

УДК 621.787

В. М. ШЕМЕНКОВ, канд. техн. наук, доц.

М. А. РАБЫКО

А. Н. ЮМАНОВА

Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация

Представлены результаты исследования влияния использования прикатодного магнитного поля и управления частотой тока на эффективность процесса упрочнения изделий из инструментальных материалов тлеющим разрядом.

Ключевые слова:

тлеющий разряд, магнитное поле, частота тока, модифицирующая обработка, поверхностный слой, сталь.

Тлеющий разряд является одним из наиболее распространенных видов газового разряда, используемого в современной промышленности при реализации методов обработки различных материалов, вследствие его легкого получения и поддержания.

Формируемая в результате газового пробоя низкотемпературная плазма, в зависимости от рабочей среды в камере, является мощным инструментом модификации свойств поверхностей деталей, сочетающим в себе элементы как химических, так и физических факторов воздействия.

Как показала практика использования тлеющего разряда, при обработке различных изделий его использование может быть основной обработкой как при ионно-плазменном насыщении поверхности, так и дополнительной обработкой после классической термической обработки, такой как закалка [1].

На протяжении многих десятилетий в Белорусско-Российском университете различными группами ученых ведутся исследования по установлению влияния обработки тлеющим разрядом малой мощности, зажигаемым как в среде остаточных атмосферных газов, так и смеси инертных и реакционных или только инертных газов, на эксплуатационные характеристики поверхностных слоев изделий из различных материалов.

Однако данные исследования опирались на использование классического самостоятельного тлеющего разряда. Полученные результаты позволили получить оптимальные технологические параметры процесса упрочнения (напряжение, сила тока разряда и время обработки) для конкретных материалов, которые в большей степени не отвечают на вопросы влияния химического состава упрочняемых материалов на результаты.

В последние десять лет на кафедре «Технология машиностроения» сформировались новые направления, связанные с повышением эффективности энергетических и частотных параметров тлеющего разряда, зажигаемого в среде

остаточных атмосферных газов, за счет внедрения ряда инновационных подходов.

Одним из перспективных направлений является использование прикатодного магнитного поля для интенсификации энергетических параметров тлеющего разряда [2].

Как показала практика реализации предлагаемого метода упрочнения, использование прикатодного магнитного поля с магнитной индукцией от 40 до 60 мТл приводит к повышению силы тока на 50 %...70 % в зависимости от давления в камере. Повышение интенсивности силы тока позволило сократить время обработки, необходимое для достижения максимальной твердости и износостойкости, на 20 %...40 % в зависимости от упрочняемого материала [3].

На рис. 1 представлена принципиальная схема установки для реализации указанного метода.

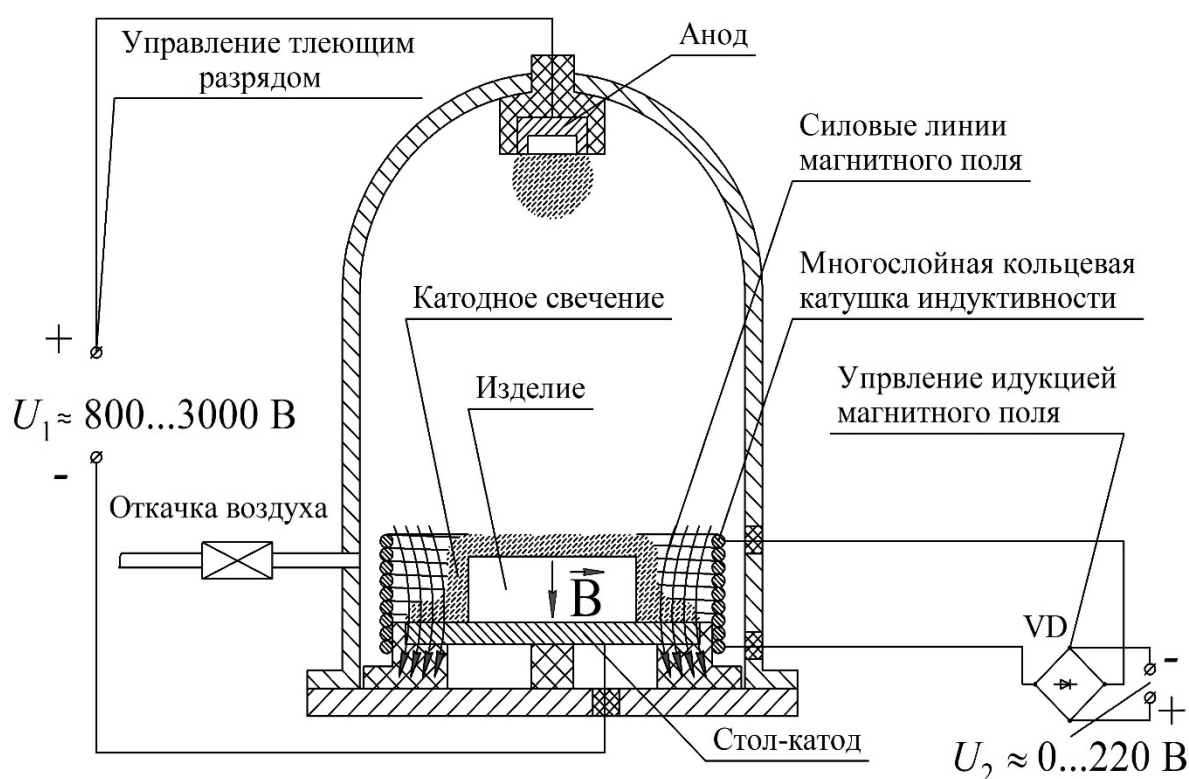


Рис. 1. Схема установки для реализации метода

Для обоснования эффективности описываемого способа упрочнения в табл. 1 и 2 приведены максимальные значения прироста твердости и износостойкости упрочняемых поверхностей как при обработке тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем, так и без него.

Таким образом, использование прикатодного магнитного поля однозначно приводит к повышению эффективности процесса упрочнения тлеющим разрядом.

Изучение течения тока тлеющего разряда от анода к катоду позволило выявить, что в процессе упрочнения наблюдаются частотные колебания в пределах от 80 до 120 кГц (рис. 2).

Табл. 1. Максимальные значения микротвердости упрочненных поверхностей изделий из различных материалов

Сталь	Твердость образцов после упрочнения тлеющим разрядом, МПа	Твердость образцов после упрочнения тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем, МПа	Приращение твердости, %
5Х3В3МФС	6180	7100	11...13
Х12МФ	9960	10920	7...9
4Х4ВМФС	7190	7800	8...10

Табл. 2. Максимальные значения коэффициентов износостойкости образцов из различных материалов

Сталь	Повышение износостойкости образцов после упрочнения тлеющим разрядом, %	Повышение износостойкости образцов после упрочнения тлеющим разрядом с прикатодным магнитным полем, %	Приращение износостойкости, %
5Х3В3МФС	130,0...136,0	190,0...198,0	40...42
Х12МФ	150,0...165,0	220,0...229,0	40...42
4Х4ВМФС	170,0...175,0	220,0...223,0	29...31

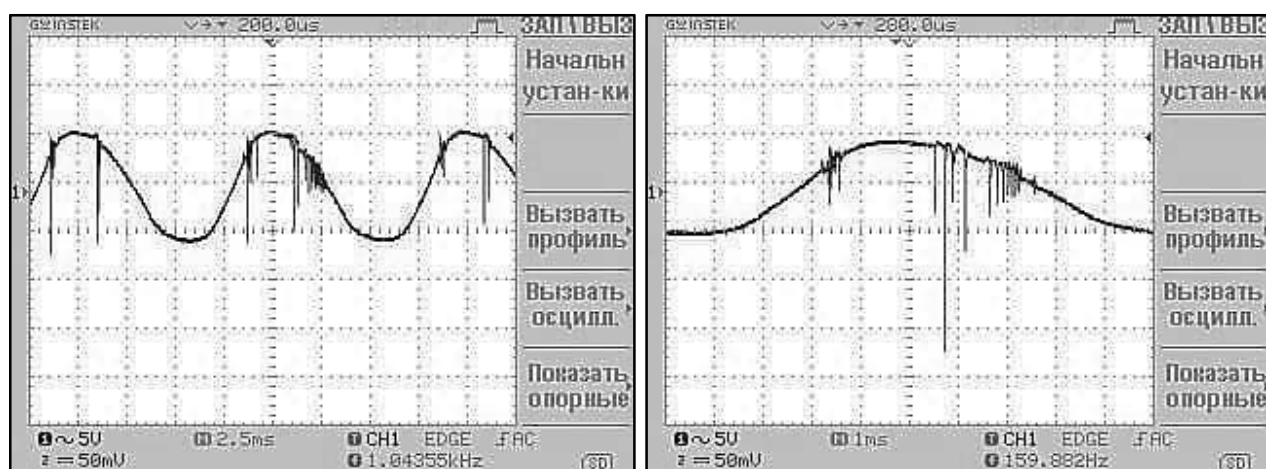


Рис. 2. Осциллограммы тока тлеющего разряда в процессе упрочнения

На основании выявленного поведения тока и теории скин-эффекта было предложено второе направление, заключающееся в разработке способа, позволяющего добиваться необходимых глубин упрочненных слоев для конкретных металлических материалов за счет регулировки и удержания частоты тока тлеющего разряда в пределах от 50 до 150 кГц.

Была реализована установка, обеспечивающая получение необходимых параметров частоты тока тлеющего разряда (рис. 3).

На основании теории формирования активного слоя, формируемого в металлическом проводнике, помещенном в электромагнитное поле, показано,

что глубина скин-слоя напрямую зависит от удельного электрического сопротивления материала проводника. В свою очередь удельное электрическое сопротивление зависит от легирующих элементов упрочняемых материалов. На основании этого проведены исследования влияния легирующих элементов на удельное электрическое сопротивление стали и получены оптимальные значения частоты тока тлеющего разряда, необходимые для получения определенной глубины упрочненного слоя для основных инструментальных сталей (рис. 4).

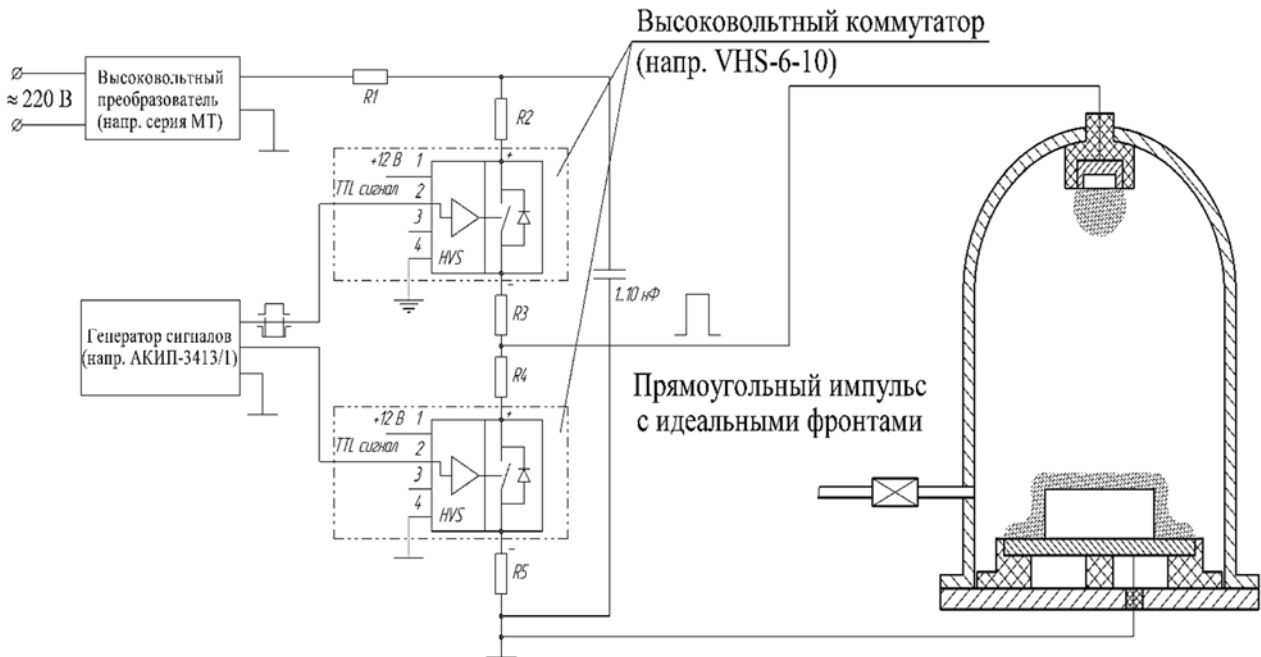


Рис. 3. Схема установки для реализации способа упрочнения

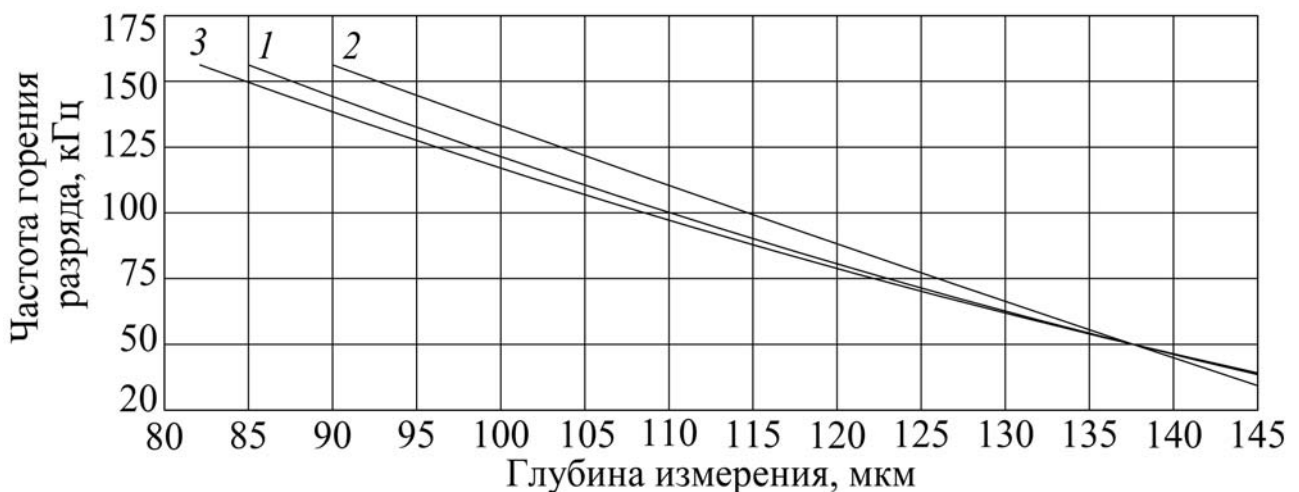


Рис. 4. Глубина упрочненного слоя образцов после обработки тлеющим разрядом при различных частотах течения тока: 1 – сталь 4X4BMFC; 2 – сталь X12MF; 3 – сталь P6M5

Таким образом, для получения глубины упрочненного слоя 100 мкм сталь 4Х4ВМФС необходимо упрочнять тлеющим разрядом с частотой тока, равной 113 кГц, сталь Х12МФ – с частотой 125 кГц, а сталь Р6М5 – 105 кГц.

В результате представленной информации можно сделать вывод о перспективности дальнейших исследований по двум указанным направлениям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Структурно-фазовое модифицирование инструментальных материалов тлеющим разрядом: монография / В. М. Шеменков [и др.]; под общ. ред. В. М. Шеменкова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 270 с.: ил.
2. Способ упрочнения изделий из металла или сплава, или сверхтвердого материала: пат. ВУ 19126 / В. М. Шеменков, М. А. Белая. – Оpubл. 30.12.2013.
3. **Рабыко, М. А.** Структурно-фазовое модифицирование штамповых сталей обработкой тлеющим разрядом в магнитном поле / М. А. Рабыко, В. М. Шеменков, А. Н. Елисеева // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2022. – № 2. – С. 23–31.
4. **Шеменков, В. М.** Инженерия поверхностного слоя инструментальной оснастки тлеющим разрядом: монография / В. М. Шеменков, М. А. Рабыко, А. Н. Юманова; под общ. ред. В. М. Шеменкова. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2023. – 250 с.: ил.

Контакты:

vshemenkov@yandex.ru (Шеменков Владимир Михайлович);

belay-marina@yandex.by (Рабыко Марина Александровна);

anuta994@mail.ru (Юманова Анна Николаевна).

V. M. SHEMENKOV, M. A. RABYKO, A. N. YUMANOVA

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF USING GLOW DISCHARGE TO STRENGTHEN PRODUCTS FROM INSTRUMENTAL MATERIALS

Abstract

The results of a study of the influence of the use of a near-cathode magnetic field and control of the current frequency on the efficiency of the process of strengthening products from tool materials by a glow discharge are presented.

Keywords:

glow discharge, magnetic field, current frequency, modifying treatment, surface layer, steel.