву і охолодження. В наслідок цих обробок утворюються надтверді фази, мікроструктури і сполуки.

Таблиця 1
Відсотковий розподіл матеріальних і енерговитрат різних способів обробки

№/№	Об'єм виробництва		Час технологіч. процесу		Енергоспоживання		Вартість обл.-ня і техн. процесів	
	Q, м ²	%	t, год	%	E, кВт	%	C, грн	%
Азотування	6	60	96	90	625	40	125000	10
Борування	0.3	8	8	2	121	10	62500	5
Бороцементация	0.3	8	8	2	121	10	62500	5
Лазерна обробка	0.1	2	1	2	244	20	1250000	55
ИПА	0.3	7	3	2	121	10	137500	15
Термообробка	1.5	15	8	2	121	10	125000	10

Результати та обговорення. Технологічні процеси зміцнення поверхневого шару деталей засновані на використанні різного технологічного

обладнання, яке забезпечує відповідні зміцнюючі технології. Так для отримання азотованої поверхні часто використовують печі азотації шахтного типу. Параметри печі (ТОВ «Дніпро-Азот») наступні – корисний об'єм печі 6000 см³, основний реагентний газ – аміак, час витримки складає 96 годин, температура в печі (650-700⁰С) контролюється автоматично [2.с.212].

На виході після остигання печі отримуємо зміцнену азотовану поверхню товщиною (200 мкм (рис.2)) з мікротвердістю $H_{\mu}=6500-7000$ МПа.

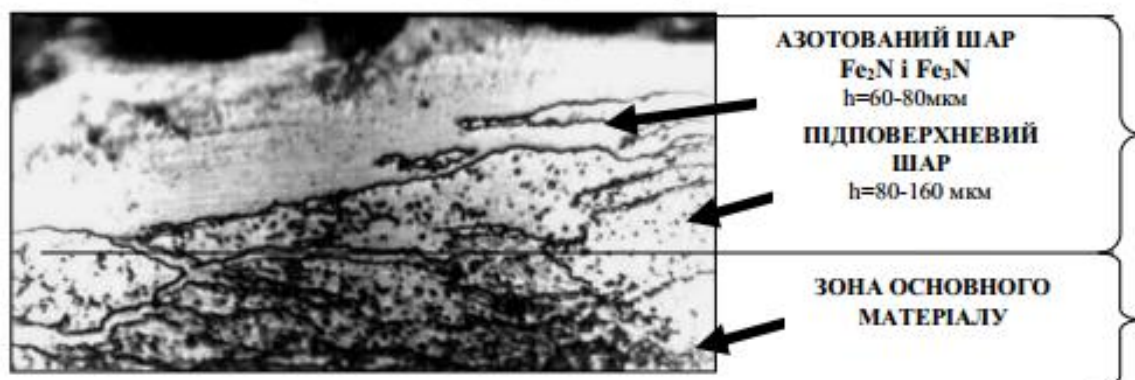


Рис. 2. - Мікроструктура поверхневого шару азотованого зразка x1000

Азотований поверхневий шар складається в основному з нітридів заліза типу Fe_2N і Fe_3N . Далі спостерігається перехідна зона і основний матеріал з феріто - перлітною структурою (рис.2). Енергоспоживання печі за період технологічного процесу складає приблизно 25 кВт/год.

Борування і бороцентація здійснюються в печах з об'ємом садки до 300см³ при температурі 800-830⁰С з часом витримки 7-8 годин з використанням відповідних газів. На виході отримуємо зміцнені поверхні товщиною 120-160 мкм з мікротвердістю $H_{\mu}=16500-17000$ МПа (рис.3) [3.с.212].

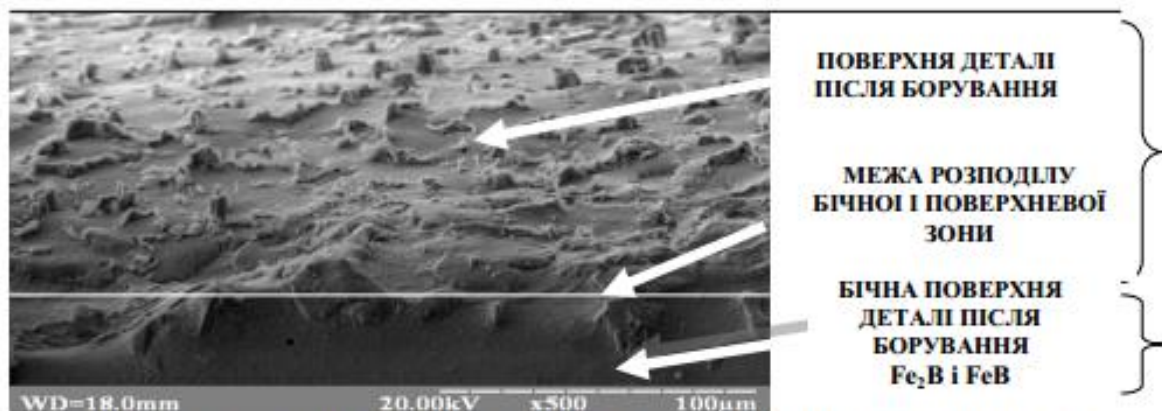


Рис. 3. Топографія поверхні зразка на сталі 45 після дифузійного насичення бором

Дифузійне борування є одним з найперспективніших напрямків хіміко-термічної обробки металів. Вміст вуглецю суттєво впливає на структуроутворення поверхневого шару при боруванні. Голчаста будова поверхні характерна для покриттів після насичення бором. По мірі збільшення вмісту вуглецю в сталі швидкість росту голок зменшується і здійснюється прасування фронту борованого шару. Боридні шари, що утворюються при різних умовах, не є однорідними в структурному відношенні і мають складну зубчасту будову [4.с. 80]. Атоми бору, виходячи з розмірів і спрямованості до утворення ковалентного зв'язку займають особливе положення серед легованих компонентів в сталях. Мала розчинність бору в залізі сприяє інтенсивному утворенню вторинних фаз (Fe_2B і FeB).

Лазерну обробку можна здійснювати на газових СО лазерах безперервної дії або імпульсних лазерах типу – ГООС-1001. Час лазерної обробки миттєвий, але для зміцнення локальної зони поверхневого шару необхідно для лазерів з безперервною дією нанесення відповідної сітки, що забезпечує лазерний промінь, який формує зміцнений шар за заданими програмами з відповідним профілем доріжки. Імпульсний лазер суттєво програє у продуктивності процесу, оскільки необхідний певний час для накопичення відповідної енергії імпульсної обробки, а сама обробка наноситься окремими плямами $\varnothing$ 4-12 мм з перекриттям локальних зон обробки. На виході отримуємо зміцнені поверхні товщиною 80-150 мкм з мікротвердістю $H_R=10000-12000$ МПа (рис.4) [5.с.181].

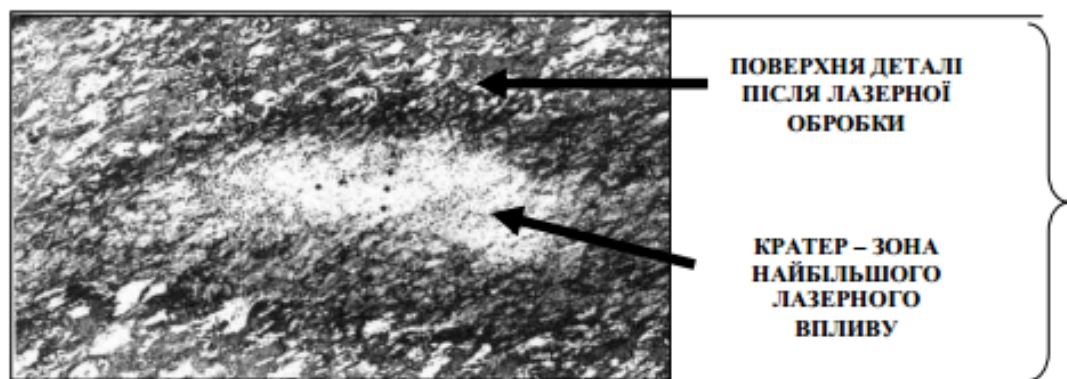


Рис. 4. Мікроструктура зішліфованих ділянок робочої поверхні після лазерної обробки; а - $\times 50$, б - $\times 100$

Іонно - плазмове азотування (ІПА) здійснюється в спеціальних вакуумних приладах типу «Булат», де електродами служать плашки з відповідних металів (титан, цирконій та інш.) у спеціально азотовміщуючому середовищі. На виході отримуємо зміцнені поверхні, що складаються з нітридів цирконію, нітридів титану товщиною 80-120 мкм з мікротвердістю $H_d=4000-5000$ МПа [6.с.136].

Термообробка, як правило традиційно здійснюється у нагрівальних печах за розробленими схемами (нагрів, охолодження, відпуск, витримка і т.д.) окремо для кожної сталі. В результаті процесу гартування отримуємо задані структури (сорбіт, тростит, бейніт, мартенсит) товщиною до 250-300 мкм з мікротвердістю $H_d=3500-65000$ МПа. При досліджуванні мікроструктури литої нормалізованої сталі 45 спостерігається пластинчастий перліт і сітка фериту з ділянками ліквідації сірки з тріщинами (HB=179), а після кування – пластичний перліт з сіткою фериту (HB179-190) [2.с.135-136]. На гарячекатаній сталі 45 спостерігається пластинчастий перліт і сітка фериту при твердості HB 217, а на зразку після сорбітизації (гарт з високим відпуском) спостерігається сорбіт (HB 285).

Висновки. Проведений аналіз ряду технологічних способів зміцнення поверхневого шару деталей. Визначений час, об'єм, матеріальні та енергетичні витрати різних способів обробки, а також заключні результати (фізико-механічні властивості і характеристики) проведених обробок. Намічені основні принципи вибору і шляхи реалізації оптимальних способів обробок для отримання запрограмованих характеристик поверхні деталі.

Список літератури

1. А.Г. Суслов, Ю.В. Гуляев, А.М. Дальский и др. Качество машин / //Справочник. Т2 М. Машиностроение 1995 – С.430.
2. О.Г. Чернета, В.І. Сухомлін, О.М. Коробочка / Дослідження мікроструктури зношених деталей автомобілів із сталі 45 при відновленні і багатократній термічній обробці. //Перспективні технології та прилади. м. Луцьк червень 2017 р. –ЛНТУ, – Вип.10(1) – 2017. С.212-217.

3. Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Гурьев М.А., Мэй Шунчи, Власова О.А. Борирование малоуглеродистой стали. //Международный журнал экспериментального образования.- 2015.-№12 –С. 572-573.
4. Иванов С.Г., Дон Яджи, Гурьев А.М. Микроструктура диффузионной зоны стали 3 после совместного диффузионного насыщения бором и хромом. //Ползуновский альманах №4.- 2016. –С. 5-7.
5. О.Г. Девайно / Технология формирования износостойких поверхностей лазерным легированием / - Минск: УП «Технология», 2001. -180 с.
6. Франценюк И.В., Франценюк Л.И. Альбом микроструктур чугуна, стали, цветных металлов и их сплавов. –М.:ИКЦ «Академкнига», 2004. –С.136.