

ІОННА ІМПЛАНТАЦІЯ ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИНИ ¹⁹

Пилипенко М.М., магістр групи МС-55-23
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Досліджені структура, мікротвердість, зносостійкість виробів з сірого чавуну після іонної імплантації поверхні азотом, бором і вуглецем. Вибраний оптимальний елемент, що імплантується.

Ключові слова: структура, мікротвердість, зносостійкість, іонна імплантація.

ION IMPLANTATION AS A METHOD OF INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF MACHINE PARTS

Pylypenko M., master of group MC-55-23
Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. It is researched the structure, microhardness, wear resistance of grey iron's details after ion-implantation of surface by nitrogen, boron, carbon. It is chosen the optimum element.

Key words: structure, microhardness, wear resistance, ion-implantation.

Вступ

Велика кількість деталей машин працюють в умовах підвищеного зношування, що вимагає застосування дорогих легованих сталей.

Однією з умов впровадження ресурсозберігаючих технологій є заміна легованих сталей більш дешевим матеріалом, а підвищення довговічності деталей машин досягається розробкою нових методів зміцнення поверхневого шару.

У цьому плані є перспективним метод іонної імплантації, який дозволяє виготовляти такі деталі, як гальмівні диски, маховики двигуна, блоки циліндрів та інші з ординарних дешевих матеріалів з високими службовими властивостями.

Переваги цього – мала тривалість процесу застосування елементів, відносна однорідність їх розподілу, низька температура процесу, можливість обробки деталей будь-якої конфігурації.

Одним з важливих факторів, що визначають зносостійкість покриття, є вибір елемента, який імплантується, що і послужило метою цієї роботи.

Матеріал та методика дослідження

Матеріалом, який піддавався іонній імплантації, є сірий чавун, що широко використовується в різних галузях машинобудування.

Незважаючи на крихкість, він має ряд переваг перед сталлю: високі ливарні та антифрикційні властивості, нечутливий до дефектів поверхні, швидко гасить вібрації та резонансні коливання.

Зміцнення поверхні виробів, виготовлених із сірого чавуну, дозволяє розширити сферу його промислового використання. Хімічний склад сірого чавуну, на який наносилося іонно-

¹⁹ Робота виконана під керівництвом професора Глушкової Д.Б.

плазмове покриття, представлений у табл. 1.

Таблиця 1- Хімічний склад сірого чавуну

Кількість елементів, %						
C	Si	Mn	Ni	S	P	Fe
3,49	2,49	0,56	0,08	0,06	0,11	інше

Мета роботи

Іонна імплантація робочих поверхонь деталей машин із сірого чавуну проводилася окремо іонами N, B, C. Випробування на зносостійкість були виконані на машині СМЦ-2.

Рентгеноспектральний аналіз здійснювався на дифрактометрі ДРОН-3 у випромінюванні C_{α} . Для визначення фазового складу реєструвалися дифракційні лінії у діапазоні кутів $\theta = 20^{\circ} - 80^{\circ}$.

За допомогою мікроструктурного аналізу визначався розмір зерна. Мікротвердість вимірювали на приладі ПМТ-3.

Результати дослідження та їх обговорення

У тонкому поверхневому шарі відбуваються структурні зміни, які мають вирішальний вплив на властивості. При цьому важливі не тільки структурні зміни в тонких поверхневих шарах, але й ті, які відбуваються на більшій глибині, що відповідає пробігу іонів аж до межі їх проникнення, а також дефекти, що створюються в результаті зіткнення частки, що летить, з атомами мішені.

Як показали дослідження мікроструктури сірого чавуну, що зазнавав іонної імплантації як іонами N, так і іонами B і C, на певній глибині спостерігається подрібнення зерна (рис. 1)

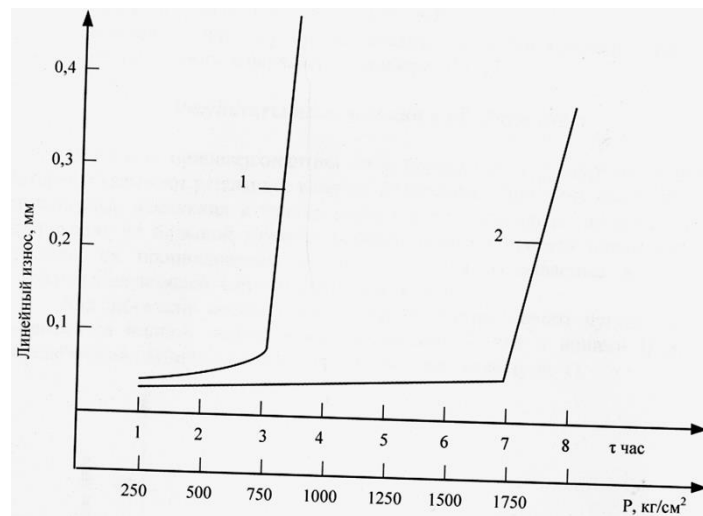


Рисунок 1 – Гістограми розміру зерна від краю в глибину

Як впливає з гістограм, найменший розмір зерна спостерігається на глибині 15 мкм. Цей факт, ймовірно, пов'язаний з тим, що іонна імплантація активізує підкладку, сприяючи зародкоутворенню на першому етапі формування покриття.

Результати зносних випробувань надано на рис. 2, де порівнюється знос чавуну, необробленого та після імплантації іонами азоту. З отриманих даних видно, що необроблений чавун руйнується через 3 години, причому інтенсивне зношування починається вже з першої години випробувань. Чавун, який пройшов обробку іонами азоту, починає руйнуватися через 7 годин випробувань при навантаженні 1750 кг/см², причому зношування поверхні за перші 4

години випробувань практично не спостерігається. У разі напilenня чавуну іонами бору та вуглецю зносостійкість дещо нижча, ніж після напilenня іонами азоту.



1 – необроблений чавун; крива 2 – чавун після іонної імплантації азоту
Рисунок 2 - Залежність лінійного зносу від часу та навантаження

Очевидно, висока зносостійкість поверхні чавуну після іонної імплантації азоту може бути пов'язана з тим, що на поверхні формується щільний і твердий шар, який певною мірою вирівнює гетерогенну структуру чавуну, з одного боку, а з іншого боку створює в матеріалі специфічні дефекти, які зміцнюють його та значною мірою сприяють підвищенню зносостійкості.

Зміна мікротвердості проводилася у напрямку від поверхні до центру на шліфах, вирізаних перпендикулярно до імплантованого шару.

В результаті іонної імплантації сірого чавуну у всіх випадках одержано підвищення мікротвердості.

Чавун після іонної імплантації іонами азоту має найбільшу твердість - вона в середньому становить 21500 МПа у поверхні і поступово знижується на відстані 50 мкм у глиб зразка від поверхні до значень, характерні для вихідного чавуну. Таким чином, мікротвердість поверхневого шару підвищується в 6 разів.

Після іонної імплантації бору мікротвердість чавуну біля поверхні становить середньому 10100 МПа і знижується також з відривом 50 мкм до серцевини. Мікротвердість поверхневого шару підвищується у 2,5 рази.

При іонній імплантації вуглецю мікротвердість чавуну біля поверхні в середньому має значення 11000 МПа з подальшим зниженням до центру зразка. Мікротвердість поверхневого шару збільшується в 3 рази.

Підвищення мікротвердості чавуну внаслідок імплантації іонів азоту, бору і вуглецю очевидно можна пояснити наявністю великої кількості специфічних дефектів, які утворюються в процесі такої обробки, а також закріплення їх дисперсними фазами, що утворюються, відповідно, нітридами, боридами і карбідами.

Вивчення фазового складу зміцнених поверхонь чавуну показало, що у зразках, оброблених азотом, основну фазу становить нітрид Fe_3N , крім того, присутній нітрид Fe_2N , але в набагато менших кількостях.

У зразках, які були імплантовані іонами вуглецю, утворюється тільки карбід заліза Fe_3C , а в зразках, імплантованих бором, утворюються дві фази - FeB і Fe_2B .

Висновки

1. Після іонної імплантації азотом, бором, вуглецем у приповерхневій ділянці чавунних зразків відбувається подрібнення перлітних колоній.
2. Іонна імплантація підвищує мікротвердість поверхневого шару: іони азоту збільшують мікротвердість в ~ 6 разів, а іони вуглецю і бору в ~ 2,5...3 разів.
3. З досліджених імплантованих елементів при іонній імплантації поверхні сірого чавуну найбільшу зносостійкість та мікротвердість забезпечує азот.

Література

1. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування / Є.А. Фролов, С.І. Кравченко, С.В. Попов, С.М. Гнітько. Полтава, 2019. 204 с.
2. Нанотехнології в 21 столітті: стратегічні пріоритети на ринкові підходи до впровадження: Г.О. Андрощук та ін. : монографія. К. : УкрІНТЕІ, 2011. 272 с.