

гоемкость составляет $200 \cdot 10^{-3}$ Вт·ч/шт.

В результате экспериментальных исследований [3] установлено, что для качественной очистки поверхности наполненных банок, соответствующей требованиям стандарта, необходимы частота вращения ведущего колеса $n_{\text{опт}} = 31 \text{ мин}^{-1}$, температура $t = 74...85 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и концентрация моющего раствора $c = 1,7...3 \text{ г/л}$. При повышении производительности моечной машины до 100 шт./мин. требуется увеличить $n_{\text{опт}} = 31 \text{ мин}^{-1}$ до $n_{\text{max}} = 35 \text{ мин}^{-1}$, при $c = 1,7 \text{ г/л}$ и температуре моющего раствора $t = 72...85 \text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом энергоёмкость увеличивается всего на 2 %.

Конструктивные особенности разработанной моечной машины позволяют уменьшить энергоёмкость процесса очистки, а производительность увеличить без потери качества очистки консервных банок по сравнению с существующими моечными машинами [1].

Выводы

В результате статистической обработки экспериментальных данных была получена математическая зависимость качества очистки консервных банок от основных независимых факторов процесса мойки, позволяющая определить оптимальные технологические параметры моечной машины.

Требуемое качество очистки поверхностей консервных банок достигается при

частоте вращения ведущего колеса 31 мин^{-1} , температуре моющего раствора $74...85 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и концентрации моющего раствора $1,7...3 \text{ г/л}$. При этом энергоёмкость процесса не превышает $69 \cdot 10^{-3}$ Вт·ч на одну консервную банку.

Библиографический список

1. Юнусов, Г.С. Технологии и технические средства процесса мойки наружной поверхности цилиндрических консервных банок: монография / Г.С. Юнусов, А.В. Майоров. - Йошкар-Ола: Марийский гос. ун-т, 2011. - 120 с.
2. Пат. РФ № 70827. МПК В 08 В9/20. Машина моечная для наполненных металлических цилиндрических консервных банок / Макаров П.И., Юнусов Г.С., Майоров А.В.; заявитель и патентообладатель Марийский гос. ун-т. Заявл. 17.05.2006; опубл. 20.02.2008.
3. Юнусов, Г.С., Майоров А.В. Результаты экспериментальных исследований по определению рациональных режимов мойки консервных банок в моечной машине погружного типа // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2010. № 2 (17). С. 68–72.
4. Смелик, В.А., Юнусов Г.С., Майоров А.В. Определение энергетических показателей моечной машины / Г.С. Юнусов, А.В. Майоров // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2009. - № 17. - С. 205–210.

УДК 621.787

DOI 10.18286/1816-4501-2015-2-169-175

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ЗАКАЛКА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ШЛИЦЕВЫХ ВТУЛОК ТЕХНИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Морозов Александр Викторович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Материаловедение и технология машиностроения»¹

Федорова Лилия Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры «МТ - 8»²

Федотов Геннадий Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая механика»¹

ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»¹

432017, г. Ульяновск, Бульвар Новый Венец, 1; 8(8422)55-95-97,

e-mail: alvi.mor@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Московский ГТУ им. Н.Э. Баумана»²

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Ключевые слова: Шлицевые соединения, шлицевая втулка, износ, электромеханическая закалка, микроструктура, микротвердость.

В данной работе рассмотрен характер повреждений шлицевых соединений. Особое внимание уделено износу рабочих поверхностей шлицевого соединения, на основании чего предложен эффективный способ электромеханической закалки рабочих поверхностей шлицевой втулки. Проведены лабораторные исследования влияния силы тока на изменение микроструктуры и микротвердости закаленных поверхностей шлицевой втулки.

Введение

В конструкциях серийно выпускаемых и вновь разрабатываемых тракторов и сельскохозяйственных машин широко применяются шлицевые соединения для передачи мощности от силового агрегата к двигателям, рабочим органам и другим узлам и агрегатам машины. Особенностью шлицевых соединений тракторов и сельскохозяйственных машин является то, что нагрузка на сочленения и условия их работы изменяются в широких пределах и в экстремальных случаях могут отклоняться от допустимых значений в зависимости от объективно и субъективно складывающихся условий технической эксплуатации машин. На работоспособность шлицевого соединения влияет нарушение соосности сочленения, технические неисправности и поломки приводимых в движение рабочих органов, узлов, различные дорожные и почвенно-климатические условия, глубина обработки почвы, забиваемость, залипание почвой, урожайность и ряд других факторов. Поэтому долговечность шлицевых соединений сельскохозяйственной техники, работающих в условиях повышенной запыленности и влажности, низкая. Необходимость повышения работоспособности шлицевых соединений возрастает, поскольку мощность, передаваемая силовыми агрегатами, неуклонно увеличивается.

Наибольшее распространение в отечественном машиностроении в настоящее время имеют прямобочные шлицевые соединения, доля которых составляет около 80...90 %.

Характер повреждения шлицевых соединений зависит от условий эксплуатации, конструктивных особенностей, технологии изготовления вала и втулки, а также ряда других факторов.

На рис. 1 приведены основные виды

повреждений шлицевых соединений и причины их возникновения.

Износ шлицев после приработки пропорционален числу циклов нагружения, причем с увеличением твердости шлицев скорость их изнашивания снижается [1].

Из вышеперечисленных повреждений шлицевых соединений преобладает износ контактирующих поверхностей шлицев в виде выработки в месте сопряжения вала с втулкой. Это основная причина выхода из строя шлицевых соединений в трансмиссиях тракторов, автомобилей и другой техники сельскохозяйственного назначения. Поэтому в общем технологическом цикле изготовления шлицевых соединений необходимо применять упрочняющие технологии с целью повышения долговечности таких соединений.

Распространенным способом поверхностного упрочнения применительно к деталям шлицевого соединения является закалка токами высокой частоты. В связи с технологическими особенностями данный способ в основном используют для упрочнения рабочих поверхностей шлицевых валов, но он не применим для закалки шлицевых втулок, особенно малого (менее 40 мм) диаметра. Эффективные технологии поверхностного упрочнения рабочей поверхности шлицевых втулок данного диаметра отсутствуют. В связи с этим втулки допускают к эксплуатации с низким качеством рабочих поверхностей, что существенно снижает их срок службы. Кроме того, изготовление шлицевых втулок более трудоемкий и затратный процесс, чем шлицевых валов.

Объекты и методы исследований

На основании вышеизложенного, с учетом ранее проведенных исследований [2, 3], нами предлагается способ электромеханической закалки (ЭМЗ) рабочих поверхностей шлицевых втулок, схема реализации

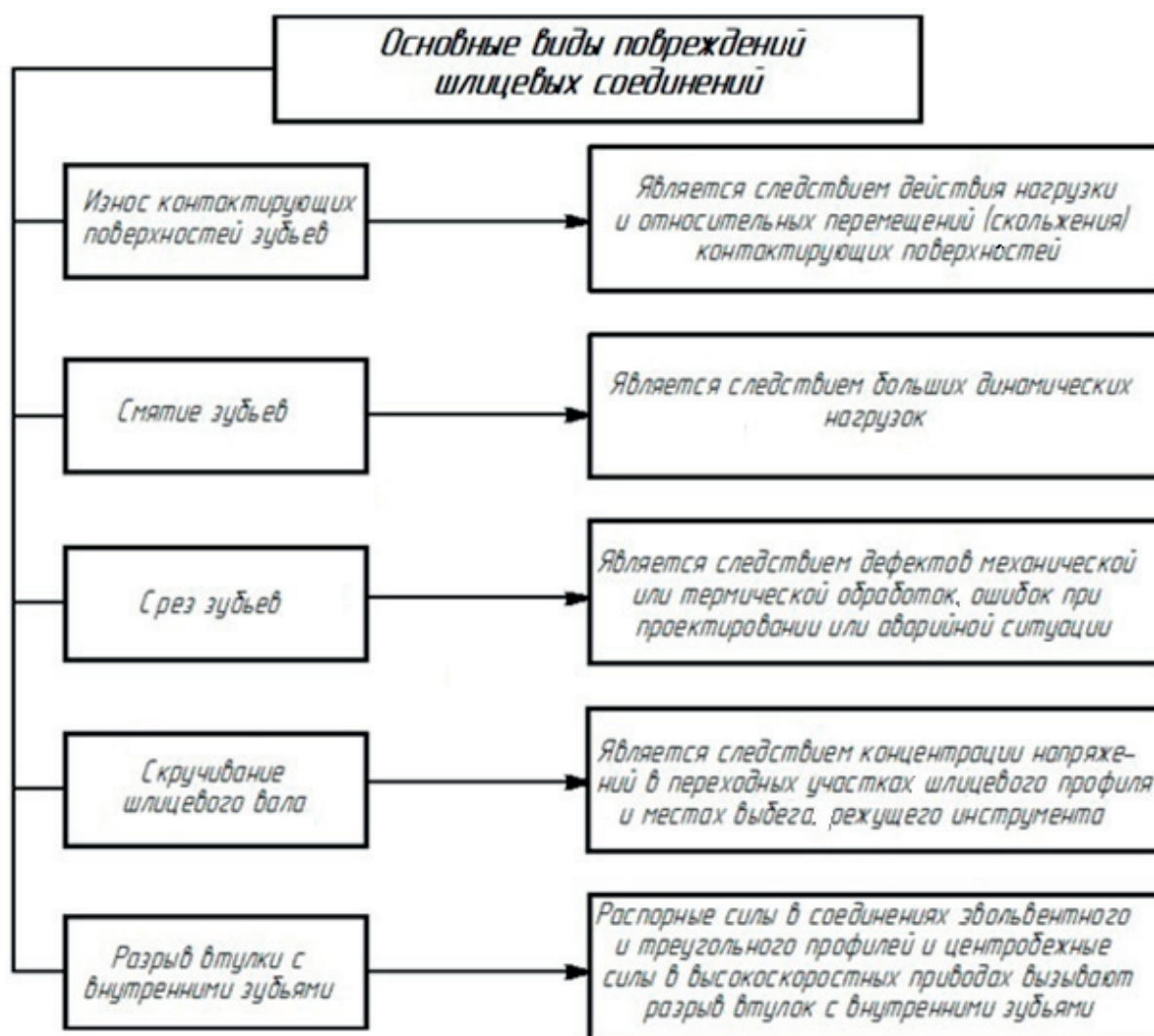


Рис. 1 – Виды повреждений шлицевых соединений и причины их возникновения

которого представлена на рисунке 2.

Сущность данного способа заключается в том, что оправку со шлицевым бронзовым инструментом (причем количество шлицов инструмента, соответствует количеству шлицов втулки) подводят к верхней части шлицевой втулки, при этом поворотом оправки обеспечивают надежное прижатие рабочей части инструмента к одной из сторон рабочей поверхности втулки. В дальнейшем от установки электромеханической обработки подается электрический ток на втулку и инструмент (плотность тока $j = 220...250 \text{ А/мм}^2$), и одновременно осуществляется вертикальное перемещение инструмента к нижней части втулки. После перемещения инструмента к нижней части втулки ток отключают, инструмент поворо-

том в обратную сторону прижимают к противоположной боковой поверхности шлицевой втулки, после чего повторно включают электрический ток той же плотности, а инструмент вертикально перемещают к верхней части шлицевой втулки.

При реализации технологических процессов электромеханической обработки и ее разновидностей большое внимание уделяют инструментальной оснастке. На качественные показатели обработанной поверхности оказывает влияние не только материал инструмента, но и его конструктивное исполнение.

На основании анализа разработанных ранее инструментов для ЭМЗ отверстий полосовым высокотемпературным источником [2, 4, 5, 6, 7] нами спроектирован и

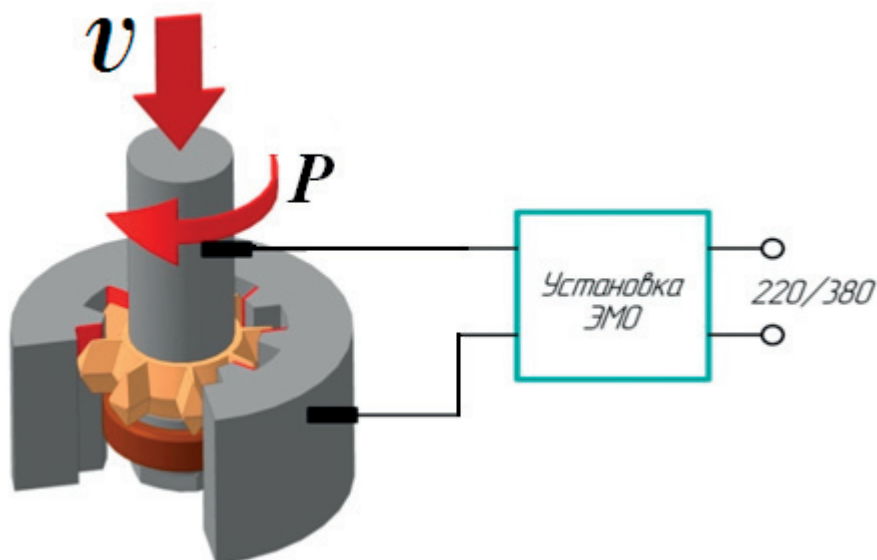


Рис. 2 - Схема процесса электромеханической заковки рабочих поверхностей шлицевой втулки: v – скорость перемещения инструмента; P – усилие прижатия инструмента

изготовлен инструмент для ЭМЗ рабочих поверхностей шлицевых втулок (рисунок 3).

Данный инструмент состоит из оправки 1, упрочняющего элемента 2, гайки 3 и токоизолированной втулки 4 (рис. 3). Гайка 3 фиксирует упрочняющий элемент на оправке и предотвращает его осевое смещение. Посадочное место упрочняющего элемента в поперечном сечении имеет форму квадрата, что предотвращает его проворачивание относительно оправки. На оправке имеется отверстие для крепления токопроводящей шины. В хвостовой части инструмента установлена токоизолированная втулка, наружная поверхность которой выполнена в виде конуса Морзе.

Для оценки качества и прогнозирования работоспособности обработанной ЭМЗ

рабочей поверхности втулки проводили металлографические исследования полученной структуры. На рисунке 4 представлен образец шлицевой втулки после ЭМЗ ее рабочих поверхностей. Темные участки на данной втулке свидетельствуют о воздействии на них концентрированных потоков тепловой энергии.

Из обработанных ЭМЗ шлицевых втулок для проведения металлографических исследований изготавливали микрошлифы в соответствии с известной методикой.

Результаты исследований

В результате макроструктурного анализа на поверхностях, подвергнутых ЭМЗ, были выявлены участки темного цвета (рисунок 5), характерные для закаленных областей. В основном они имели сегментную форму, что свидетельствовало о характерном для ЭМЗ температурном воздействии.

Высокую износостойкость закаленным участкам придает бесструктурный мартенсит, характеризующийся большой дисперсностью структуры, значительной неоднородностью и существенными искажениями кристаллической решетки.

На рис. 6 и 7 представлены микроструктуры поверхностного слоя шлицев, упрочненных ЭМЗ.



Рис. 3 – Инструмент для ЭМЗ рабочих поверхностей шлицевых втулок (обозначения в тексте)



Рис. 4 - Шлицевая втулка, изготовленная из стали 40Х, после ЭМЗ



Рис. 5 - Закаленные участки рабочих поверхностей шлицевой втулки после ЭМЗ

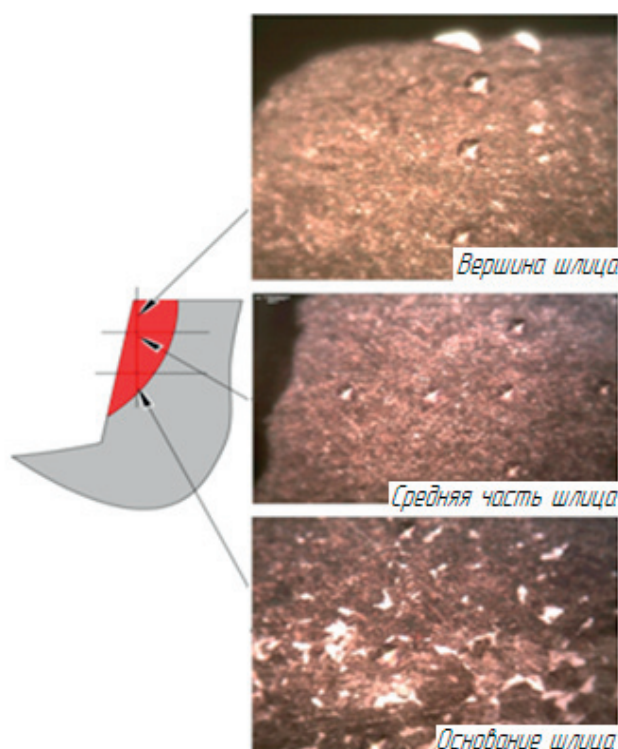


Рис. 7 - Микроструктура участков шлица после ЭМЗ, (Сталь 40Х; $\times 320$)

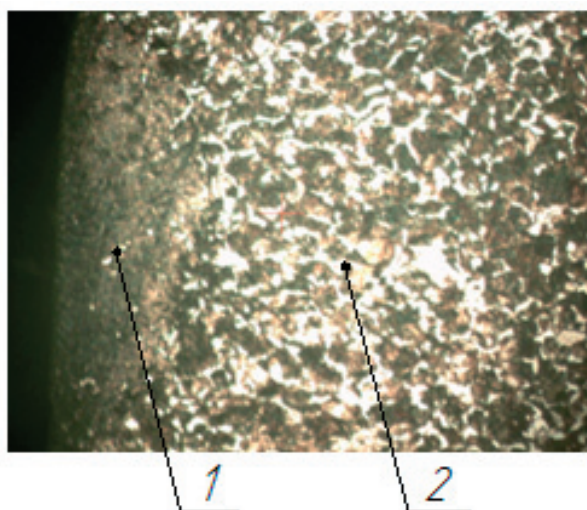


Рис. 6 - Микроструктура рабочей поверхности втулки после ЭМЗ (Сталь 40Х): 1 – бесструктурный мартенсит; 2 – феррито-перлитная структура

При высокоскоростном нагреве доэвтектоидной стали в условиях ЭМЗ становится возможным независимое превращение структурно свободного феррита в безуглеродистое γ -железо, т.е. без взаимодействия между ним и науглероженным аустенитом. С повышением скорости нагрева растворение избыточного феррита в аустените постепенно «подавляется», в результате чего все большая часть феррита нагревается до более высоких температур, при которых создаются термодинамические предпосылки для его бездиффузионного превращения

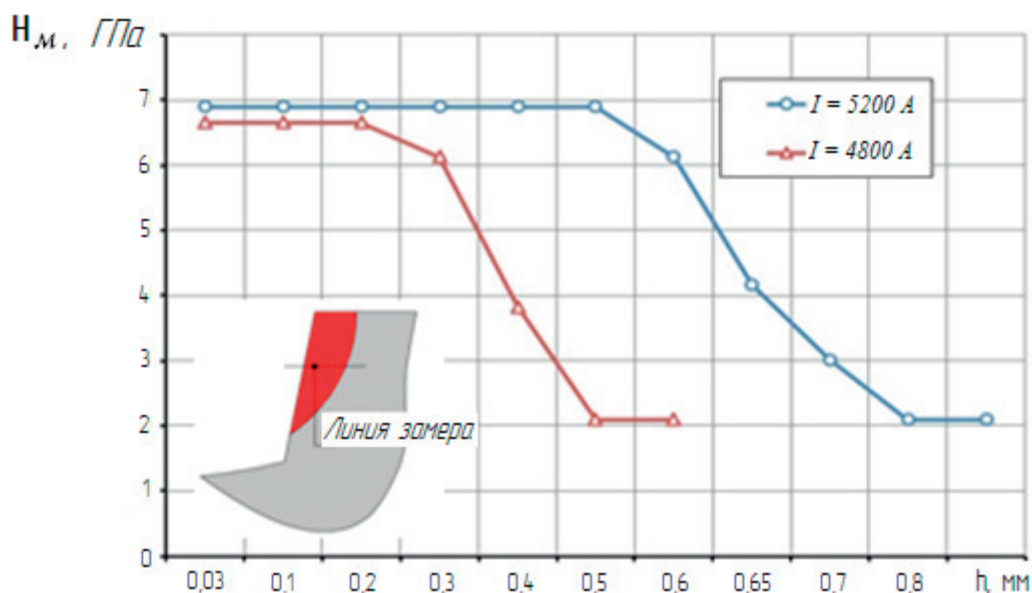


Рис. 8 – Распределение микротвердости H_m по глубине h шлица втулки, выполненной из стали 40X, после ЭМЗ рабочей поверхности в зависимости от силы тока при $v = 66$ мм/мин

в аустенит, типичного для чистого железа, с последующим образованием в таких областях малоуглеродистого мартенсита [8].

На рис. 8 представлено распределение твердости по глубине рабочих поверхностей шлицев исследуемых образцов, обработанных ЭМЗ. Микротвердость замеряли по центру упрочненного участка.

Из рис. 8 следует, что твердость обработанных ЭМЗ рабочих поверхностей шлицев втулки при силе тока $I = 5200$ А повысилась до 6,87 ГПа, что практически в 3 раза превышает первоначальную твердость. Глубина упрочненного слоя на данном режиме ЭМЗ составляет 0,6 мм. При силе тока $I = 4800$ А и незначительном снижении твердости глубина упрочненного слоя составила 0,3 мм.

Выводы

Совместное силовое и высокотемпературное воздействие на сталь при ЭМЗ придает поверхности уникальные свойства: бесструктурный мартенсит имеет одновременно и высокую твердость и ударную вязкость, что позволяет существенно повышать долговечность шлицевых сопряжений, работающих в условиях абразивного изнашивания и высоких контактных нагрузок.

Установлено, что повышение силы тока с $I = 4800$ А до $I = 5200$ А при ЭМЗ ра-

бочих поверхностей шлицевых втулок приводит к существенному (в 2,5 раза) увеличению глубины упрочненных участков при увеличении их твердости на 7%.

Библиографический список

1. Скундин, Г.И. Шлицевые соединения / Г.И. Скундин, В.Н. Никитин – М.: Машиностроение, 1981. – 128 с.
2. Морозов, А.В. Разработка классификации процессов электромеханической обработки отверстий движущимся высокотемпературным полосовым источником / А.В. Морозов, Г.Д. Федотов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2015. - № 3. - С. 44-50.
3. Федорова, Л.В. Повышение эффективности электромеханической закалки отверстий гладких цилиндрических подвижных сопряжений, испытывающих одностороннюю радиальную нагрузку / Л.В. Федорова, А.В. Морозов, В.А. Фрилинг // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2012. - № 8. - С. 49 - 52.
4. Пат. 123719 Российская Федерация, В29D30/12. Дорн для выборочной электромеханической закалки цилиндрических отверстий деталей / А.В. Морозов, Н.Н. Горев, А.Н. Рахимов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина».- Заявл. 18.07.2012;

опубл. 10.01.2013 г. Бюл. № 1.

5. Пат. 123368 Российская Федерация, В29D30/12. Дорн для выборочной электро-механической закалки цилиндрических отверстий деталей / А.В. Морозов, Н.Н. Горев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина».- Заявл. 11.07.2012; опубл. 27.12.2012 г. Бюл. № 36.

6. Пат. 2501614 Российская Федерация, МПК В21В25/00, В29D30/12. Дорн для выборочной электро-механической закалки цилиндрических отверстий деталей / А.В. Морозов, Н.Н. Горев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА

им. П.А. Столыпина».- Заявл. 11.07.2012; опубл. 20.12.2013 г. Бюл. № 35.

7. Пат. 145652 Российская Федерация, С21D8/10. Дорн для электро-механической закалки цилиндрических отверстий деталей / А.В. Морозов, Н.Н. Горев, Д.Р. Мушарапов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина».- Заявл. 29.04.2014; опубл. 27.09.2014 г. Бюл. № 27.

8. Багмутов, В.П. Электро-механическая обработка: технологические и физические основы, свойства, реализация / В.П. Багмутов, С.Н. Паршев, Н.Г. Дудкина, И.Н. Захаров. - Новосибирск: Наука, 2003. – 318с.