

УДК 621.43

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ В ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИИ

<sup>1</sup>Злобин В.Н., <sup>2</sup>Васильев И.П., <sup>1,3</sup>Зеляковский Д.В.<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный  
архитектурно-строительный университет», Волгоград;<sup>2</sup>Луганский университет им. В. Даля, Луганск;<sup>3</sup>ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет»,  
Волгоград, e-mail: z.intersvet@yandex.ru

Принципиальное отличие ионной имплантации от этих способов заключается в том, что ионы наносимого металла внедряются в кристаллическую решетку поверхности без границы раздела, что исключает скалывание этого слоя. В статье рассмотрено применение ионной имплантации для улучшения свойств поверхностей деталей двигателей внутреннего сгорания. Описана установка ионной имплантации и принцип ее работы. Приведены примеры использования способа при нанесении покрытий на прецизионные детали дизелей и приготовлении катализаторов для нейтрализаторов двигателей. Способ связан с нетепловым характером легирования, относится низкотемпературное осуществление процесса, возможность введения любой примеси в разные твердые тела, точный контроль глубины и профиля распределения примеси, легирование через диэлектрические и тонкие металлические покрытия, возможность полной автоматизации процесса.

**Ключевые слова:** ионная имплантация, источник ионов, распылитель, плунжерная пара, поршень, катализатор

## USE OF IONIC IMPLANTATION IN THE ENGINE STRUCTURE

<sup>1</sup>Zlobin V.N., <sup>2</sup>Vasilev I.P., <sup>1,3</sup>Zelyakovskiy D.V.<sup>1</sup>FGBOU VPO «The Volgograd state architectural and construction university», Volgograd;<sup>2</sup>Lugansk university of V. Dahl, Lugansk;<sup>3</sup>FGBOU VPO «The Volgograd state agricultural university», Volgograd, e-mail: z.intersvet@yandex.ru

Fundamental difference of ionic implantation from these ways will be that ions of the applied metal take root into a crystal lattice of a surface without limit of the section that excludes a skalyvaniye of this layer. In article application of ionic implantation for improvement of properties of surfaces of details of internal combustion engines is considered. Installation of ionic implantation and the principle of its work is described. Examples of use of a way when drawing coverings on precision details of diesels and preparation of catalysts for converters of engines are given. The way is connected with not thermal character of an alloying, low-temperature implementation of process, possibility of introduction of any impurity to different solid bodies, exact control of depth and a profile of distribution of impurity, an alloying through dielectric and thin metal coverings, possibility of full automation of process belongs.

**Keywords:** ionic implantation, source of ions, spray, plunger couple, piston, catalyst

В настоящее время большое внимание уделяется высокотехнологичным способам нанесения различных покрытий с заданными свойствами. Существующие способы, такие как плазменный, детонационный, обладают следующим недостатком. Эти покрытия имеют определенную толщину, что при частых циклах изменения температур приводит к их скалыванию.

Принципиальное отличие ионной имплантации от этих способов заключается в том, что ионы наносимого металла внедряются в кристаллическую решетку поверхности без границы раздела, что исключает скалывание этого слоя [2, 6].

Кроме этого, к преимуществам этого способа, который в основном связан с нетепловым характером легирования, относится низкотемпературное осуществление процесса, возможность введения любой примеси в разные твердые тела, точный контроль

глубины и профиля распределения примеси, легирование через диэлектрические и тонкие металлические покрытия, возможность полной автоматизации процесса.

Традиционная установка ионной имплантации содержит: источник ионов, систему вытягивания и ускорения ионов, анализатор ионов по массе, систему фокусировки и сканирования, приемное устройство.

Работа установки происходит следующим образом: ионы вытягиваются из источника ионов, поступают в систему ускорения, где разгоняются сильным электростатическим полем. Для удаления многозарядных и других нежелательных по каким-либо причинам ионов служит электромагнитный сепаратор, в котором ионы разделяются по массам.

В предлагаемой установке отсутствуют анализатор ионов по массе и система фокусировки и сканирования, что позволяет повысить возможности имплантации

путем использования многозарядных ионов, что увеличивает проникновение ионов по глубине, а при нанесении покрытий на неметаллические поверхности используется слой нейтралей металлов для предварительной металлизации таких поверхностей.

Максимальный диаметр пучка ионов на обрабатываемой поверхности составляет 500 мм при плотности тока 5–20 мкА/см<sup>2</sup>.

Фотография установки ионной имплантации представлена на рис. 1, схема установки на рис. 2.

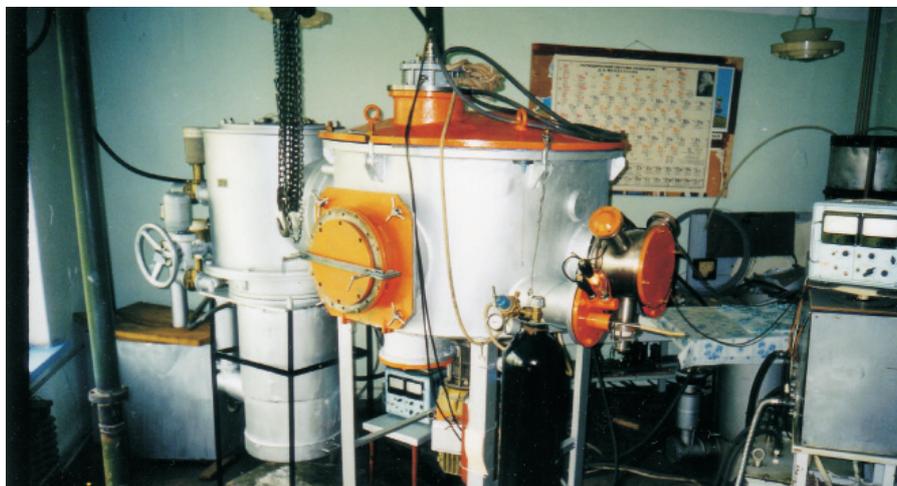


Рис. 1. Установка ионной имплантации

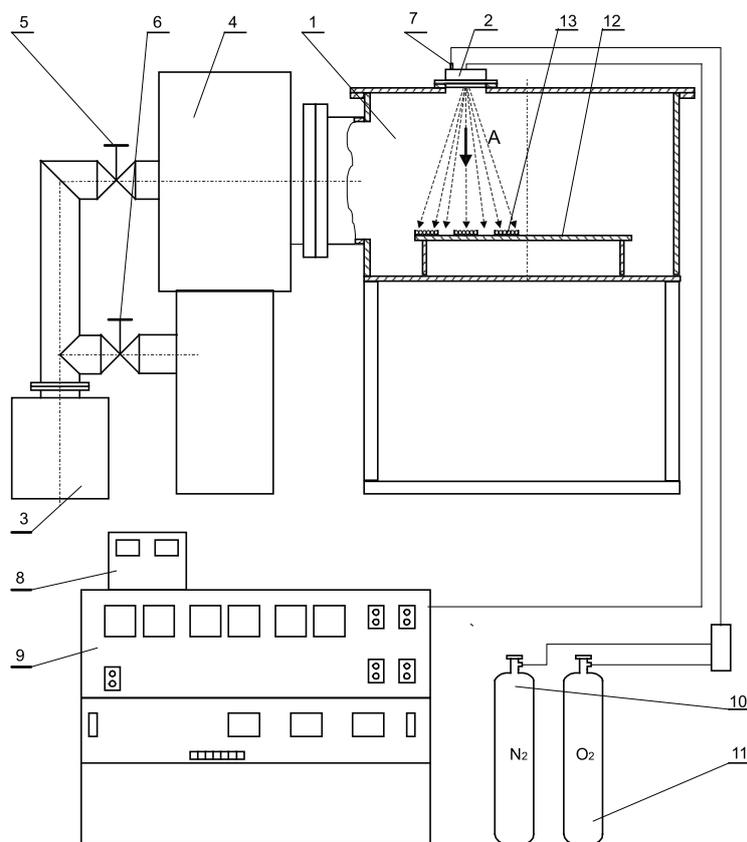


Рис. 2. Схема установки ионной имплантации:

1 – вакуумная камера; 2 – источник ионов; 3 – форвакуумный насос; 4 – высоковакуумный агрегат; 5 – вентиль предварительной откачки; 6 – вентиль основной откачки; 7 – натекатель; 8 – вакуумметр; 9 – блок питания и управления; 10 – баллон с азотом; 11 – баллон с кислородом; 12 – стол; 13 – обрабатываемая деталь

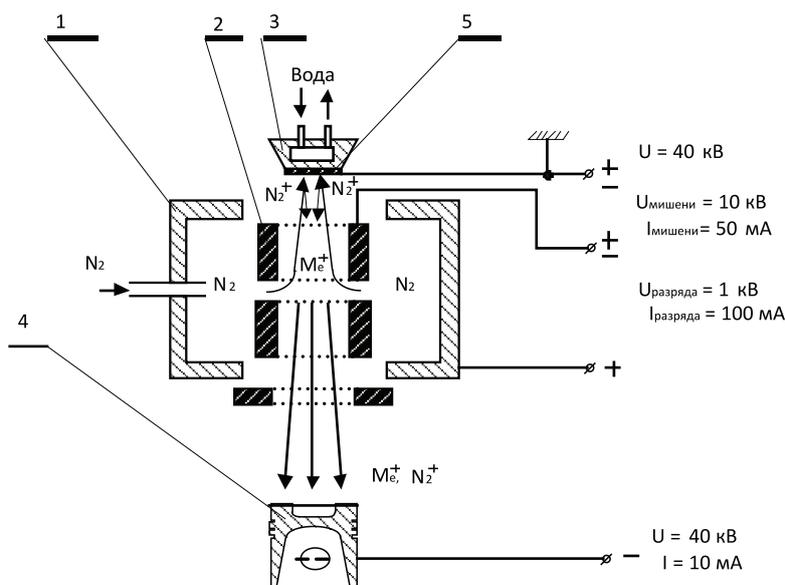


Рис. 3. Схема источника ионов:

1 – анод газового кольцевого разряда; 2 – катод газового разряда (он же анод разряда мишени);  
 3 – катод разряда мишени (он же анод в паре мишень – деталь);  
 4 – катод в паре мишень – деталь; 5 – сменная часть мишени

Схема источника ионов представлена на рис. 3 [1, 3].

Были отработаны технологии нанесения упрочняющих покрытий на прецизионные поверхности топливной аппаратуры дизелей. Образцы покрытий представлены на рис. 4 а, б.



Рис. 4. а – распылители завода ЯЗДА (г. Ярославль) (справа после обработки ионной имплантацией); б – плунжерные пары топливного насоса дизеля (справа после обработки ионной имплантацией)

Отрабатывалась технология нанесения каталитических покрытий на носители в виде насыпного керамического носителя, металлического носителя в виде прессованного металловолокна и листового носителя с использованием в качестве подложки  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  [7, 9].

На рис. 5 представлен носитель ШН-2 с покрытием платиной.



Рис. 5. Каталитический носитель ШН-2 с покрытием платиной

Также была отработана технология нанесения катализаторов на поверхности деталей камеры сгорания [4, 8]. Катализатор

наносился на поршни двигателя ЗИЛ-6451 (ОАО «Завод им. ИА. Лихачева», г. Москва) (рис. 6).

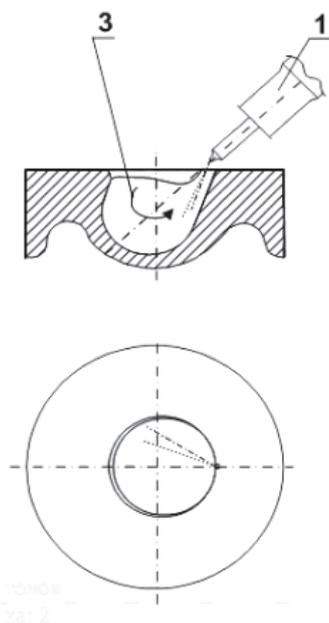


Рис. 6. Платиновое каталитическое покрытие на поршнях дизеля ЗИЛ-6451

При испытаниях по 13-ступенчатому ездовому циклу было зафиксировано снижение выбросов  $\text{NO}_x$  на 13%,  $\text{CH}$  на 50%,  $\text{CO}$  на 12%.

Для наиболее эффективного использования каталитического воздействия необходимо использовать камеры сгорания специальной формы, например представленную на рис. 7.

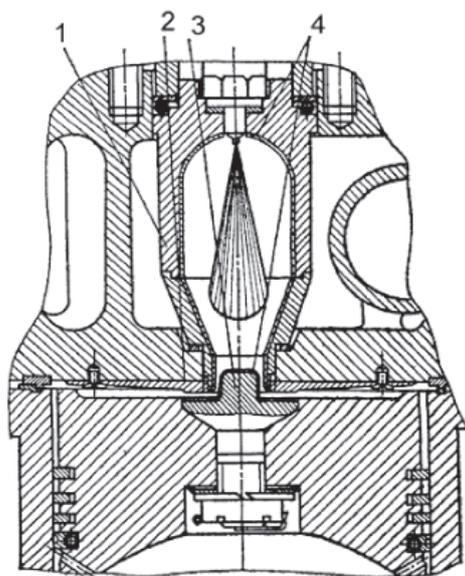


Рис. 7. Камера сгорания дизеля с переменной геометрией соединительного канала:  
1 – предкамера; 2 – накладка; 3 – выступ;  
4 – каталитическое покрытие

В этой камере сгорания 75% сгорающего топлива подвергается контакту с поверхностью выступа и, соответственно, каталитической обработки.

На рис. 8 представлен выступ камеры сгорания с каталитическим покрытием.



Рис. 8. Выступ камеры сгорания дизеля с переменной геометрией соединительного канала после ионной имплантации

Было разработано устройство для нанесения каталитических покрытий способом ионной имплантации [5].

Из приведенного следует, что одним из перспективных способов улучшения трибологических и каталитических свойств деталей двигателей внутреннего сгорания является ионная имплантация. При этом открывается широкий спектр возможного использования этого способа на трущихся деталях двигателей (прецизионных деталях топливной аппаратуры, распределителях и т.д.) и на каталитических носителях, как керамических, так и металлических. Изменением режима обработки и наносимого покрытия возможно получить покрытие с заданными свойствами.

#### Список литературы

1. Злобин В.Н. Источник ионов для технологических установок / В.Н. Злобин, И.П. Васильев, В.В. Лукин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. – 2005. – № 4 (14). – С. 45–48.
2. Злобин В.Н. Нанотехнология для производства нейтрализаторов / В.Н. Злобин, И.П. Васильев, В.М. Фокин // Строй МАСТЕР (Россия, Волгоград). – 2006. – № 10 (54). – С. 59.
3. Злобин В.Н. Особенности работы источника ионов установки ионной имплантации / В.Н. Злобин, А.В. Зотов, В.И. Васильев // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту імені Володимира Даля. – 2002. – № 11 (57). – С. 137–142.

4. Клюс О.В. Использование метода ионной имплантации при нанесении каталитических покрытий на детали двигателей внутреннего сгорания / О.В. Клюс, И.П. Васильев, П.Н. Гавриленко, Ю.А. Черкасов, В.Н. Злобин // Прогрессивные технологии, машины и механизмы в машиностроении: сборник научных трудов Междунар. научно-технической конф. БАЛТЕХМАШ-2002. – Калининград (Россия), 2002. – С. 259–261.

5. Устройство для нанесения покрытий в вакууме / И.П. Васильев, В.Н. Злобин, П.Н. Гавриленко, Т.Х. Аглемерьян (СССР); Ворошиловградский машиностроительный институт и РФ ДХТИ (СССР). – № 4346878/24–21; Заявлено 22.12.87; Зарег. 15.07.90.

6. Хирвонен Дж.К. Ионная имплантация / под ред. Дж.К. Хирвонена; пер с англ. – М.: Metallurgia, 1985. – 392 с.

7. Bannikov M. G. Investigation of Properties and Structure of Surfaces Processed by Ion Implantation Technique / M.G. Bannikov, V.M. Gromenko, A.J. Chattha., I.P. Vasilev // Proceedings of First International Conference on Frontiers of Advanced Engineering Materials (FAEM – 2004). Lahore (Pakistan), 2004. – P. 270–273.

8. Klyus O. Zastosowanie implantacji jonowej dla naniesienia powiok katalitycznych na elementy komory spalania silnikow wysokoprkinych / O. Klyus, P. Gavrilenko, S. Cherkasov, I. Vasilev, V. Zlobin // Alternative feeding of diesel engines problems of maintenance of power units: 5th International scientific conference on combustion engines KONSSPAL' 2002. – Tadeusz Końciuszek Military Academy, Wroclaw (Poland). 14–15 May 2002. – P. 133–136.

9. Zlobin V.N. Potential of use of ion implantation as a means of catalyst manufacturing / V.N. Zlobin, M.G. Bannikov, I.P. Vasilev, J.A. Cherkasov, P.N. Gavrilenko // Automobile Engineering. – 2002. – Vol. 216. – № D5. – P. 385–390.

### References

1. Zlobin V.N. Istochnik ionov dlja tehnologicheskikh ustanovok / V.N. Zlobin, I.P. Va-silev, V.V. Lukin // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2005. no. 4 (14). pp. 45–48.

2. Zlobin V.N. Nanotehnologija dlja proizvodstva nejturalizatorov] / V.N. Zlobin, I.P. Vasilev, V.M. Fokin // Stroj MASTER (Rossija, Volgograd). 2006. no. 10 (54). pp. 59.

3. Zlobin V.N. Osobennosti raboty istochnika ionov ustanovki ionnoj implantacii / V.N. Zlobin, A.V. Zotov, V.I. Vasilev // Visn. Shidnoukr. nac. un-tu imeni Volodimira Da-lja. 2002. no. 11 (57). pp. 137–142.

4. Kljus O.V. Ispolzovanie metoda ionnoj implantacii pri nanesenii kataliticheskikh pokrytij na detali dvigatelej vnutrennego sgoranija / O.V. Kljus, I.P. Vasilev, P.N. Gavrilenko, Ju.A. Cherkasov, V.N. Zlobin // Progressivnye tehnologii, mashiny i mehanizmy v mashinostroenii: sbornik nauchnyh trudov Mezhdunar. nauchno-tehnicheskoiy konf. BALTEH-MASH-2002. Kaliningrad (Rossija), 2002. pp. 259–261.

5. Ustrojstvo dlja nanesenija pokrytij v vakuume / I.P. Vasilev, V.N. Zlobin, P.N. Gavrilenko, T.H. Aglemernjan (SSSR); Voroshilovgradskij mashinostroitel'nyj institut i RF DHTI (SSSR). no. 4346878/24–21; Zajavleno 22.12.87; Zareg. 15.07.90.

6. Hirvonen Dzh.K. Ionnaja implantacija / pod red. Dzh.K. Hirvonen; per s ang. M.: Metallurgija, 1985. 392 p.

7. Bannikov M. G. Investigation of Properties and Structure of Surfaces Processed by Ion Im-plantation Technique / M.G. Bannikov, V.M. Gromenko, A.J. Chattha., I.P. Vasilev // Proceedings of First International Conference on Frontiers of Advanced Engineering Materials (FAEM 2004). Lahore (Pakistan), 2004. pp. 270–273.

8. Klyus O. Zastosowanie implantacji jonowej dla naniesienia powiok katalitycznych na elementy komory spalania silnikow wysokoprkinych / O. Klyus, P. Gavrilenko, S. Cherkasov, I. Va-silev, V. Zlobin // Alternative feeding of diesel engines problems of maintenance of power units: 5th International scientific conference on combustion engines KONSSPAL 2002. Tadeusz Końciuszek Military Academy, Wroclaw (Poland). 14–15 May 2002. pp. 133–136.

9. Zlobin V.N. Potential of use of ion implantation as a means of catalyst manufacturing / V.N. Zlobin, M.G. Bannikov, I.P. Vasilev, J.A. Cherkasov, P.N. Gavrilenko // Automobile Engineering. 2002. Vol. 216. no. D5. pp. 385–390.

### Рецензенты:

Рябцев В.Г., д.т.н., профессор кафедры «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве», ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград;

Рогачев А.Ф., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Математическое моделирование и информатика», ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград.