

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования



ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАКАЛКА НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Методические указания по выполнению лабораторной работы
для студентов специальностей

Курск 2012

УДК 621

Составители: С.К. Федоров, Ю.С. Иванова, А.С. Емельянов

Рецензент

Доктор экономических наук, профессор *Л.С. Белоусова*,
Кандидат технических наук, доцент *Е.И. Яцун*

Электромеханическая поверхностная закалка наружных цилиндрических поверхностей: методические указания по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.К. Федоров, Ю.С. Иванова, А.С. Емельянов. Курск, 2012. 11 с.

Содержат сведения по вопросам изучения технологических возможностей электромеханической обработки, оборудования, приспособлений, инструмента при изготовлении и восстановлении деталей машин и технологического оборудования.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по направлению 151900 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Предназначены для студентов направления 151900.62 и 151900.68 всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать .Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 0,7. Уч. изд. л. 0.6. Тираж 50 экз. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы – изучение технологических возможностей электромеханической поверхностной закалки (ЭМПЗ), оборудования, приспособлений, инструмента; приобретение практических навыков и основ научных исследований при изготовлении деталей с наружными цилиндрическими поверхностями на токарно-винторезном станке.

1. Общая характеристика и назначение метода

К настоящему времени имеющиеся возможности для повышения качества поверхностей способами только объемной термической обработкой практически полностью себя исчерпали. Для повышения долговечности деталей ведущие предприятия в России и за рубежом используют способы повышения качества поверхностного слоя методами поверхностного пластического деформирования (ППД), химико-термической обработкой, финишной антифрикционной безабразивной обработкой (ФАБО), финишным плазменным упрочнением (ФПУ), без абразивной ультразвуковой финишной обработкой (БУФО), лазерной закалкой, электроискровым легированием.

Важное место в повышении долговечности широкого класса деталей машин отводится качеству металла не всего сечения изделия, а структурному состоянию и физико-механическим свойствам поверхностного слоя. Именно поверхностный слой во многом определяет износостойкость, сопротивление материала усталостному разрушению, контактную выносливость, коррозионную стойкость и другие важные эксплуатационные свойства.

Наиболее эффективным направлением снижения себестоимости изготовления деталей и повышения качества машин являются технологии обработки поверхностей концентрированными потоками энергии (КПЭ).

Способы обработки поверхностей КПЭ имеют ряд общих закономерностей, а именно: значительное тепловое воздействие на ограниченные участки поверхности; высокая скорость нагрева материала до температуры фазовых превращений, а зачастую и выше; пластическое деформирование нагретого материала; быстрое охлаждение нагретого участка детали за счет отвода теплоты нижележащим слоем детали. Одним из таких методов, является электромеханическая поверхностная закалка деталей из стали и чугуна.

Электромеханическая поверхностная закалка является способом электроконтактной закалки поверхностей высококонцентрированным источником электрической энергии, за счет пропускания электрического тока промышленной частоты 50 Гц, силой 500...3000 А, напряжением 1...6 В и силового воздействия инструмента на поверхность заготовки. ЭМПЗ применяется вместо или после объемной закалки в печах, закалки ТВЧ, цементации и нитроцементации.

ЭМПЗ подвергаются мало, средне и высокоуглеродистые стали, а также чугуны (табл. 1.).

Таблица 1. Результаты ЭМПЗ наружных цилиндрических поверхностей

Марка стали	Твердость после ЭМПЗ		Глубина закали, мм
	HV	до HRC	
Сталь 20	416	42	0,5
Сталь 20Г2Р	505	48	1,2
Сталь 35	640	58	1,5
Сталь 45 (40Х)	835	62	2,0
Сталь 60С2А	835	62	2,0
Сталь 7ХНМ	835	62	2,0
9ХС	835	62	2,0
ШХ15	860	64	1,5
ХВГ	893	67	2,0
У10	940	69	2,0
Чугун	-	75	2,0

2. Модель процесса обработки

При ЭМПЗ (рис. 1.) заготовка закрепляется в трехкулачковый самоцентрирующий патрон токарно-винторезного станка и ей сообщается главное движение вращения D_r . Инструментальный ролик прижимается к поверхности заготовки с фиксированной силой, вращается вокруг своей оси и ему сообщается движение подачи D_s . В зоне контакта инструментального ролика с обрабатываемой поверхностью происходит нагрев заготовки до температуры 1000...1200 °С и быстрое охлаждение поверхностного слоя. Скорость отвода теплоты от нагретой поверхности составляет 2600 °С/сек, что значительно выше, чем охлаждение в масло или воду. Размеры зоны нагрева поверхности зависят от технологических факторов обработки: усилия прижатия инструмента к детали, формы и размера инструментального ролика, подачи, твердости обрабатываемого материала, режимов обработки.

При ЭМПЗ наибольшее влияние на формирование структуры и, как следствие, свойств поверхностного слоя деталей оказывает температура в зоне контакта «инструмент – поверхность», проходящим электрическим током Q в результате преобразования электрической энергии в тепловую.

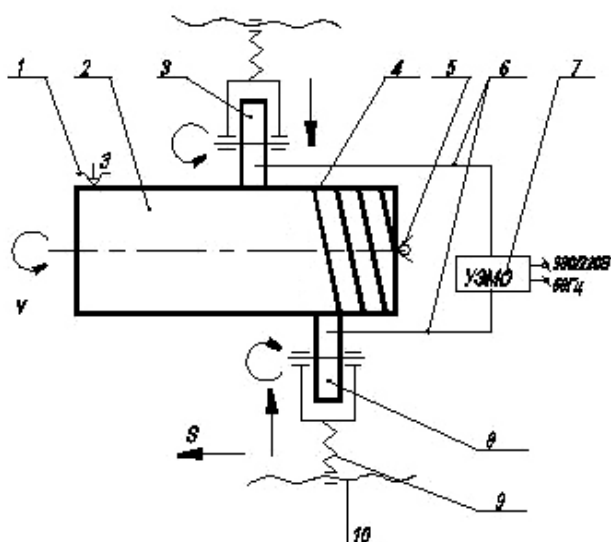


Рис. 1. Принципиальная схема электро-механической поверхностной заправки гладких цилиндрических поверхностей: 1 – трехкулачковый самоцентрирующий патрон; 2 – заготовка; 3 – ролик токоподводящий; 4 – обработанная поверхность; 5 – центр вращающийся; 6 – кабели (шины) токоподводящие; 7 – установка ЭМО; 8 – инструментальный ролик; 9 – державка телескопическая; 10 – ходовой винт станка.

Общее количество теплоты, выделенной в зоне контакта «инструмент-поверхность» при ЭМПЗ, определяется по формуле:

$$Q_{\text{ЭМО}} = \eta I^2 R \tau \quad (1)$$

где η – коэффициент, учитывающий потери электрического тока во вторичной цепи; I – сила тока во вторичной цепи, А; R – сопротивление в зоне контакта «инструмент – поверхность», Ом; τ – время обработки, с.

Количество теплоты Q_T , поглощаемого в высокотемпературной зоне обрабатываемой поверхности детали и инструмента за время обработки τ :

$$Q_T = \eta I^2 R \tau k_d k_u, \quad (2)$$

где k_d, k_u – коэффициенты, учитывающие отвод тепла соответственно в деталь и инструмент.

С другой стороны, исходя из уравнения теплового баланса:

$$Q_T = H \delta V \gamma C T_T, \quad (3)$$

где $g = H \delta V \gamma$ – масса высокотемпературного объема, кг; C – удельная теплоемкость металла, Дж/кг °С; T_m – температура фазовых превращений металла, °С; V – ширина высокотемпературной зоны, м; δ – глубина закалки, м; γ – плотность, кг/м.³

Приравнявая одно значение Q_T к другому получим формулу для определения глубины закалки, исходя из экспериментально подтвержденных режимов обработки и свойств материала заготовки:

$$\delta = (\eta I^2 R \tau k_d k_u) / H \delta V \gamma C T_T \quad (4)$$

ЭМПЗ (рис. 2.) подразделяется на технологии, требующие последующей механической обработки и на способы, при которых поверхностная закалка является окончательной обработкой.

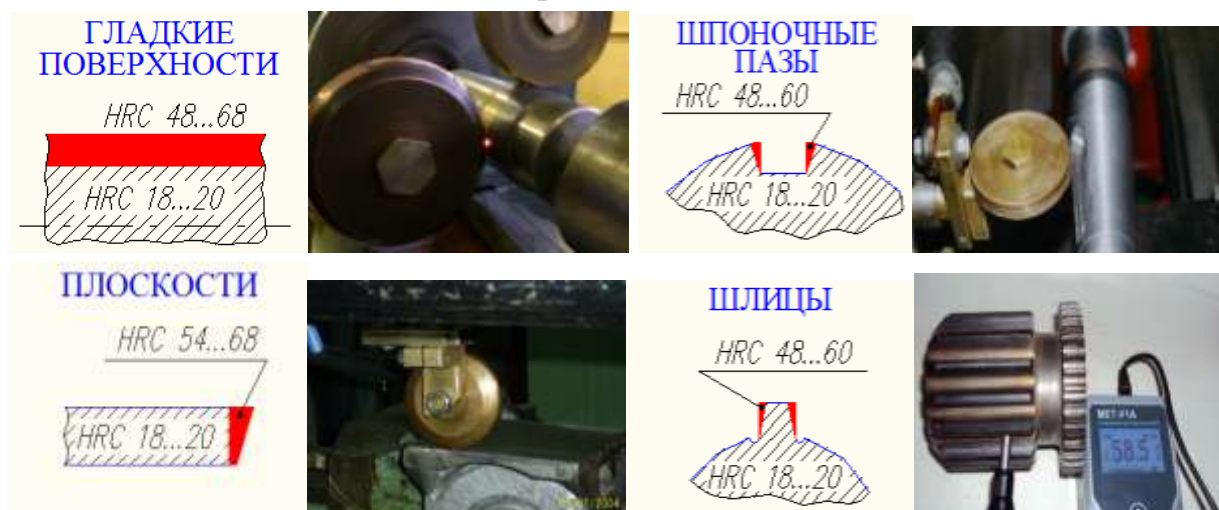




Рис. 2. Принципиальные схемы и фрагменты ЭМПЗ поверхностей деталей

3. Технологическое оборудование, приспособления и инструменты

Оборудование, инструменты, приборы и оснастка применяемое для выполнения работы:

- 1 – станок токарно-винторезный 1К62;
- 2 – установка электромеханической обработки;
- 3 – державка телескопическая;
- 4 – устройство токоподводящее;
- 5 – ролик инструментальный;
- 6 – ролик токоподводящий;
- 7 – образец цилиндрический;
- 8 – шины токоподводящие (2 шт.);
- 9 – резец проходной для точения закаленных материалов;
- 10 – штангенциркуль или микрометр;
- 11 – твердомер портативный универсальный «МЕТ– У1».

Для выполнения процессов электромеханической обработки, применительно к условиям единичного и ремонтного производства, используется следующее оборудование и оснастка: установка электромеханической обработки (рис. 3.); электроконтактное устройство (ЭКУ); державка телескопическая или специальные приспособления; силовые токоподводящие кабели; инструмент. При изготовлении или восстановлении деталей в ремонтном производстве электромеханическая обработка производится на токарно-винторезных станках. Операции электромеханической отделочно-упрочняющей обработки, электромеханической поверхностной закалки и электромеханического восстановления



наносятся токарем, производящим обычные операции резания.

Рис. 3. Установка электромеханической обработки



Подвод электрического тока от силового форматора УЭМО к детали производится через планшайбу вращающегося трехлапчатого самоцентрирующего патрона посредством электроконтактного устройства (ЭКУ) (рис. 4.). При электромеханической обработке деталей различной номенклатуры и типоразмера, особенно в ремонтном производстве, применение электроконтактного устройства технологически и экономически оправдано. Основными элементами ЭКУ являются медно-графитовые щетки.

Рис. 4. Электроконтактное устройство и схема его крепления на токарно-винторезном станке



Второй конец вторичной обмотки силового трансформатора УЭМО, посредством державки телескопической (рис. 5.), подводится к инструменту.

Рис. 5. Державка телескопическая и ее крепление в резцедержателе токарно-винторезного станка

Для выполнения операций электромеханической поверхностной закалки наружных гладких цилиндрических соединений разработаны конструкции двухроликовых приспособлений (рис. 6). В приспособлениях используются два инструментальных ролика, которые одновременно являются токоподводчиками. Применение такой конструкции позволяет в два раза повысить производительность закалки, так как каждый из инструментальных роликов закаливает строго выделенный участок поверхности заготовки. Для этого ролики разделены между собой на определенную ширину.



Рис. 6. Фрагмент ЭМПЗ вала с применением двухроликовых приспособлений

Для электромеханической поверхностной закалки длинномерных цилиндрических деталей разработано трехроликовое приспособление (рис. 7). Приспособление состоит из трех независимых телескопических державок, которые установлены на общем основании. Подвод электрического тока от вторичной обмотки силового трансформатора производится на два вращающихся относительно своей оси ролика. Третий ролик является центрирующим и силовой кабель к нему не подводится. Достоинством данной конструкции является возможность подвода электрического тока непосредственно только в зону обработки, без термического воздействия на остальные поверхности детали. Приспособление выполняет закалку поверхности деталей, и одновременно является подвижным люнетом. При ЭМПЗ с данным приспособлением источник высокотемпературного нагрева шириной 2,0...3,5 мм перемещается по поверхности с постоянным шагом и скоростью, которая задается числом оборотов шпинделя станка.



Рис. 7. Фрагмент ЭМПЗ штока гидроцилиндра с применением трехроликового приспособления

4. Последовательность выполнения работы

Перед выполнением работы ознакомиться с инструкцией по технике безопасности при работе на металлорежущих станках и неукоснительно соблюдать все требования. Практическую часть работы по ЭМПЗ и точению образца на токарно-винторезном станке, выполняет мастер производственного обучения.

1. Установить и закрепить образец в трех кулачковый патрон токарно-винторезного станка 1К62, с торца поджать его центром вращающимся.
2. Произвести ЭМПЗ заготовки на длину 70...80 мм.

Перед выполнением операций ЭМПЗ необходимо убедиться, что детали станка и оснастки изолированы друг от друга и от металлических частей оборудования. После закрепления детали в патроне токарно-винторезного станка, необходимо проверить и устранить радиальное биение. Завершив предварительную стадию, приступают к выполнению процесса обработки. Для этого необходимо:

- установить державку в резцедержателе станка и подвести к ней один конец шины токоподводящей от вторичной обмотки силового трансформатора установки ЭМО;
- настроить станок на режим закалки (таблица 2.);

Таблица 2. Режимы ЭМПЗ цилиндрических поверхностей

Диаметр детали, мм	Ширина рабочей поверхности ролика, мм	Число оборотов шпинделя, мин ⁻¹	Рабочее напряжение, В	Усилие прижатия ролика, Н	Подача, мм/об
До 20	1,6...2,2	25...10	0,5...4	300...500	1,5...2,0
20...30		20...10			
30...50	1,8...2,6	16...10		300...600	1,75..2,5
50...80	2,2...3,1	10...6			
80...120	2,6...3,1	6...4		300...800	2,5...3,0
Св.120	2,6...3,6	4...1			

– установить маховик тиристорного привода управления в крайнее левое положение (повернуть рукоятку против часовой стрелки);

– проверить надежность всех электрических контактов вторичной обмотки силового трансформатор установки ЭМО и рабочей цепи, обеспечить надежный контакт ролика токоподводящего устройства к поверхности заготовки;

– отвести инструментальный ролик от заготовки и включить установку ЭМО, нажав на кнопку «ПУСК»;

Внимание: в случае отклонения стрелки амперметра, при отведенном от детали инструменте, необходимо проверить, не касаются ли токоподводящие шины металлических частей станка, а также исправность изоляции инструмента. При обнаружении неисправности - устранить ее и провести повторную проверку.

– отрегулировать маховиком плавной регулировки напряжение в рабочей цепи, выключить установку ЭМО, нажав кнопку “СТОП”;

– включить подачу охлаждающей жидкости и направить ее на токоподводящий и инструментальный ролики;

– прижав инструментальный ролик к образцу винтом поперечного суппорта, включить вращение шпинделя и одновременно осуществить подачу электрического тока, нажав кнопку «ПУСК». В процессе обработки возможно регулирование электрического тока маховиком плавной регулировки, вращением его по часовой стрелке;

– при подходе инструмента к концу обрабатываемой поверхности первоначально необходимо отключить ток, а затем отвести инструмент от образца и выключить вращение шпинделя станка.

Внимание: указанный порядок необходимо соблюдать неукоснительно, так как в противном случае, при отводе инструмента от детали с включенным током произойдет искрение в месте контакта, в результате чего рабочие поверхности инструмента и образца будут повреждены электрической эрозией.

Признаками нормальной работы и правильно выбранного режима обработки являются: соблюдение практических рекомендаций режимов и усло-

вий выполнения операции ЭМПЗ; наличие в зоне контакта «инструмент-поверхность образца» небольшого красного пятна; отсутствие в процессе обработки стружки и шелушения поверхности; наличие ровно обработанной поверхности.

3. Произвести точение закаленной поверхности. Для этого необходимо выполнить следующее:

– установить и закрепить резец в резцедержатель токарно-винторезного станка;

– настроить станок на точение со скоростью обработки 60...70 м/мин, подачей 0,08...0,12 мм/об;

– последовательно точить закаленную поверхность с глубиной резания 0,10...0,15 мм, после каждого хода оставляя ступенчатый участок поверхности длиной 8...10 мм. Точение производить на глубину 0,5...0,65 мм.

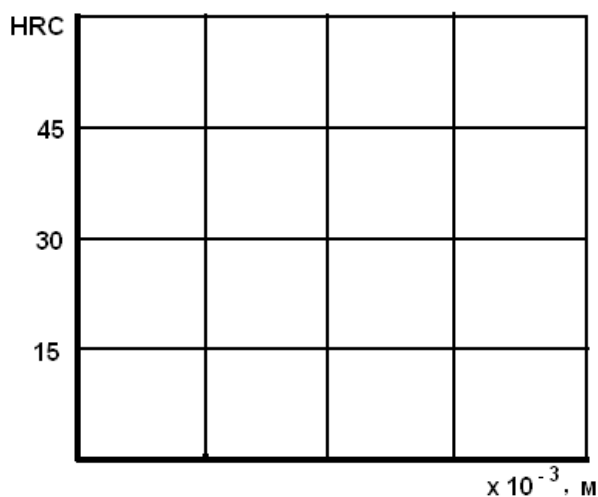
4. Снять заготовку со станка.

5. Произвести измерение диаметров заготовки для исследуемых участков. Результаты измерений занести в таблицу 3.

6. Последовательно выполнить измерения твердости всех исследуемых участков заготовки. Результаты замеров занести в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты измерений диаметра и твердости поверхности

Номер измерения	1	2	3	4	5	6
Диаметр, мм						
Твердость, HRC						



7. Построить график (рис. 8.) зависимости твердости от глубины слоя после ЭМПЗ.

Рис. 8. Зависимость твердости от глубины слоя после ЭМПЗ

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные способы закалки деталей машин.
2. Перечислите материалы, подверженные закалке.
3. Опишите сущность и назначение объемной закалки деталей.
4. Перечислите достоинства и недостатки объемной закалки.
5. Опишите сущность ЭМПЗ.

6. Перечислите оборудование и оснастку для ЭМПЗ.
7. Укажите основные достоинства ЭМПЗ.
8. Какие материалы используют для изготовления инструментов при ЭМПЗ.
9. Укажите оптимальный интервал нагрева сталей при ЭМПЗ.
10. Перечислите последовательность выполнения операции ЭМПЗ.
11. Какие факторы влияют на глубину закалки при ЭМПЗ.
12. Приведите формулу для определения температуры в зоне контакта «инструмент-поверхность» при ЭМПЗ.
13. Перечислите основные способы финишной обработки закаленных цилиндрических поверхностей деталей машин.

