

УДК 621.384

УЛУЧШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ С ПОМОЩЬЮ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

Василенко Н.А., Гончаров В.В., Климаш А.А.

IMPROVEMENT OF MECHANICAL CHARACTERISTICS OF CYLINDROPIRICLE GROUP DETAILS USING IONIC IMPLANTATION METHOD

Vasilenko N.A., Honcharov V.V., Klimash A.A.

В статье проведены исследования механических характеристик чугуна СЧ24-44, распространённого материала цилиндропоршневой группы. В результате обработки микротвердость поверхностного слоя образцов возросла более чем в 6 раз по сравнению с микротвердостью исходного материала и составила 256 МПа, износ поверхности обработанных образцов уменьшился почти в 8 раз. При этом энергия адгезии составила 12 МПа, а толщина модифицированного слоя не превышала 1,5 мкм.

Ключевые слова ионная имплантация, модифицированный слой, микротвердость, адгезия, износ.

Введение. Развитие автомобилестроения требует решения ряда взаимосвязанных задач: упрочнения поверхности нагруженных деталей, повышения износостойкости и твердости деталей ходовой части автомобиля (амортизаторов, пружин, рычагов и т.д.). Решение данных задач возможно осуществить перспективным технологическим приемом - внедрением в поверхность деталей атомов и ионов специально подобранных веществ с помощью метода ионной имплантации [1-3]. Целесообразность такого метода в автомобилестроении объясняется рядом его особенностей, основными из которых являются:

- наносимый материал внедряется в поверхностный слой обрабатываемой детали на глубину порядка 1 мкм. Следовательно, не требуется нанесение подложки, ввиду отсутствия границы раздела и не наблюдается отслаивание образующегося слоя,
- сравнительно низкий расход легирующего элемента;
- образование слоя осуществляется при низких температурах (на уровне комнатных), поэтому отсутствуют изменения глубинной структуры основного материала детали, нет коробления сложнопрофильных поверхностей;
- после нанесения покрытий (образования слоя) не изменяются линейные размеры деталей, что от-

крывает широкие возможности повышения износостойкости;

- возможность локальной обработки поверхностей деталей;
- ионы и нейтралы наносимого вещества могут воздействовать на структуру основного материала, изменяя его физические, химические и механические свойства;
- возможность получения композиционных слоев различных веществ на поверхностях любых материалов.

Долговечность и эффективность работы автомобильных двигателей в значительной степени определяются износостойкостью деталей цилиндропоршневой группы. По данным статистических исследований отказов автомобильных двигателей, поступающих в ремонт, на детали цилиндропоршневой группы приходится до 20% всех отказов, а расходы на их восстановление превышают 30% от всех расходов на капитальный ремонт двигателя.

Износ деталей цилиндропоршневой группы приводит к снижению тягово-мощных показателей работы двигателя, росту расхода горюче-смазочных материалов и т.д. Нарушения в работе цилиндропоршневой группы влияют на работу других сборочных единиц двигателя, ускоряя их износ. Одной из дорогих и быстроизнашивающихся деталей цилиндропоршневой группы является гильза цилиндра. Таким образом, совершенствование методов восстановления и увеличения ресурса деталей цилиндропоршневой группы является актуальной задачей [4].

Материалом для поршней чаще всего служит чугун марок СЧ24-44 и СЧ28-48 и конструкционные стали. Поршни и поршневые пальцы, изготовленные из чугуна, часто подвержены быстрому износу, поэтому упрочнения поверхности этих деталей с помощью модификации поверхностного слоя представляет практический интерес.

Целью работы является исследование механических характеристик чугуна марки СЧ24-44 после модификации методом ионной имплантации.

Техника эксперимента. Мишенью в данном эксперименте служила пластинка титана, а реактивным газом - азот при давлении $5,32 \cdot 10^{-2}$ Па. Давление остаточных газов в камере составляло $13,3 \cdot 10^{-2}$ Па. Подложками служили образцы в виде пластин чугуна СЧ24-44.

Был выбран следующий режим напыления: напряжение и ток на газовом разряде соответственно 380 В и 0,5 А соответственно, напряжение и ток на мишени 2 кВ и 60 мА, напряжение и ток на подложке - 20 кВ и 10 мА. Температура образцов составляла 60-80°C.

Анализ литературных данных [5, 6] показал, что оптимальной является доза порядка $D=10^{17}$ ион/см².

Потому в работе доза ионов, внедряемых в подложку, при времени обработки от 10 до 120 мин, варьировалась от $0,2 \cdot 10^{16}$ до $5,3 \cdot 10^{16}$ ион/см².

Результаты эксперимента и их обсуждение.

При имплантации элементов (Ti, Cr, Ni и др.) в поверхность металлов и сплавов в последних происходит перераспределение механических напряжений в поверхностном слое, искажение кристаллических решеток, накопление имплантируемых.

Вследствие указанных эффектов наблюдается изменение физико-химических, термических и механических свойств.

Поэтому в первую очередь исследовали микротвердость чугуновых образцов (табл.1).

Таблица 1

Микротвердость образцов СЧ24-44

| Состав | Микротвердость, МПа |
|-----------------|---------------------|
| Без покрытия | 40 |
| С покрытием TiN | 256 |

Важными характеристиками для материалов с покрытиями являются адгезия и толщина покрытия. Проведенные исследования (рис.) показали, что обработанные чугуны имеют высокую адгезию при малой толщине слоя, что свидетельствует о высокой надежности полученных материалов.



Рис. Величины адгезии и толщины модифицированного слоя образцов СЧ24-44 после имплантации нитрида титана

Неотъемлемой характеристикой деталей с ресурсом работы является износостойкость. Результаты изучения износа СЧ24-44 при ступенчатом нагружении до 6 МПа приведены в таблице 2.

Таблица 2

Износ образцов СЧ24-44

| Состав | Износ, мг |
|-----------------|-----------|
| Без покрытия | 55,0 |
| С покрытием TiN | 7,8 |

Как видно из данных таблицы 2 материалы, обработанные ионами титана и азота, имеют износостойкость на порядок большую, чем исходные образцы.

Выводы. Таким образом, имплантация ионов азота и титана в поверхность чугуна СЧ24-44, как распространённого представителя материалов цилиндропоршневой группы, приводит к модификации поверхностного слоя с увеличением микротвердости последнего.

Модифицированный слой толщиной до 1,5 мкм обладает высокой адгезией и обеспечивает требуемый ресурс за счет повышенной износостойкости. В целом, полученные характеристики свидетельствуют в пользу применения метода ионной имплантации деталей цилиндропоршневой группы как перспективной технологии в автомобилестроении.

Л и т е р а т у р а

1. Pierson H.O. Handbook of refractory carbides and nitrides: properties, characteristics, processing and application / H.O. Pierson - Westwood-New Jersey: Noyes Publ.1996.
2. P. Le Clair and G.P. Berera Moodera. // Thin Solid Films. - 2000. – Vol. 376. - №1/2. – P. 9 – 15.
3. Кляхина Н.А. Зависимость адгезионных свойств нитридных пленок от способа их получения // Упрочняющие технологии и покрытия. – Москва : Изд-во «Машиностроение», 2009. - № 6 (54). - С. 19 – 22.
4. Салахутдинов И.Р., Хохлов А.Л. Повышение износостойкости гильз цилиндров бензиновых двигателей биметаллизацией рабочей поверхности трения // Ульяновск, УГСХА, 2012 г. – 207 с.
5. Ионная имплантация в полупроводники и другие материалы [Текст] : сборник статей / Перевод с англ. под ред. д-ра физ.-мат. наук проф. В.С.Вавилова. – Москва : Мир, 1980. - 332 с.
6. Honcharov V.V., Zazhigalov V.A, Sawlowicz Z., Socha R., Gurgol J. (2017) Structural, catalytic and thermal properties of stainless steel WITH Nanoscale surface layer. Nanophysics, Nanomaterials, Interface Studies, and Applications. NANO 2016. Springer Proceedings in Physics, vol 195. Springer, Cham., 355-364, 880. DOI: 10.1007/978-3-319-56422-7_26..

References

1. Pierson H.O. Handbook of refractory carbides and nitrides: properties, characteristics, processing and application / H.O. Pierson - Westwood-New Jersey: Noyes Publ.1996.
2. P. Le Clair and G.P. Berera Moodera. // Thin Solid Films. - 2000. – Vol. 376. - №1/2. – P. 9 – 15.
3. Klyakhina N.A. Dependence of adhesion properties of

nitride films on the method of their production // Hardening technologies and coatings.

4. Salahutdinov I.R., Khokhlov A.L. Improving the wear resistance of cylinder liners of gasoline engines by bi-metallization of the friction working surface // Ulyanovsk, UGSKHA, 2012 - 207 p.
5. Ion implantation in semiconductors and other materials [Text]: collection of articles / Translated from English. Ed. Doctor of Phys.
6. 14. Honcharov V.V., Zazhigalov V.A, Sawlowicz Z., Socha R., Gurgol J. (2017) Structural, catalytic and thermal properties of stainless steel WITH Nanoscale surface layer. Nanophysics, Nanomaterials, Interface Studies, and Applications. NANO 2016. Springer Proceedings in Physics, vol 195. Springer, Cham., 355-364, 880. DOI: 10.1007/978-3-319-56422-7_26..

Василенко Н.П., Гончаров В.В., Климаш А.А. Поліпшення механічних характеристик деталей циліндропоршневої групи за допомогою іонної імплантації

У статті проведено дослідження механічних характеристик чавуну СЧ24-44, поширеного матеріалу циліндропоршневої групи. В результаті обробки мікротвердість поверхнього шару зразків зростає більш ніж в 6 разів у порівнянні з мікротвердістю вихідного матеріалу і складала 256 МПа, знос поверхні оброблених зразків зменшився майже в 8 разів. При цьому енергія адгезії складала 12 МПа, а товщина модифікованого шару не перевищувала 1,5 мкм.

Ключові слова іонна імплантація, модифікований шар, мікротвердість, адгезія, знос.

Vasilenko N.A., Honcharov V.V., Klimash A.A. Improvement of mechanical Characteristics of cylinder group details using ionic implantation method

The paper studied the mechanical characteristics SCH24-44 iron, widespread material cylinder group. As a result of processing, the microhardness of the surface layer of the samples increased by more than 6 times as compared with the microhardness of the source material and amounted to 256 MPa, the surface wear of the treated samples decreased by almost 8 times. In this case, the adhesion energy was 12 MPa, and the thickness of the modified layer did not exceed 1.5 μm.

Keywords: ionic implantation, modified layer, microhardness, adhesion, wear.

Василенко Н.П. - к.ф.-м.н., завідувач кафедри "Загальна фізика та технічна механіка", Інститут хімічних технологій СХУ ім. В.Даля

Гончаров В.В. - к.х.н., доцент кафедри "Медична та біологічна фізика, медична інформатика та біостатистики, ДЗ "Луганський державний медичний університет"

Климаш А.О. - к.т.н., доцент кафедри «Залізничний, автомобільний транспорт та ІТМ», СХУ ім. В.Даля

Рецензент: д.т.н., проф. **Чернецька-Білецька Н.Б.**

Стаття подана 29.03.2019