

УДК 621.789

Сорокин Алексей Михайлович, канд.техн.наук,
Федеральная служба по экологическому,
технологическому и атомному надзору, Москва;

Злобин Владимир Николаевич, канд.техн.наук, доцент,
Волгоградский государственный технический
университет (ВолГТУ), г. Волгоград;

Лёгкий Александр Дмитриевич,
Волгоградский государственный технический
университет (ВолГТУ), г. Волгоград;

ИОННАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация: Описаны преимущества метода ионной имплантации в отличии от существующих методов реактивного распыления. Представлена установка ионной имплантации для реализации данного метода и принцип ее работы.

Ключевые слова: ионная имплантация, теплоэнергетика, система теплоснабжения, технологический процесс, коррозионная стойкость.

Интерес к проблеме ионной модификации поверхностных свойств конструкционных материалов обусловлен тем, что применение нано технологий значительно расширяет технологические возможности изделий с таким покрытием, позволяя менять механические, электромагнитные и химические свойства металлических материалов. Данный способ относится к высокотехнологичным процессам и обладает рядом преимуществ:

- свойства поверхности могут изменяться в широких пределах без связи
- с объемными свойствами образца;
- процесс в противоположность обычному легированию применим к самым разным материалам (металлам, керамике);
- нет поверхности раздела (как в случае покрытий), часто являющейся объектом коррозии или источником ухудшения механических свойств;
- при соответствующих режимах обработки наблюдается снижение шероховатости;
- после обработки поверхности возможно увеличение удельной поверхности; вводится очень малое количество добавки, поэтому, при необходимости возможно использовать дорогие и редкие элементы без значительного повышения стоимости процесса;
- в имплантированной поверхности могут образовываться соединения, которые трудно, а в некоторых случаях невозможно получить другими способами;
- при этом могут образовываться соединения нестехиометрического состава
- с улучшенными свойствами.
- поверхность после имплантации может повышать свою каталитическую активность и механические свойства [1, 2].
- Для реализации этого способа была создана установка ионной имплантации, схема которой предоставлена на рисунке 1 [3].



Она состоит из вакуумной рабочей камеры 1, в которой установлен один или несколько источников ионов 2; система вакуумной откачки: форвакуумный насос 3 и высоковакуумный агрегат 4, которые соединены с вакуумной камерой через вентили 5 и 6; система дозированной подачи плазмообразующего инертного газа, включающая натекагель 7 и баллон с инертным газом 8; стол 9, где размещаются обрабатываемые детали 10. Поддержание рабочих параметров установки выполняется с помощью блока питания и управления 11. Блок управления установкой содержит схемы управления затвором высоковакуумного агрегата, электропитания плитки высоковакуумного агрегата и форвакуумного насоса и систему блокировки источников электропитания по току и по напряжению. Измерение давления в вакуумной камере и насосе агрегата производится с помощью датчиков ПМТ-2 и ПМИ-2 вакуумметром ВИТ-2-12.

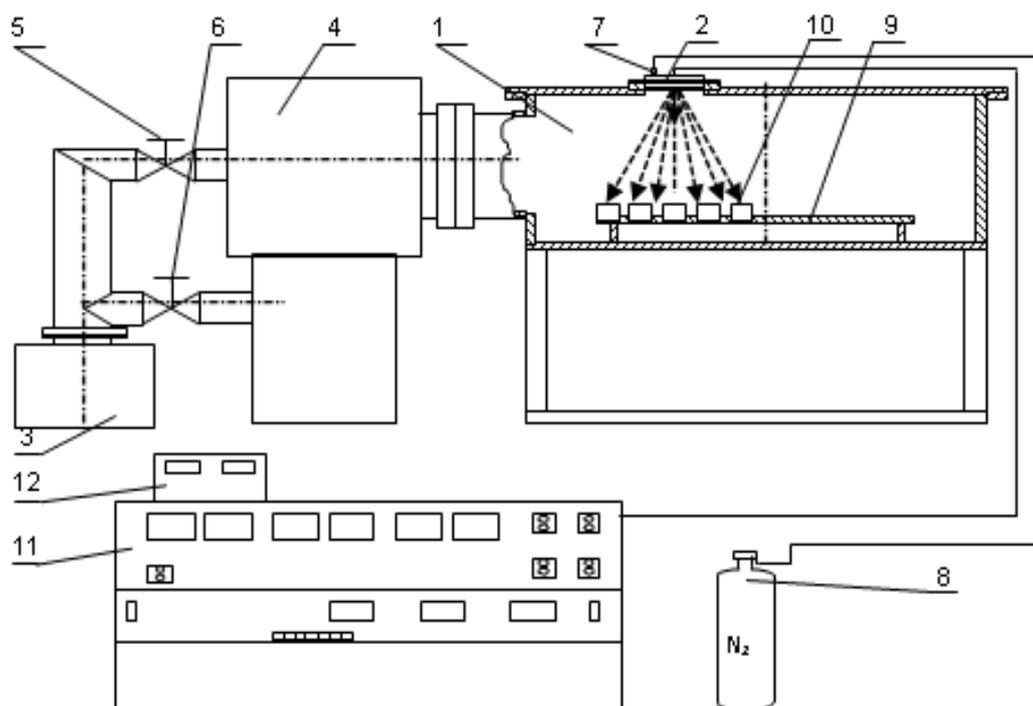


Рис. 1 Схема установки ионной имплантации:

1 – вакуумная камера; 2 – источник ионов; 3 – форвакуумный насос;
4 – высоковакуумный агрегат; 5, 6 – вентили; 7 – натекагель; 8 – баллон
с азотом; 9 – стол; 10 – обрабатываемая деталь; 11 – блок питания
и управления; 12 – вакуумметр.

В основу работы источника ионов положен принцип электрического разряда в скрещенных электрическом и магнитном полях в парах легирующего элемента и плазмообразующего газа. Заменяя в источнике ионов мишень (центральную сменную часть), получают ионы заданного легирующего элемента. Для получения ионов легирующего элемента используется катодное распыление мишени ионами рабочего газа, в качестве которого могут служить азот, кислород, аргон и другие газы.

Источник ионов представлен на рисунке 2.



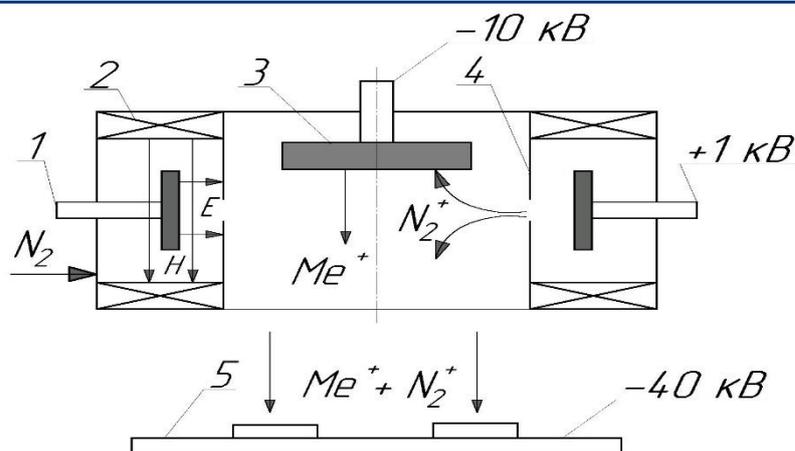


Рис. 2 Схема источника ионов:

1 – анод; 2 – магнит; 3 – мишень; 4 – катод; 5 – стол с обрабатываемыми деталями.

Один из электродов является анодом 1, а два других – катодами 4, в которых расположены магниты 2, создающие магнитное поле, продольное оси источника ионов. Мишень 3 в виде цилиндра или диска крепится с помощью накидной гайки на полом штуцере, который охлаждается водой.

В зазор между анодом и катодами через трубку подается рабочий газ и при подаче напряжения между ними зажигается тлеющий разряд в скрещенных электрическом и магнитном полях. Затем подается на мишень отрицательное напряжение до 10 кВ относительно катодов, при этом положительные ионы рабочего газа выходят из кольцевой щели катода кольцевого разряда и бомбардируют мишень. Нейтрали наносимого вещества, выбитые из мишени, попадают в разрядный промежуток, образованный мишенью и внутренним цилиндром – анодом, и ионизируются. В сторону, противоположную мишени, выходит поток ионов и нейтралей рабочего газа и наносимого вещества, при этом ионы ускоряются в сторону обрабатываемой поверхности отрицательным напряжением до 40 кВ, приложенным к обрабатываемой поверхности относительно заземленного катода кольцевого разряда.

Технологический процесс установки осуществляется следующим образом. После загрузки в вакуумную камеру обрабатываемых деталей производится герметизация камеры и ее вакууммирование системой вакуумной откачки. Плавное регулирование давления в установке обеспечивает вакуумный натекатель, его контроль – вакуумметр. Далее происходит напуск рабочего (плазмообразующего) газа и включается электропитание на источник ионов, ионы из которого под действием ускоряющего потенциала внедряются в поверхность обрабатываемой детали.

Набираемая при этом доза легирования, т.е. количество ионов компонента, попавших на единицу площади, см², обрабатываемой поверхности, рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{I \cdot t}{S \cdot 160^9}, \text{ см}^{-2}, \quad (1)$$

где: t – время легирования, с;

I – ток между источником ионов и поверхностью изделий, А;

S – площадь легируемой поверхности, см².

Масса вещества, попадаемая на поверхность детали, обрабатываемой ионным пучком, рассчитывается по формуле:

$$M = D \cdot N \cdot A, \text{ кг/см}^2, \quad (2)$$



где D – доза легирования, см⁻²;
 N – $1,6 \cdot 10^{-27}$, кг – атомная единица массы;
 A – атомная масса элемента.

Результаты испытаний изделий, обработанных ионным легированием, показали, что установка ионного (корпускулярного) легирования позволяет получать каталитические характеристики, повышать прочность, износо-, жаро- и коррозионную стойкость оборудования в различных сферах промышленного производства [4–8].

Список литературы:

1. Gaponenko, A. T. Hardening of a cutting tool by ion implantation / A. T. Gaponenko,
2. V. N. Zlobin // Trans. X-th Int. Symp. On Discharges and Electr. Insulation in Vacuum. – Columbia: South Carolina, 1982. – P. 375–377.
3. Zlobin, V. N. Employment of an Ion Implantation Technique for Catalyst Coating on Various Substrates / V. N. Zlobin, M. G. Bannikov // Proc. Of the 7– th Int. Symp. on Advanced Materials, 17 – 21 September 2001. – Islamabad, Pakistan, 2001. – P. 341–345.
4. Установка для нанесения покрытий: заявка 019203 Рос. Федерация / Злобин В. Н., Кляхина Н. А., Куц Л. Р., Фокин В. М. – № 2010113619/20 (019203); заявл. 07.04.2010.
5. Дзюба В. Л., Кляхина Н. А., Зёма А. В. Оптимизация свойств защитных покрытий для прокатного инструмента // Научный вестник ДГМА. 2009. № 2 (5Е). С. 37–40.
6. Zlobin V. N., Bannikov M. G. Hardening of Cutting Tool Inserts by Ion Implantation // Proc. the 7-th Int. Symp. on Advanced aterials, 17–21 September 2001. Pakistan: Islamabad, 2001. P. 470–472.
7. Куц Л. Р. Каталитические покрытия для оптимизации работы горелочных устройств систем теплогазоснабжения // Материалы докл. международной науч.-технич. конф. к 40-летию КГЭУ «Энергетика – 2008: инновации, решения, перспективы», 15– 19 сент. 2008 г., Казань: в 5 кн. Кн. 1. Теплоэнергетика, Казань: Казанский гос. энерг. ун-т, 2008. С. 151–154.
8. The ion implantation of ZnS / A. N. Georgobiani, V. N. Zlobin, M. B. Kotlyarevsky, P. A. Todual, Yu. P. Generalov, B. P. Dementev // Mat. Res. Bull. 1973. 8. P. 893–898.
9. А. В. Зёма, В. Н. Злобин, Н. А. Кляхина, Л. Р. Куц Метод ионной имплантации – перспективное направление модификации поверхности изделий в строительстве. // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2011. Вып. 3 (17). ISSN 1994-0351. Режим доступа: www.vestnik.vgasu.ru.

