

УДК 621.941

Обзор способов обеспечения шероховатости поверхности и перспективы применения электромеханической поверхностной закалки

Федоров Сергей Константинович (*)

momd@yandex.ru

Федорова Лилия Владимировна

fedorova.lv@bmstu.ru

Меликянц Давид Георгиевич

mdg@bmstu.ru

Малышев Николай Семенович

nikolas.m@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Выполнен обзор способов обеспечения шероховатости поверхности, проведены лабораторные исследования по изменению шероховатости образца из стали 40Х после точения и электромеханической поверхностной закалки (ЭМПЗ). Даны рекомендации по применению результатов исследований.

Ключевые слова: шероховатость, точение, твердость, электромеханическая обработка

Overview of methods for ensuring surface roughness and prospects for the application of electromechanical surface hardening

Fedorov Sergey Konstantinovich (*)

momd@yandex.ru

Fedorova Lilia Vladimirovna

fedorova.lv@bmstu.ru

Melikyants David Georgievich

mdg@bmstu.ru

Malyshev Nikolay Semyonovich

nikolas.m@mail.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. A review of methods for ensuring surface roughness was carried out, laboratory studies were carried out to change the roughness of a sample made of 40Kh steel after turning and electromechanical surface hardening (EMPZ). Recommendations on the use of research results are given.

Keywords: roughness, turning, hardness, electromechanical processing

Введение. Важнейшими показателем качества изготовления, определяющих износостойкость деталей являются твердость, микроструктура и шероховатость поверхностей. Для достижения оптимальных показателей в машиностроении последовательно используют процессы механической и термической обработки. Среди механических способов обеспечения шероховатости применяют методы обработки материалов резанием и поверхностным пластическим деформированием (ППД). При обработке заготовок резанием, как правило до закалки изделий, используют точение, растачивание, строгание,

фрезерование, предварительное шлифование. Среди способов ППД наибольшее применение получили: обкатывание шариками или роликами, дорнование, алмазное выглаживание, дробеструйная обработка, раскатывание и другие методы формирования шероховатости поверхностей.

Цель настоящей работы — исследование шероховатости поверхности образцов из стали 40Х после электромеханической поверхностной закалки и последующих способов механической обработки резанием.

Материалы и методы исследования. Образец после точения на токарно-винторезном станке 16К20 подвергнут электромеханической поверхностной закалке на этом же станке. Для этого на станке установили и применяли: установку ЭМО, токоподводящее устройство, державку телескопическую, токоподводящие шины, инструментальный и токоподводящий ролики. Режимы электромеханической закалки подобраны экспериментально. Сила тока 1400 А и напряжение вторичной цепи 2В, скорость вращения образца 1,2 м/мин. ЭМПЗ выполняли без использования охлаждающих жидкостей.

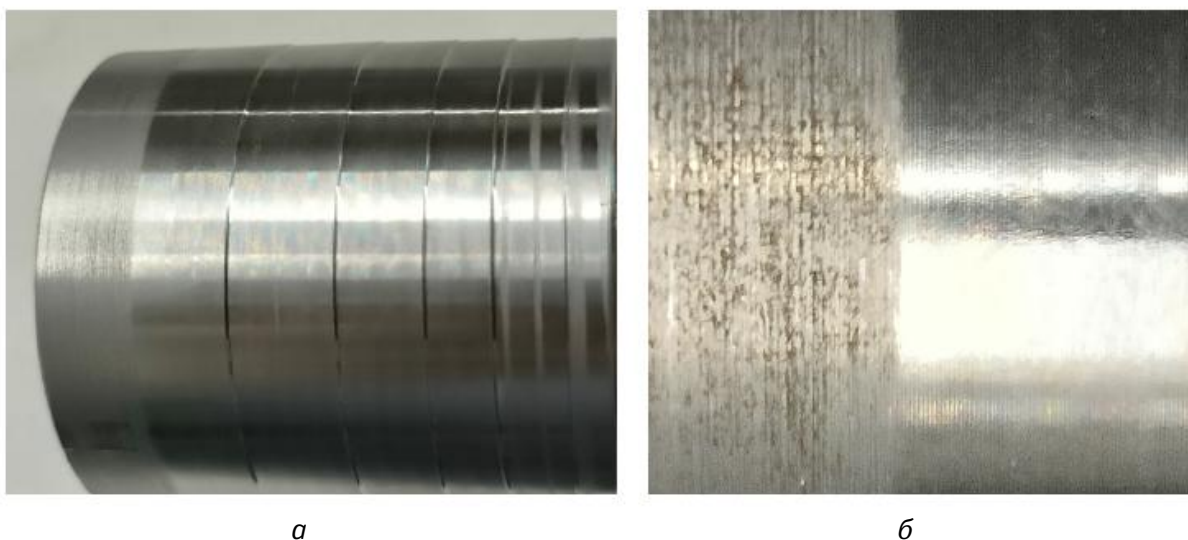


Рис. 1. Образец после ЭМПЗ и точения на токарно-винторезном станке (а), общий вид поверхностей без упрочнения (б) и после закалки

Микроструктуру сплава исследовали на оптическом металлографическом микроскопе OLYMPUSGX51. Для исследования микротвердости применяли ультразвуковой портативный твердомер «МЕТ У1».

Измерение шероховатости образца после ЭМПЗ проводили после точения поверхности по глубине закаленного слоя (рис. 1). Для этого последовательно точили поверхность с глубиной резания 0,2 мм. Точение выполняли до формирования исходной структуры и твердости. На каждой ступени образца проводили измерение твердости и шероховатости. Для измерения шероховатости был использован трехмерный измерительный лазерный микроскоп OLS5000 (рис. 2, а). Микроскоп оснащен двумя оптическими системами (оптика для формирования цветных изображений и лазерная конфокальная

оптика), которые позволяют получить информацию о цвете и форме, и обеспечивают высокую четкость изображения. Лазерная конфокальная оптическая система сканирует поверхность образца в направлении XU (горизонтально) с помощью сканера XU , испускающего лазерный луч, сфокусированный объективом в пятно минимального размера на поверхность образца. Отраженный или рассеянный образцом свет снова собирается объективом и линзой визуализации, после чего пропускается спектральным детектором через круглое отверстие малого диаметра. При измерении высоты прибор OLS5000 автоматически выдает несколько конфокальных изображений с различными позициями фокуса. Так как конфокальное изображение устраняет нечеткость, данный микроскоп позволяет получать более четкое изображение более высокого контраста, чем обычный оптический микроскоп. Измерения шероховатости производили в продольном и поперечном направлениях (рис. 2, б).

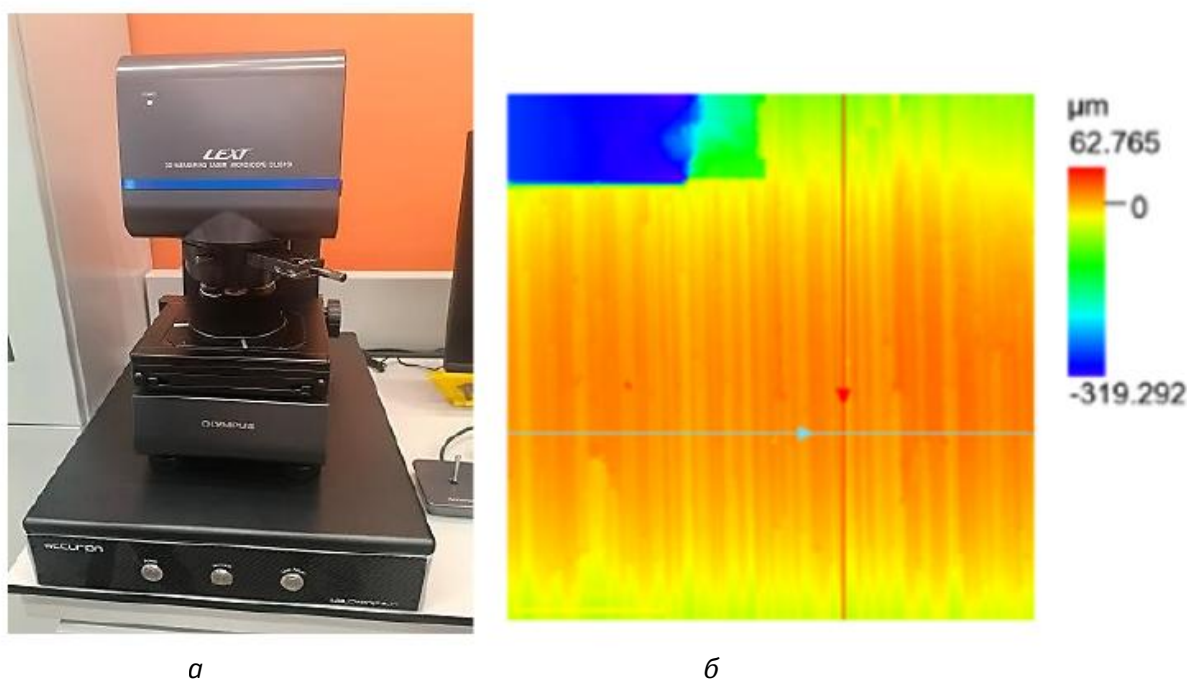


Рис. 2. Трехмерный измерительный лазерный микроскоп OLS5000 (а) и схема проведения измерения шероховатости (б)

Результаты исследований. Сочетание термического и силового воздействия на поверхность обрабатываемой детали при ЭМПЗ (рис. 3) приводит к изменению физико-механических и геометрических показателей поверхностного слоя [1, 2]. В процессе обработки, через место контакта инструмента и заготовки проходит ток большой силы и низкого напряжения. Высокое сопротивление зоны контакта приводит к сильному нагреву локально нагретой поверхности. Поверхностный слой закаливается за счет быстрого отвода тепла в основную массу материала. При этом нагрев контактной поверхности образца производится до температуры выше фазовых превращений, рекомендуемой для объемной закалки.

Результаты измерения твердости поверхности указывают на ее увеличение с 18HRC до 58 HRC на поверхности после ЭМПЗ. Глубина закаленного слоя составила до 1,0 мм. Между закаленной зоной и исходной структурой располагается переходная область твердостью 24–28 HRC.

Измерение шероховатости в поперечном (рис. 4, а) и продольном (рис. 4, б) направлениях проведены для закаленных участков образца на глубине от 0,2 до 1 мм.

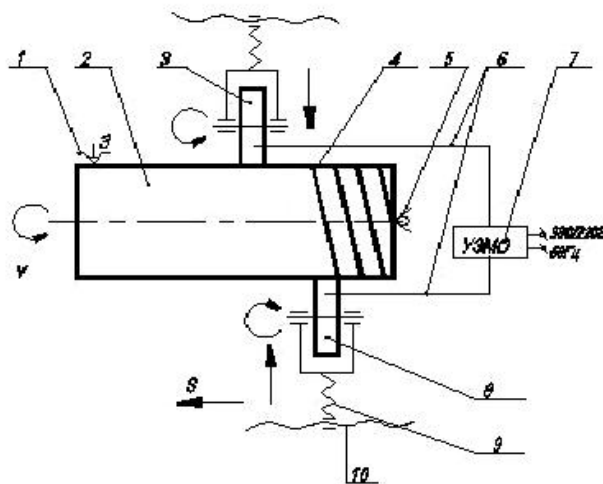
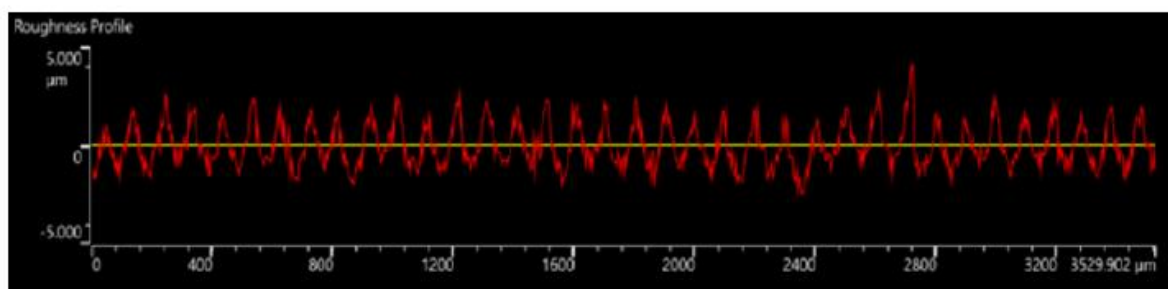
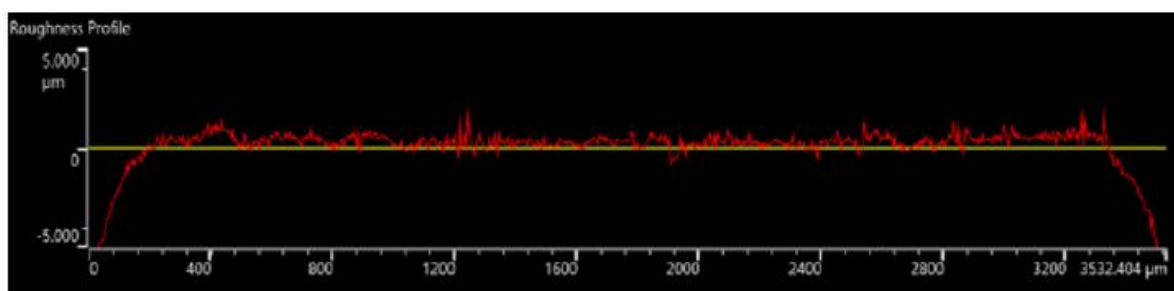


Рис. 3. Схема процесса электрохимической поверхностной закалки:

1 — трехкулачковый самоцентрирующий патрон; 2 — образец; 3 — ролик токоподводящий; 4 — обработанная поверхность; 5 — патрон вращающийся; 6 — кабели токоподводящие; 7 — установка электрохимической обработки; 8 — инструментальный ролик; 9 — державка телескопическая; 10 — ходовой винт станка



а



б

Рис. 4. Результаты измерения поперечной (а) и продольной (б) шероховатости закаленного участка образца

Результаты измерений представлены в табл. 1 и 2 и на рис. 5.

Таблица 1

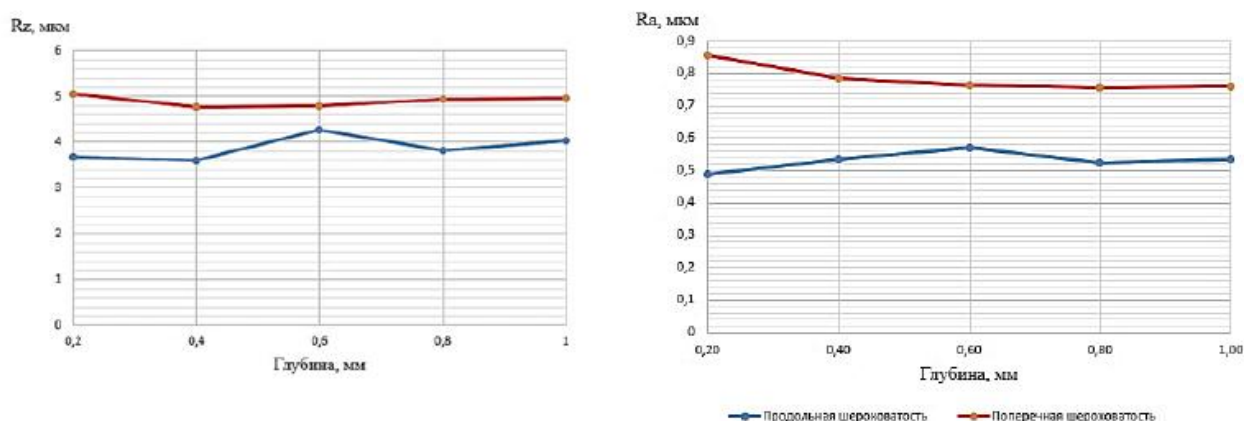
Результаты измерения R_z образца

Тип измерения шероховатости	R_z , мкм					
	Глубина, мм					До ЭМО
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	
Продольная шероховатость	3,682	3,596	4,267	3,82	4,028	7,2
Поперечная шероховатость	5,063	4,765	4,787	4,931	4,952	14,637

Таблица 2

Результаты измерения среднего арифметического отклонения профиля образца

Тип измерения шероховатости	R_a , мкм					
	Глубина, мм					До ЭМО
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	
Продольная шероховатость	0,487	0,537	0,57	0,524	0,535	0,788
Поперечная шероховатость	0,856	0,784	0,764	0,758	0,762	3,011

Рис. 5. Зависимость R_z и R_a от глубины закаленного слоя стали 40X

По итогам измерения можно сделать вывод, что ЭМПЗ существенно влияет на изменение высотных параметров шероховатости. Это обусловлено тем, что мелкодисперсный мартенсит, образующийся в результате электрохимической обработки, обладает повышенной твердостью и хрупкостью, из-за чего при точении закаленного поверхностного стали 40X, в зоне основных пластических деформаций отсутствует пластическая составляющая и образуется стружка скалывания, а не сливная, которая свойственна мягким сталям. Наличие твердой закаленной поверхности не приводит к увеличению трения

в зоне дополнительных деформаций. Схватывания закаленного материала стали 40X на передней поверхности режущего инструмента не происходит вырывание микрообъемов металла и исключается возникновение неравномерных рисок. Шероховатость поверхностей незакаленного участка и закаленной зоны приведены на рис. 1, б. Для незакаленного участка данный параметр соответствует 5 классу шероховатости, а после ЭМПЗ — 8 классу шероховатости.

Заключение. Результаты измерения твердости поверхности из стали 40X после ЭМПЗ указывают на ее увеличение более, чем в три раза, с исходной 18 HRC до 58 HRC. Глубина закаленного слоя при работе на приведенных режимах составила до 1,0 мм. Между закаленной зоной и исходной структурой располагается переходная область твердостью 24–28 HRC. Точения закаленных образцов из стали 40X, по сравнению с поверхностями без закалки, позволило выявить положительное влияние данного метода на микрогеометрию поверхности. Достигнуто снижение среднего арифметического отклонения профиля в 1,6–3,5 раз, высоты неровностей по десяти точкам профиля в 1,7–2,89 раз, в сравнении с исходными значениями образца в продольном и поперечном направлениях. Проведенные исследования позволяют рекомендовать технологию ЭМПЗ и последующее чистовое точение при изготовлении и ремонте деталей машин и технологического оборудования для крупногабаритных и маложестких изделий.

Список источников

- [1] Федоров С.К., Фомина Л.П., Иванова Ю.С. Исследование структуры и твердости цементированной стали 20 после электрохимической поверхностной закалки. *Технология металлов*, 2022, № 11, с. 2–10.
- [2] Федорова Л.В., Федоров С.К., Сержант А.А., Головин В.В., Сыстеров С.В. Электрохимическая поверхностная закалка сталей для насосно-компрессорных труб. *Металловедение и термическая обработка металлов*, 2017, № 3, с. 41–43.