

Машиностроение Mechanical engineering

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 621.9.047:669:538.8

doi: 10.30987/2782-5957-2022-12-4-12

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ ОБРАБОТКОЙ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИКАТОДНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Марина Александровна Рабыко^{1✉}, Владимир Михайлович Шеменков²

^{1,2} Белорусско-Российский университет, Могилев, Республика Беларусь,

¹ belay-marina@yandex.by, <https://orcid.org/0000-0002-3543-9799>

² vshemenkov@yandex.by, <https://orcid.org/0000-0001-9024-3820>

Аннотация

Цель исследования: разработка методики упрочнения штамповых сталей тлеющим разрядом в прикатодном магнитном поле. Задача, решению которой посвящена статья: выяснить, как влияет обработка тлеющим разрядом в прикатодном магнитном поле на микротвердость и износостойкость.

Методы исследования: опытно-промышленные испытания.

Новизна работы: получена математическая зависимость изменения микротвердости и износостойкости основных штамповых сталей от технологических параметров обработки тлеющим разрядом

в прикатодном магнитном поле. Результаты исследования: рекомендации по промышленному применению технологии. Выводы: подтверждено результатами промышленных испытаний наличие эффекта повышения производственного ресурса штамповой оснастки модифицированной комплексным воздействием тлеющего разряда в постоянном магнитном поле в среднем в 1,5–4 раза. Суммарный экономический эффект от внедрения технологии достигает в эквиваленте 2300 долларов США.

Ключевые слова: тлеющий разряд, магнитное поле, микротвердость, износостойкость.

Ссылка для цитирования:

Рабыко М.А. Повышение эксплуатационных характеристик штамповых сталей обработкой тлеющим разрядом с использованием прикатодного магнитного поля / М.А. Рабыко, В.М. Шеменков // Транспортное машиностроение. – 2022. - № 12. – С. 4 – 12. doi: 10.30987/2782-5957-2022-12-4-12.

Original article

Open Access Article

IMPROVEMENT OF OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF DIE STEELS BY GLOW DISCHARGE USING A CATHODE MAGNETIC FIELD

Marina Aleksandrovna Rabyko^{1✉}, Vladimir Mikhailovich Shemenkov²

^{1,2} Belarusian-Russian University, Mogilev, Republic of Belarus,

¹ belay-marina@yandex.by, <https://orcid.org/0000-0002-3543-9799>

² vshemenkov@yandex.by, <https://orcid.org/0000-0001-9024-3820>

Abstract

The study objective is to develop a technique for hardening die steels with a glow discharge in a cathode magnetic field. The task to which the paper is devoted is to find out how the treatment by glow discharge in a cathode magnetic field affects microhardness and wear resistance.

Research methods are pilot industrial tests.

The novelty of the work: the mathematical dependence of the change in microhardness and wear resistance of the main die steels on the technological parameters of the treatment by glow discharge in a

cathode magnetic field is obtained. Research results: recommendations for the industrial application of technology. Conclusions: the results of industrial tests confirm that there is an effect of increasing the production life of die tooling modified by the complex effect of a glow discharge in a constant magnetic field in average by 1.5-4 times. The total economic effect of using the technology reaches \$ 2,300.

Keywords: glow discharge, magnetic field, microhardness, wear resistance.

Reference for citing:

Rabyko MA, Shemenkov VM. Improvement of operational characteristics of die steels by glow discharge using a cathode magnetic field. *Transport Engineering*. 2022; 12:4-12. doi: 10.30987/2782-5957-2022-12-4-12.

Введение

Штамповая оснастка является одним из основных видов инструментов, применяемых в условиях массового и крупносерийного производства. Стоит отметить, что ее использование при получении изделий машиностроительного профиля составляет порядка 60 %. Стоимость данной оснастки занимает значительный объем в структуре себестоимости изготавливаемой продукции. Как следствие в последнее время актуально стоят вопросы повышения ее эксплуатационных свойств.

В условиях сложной экономической ситуации, которая в последние годы сложилась в мире, одной из наиболее важных и ключевых задач, стоящих на многих предприятиях, особенно машиностроительного профиля, является конкурентоспособность продукции, которая напрямую зависит от эффективности всего производства.

Повышение эксплуатационных характеристик технологической оснастки из штамповых сталей является важной задачей, решение которой позволяет обеспечивать рост производительности труда, экономии дорогостоящих и дефицитных инструментальных материалов, энергии и трудовых ресурсов.

Как показала практика, обработка изделий из штамповых сталей в тлеющем разряде с использованием прикатодного магнитного поля обеспечивает формирование уникальных структурных состояний в поверхностных слоях. Это приводит к изменению макросвойств материалов, определяющих эксплуатационное поведение упрочняемых изделий, особенно, в условиях трибомеханического и термоциклического нагружения [1-3].

В статье ниже изложены материалы, полученные в результате исследований, выполненных в рамках выполнения кандидатской диссертации Рабыко М.А. Исследования проводились на технологической штамповой оснастке для изготовления гайки колесной (артикул 4370-3104038 ОАО «ТАИМ»), предназначенной для крепления дисковых колес к ступице автомобилей и тракторов (рис. 1).



Рис. 1. Гайка колесная, артикул 4370-3104038
ОАО «ТАИМ»

Fig. 1. Wheel nut, article 4370-3104038
JSC "TAiM"

Гайка колесная считается одним из ходовых товаров, так как имеет большой спрос, объемы выпуска около 50 000 шт. в месяц. Она используется на сборочных конвейерах практически всех автомобильных заводах на территории Республики Беларусь и Российской Федерации. В последнее время существует тенденция к повышению программы выпуска грузовых автомобилей, что приводит к росту актуальности задачи, повышения износостойкости штамповой оснастки.

В современной практике для повышения износостойкости технологической оснастки производителями часто используются методы связанные с нанесением защитных покрытий и азотированием. Однако нанесение покрытий на матрицу, работающую на «горячий» удар с пуансоном, в большинстве случаев наблюдается раскалывание покрытия. Указанных недостатков лишен процесс азотирования, который позволяет насытить поверхность азотом, создать барьерный поверхностный слой с повышенными физико-механическими свойствами. Однако и данный метод не лишен недостатков, связанных с длительностью процесса (в среднем от 13 часов и более), а так же обладает высокой энергоёмкостью, громоздким оборудованием, сложностью автоматизации процесса и токсичностью. Поэтому обработка тлеющим разрядом с использованием прикатодного магнитного поля, может быть интересна для решения рассматриваемой проблемы.

Эксперименты и методы

Для исследования состояния поверхностного слоя штамповых сталей использовался комплекс современных методов, позволяющих изучить влияние на формирование качественных параметров поверхностного слоя, таких как твердость и износостойкость [7-14].

Измерение микротвердости рабочей поверхности образцов проводились на микротвердомере Zwick Roell ZHV 1M, исследование влияния обработки в тлеющем разряде

на износостойкость производилось в условиях реального производства ОАО «ТАИМ» при изготовлении серийного изделия «Гайка колесная» (артикул 4370-3104038).

На основании статистической обработки экспериментальных данных получена зависимость приращения поверхностной микротвердости по Виккерсу H'_{HV} образцов из стали в натуральном выражении, адекватно представляющая эксперимент

$$H'_{HV} = b_0 + b_1 \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) + b_2 \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) + b_3 \left(\frac{T-30}{10} \right) + b_{12} \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) + b_{13} \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) \left(\frac{T-30}{10} \right) + b_{23} \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) \left(\frac{T-30}{10} \right) + b_{11} \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right)^2 + b_{22} \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right)^2 + b_{33} \left(\frac{T-30}{10} \right)^2. \quad (1)$$

Таблица 1

Теоретические коэффициенты регрессии (1)

Table 1

Theoretical regression coefficients (1)

Марка стали	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
5Х3В3МФС	125,9	0,2	-1,3	0,8	0,3	1,2	0,1	0,5	0,4	-0,5
4Х4ВМФС	110,6	-1,1	0	-0,4	0,2	-0,1	0,2	-1,7	0,7	0,6
Х12МФ	103,3	-3,3	-0,2	-0,2	0	0,1	0	1,1	1,2	2,0

Графическая интерпретация полученной модели, показывающая зависимость приращения микротвердости образцов из штамповой стали от двух технологических факторов обработки тлеющим разрядом при значении третьего, находящимся на основном уровне представлены на рис. 2-4.

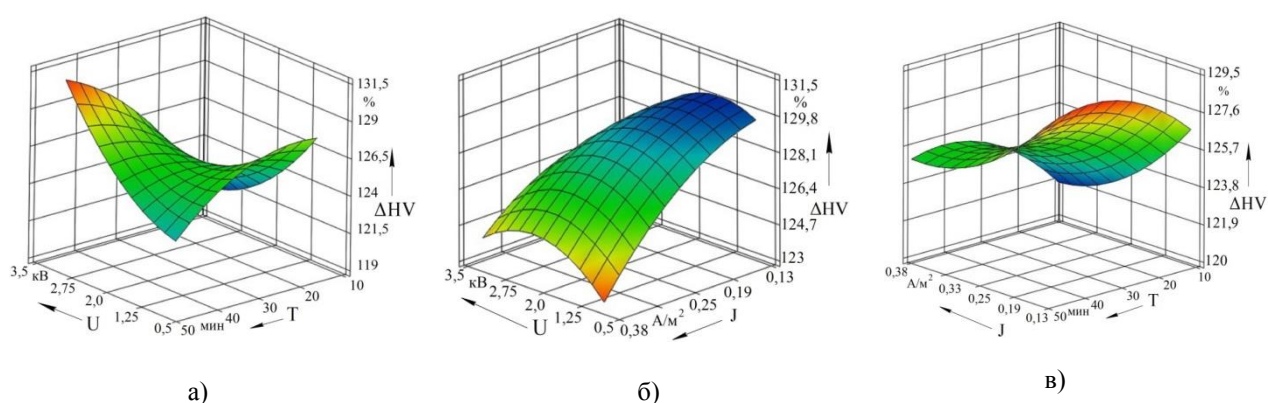


Рис. 2. Графическая интерпретация математической модели (1) образцов из стали 5Х3В3МФС: а – влияние U , кВ и T , мин, при $I = 50$ мА; б – влияние U , кВ и I , мА при $T = 30$ мин; в – влияние I , мА и T , мин, при $U = 2$ кВ

Fig. 2. Graphical interpretation of the mathematical model (1) of samples from steel 5Х3В3МФС: а) Influence U , kV and T , min, at $I = 50$ mA; б) Influence U , kV and I , mA, at $T = 30$ min; в) Influence I , mA and T , min, at $U = 2$ kV

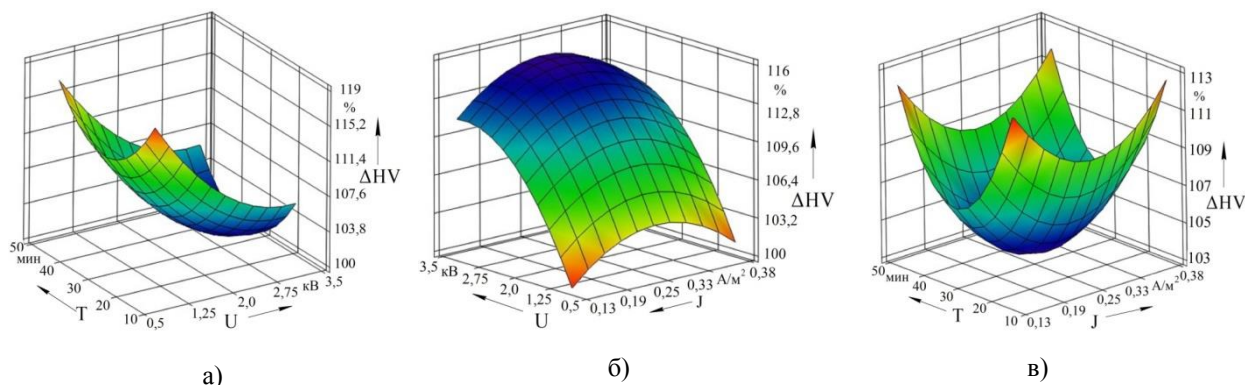


Рис. 3. Графическая интерпретация математической модели (1) образцов из стали 4X4BMΦC: а – влияние U , кВ и T , мин, при $I = 50$ мА; б – влияние U , кВ и I , мА, при $T = 30$ мин; в – влияние I , мА и T , мин, при $U = 2$ кВ

Fig. 3. Graphical interpretation of the mathematical model (1) of samples from steel 4X4BMΦC: a) Influence U , kV and T , min, at $I = 50$ mA; b) Influence U , kV and I , mA, at $T = 30$ min; c) Influence I , mA and T , min, at $U = 2$ kV

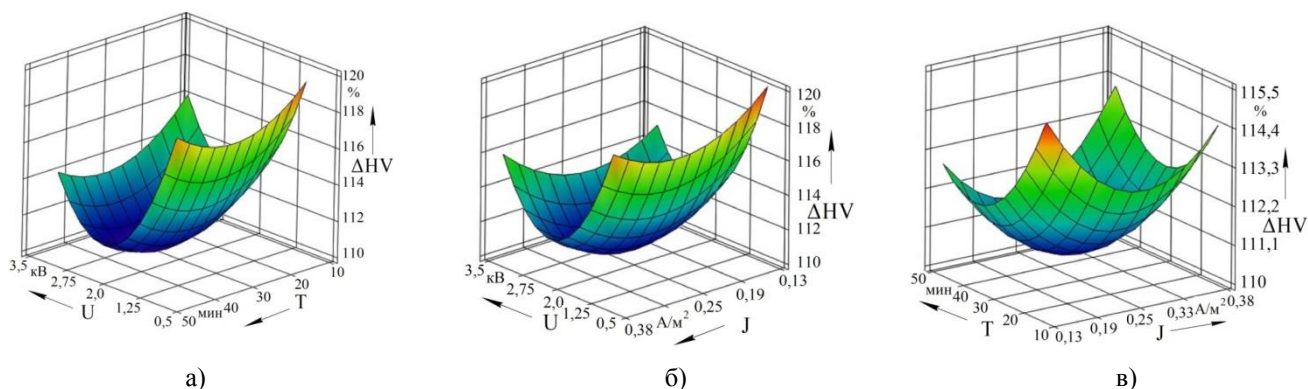


Рис. 4. Графическая интерпретация математической модели (1) образцов из стали X12MΦ: а – влияние U , кВ и T , мин, при $I = 50$ мА; б – влияние U , кВ и I , мА, при $T = 30$ мин; в – влияние I , мА и T , мин, при $U = 2$ кВ

Fig. 4. Graphical interpretation of the mathematical model (1) of samples from steel X12MΦ: a) Influence U , kV and T , min, at $I = 50$ mA; b) Influence U , kV and I , mA, at $T = 30$ min; c) Influence I , mA and T , min, at $U = 2$ kV

Таким образом, максимальная твердость образцов достигается путем упрочнения с оптимальными режимами с учетом

наименьшей удельной мощности горения (W , кВт/м²), приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Оптимальные режимы обработки образцов тлеющим разрядом в прикатодном магнитном поле

Table 2

Optimal modes of sample processing by glow discharge in the cathode magnetic field

Сталь	Оптимальные значения технологических параметров обработки					Приращение твердости, ΔHV %
	U , кВ	J , А/м ²	T , мин	W , кВт/м ²	B , Тл	
5X3В3МΦС	2,7	0,19	25	0,6	0,04-0,06	130,8
X12MΦ	1,25	0,17	20	0,8		120,9
4X4BMΦC	1,2	0,13	18	0,2		119,2

На основании статистической обработки экспериментальных данных получена зависимость приращения коэффициента

износостойкости k_L образцов из стали в натуральном выражении, адекватно представляющая эксперимент

$$k_L = b_0 + b_1 \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) + b_2 \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) + b_3 \left(\frac{T-30}{10} \right) + b_{12} \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) + b_{13} \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) \left(\frac{T-30}{10} \right) + b_{23} \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) \left(\frac{T-30}{10} \right) + b_{11} \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right)^2 + b_{22} \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right)^2 + b_{33} \left(\frac{T-30}{10} \right)^2. \quad (2)$$

Теоретические коэффициенты регрессии для рассматриваемых сталей приведены в табл. 3.

Таблица 3

Теоретические коэффициенты регрессии

Table 3

Theoretical regression coefficients

Сталь	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
5Х3В3МФС	1,413	0,117	-0,07	-0,146	0,044	0,088	0,181	0,038	-0,064	0,008
4Х4ВМФС	1,958	-0,047	-0,040	0,091	0,006	-0,014	-0,03	-0,037	-0,004	0,056
Х12МФ	1,722	0,022	-0,028	-0,002	0,061	0,023	0,017	0,020	0,020	0,051

Графическая интерпретация полученной модели, показывающая зависимость приращения коэффициента износостойкости образцов от двух технологических факторов обработки тлеющим разрядом при значении третьего, находящимся на основном уровне представлены на рис. 5-7.

ских факторов обработки тлеющим разрядом при значении третьего, находящимся на основном уровне представлены на рис. 5-7.

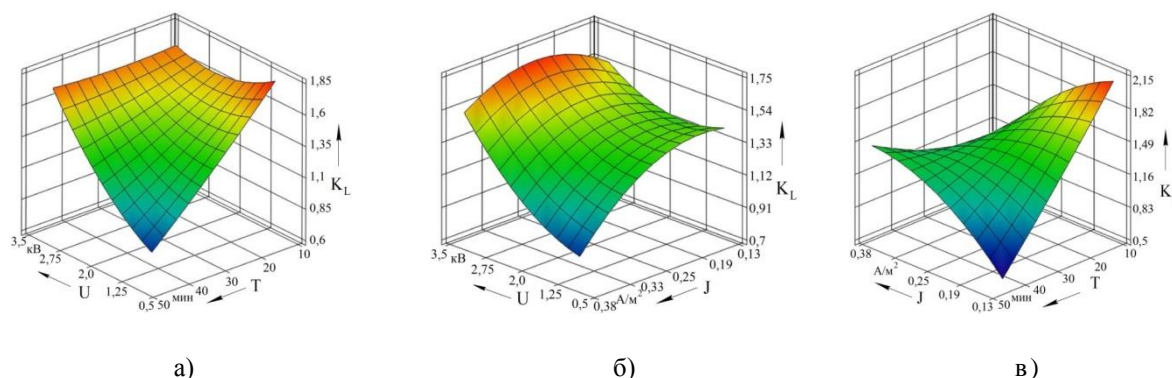


Рис. 5. Графическая интерпретация математической модели (2) образцов из стали 5Х3В3МФС: а – влияние U , кВ и T , мин, при $I = 50$ мА; б – влияние U , кВ и I , мА, при $T = 30$ мин; в – влияние I , мА и T , мин, при $U = 2$ кВ

Fig. 5. Graphical interpretation of the mathematical model (2) of samples from steel 5X3B3MFS: a) Influence U , kV and T , min, at $I = 50$ mA; b) Influence U , kV and I , mA, at $T = 30$ min; c) Influence I , mA and T , min, at $U = 2$ kV

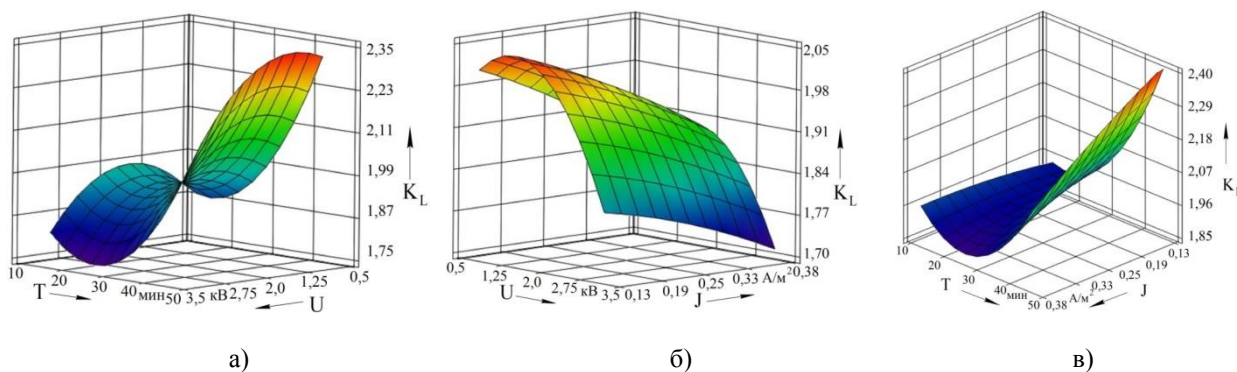


Рис. 6. Графическая интерпретация математической модели (2) образцов из стали 4Х4ВМФС: а – влияние U , кВ и T , мин, при $I = 50$ мА; б – влияние U , кВ и I , мА, при $T = 30$ мин; в – влияние I , мА и T , мин, при $U = 2$ кВ

Fig. 6. Graphical interpretation of the mathematical model (2) of samples from steel 4X4BMFS: a) Influence U , kV and T , min, at $I = 50$ mA; b) Influence U , kV and I , mA, at $T = 30$ min; c) Influence I , mA and T , min, at $U = 2$ kV

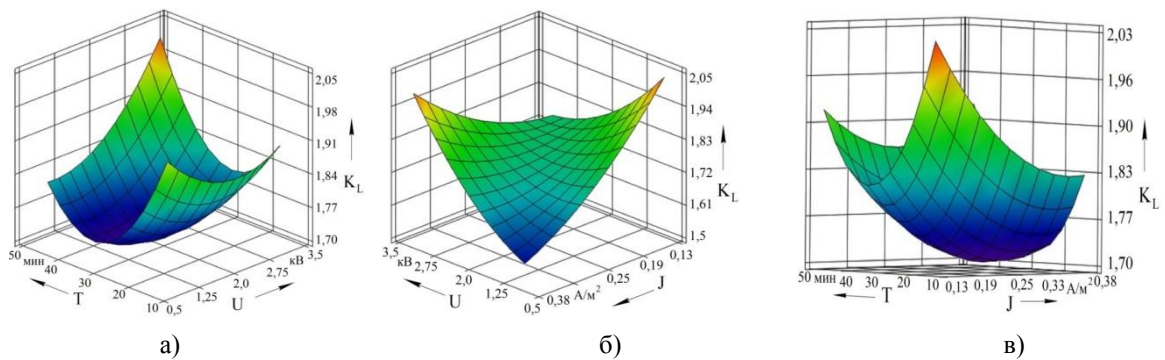


Рис. 7. Графическая интерпретация математической модели (1) образцов из стали X12МФ:
 а – влияние U , кВ и T , мин, при $I=50$ мА; б – влияние U , кВ и I , мА, при $T=30$ мин;
 в – влияние I , мА и T , мин, при $U=2$ кВ

Fig. 7. Graphical interpretation of the mathematical model (1) of samples from steel X12MF:
 a) Influence U , kV and T , min, at $I=50$ mA; b) Influence U , kV and I , mA, at $T=30$ min;
 c) Influence I , mA and T , min, at $U=2$ kV

Таким образом, максимальный коэффициент износостойкости образцов до-

стигается путем упрочнения с оптимальными режимами, приведенными в табл. 4.

Таблица 4

Оптимальные режимы обработки образцов тлеющим разрядом
 в прикатодном магнитном поле

Table 4

*Optimal modes of sample processing by glow discharge
 in the cathode magnetic field*

Сталь	Оптимальные значения технологических параметров обработки					Приращение коэффициента износостойкости, k_L
	U , кВ	J , А/м ²	T , мин	W , кВт/м ²	B , Тл	
5Х3В3МФС	1,25	0,19	15	0,2	0,04-0,06	2,0
X12МФ	1,5	0,25	20	0,8		2,1
4Х4ВМФС	0,5	0,175	10	0,17		2,3

Результаты

Рассмотрена эффективность использования данного метода на примере комплекта штамповой оснастки для получения гайки колесной 4370-3104038 ОАО «ТАИМ».

В результате сотрудничества с ОАО «ТАИМ» проводились испытание штамповой оснастки из стали 5Х3В3МФС ГОСТ 5950-2000. Испытания упрочненного инструмента проводились в термическом отделении МСЦ (горячая штамповка). Обрабатываемый материал: сталь 40Х по ГОСТ 4543-71. Оборудование: штамп 576.587.1330-4008, температура заготовки перед операцией штамповки $T \approx 900$ °С.

Типичная картина износа матрицы и пуансона представлена на рисунках 8 и 9.

Типовой технологией по восстановлению работоспособности данной штамповой оснастки является ее перешлифовка. Стойкость инструмента составляет от 500 до 600 шт., после перешлифовки по передней поверхности стойкость будет от 300 до 400 шт., т.е. можно сделать вывод, что стойкость инструмента без упрочнения составляет: от 500 до 1000 шт.

В ходе испытаний было выявлено, что стойкость инструментов, подвергнутых упрочнению, оказалась выше по сравнению с неупрочненными инструментами и составила от 2500 до 4000 шт. Упрочнение проводилось по методике, описанной в [4-6].

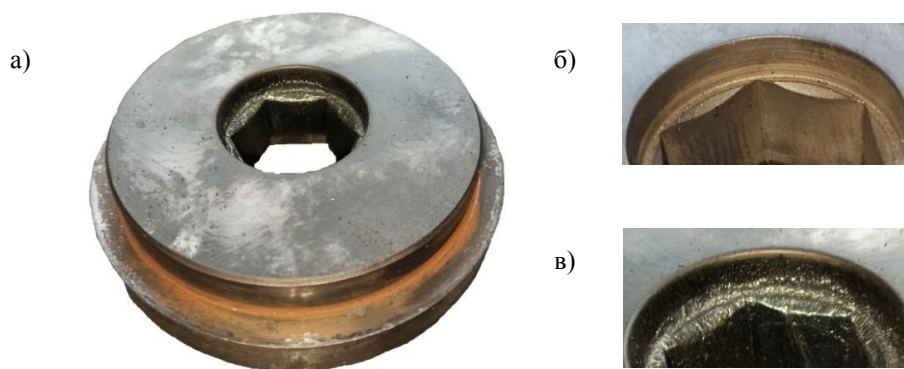


Рис. 8. Матрица 576.587.1330-4006.012 ОАО «ТАиМ»: а – вид матрицы; б – края матрицы до начала работы; в – матрица со стертymi краями

Fig. 8. Matrix 576.587.1330-4006.012 JSC "TAiM":

a) type of matrix; b) the edges of the matrix before starting work; c) matrix with erased edges



Рис. 9. Пуансон 576.587.1330-4011.012 ОАО «ТАиМ»:

а – вид пуансона; б – край пуансона до начала работы; в – пуансон со стертymi, потрескавшимися краями

Fig. 9. Punch 576.587.1330-4011.012 JSC "TAiM":

a) type of punch; b) the edge of the punch before starting work; c) a punch with worn, cracked edges

Заклyчение

Упрочнение инструмента методом «структурно-фазового модифицирования поверхностных слоев тлеющим разрядом» позволяет увеличить стойкость инструмента в 3-4 раза, тем самым сократить затраты на изготовление нового инструмента.

Применение в условиях ОАО «ТАиМ» штамповой оснастки, модифицированной обработкой комплексным воздействием тлеющего разряда и постоянного магнитного поля, позволило получить экономический эффект в эквиваленте 2300 долларов США в ценах на 16 мая – 20 июня 2019 г.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шеменков В.М. Структурно-фазовое модифицирование поверхностных слоев изделий из штамповых сталей обработкой тлеющим разрядом в магнитном поле. Сборник трудов XIV Международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиностроения». Томск, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2021 г. С. 198-199.
2. Шеменков В.М., Белая М.А., Шеменкова А.Л.,

- Обидина О.В. Влияние обработки тлеющим разрядом на структуру, фазовый состав и износостойкость инструментальных штамповых сталей. *Вестник Белорусско-Российского университета*. 2018;4:28-38.
3. Рабыко М.А., Шеменков В.М., Елисеева А.Н. Структурно-фазовое модифицирование штамповых сталей обработкой тлеющим разрядом в магнитном поле. *Вестник Белорусско-Российского университета*. 2022;2:23-31.

4. Патент № 19126 Республика Беларусь, МПК С 23С 14/38. Способ упрочнения изделий из металла или сплава, или сверхтвердого материала / В.М. Шеменков, М.А. Белая (ВУ) - № 19126; заявл. 05.04.2013; опубл. 30.12.2013. - 3 с.
5. Патент № 9478 Республика Беларусь, МПК С 23С 14/00. Установка вакуумная для упрочнения изделий комплексным воздействием тлеющего разряда и постоянного магнитного поля / В.М. Шеменков, М.А. Белая, В.В. Малутин, А.Л. Шеменкова, А.С. Батраков (ВУ) - № 9478; заявл. 26.12.2012; опубл. 30.08.2013. - 4 с.
6. Шеменков В.М. и др. Структурно-фазовое модифицирование инструментальных материалов тлеющим разрядом : [монография] / под общей редакцией В. М. Шеменкова. Могилев: Белорусско-Российский университет, 2017. 269 с.
7. Духопельников Д. В., Кириллов Д. В. Влияние магнитного поля на вольт-амперную характеристику вакуумного дугового разряда. *Наука и Образование.* 2015;11:124-135. DOI: 10.7463/1115.0820267.
8. Панченко Е.В., Скаков Ю.А., Кример Б.И. Лаборатория металлографии. М.: Металлургия, 1965. 440 с.
9. ГОСТ 2999-75. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу. М.: ИПК Изд-во

стандартов, 1987. 29 с.

10. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981. 184 с.
11. Белый А.В., Кукаренко В.А., Чой К.И. Структура и свойства обработанной концентрированными потоками ионов азота инструментальной мартенситно-стареющей стали типа FeCo-W. *Материаловедение.* 2011;12:11-15.
12. Шеменков В. М., Ловшенко Ф. Г., Белая М. А., Шеменкова А. Л. Влияние обработки тлеющим разрядом на структуру, фазовый состав и износостойкость сталей, подвергнутых химико-термической обработке *Вестник Белорусско-Российского университета.* 2016;1:100-113.
13. Шеменков, В. М. В Структурно-фазовое модифицирование однокарбидных твердых сплавов обработкой в тлеющем разряде: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01 / Шеменков Владимир Михайлович – Могилев, 2009. – 127 с.: ил.
14. Шеменков В. М., Белая М. А., Шеменкова А. Л., Обидина О. В. Влияние обработки тлеющим разрядом на структуру, фазовый состав и износостойкость инструментальных штамповых сталей. *Вестник Белорусско-Российского университета.* 2018;4:28-38.

REFERENCES

1. Shemenkov VM. Structural and phase modification of surface layers of products made of stamped steels by glow discharge in a magnetic field. Proceedings of the XIV International Scientific and Technical Conference: Modern Problems of Mechanical Engineering. Tomsk: National Research Tomsk Polytechnic University; 2021.
2. Shemenkov VM, Belaya MA, Shemenkova AL, Obidina OV. Effect of glow discharge treatment on structure, phase composition and wear resistance of tool die steels. *Vesnik of the Belarusian-Russian University.* 2018;4:28-38.
3. Rabyko MA, Shemenkov VM, Eliseeva AN. Structural phase modification of die steels by glow discharge treatment in the magnetic field. *Vesnik of the Belarusian-Russian University.* 2022;2:23-31.
4. Shemenkov VM, Belaya MA. Patent No. 19126 Republic of Belarus, МПК С 23С 14/38. Method of hardening products made of metal or alloy, or superhard material. 2013 Dec 30.
5. Shemenkov VM, Belaya MA, Malutin VV, Shemenkova AL, Batrakov AS. Patent No. 9478 Republic of Belarus, МПК С 23С 14/00. Vacuum installation for hardening products by the complex effect of a glow discharge and a permanent magnetic field No. 9478. 2013 Aug 30.
6. Shemenkov VM. Structural and phase modification of instrumental materials by glow discharge: monograph. Mogilev: Belarusian-Russian University; 2017.
7. Duhopelnikov DV, Kirillov DV. Influence of a magnetic field on the volt-ampere characteristic of a vacuum arc discharge. *Science and Education.* 2015;11:124-135. DOI: 10.7463/1115.0820267
8. Panchenko EV, Skakov YuA, Krimer BI. Metallography Laboratory. Moscow: Metallurgiya; 1965.
9. GOST 2999-75. Metals and alloys. Vickers' method to measure hardness. Moscow: Publishing House of Standards; 1987.
10. Spiridonov AA. Experiment planning in the study of technological processes. Moscow: Mashinostroenie; 1981.
11. Bely AV, Kukarenko VA, Choy KI. Structure and properties of tool martensitic-aging steel of FeCo-W type treated with concentrated nitrogen ion flows. *Materialovedenie.* 2011;12:11-15.
12. Shemenkov VM, Lovshenko FG, Belaya MA, Shemenkova AL. The effect of glow discharge treatment on the structure, phase composition and wear resistance of steels subjected to chemical-thermal treatment. *Vesnik of the Belarusian-Russian University.* 2016;1:100-113.
13. Shemenkov VM. In Structural and phase modification of single-carbide hard alloys by treating in a glow discharge [dissertation]. [Mogilev (Belarusia)]; 2009.
14. Shemenkov VM, Belaya MA, Shemenkova AL, Obidina OV. The effect of glow discharge treatment on the structure, phase composition and wear resistance of tool die steels. *Vesnik of the Belarusian-Russian University.* 2018;4:28-38.

Информация об авторах:

Рабыко Марина Александровна – +375295439888, старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения», Author-ID-РИНЦ 803181 SPIN-код: 4245-2574.

Rabyko Marina Aleksandrovna – Senior Lecturer of the Department of Mechanical Engineering Technology, phone: +375295439888 Author-ID-RSCI 803181 SPIN-code: 4245-2574.

Шеменков Владимир Михайлович – кандидат технических наук, доцент, +375297400664, заведующий кафедрой «Технология машиностроения», Author-ID-РИНЦ 797212 SPIN-код: 4408-6787.

Shemenkov Vladimir Mikhailovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanical Engineering Technology, phone: +375297400664, Author-ID-RSCI 797212 SPIN-code: 4408-6787.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья опубликована в режиме Open Access.
Article published in Open Access mode.

Статья поступила в редакцию 10.08.2022; одобрена после рецензирования 08.09.2022; принята к публикации 21.11.2022. Рецензент – Вайнер Л.Г., доктор технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания» Тихоокеанского государственного университета, член редсовета журнала «Транспортное машиностроение».

The article was submitted to the editorial office on 10.08.2022; approved after review on 08.09.2022; accepted for publication on 21.11.2022. The reviewer is Vayner L.G., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Department of Internal Combustion Engines at Pacific National University, member of the Editorial Board of the journal *Transport Engineering*.