

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН МЕТОДОМ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

Д.Б. Глушкова, доцент, к.т.н., В.П. Тарабанова, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Аннотация. Исследована структура, микротвердость, износостойкость изделий из серого чугуна после ионной имплантации поверхности азотом, бором и углеродом. Выбран оптимальный имплантируемый элемент.

Ключевые слова: структура, микротвердость, износостойкость, ионная имплантация.

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИНИ МЕТОДОМ ІОННОЇ ІМПЛАНТАЦІЇ

Д.Б. Глушкова, доцент, к.т.н., В.П. Тарабанова, доцент, к.т.н., ХНАДУ

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

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

THE INCREASING OF WEAR RESISTANCE MACHINE'S DETAILS BY METHOD OF ION-IMPLANTATION

D. Glushkova, Associate Professor, Candidate of Technical Science,
V. Tarabanova, Associate Professor, Candidate of Technical Science, KhNADU

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.

Введение

Большое количество деталей машин работают в условиях повышенного износа и требуют применения дорожных легированных сталей. Одним из условий внедрения ресурсосберегающих технологий является замена легированных сталей более дешевым материалом, а повышение долговечности деталей машин достигается разработкой новых методов упрочнения поверхностного слоя.

В этом плане перспективным является метод ионной имплантации, который позволяет изготавливать такие детали, как тормозные

диски, маховики двигателя, блоки цилиндров и другими из одинарных дешевых материалов с высокими служебными свойствами.

Преимущества этого метода – малая длительность процесса внедрения элементов, относительная однородность их распределение, низкая температура процесса, возможность обработки деталей любой конфигурации.

Одним из важных факторов, определяющих износостойкость покрытия, является выбор имплантируемого элемента, что и послужило целью настоящей работы.

Материал и методика исследования

Материалом, который подвергался ионной имплантации, является серый чугун, широко используемый в различных отраслях машиностроения.

Несмотря на хрупкость, прочность и пластичность он имеет ряд преимуществ перед сталью: высокие литейные и антифрикционные свойства, нечувствителен к дефектам поверхности, быстро гасит вибрации и резонансные колебания.

Упрочнение поверхности изделий, выполненных из серого чугуна, позволяет расширить сферу промышленного использования. Химический состав серого чугуна, на который наносилось ионно-плазменное покрытие, представлен в табл. 1

Таблица 1 Химический состав серого чугуна

Количество элементов, %						
C	Si	Mn	Ni	S	P	Fe
3,49	2,49	0,56	0,08	0,06	0,11	остальное

Цель работы

Ионная имплантация рабочих поверхностей деталей машин из серого чугуна проводилась раздельно ионами N, B, C. Испытания на износостойкость были выполнены на машине СМЦ-2

Рентгеноспектральный анализ осуществлялся на дифрактометре ДРОН-3 в излучении $\text{CoK}\alpha$. Для определения фазового состава регистрировались дифракционные линии в диапазоне углов $\theta = 20^\circ - 80^\circ$.

С помощью микроструктурного анализа определялся размер зерна. Микротвердость измерялась на приборе ПМТ-3

Результаты исследования и их осуждение

В тонком поверхностном слое происходят структурные изменения, которые оказывают решающее влияние на свойства. При этом важны не только структурные изменения в тонких поверхностных слоях, но и те, которые происходят на большей глубине, соответствующей пробегу ионов вплоть до границы их проникновения, а также дефекты,

создаваемые в результате столкновения летящей частицы с атомами мишени.

Как показали исследования микроструктуры серого чугуна, который подвергался ионной имплантации как ионами N, так и ионами B и C, на определенной глубине наблюдается измельчение зерна (рис.1).

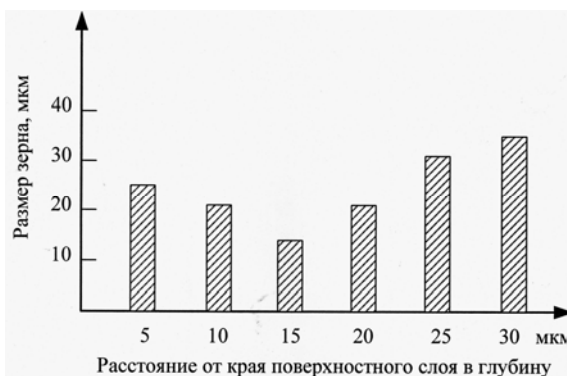


Рис. 1. Гистограммы размера зерна от края в глубину

Как следует из гистограмм, наименьший размер зерна наблюдается на глубине 15 мкм. Этот факт, по всей вероятности, связан с тем, что ионная имплантация активизирует подложку, способствуя зародышеобразованию на первом этапе формирования покрытия.

Результаты износных испытаний представлены на рис. 2, где сравнивается износ чугуна необработанного и после имплантации ионами азота.

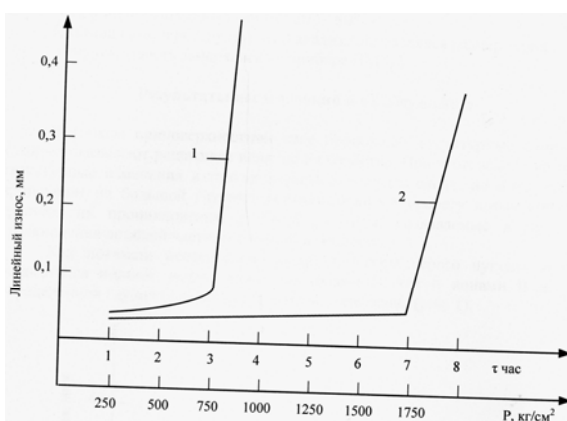


Рис. 2. Зависимость линейного износа от времени и нагрузки: кривая 1 – необработанный чугун; кривая 2 – чугун после ионной имплантации азота

Из полученных данных видно, что необработанный чугун разрушается через 3, причем

интенсивный износ начинается уже с первого часа испытаний. Чугун, который прошел обработку ионами азота, начинает разрушаться через 7 часов испытаний при нагрузке 1750 кг/см², причем износа поверхности за первые 4 часа испытаний практически не наблюдается. В случае напыления чугуна ионами бора и углерода износостойкость несколько ниже, чем после напыления ионами азота.

Наглядно повышение износостойкости за счет имплантации азота продемонстрировано гистограммами приведенными на рис. 3.

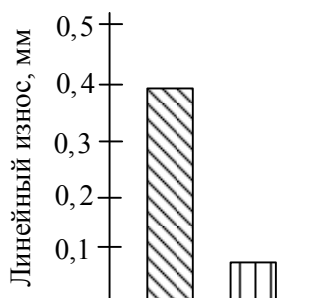


Рис. 3. Гистограммы линейного износа за 4 часа при нагрузке 1000 кг/см²: 1 – необработанный серый чугун; 2 – чугун после ионной имплантации азотом

По-видимому, высокая износостойкость, поверхности чугуна после ионной имплантации азота может быть связана с тем, что на поверхности формируется плотный и твердый слой, который в какой-то степени выравнивает гетерогенную структуру чугуна, с одной стороны, а с другой стороны создает в материале специфические дефекты, которые упрочняют его и в значительной степени способствуют повышению износостойкости.

Результаты изменения микротвердости после ионной имплантации азота, бора и углерода соответственно представлены на рис. 4, 5, 6.

Изменение микротвердости проводились в направлении от поверхности к центру на шлифах, вырезанных перпендикулярно имплантированному слою.

В результате ионной имплантации серого чугуна во всех случаях получено повышение микротвердости.

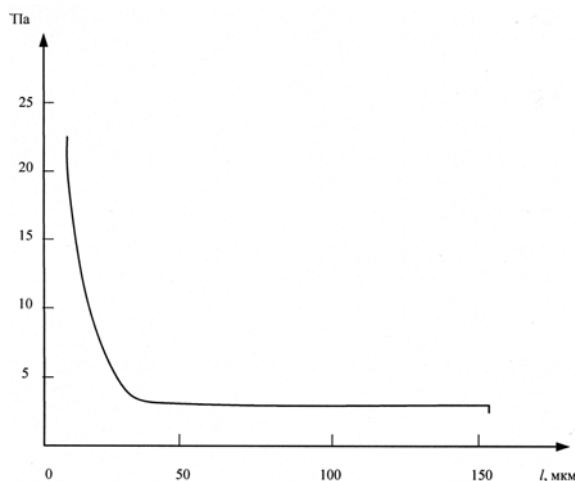


Рис. 4. Изменение микротвердости чугуна после ионной имплантации азота от поверхности к центру

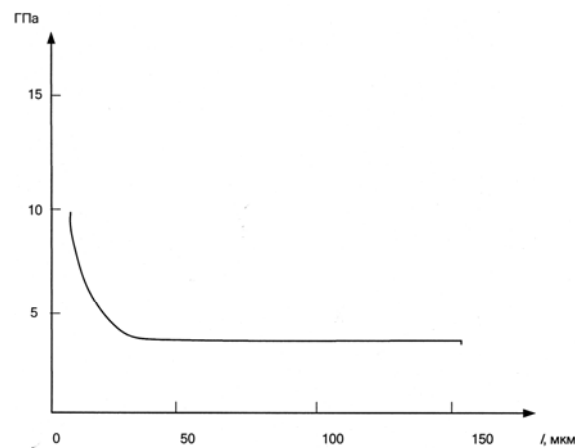


Рис. 5. Изменение микротвердости чугуна после ионной имплантации бора от поверхности к центру

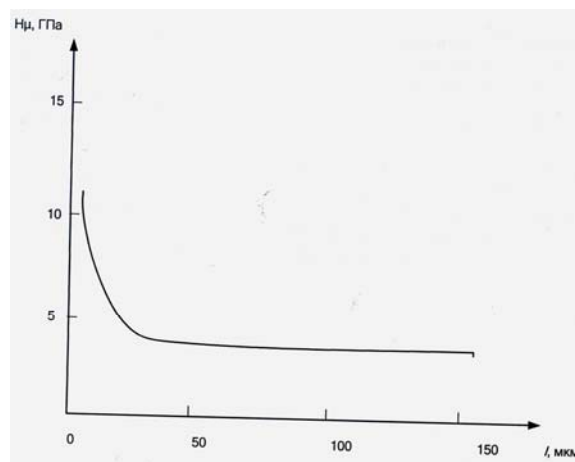


Рис. 6. Изменение микротвердости чугуна после ионной имплантации углерода от поверхности к центру

Из приведенных графиков следует, что чугун после ионной имплантации ионами азота имеет наибольшую твердость – она в среднем составляет 21500 МПа у поверхности и постепенно понижается на расстоянии 50 мкм в глубь образца от поверхности до значений, характерны для исходного чугуна (рис. 4). Таким образом микротвердость поверхностного слоя повышается в 6 раз.

После ионной имплантации бора микротвердость чугуна у поверхности составляет в среднем 10100 МПа и понижается также на расстоянии 50 мкм к сердцевине (рис. 5). Микротвердость поверхностного слоя повышается в 2,5 раза.

При ионной имплантации углерода микротвердость чугуна у поверхности в среднем имеет значение 11000 МПа с дальнейшим понижением к центру образца (рис. 6). Микротвердость поверхностного слоя повышается в 3 раза.

Повышение микротвердости чугуна в результате имплантации ионов азота, бора и углерода, по-видимому можно объяснить наличием большого количества специфических дефектов, которые образуются в процессе такой обработки, а также закрепления их образующимися дисперсными фазами, соответственно, нитридами, боридами и карбидами.

Изучение фазового состава упрочненных поверхностей чугуна показало, что в образцах, обработанных азотом, основную фазу составляет нитрид Fe_3N , кроме того присутствует нитрид Fe_2N , но в гораздо меньших количествах.

В образцах, которые были имплантированы ионами углерода, образуется только карбид железа Fe_3C , а в образцах, имплантированных бором, имплантированных бором, образуются две фазы FeB и Fe_2B .

Выводы

1. После ионной имплантации азотом, бором, углеродом в приповерхностной области чугунных образцов происходит измельчение перлитных колоний.
2. Ионная имплантация повышает микротвердость поверхностного слоя: ионы азота увеличивают микротвердость в ~ 6 раз, а ионы углерода и бора в $\sim 2,5 \dots 3$ раз.
3. Из исследованных имплантированных элементов при ионной имплантации поверхности серого чугуна наибольшую износостойкость и микротвердость обеспечивает азот.

Литература

1. Арифов У.А. Взаимодействие атомных частиц с поверхностью твердого тела / У.А. Арифов. – М.: Наука, 1968. – 370 с.
2. Федоров А.В. Исследование свойств поверхности стали после ионной имплантации / А.В. Федоров // Поверхность. – 1996. – №8. – С. 123–131.

Рецензент: Ю.В. Батыгин, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 28 октября 2011 г.