

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ СЕРОГО ЧУГУНА ИОНАМИ ЦИРКОНИЯ И АЗОТА

Дзюба В. Л., Кляхина Н. А., Зёма А. В.

Одним из направлений повышения работоспособности изделий является создание модифицированных поверхностных слоёв и покрытий разного служебного назначения для защиты поверхности деталей. Изучена структура, кинетика нарастания и физические свойства покрытий, модифицированных нитридом циркония методом ионной имплантации. Установлено, при использовании циркониевой мишени в атмосфере азота при оптимальных режимах модификации образуется защитный поверхностный слой, имеющий мелкозернистую структуру, в 2,5 раза большую твердость системы «покрытие-подложка» и высокую энергию адгезии (12,62 ГПа). Защитные имплантированные слои на подложках серого чугуна рекомендуются использовать в качестве упрочнения прокатных валков.

Одним з напрямків підвищення працездатності виробів є створення модифікованих поверхневих шарів і покриттів різного службового призначення для захисту поверхні деталей. Вивчено структуру, кінетику наростання та фізичні властивості покриттів, модифікованих нітридом цирконію методом іонної імплантації. Встановлено, при використанні цирконієвої мішені в атмосфері азоту при оптимальних режимах модифікації утворюється захисний поверхневий шар, що має дрібнозернисту структуру, в 2,5 рази більшу твердість системи «покриття-підкладка» і високу енергію адгезії (12,62 ГПа). Захисні імплантовані шари на підкладках сірого чавуну рекомендується використовувати в якості зміцнення прокатних валків.

One of the ways to increase efficiency of products is the creation of modified surface layers and coatings of various official destination for the protection of detail surface. The structure, kinetics of growth and physical properties of coatings of zirconium nitride modified by ion implantation has been studied. It was established that by using a zirconium target in nitrogen atmosphere at optimal conditions of modification a protective surface layer is formed which has fine-grained structure, a 2,5-fold greater firmness of «coating-substrate» system and high energy adhesion (12,62 GPa). Protective implanted layers on substrates of gray cast iron are recommended as hardening of rolls.

Дзюба В. Л.

д-р техн. наук, проф. ВНУ им. В. Даля

Кляхина Н. А.

канд. физ.-мат. наук, доц., зав. кафедрой ИХТ ВНУ им. В. Даля

klyahina@iht.lg.ua

Зёма А. В.

аспирант ВНУ им. В. Даля

gkl@is.ua

ВНУ им. В. Даля – Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск

ИХТ ВНУ им. В. Даля – Институт химических технологий Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля, г. Рубежное

УДК 533.59

Дзюба В. Л., Кляхина Н. А., Зёма А. В.

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ СЕРОГО ЧУГУНА ИОНАМИ ЦИРКОНИЯ И АЗОТА

Развитие современного машино- и приборостроения, в том числе прокатного производства, невозможно представить без использования технологий поверхностной обработки, позволяющей радикально изменить свойства поверхностных слоев конструкционных материалов и тем самым повышать их работоспособность [1, 2]. Одним из направлений повышения работоспособности изделий является создание модифицированных поверхностных слоёв и покрытий разного служебного назначения для защиты поверхности деталей.

В данной работе изучаются модифицированные покрытия нитрида циркония на подложках серого чугуна СЧ 21 методом ионной имплантации. Исследуется структура, кинетика роста и механические свойства этих покрытий.

Целью данного исследования является эффективность использования в качестве защитных покрытий на мелкогабаритном прокатном инструменте покрытий нитрида циркония.

Для получения модифицированных покрытий на прокатном инструменте в подложку имплантировались ионы циркония и азота. В качестве подложек были использованы образцы чугуна СЧ 21. Производилась имплантация ионов азота вглубь чугунных подложек при комнатной температуре и рабочем давлении 5×10^{-2} Па. Использовали мишень циркония. Ионно-плазменное упрочнение чугунных образцов проводили на экспериментально-промышленной установке, параметры которой приведены в работах [3–5].

Изучение микроструктуры модифицированного покрытия на подложках серого чугуна состоит из легированного феррита и тонкопластинчатой эвтектики. Легирующие элементы распределены между матрицей и эвтектикой, что привело к некоторому изменению формы эвтектики и измельчению зерна.

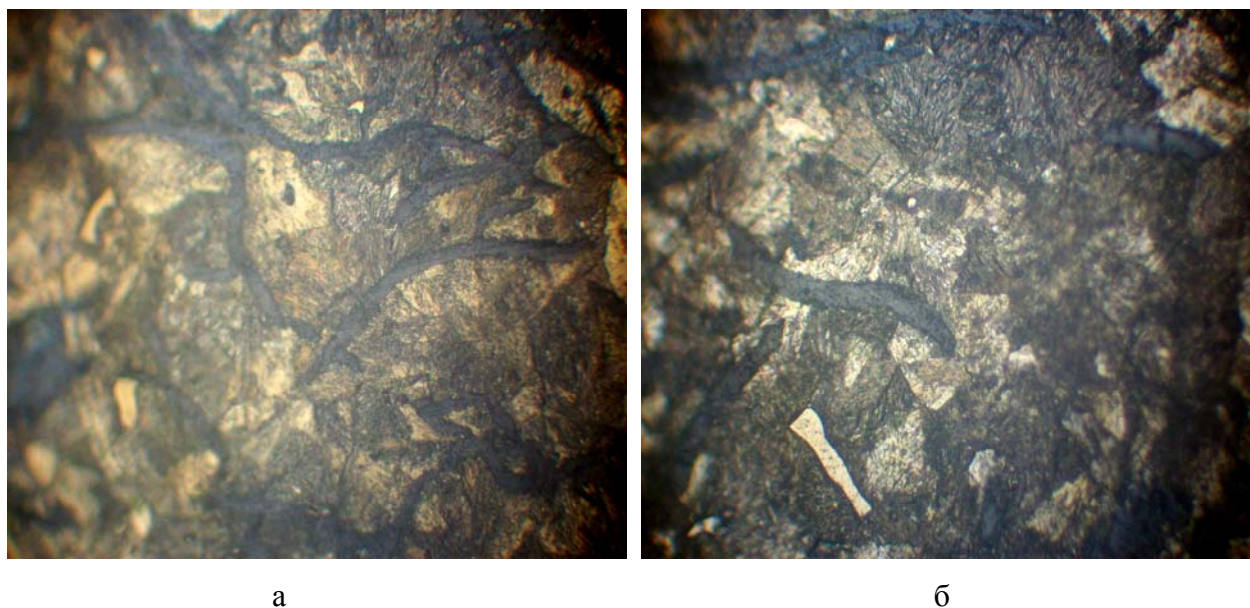


Рис. 1. Микроструктура модифицированного покрытия на подложке чугуна СЧ 21 при: а – 30 мин; б – 90 мин имплантации

Изучение поверхностного среза системы покрытие-подложка проводили на металлографическом микроскопе МИМ-7 (рис. 2). Зависимость толщины от времени на подложках чугуна СЧ 21 при модификации ее поверхности ионами азота и циркония описывается линейным законом (рис. 3).

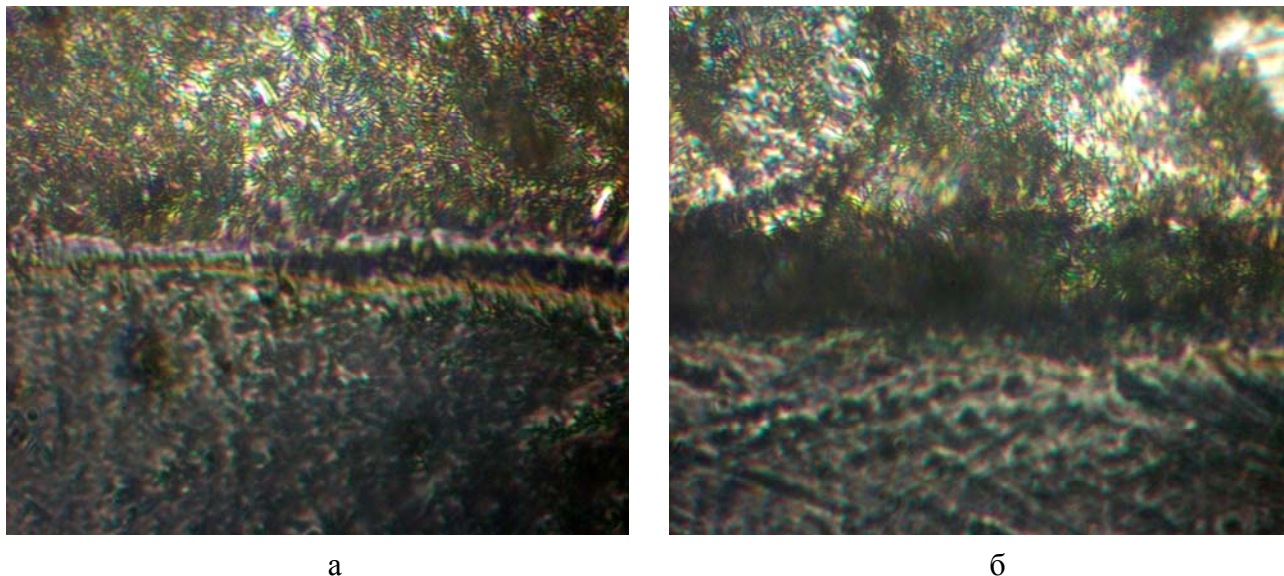


Рис. 2. Оптический снимок поперечного среза модифицированного покрытия на подложке чугуна СЧ 21 при:
а – 30 мин; б – 90 мин имплантации, $\times 1950$

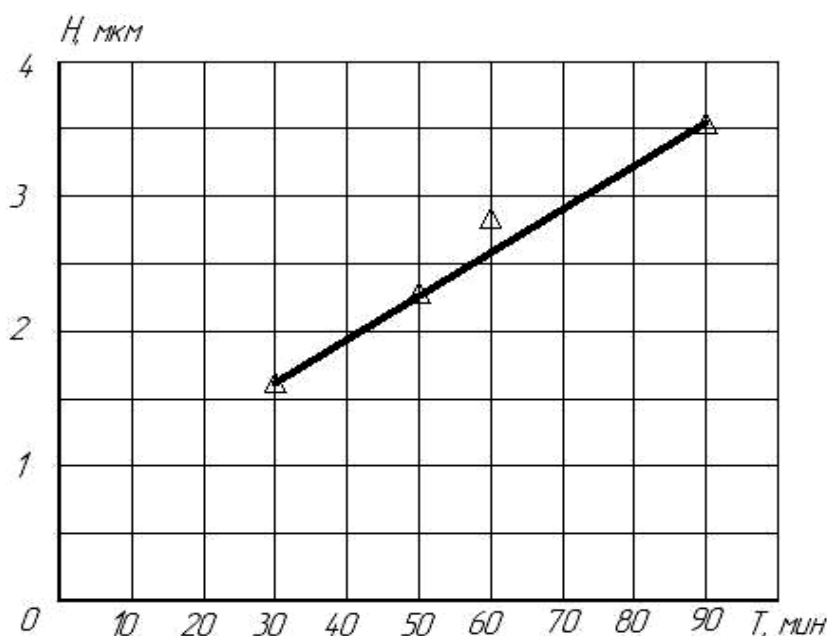


Рис. 3. График зависимости толщины модифицированного покрытия ZrN на подложке чугуна СЧ 21

Увеличение толщины слоя с увеличением времени имплантации свидетельствует о росте фазы ZrN на поверхности подложки.

Измерение микротвердости модифицированных покрытий проводилось на приборе ПМТ-3. Зависимость микротвердости модифицированного покрытия ZrN от времени имеет

нелинейный характер (рис. 4). Максимальная твердость соответствует 50 мин имплантации и соответствует 7,19 ГПа, что в 2,5 раз выше твердости не модифицированной чугунной подложки.

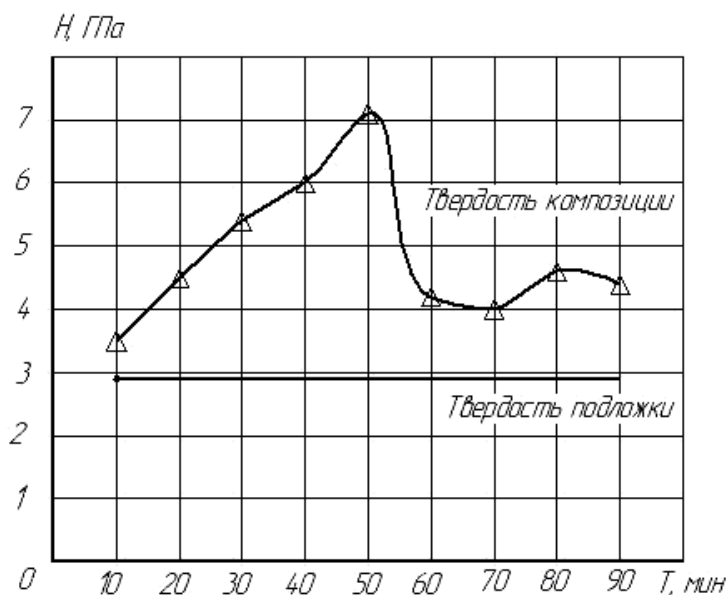


Рис. 4. График зависимости твердости модифицированного покрытия ZrN на подложках СЧ 21 от времени имплантации

Снижение микротвердости покрытий с увеличением времени имплантации происходит, по-видимому, из-за образования на поверхности покрытия напряжений, которые разрушают поверхностный слой.

Сравнительные характеристики адгезионных свойств покрытий нитрида циркония, наносимых на оптимальном режиме на установке ионной имплантации, исследовались склерометрическим методом (методом царапания). В качестве основы использовались пластины чугуна СЧ 21. В качестве индентора использовался алмазный конус Роквелла с углом при вершине 120°, передвигаемый по поверхности покрытий со скоростью 3 см/мин. Вертикальная нагрузка на индентор составляла 15, 25 и 35 г. Для царапания были взяты образцы, которые имели различные значения твердости (рис. 5).

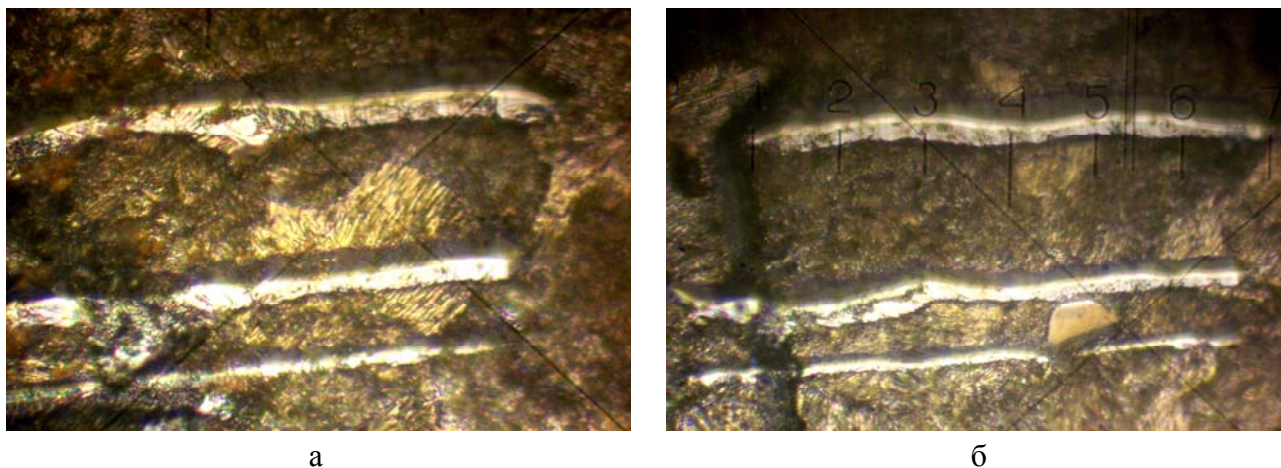


Рис. 5. Результаты царапания поверхности покрытий нитрида циркония на чугунной подложке СЧ 21 при нагрузке на индентор 15, 25 и 35 г:

а – время имплантации 20 мин; б – время имплантации 60 мин, × 400

Из рис. 5 видно, что с увеличением времени имплантации ширина канавки становится уже, это говорит о том, что величина адгезии возрастает с увеличением времени имплантации. Максимальное значение адгезии, полученное при времени напыления 90 мин, свидетельствует о том, что глубина модифицированного слоя увеличивается, т. е. имеет место термическая и радиационно-стимулированная диффузия.

Результаты расчета энергии адгезии покрытия нитрида циркония на подложках из серого чугуна СЧ 21 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчет энергии адгезии покрытия нитрида циркония на подложках из серого чугуна СЧ 21 (ГПа)

	10	20	30	40	50	60	70	80	90
15 г	6,44	6,44	8,76	9,82	12,62	8,76	6,44	11,09	12,62
25 г	4,92	2,81	4,09	6,04	3,28	3,86	3,46	3,11	2,34
35 г	2,36	2,65	2,88	3,27	2,88	3,42	3,27	2,88	2,36

При склерометрическом методе исследования защитных покрытий визуально видно, что при любых временах имплантации покрытие полностью не отделяется от подложки. Это свидетельствует о хороших пластических свойствах материала. Обычно повышение твердости материалов приводит к их хрупкости, что плохо сказывается на работе прокатного инструмента. В нашем случае при повышении твердости материал поверхности остается пластичным, что продлевает срок службы инструмента. Максимальная энергия адгезии составила 12,62 ГПа.

ВЫВОДЫ

Имплантация ионов азота и циркония вглубь чугунной подложки приводит к повышению твердости (7,19 ГПа), адгезии (12,62 ГПа). Полученные модифицированные слои на серых чугунах могут быть использованы в качестве защитных покрытий на прокатном инструменте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ионная имплантация и лучевая технология / Под ред. Дж. С. Вильямса, Дж. М. Поута. – Киев : Наук. думка, 1988. – 360 с.
2. Ионная имплантация в полупроводники и другие материалы : сборник статей / Перевод с англ. под ред. д-ра физ.-мат. наук проф. В. С. Вавилова. – Москва : Мир, 1980. – 332 с.
3. Механические свойства конструкционных сталей, обработанных в низкотемпературной плазме / В. Л. Дзюба, Н. А. Кляхина, Л. А. Васецкая, А. В. Зёма // Развитие научных исследований 2009 : материалы пятой международной научно-практической конференции, 23–25 листопада 2009 р., м. Полтава. Т. 8. – С. 33–35.
4. Дзюба В. Л. Оптимизация свойств защитных покрытий для прокатного инструмента [Электронный ресурс] / В. Л. Дзюба, Н. А. Кляхина, А. В. Зёма // Научный вестник ДГМА. – 2009. – № 2 (5E). – С. 37–40. – Режим доступа : http://www.dgma.donetsk.ua/publish/2009/2009_2/article/09DVLCRT.pdf.
5. Применение высокодозной имплантации для упрочнения волоочильного инструмента / В. Л. Дзюба, Н. А. Кляхина, Л. А. Васецкая, А. В. Зёма // Высокие технологии в машиностроении : материалы Всероссийской научно-технической интернет-конференции с международным участием / Отв. редактор В. Н. Трусов. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – С. 13–14.