

УДК 621.789

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕГМЕНТНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЗАКАЛКИ К ДЕТАЛЯМ ИЗ ЧУГУНА

*А.В. Морозов, кандидат технических наук, доцент  
тел. 8(8422) 55-95-97 alvi.mor@mail.ru  
Н.В. Горев, аспирант kolept@mail.ru  
Д.Р. Мушарапов, магистрант 1 курса  
damir1993233@rambler.ru  
ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА*

**Ключевые слова:** сегментная электромеханическая закалка, микротвердость, соединения с натягом, сдвигоустойчивость.

В работе отражены результаты исследования влияния режимов сегментной электромеханической закалки на формирование участков регулярной микротвердости на поверхности чугуна СЧ20. Доказана возможность применения технологии сегментной электромеханической закалки к деталям из чугуна.

Зачастую неисправность узлов подшипников приводит к повреждению посадочных отверстий корпусных деталей. Замена корпусов при этом приводит к высокой стоимости ремонта. Снизить стоимость ремонта позволяет восстановление посадочного диаметра отверстия корпуса. Одним из экономически выгодных способов восстановления в данном случае является установка ремонтной втулки в отверстие детали с применением сегментной электромеханической закалки (ЭМЗ) отверстия охватываемой детали для повышения сдвигоустойчивости соединения [1, 2, 3]. Так как в машиностроении для изготовления корпусных деталей применяется чугун, то целесообразно установить возможность применения сегментной ЭМЗ в данном случае.

Как было установлено ранее [1] твердость, глубина и ширина закаленных участков существенно влияют на сдвигоустойчивость соединения, полученного предложенным способом.

В свою очередь на указанные характеристики закаленных участков в большей степени оказывают влияние такие параметры, как геометрия обрабатывающего инструмента [6, 7, 8] и режимы обработки (сила тока, скорость перемещения инструмента).

С целью выявления оптимальных параметров геометрии поверхности упрочняющего инструмента и режимов обработки выполнены экспериментальные исследования, для которых были подготовлены образцы деталей из чугуна СЧ 20 с диаметром отверстия  $d = 30$  мм.

Схема обработки сегментной ЭМЗ и компоновка экспериментальной установки представлены на рисунке 1.

Для сегментной ЭМЗ отверстий образцов применялись инструменты, включающие 6 сегментов, отличающиеся друг от друга длиной линии контакта. Углы, образующие сегменты, были выбраны следующие –  $\alpha_1 = 20^\circ$ ,  $\alpha_2 = 25^\circ$ ,  $\alpha_3 = 30^\circ$ , что соответствовало линиям контакта равным  $l_1 = 5,2$  мм,  $l_2 = 6,5$  мм,  $l_3 = 7,9$  мм.

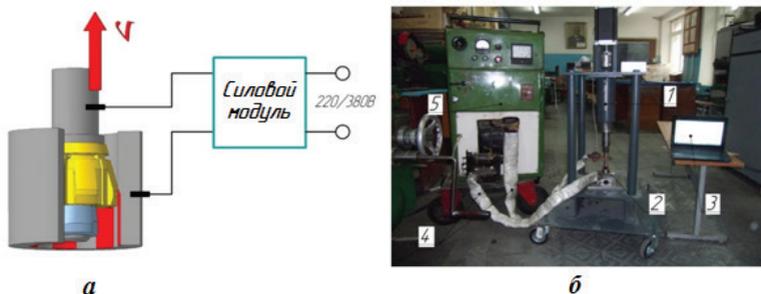
На основании ранее проведенных исследований [1] были выбраны следующие режимы обработки: сила тока – 3500 А, 4000 А, 4500 А; скорость перемещения инструмента – 100 мм/мин., 150 мм/мин., 200 мм/мин.

Из полученных образцов были изготовлены микрошлифы для металлографических исследований, которые проводились на микроскопе МИМ-7, а замеры микротвердости на ПМТ-3.

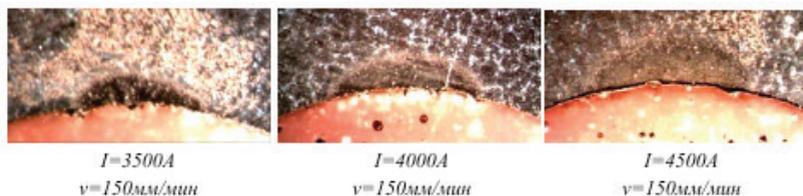
При электромеханической закалке чугуна, в свою очередь, происходят аналогичные фазовые превращения, что и при закалке стали. Однако ввиду большего электрического сопротивления нагрев поверхности чугуна происходит интенсивнее, за счет чего, при одних и тех же режимах обработки, чугун прокаливается на большую глубину. При этом, упрочненный слой чугуна представляет собой мелкоигльчатый мартенсит твердость которого достигает 8600... 8900 МПа.

Таким образом, в результате проведенных опытов были получены графики отражающие зависимость глубины упрочненных участков, полученных в результате сегментной электромеханической обработки, от геометрии инструмента и режимов обработки (рисунок 3).

Анализируя полученные графические зависимости, следует отметить, что с увеличением силы тока и снижением скорости перемещения инструмента относительно обрабатываемой поверхности глубина упрочненных сегментов. Сегменты с наибольшей глубиной закаленного слоя образуются при  $I = 4500$  А и  $v = 100$  мм/мин.



**Рисунок 1 – Схема обработки сегментной ЭМЗ (а) и компоновка экспериментальной установки (б): 1 – установка с инструментом для сегментной ЭМЗ; 2 – обрабатываемая деталь; 3 – персональный компьютер; 4 – токоподводящие кабели; 5 – силовой модуль**



**Рисунок 2 – Форма закаленных участков СЧ20, полученных при разных режимах обработки**

На основании данных графиков, зная площадь контакта инструмента с обрабатываемой деталью, можно привести полученные экспериментальные данные к более обобщенному виду, задавшись плотностью тока (рисунок б).

Исследовано влияние режимов сегментной ЭМЗ на формирование участков регулярной микротвердости, при этом микротвердость закаленных участков чугуна СЧ 20 составила 8600... 8900 МПа.

Получены зависимости глубины закаленных участков от плотности тока при различной скорости обработки, при этом установлено, что глубина закаленного участка чугуна СЧ 20 на 5... 10% больше чем у стали 45, что указывает на возможность применения данного способа при восстановлении отверстий корпусных деталей из чугуна.

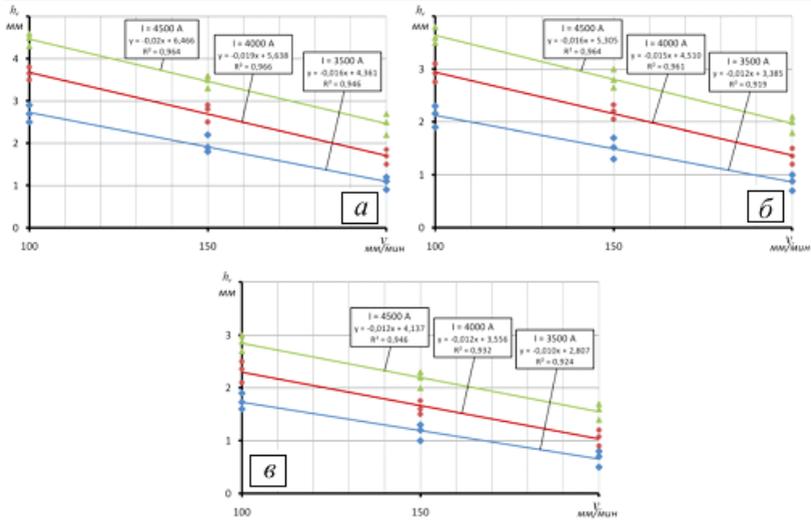


Рисунок 3 – Графики зависимости глубины упрочненного сегмента чугуна СЧ20 от режимов обработки (для сегментов с линиями контакта: а)  $l_1 = 5,2$  мм, б)  $l_2 = 6,5$  мм, в)  $l_3 = 7,8$

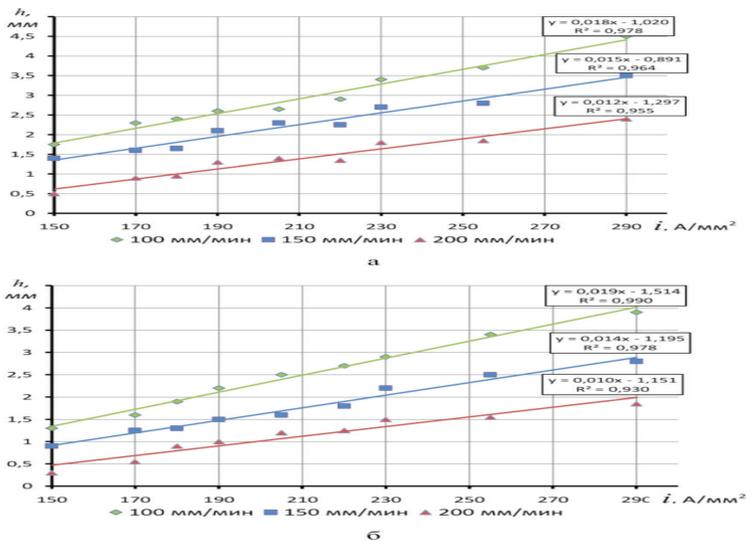


Рисунок 4 – Зависимость глубины закаленных участков от плотности тока  $j$  и скорости обработки  $v$  отверстия образца из чугуна СЧ20

*Библиографический список*

1. Морозов, А.В. Повышение качества неподвижных соединений типа «корпус-штулка» применением сегментной электромеханической закалки / А.В. Морозов, Н.И. Шамуков, Н.Н. Горев, А.Н. Рахимов // Международный научный журнал. 2013. - № 4. - С 83-87.
2. Морозов, А.В. Повышение нагрузочной способности соединений с натягом типа «штулка - корпус» объемным электромеханическим дорнованием / А.В. Морозов, Г.Д. Федотов, А.Е. Абрамов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. - № 3. – С. 125-133.
3. 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.
4. Морозов А.В., Горев Н.Н. Способ сборки деталей с натягом.- Патент RU № 2501636 Оpubл. 10.12.2013 г. Бюл. № 35.
5. Морозов А.В., Горев Н.Н. Способ сборки деталей с натягом.- Патент RU № 2508974 Оpubл. 20.12.2013 г. Бюл. № 35.
6. Морозов А.В., Горев Н.Н. Дорн для выборочной электромеханической закалки цилиндрических отверстий деталей.- Патент RU № 123368 Оpubл. 27.12.2012 г. Бюл. № 36.
7. Морозов А.В., Горев Н.Н., Рахимов А.Н. Дорн для выборочной электромеханической закалки цилиндрических отверстий деталей.- Патент RU № 123719 Оpubл. 10.01.2013 г. Бюл. № 1.
8. Морозов А.В., Горев Н.Н. Дорн для выборочной электромеханической закалки цилиндрических отверстий деталей.- Патент RU № 2501614 Оpubл. 10.03.2014 г. Бюл. № 7.

## THE STUDY OF EFFECTIVENESS OF SEGMENTED ELECTROMECHANICAL HARDENING THE CAST IRON COMPONENTS

*Morozov A.V., Gorev N.N., Musharapov D.R.*

**Key words:** Segment electromechanical hardening, microhardness connection with interference, sdvigoustoychivost.

The paper presents the results of studies on the effect of electromechanical hardening segment on the formation of the regular sections of the microhardness on the surface of iron SCh20. The possibility of the application of EMR technology segment to the details made of cast iron.