

УДК 669

ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ИЗ ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ ОБРАБОТКОЙ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

М. А. РАБЫКО

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Штамповая технологическая оснастка является одной из основных групп инструментальной оснастки. Следует отметить, что ее использование при получении изделий машиностроения составляет около 60 %. Ее износостойкость напрямую влияет на затраты при производстве изделий машиностроения.

Одной из перспективных технологий, которая позволяет обеспечивать рост производительности труда, экономию дорогостоящих и дефицитных инструментальных материалов, энергии и трудовых ресурсов, является технология повышения эксплуатационных характеристик обработкой тлеющим разрядом в магнитном поле. Она заключается в том, что изделие 1 помещается на стол-катод 2, который находится между источником создания силовых линий магнитного поля 3 (рис. 1) [1, 2].

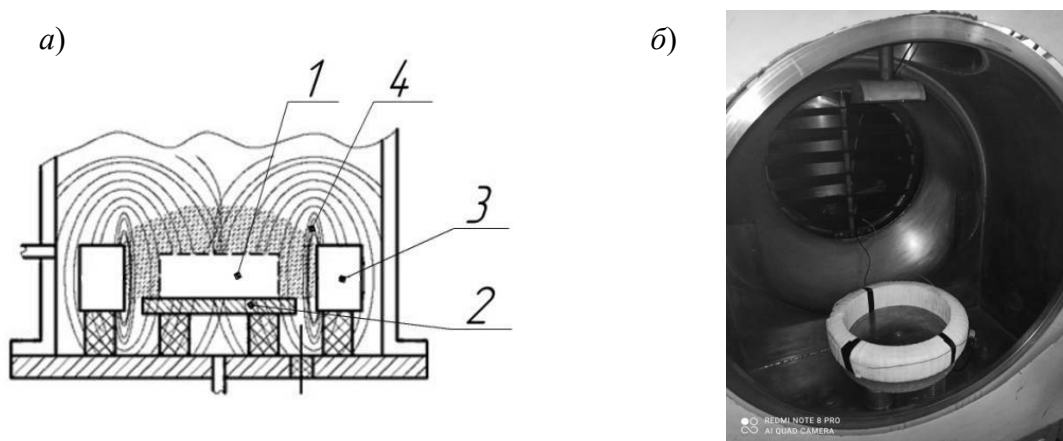


Рис. 1. Катод, находящийся в силовых линиях прикатодного магнитного поля:
а – схематическое изображение; б – реальное исполнение

В процессе обработки эмитированные с катода под действием ионной бомбардировки электроны захватываются силовыми линиями магнитного поля 4 (см. рис. 1, а) и оказываются в его ловушке. Электроны циркулируют в этой ловушке до тех пор, пока не произойдет несколько ионизирующих столкновений с атомами остаточных атмосферных газов, в результате которых он теряет полученную от электрического поля энергию. Тем самым большая часть энергии электронов, прежде чем они попадают на анод, значительно повышает эффективность процесса ионизации и концентрацию положительных ионов у поверхности катода.

Упрочнение осуществляется без специально приготовленной и вводимой в

камеру рабочей среды (азот, азотсодержащие или инертные газы). Изделия упрочняются при более низких температурах, не вызывающих термических превращений, более высоком электрическом потенциале, за более короткое время за счет изменения свойств поверхностного слоя вследствие торможения в нем налетающих заряженных частиц, в результате чего повышается стойкость и износостойкость материалов, сохраняются конструктивные и геометрические параметры изделий.

Основной отличительной особенностью от классического метода [3] является то, что увеличение интенсивности ионной бомбардировки изделия приводит к росту плотности тока тлеющего разряда, что сказывается на сокращении времени, необходимого для поверхностной модификации.

Обработка изделий осуществлялась в тлеющем разряде при различных значениях прикатодного магнитного поля с магнитной индукцией 20...85 мТл (рис. 2).

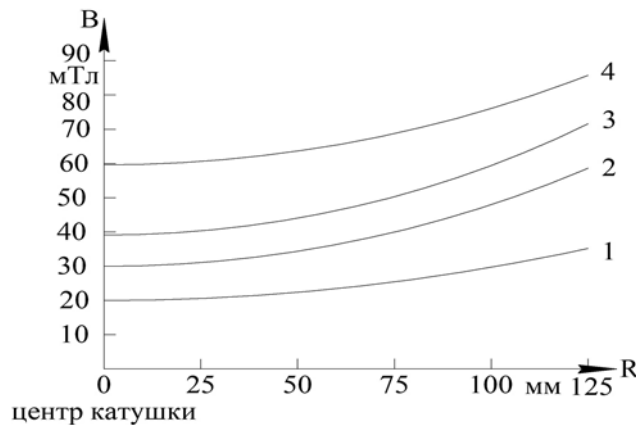


Рис. 2. График распределения магнитной индукции по площади источника создания силовых линий магнитного поля при напряжении кольцевой катушки индуктивности: 1 – 50 В; 2 – 100 В; 3 – 150 В; 4 – 200 В

Установлено, что при формировании максимальных значений магнитной индукции источник ее формирования (кольцевая катушка индуктивности) при значениях от 70 до 85 мТл катастрофически разогревался, из-за чего выходил из строя, что не позволяло держать магнитное поле в процессе всего времени обработки. Как решение данной проблемы необходимо предусмотреть в конструкции источника формирования магнитной индукции дополнительных технологических устройств по охлаждению проводника и подачи напряжения с высоким током, что сильно сказывается на себестоимости изготовления технологии и уменьшает конкурентоспособность данного вида упрочнения. Следовательно, все дальнейшие исследования проводились при магнитной индукции 30...60 мТл, которая формировалась при подключении кольцевой катушки индуктивности к постоянному источнику питания с напряжением $U = 100$ В и силой тока $I = 10$ А, при котором возникающий нагрев кольцевой катушки индуктивности является приемлемым и не приводит к ее разрушению, она может работать более длительное время, необходимое на упрочнение.

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

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

Были рассчитаны теоретические коэффициенты регрессии, на основании которых построена графическая интерпретация полученной модели, показывающая влияние технологических факторов, таких как напряжение и сила тока при постоянном времени обработки, равном 30 мин, при индукции 30...40 мТл и диаметре кольцевой катушки индуктивности 250 мм (рис. 3–6).

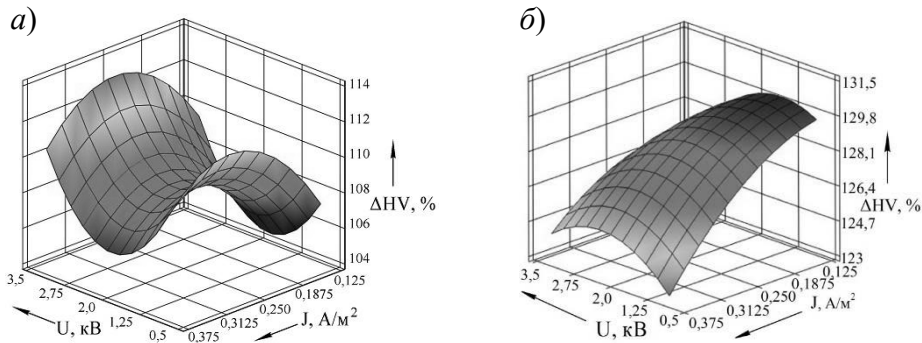


Рис. 3. Графическая интерпретация математической модели стали 5X3B3MFC: а – упрочненная классическим методом; б – упрочненная тлеющим разрядом в прикатодном магнитном поле

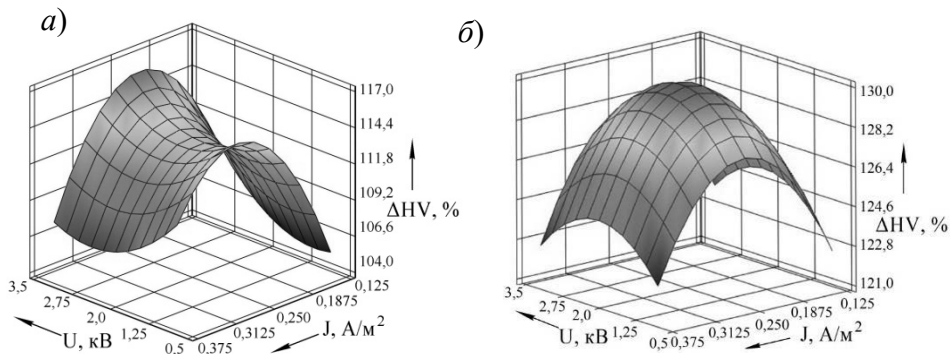


Рис. 4. Графическая интерпретация математической модели стали X12: а – упрочненная классическим методом; б – упрочненная тлеющим разрядом в прикатодном магнитном поле

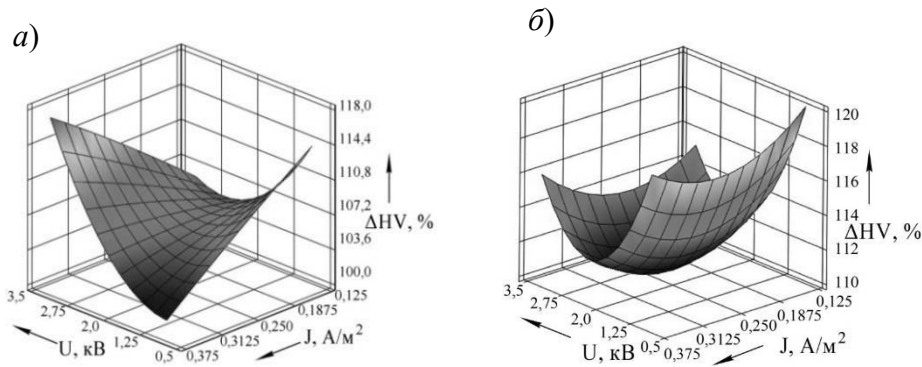


Рис. 5. Графическая интерпретация математической модели стали X12МФ: а – упрочненная классическим методом; б – упрочненная тлеющим разрядом в прикатодном магнитном поле

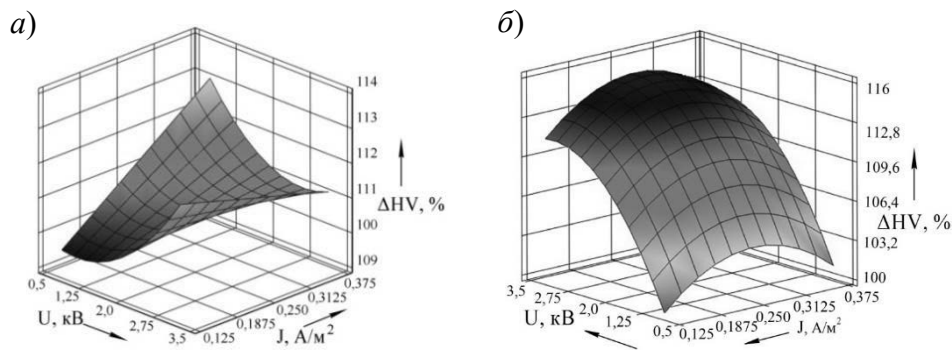


Рис. 6. Графическая интерпретация математической модели стали 4X4BMФС: а – упрочненная классическим методом; б – упрочненная тлеющим разрядом в прикатодном магнитном поле

Таким образом, анализ полученных результатов показал, что упрочнение тлеющим разрядом в прикатодном магнитном поле смещает упрочнение в область меньших напряжений и сил тока, что подтверждает энергоэффективность упрочнения, а также дает большее приращение твердости (до 15 % больше твердости образцов, обработанных классическим методом).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ упрочнения изделий из металла, или сплава, или сверхтвёрдого материала: пат. ВУ 19126 / В. М. Шеменков, М. А. Белая. – Оpubл. 30.02.2013.
2. Установка вакуумная для упрочнения изделий комплексным воздействием тлеющего разряда и постоянного магнитного поля : пат. ВУ 9478 / В. М. Шеменков, М. А. Белая, В. В. Малутин, А. Л. Шеменкова, А. С. Батраков. – Оpubл. 30.08.2013.
3. Структурно-фазовое модифицирование инструментальных материалов тлеющим разрядом: монография / В. М. Шеменков [и др.]; под общ. ред. В. М. Шеменкова. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2017. – 270 с.: ил.