электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51036. ISSN 2307-0595

Влияние предварительной термической обработки стали 40Х на структуру и свойства поверхности, упрочненной деформирующим резанием

06, июнь 2017

Дегтярева А. Г.[1], Симонов В. Н.[1], Бокатенко Е. Ю.[1,*]

УДК: 621.785

[1]Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана
*E.Bokatenko@mail.ru

Введение

Метод деформирующего резания (ДР) относится к технологиям поверхностного упрочнения деталей машин [1,2], за счет высокоскоростных термомеханических воздействий, относящихся к группе методов обработки концентрированными потоками энергии (КПЭ). Близкими по технической сути являются технологии электромеханической (ЭМО) [3,4], магнитофрикционной обработки [5], упрочняющего точения [6,7] и закалочного шлифования [8].

Этот вид обработки позволяет получать особые структуры с высокой твердостью на поверхности заготовки без использования дополнительного оборудования [9,10].

1. Методика металлографических исследований.

Для проведения металлографических исследований и измерения микротвердости (использовали шлифы поперечных срезов поверхностей, упрочненных ДР, цилиндрических образцов, выполненных на электроэрозионном вырезном станке.

Металлографический анализ проводили на полированной поверхности шлифов, предварительно протравленной 4 % раствором HNO_3 в C_2H_5OH. Измерения микротвердости осуществляли на твердомере модели DuraScan 70, индентором в виде алмазной пирамидки правильной четырёхгранной формы с нагрузкой 100 г. Исследования структуры шлифов проводили на оптическом микроскопе Olympus GX51 и сканирующем электронном микроскопе CarlZeissNVision 40.

2. Результаты и обсуждение.

Обработку ДР производили на станке 16К20 по режиму: скорость ДР V=6,2 м/с, подача инструмента на один оборот детали (шаг ребер) S_o=0,1 мм/об, глубина ДР t=0,75 мм. Обрабатывали заготовки из стали 40Х диаметром 75 мм в исходных состояниях: после нормализации (рис.1,а), закалки 850 °С с низким отпуском 200 °С (рис.2,а) и закалки 850

°С с высоким отпуском 550 °С (улучшение) (рис.3,а). Полученные в результате ДР структуры представлены на рис.1,б; 2,б; 3,б.

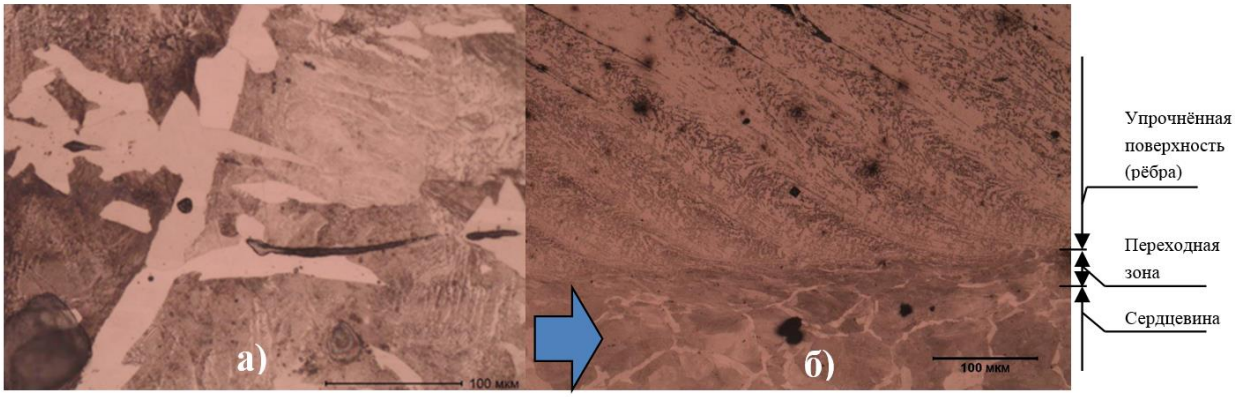


Рис. 1. а) Исходная структура - нормализация(х500); **б)** Нормализация +ДР(х200)

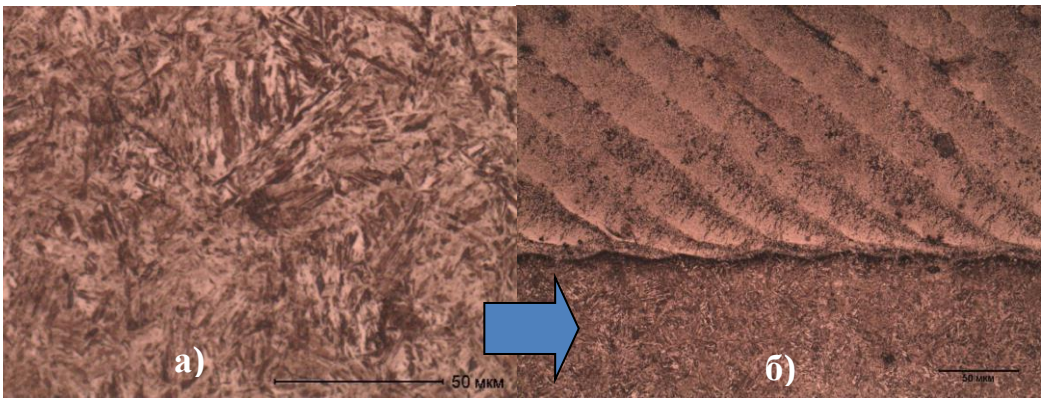


Рис. 2. а) Исходная структура – закалка 850 °С+отпуск 200 °С(х500); **б)** Закалка 850 °С +отпуск 200 °С+ДР(х500)

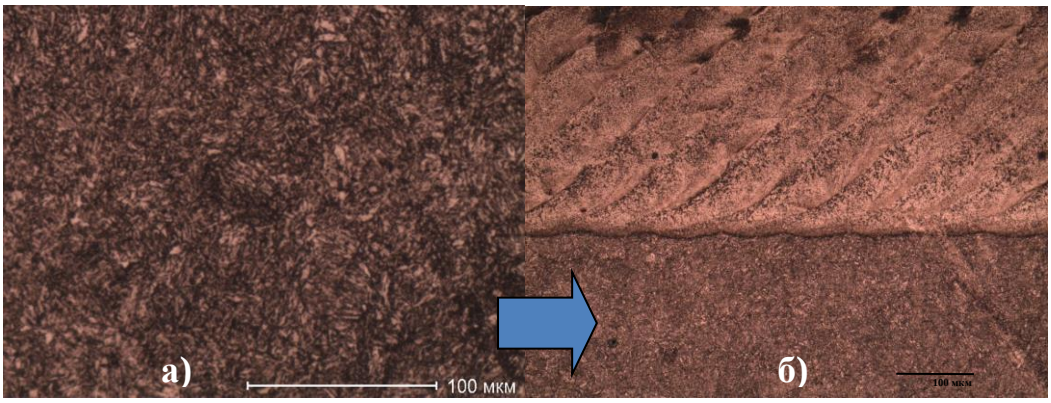


Рис. 3. а) Исходная структура – закалка 850 °С+отпуск 550 °С(х500); **б)** Закалка 850 °С+отпуск 550 °С+ДР(х500)

Все полученные структуры имеют три отчетливо выраженные зоны: неупрочненная сердцевина, упрочненный поверхностный слой в виде наклонных ребер без межреберных зазоров и переходная зона между ними. Переходная зона определялась микроструктурными исследованиями и измерениями микротвердости. Оребренная поверхность закаливается за счет нагрева от пластической деформации и трения выше критических температур и резкого отвода тепла со скоростью охлаждения порядка 10^4 °С/с в тело заготовки [9]. Толщина упрочненного поверхностного слоя составляет около 500 мкм. Переходной зоне

определяем усредненную по 10 измерениям микротвердость указанных зон после обработки ДР (представлена в таблице 1).

Таблица 1.

Вид предварительной термической обработки	Микротвердость, $HV_{0,1}$		
	Сердцевина	Переходная зона	Упрочненный слой
Нормализация	280	400	660
Закалка 850 °С+низкий отпуск 200 °С	630	500	700
Закалка 850 °С +высокий отпуск 550 °С	340	470	730

В нормализованной заготовке после ДР в структуре ребер присутствует значительное количество остаточного феррита, что свидетельствует о том, что не весь материал ребра претерпевает полную закалку. Переходная зона имеет волокнистую ферритно-перлитную структуру (рис.4) и повышенную твердость по сравнению с сердцевиной, вследствие деформационного упрочнения при формировании ребер.

В образце с исходной структурой мартенсит отпуска (закалка и низкий отпуск) в переходной зоне отмечается наличие темной полосы (рис.5), свидетельствующей о вторичном отпуске [11] во время обработки ДР. Такая же темная полоса в переходной зоне наблюдается и в структуре образца с улучшением (рис.6), причем, она тоньше и имеет более низкую твердость. Толщина и твердость этой области тем меньше, чем выше была температура отпуска исходно закаленной стали [12]. Микротвердость зоны вторичного отпуска со структурой сердцевины мартенсит отпуска составляет 500 $HV_{0,1}$, со структурой сорбит отпуска 470 $HV_{0,1}$.

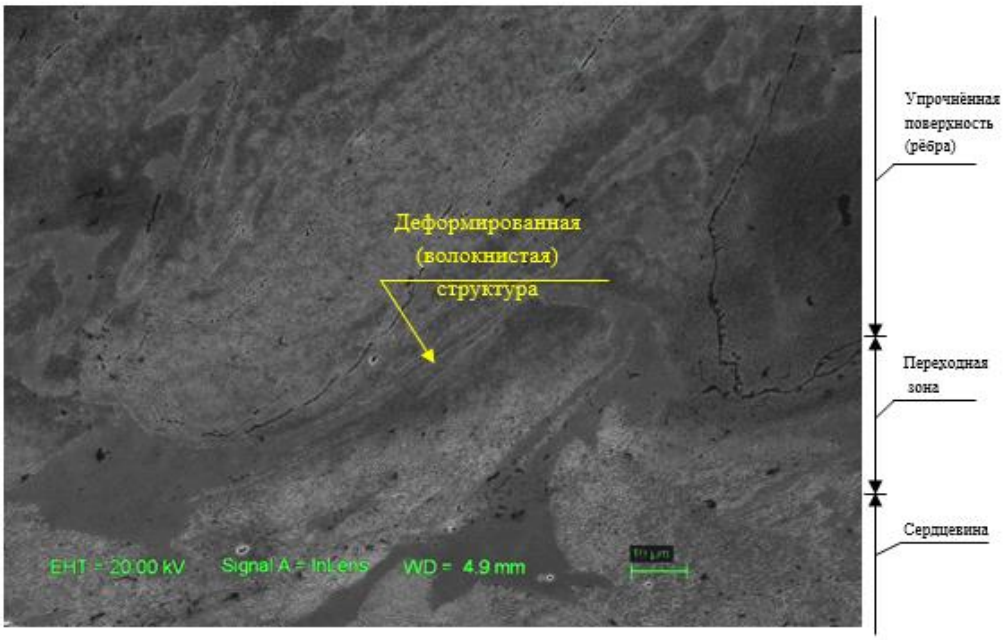
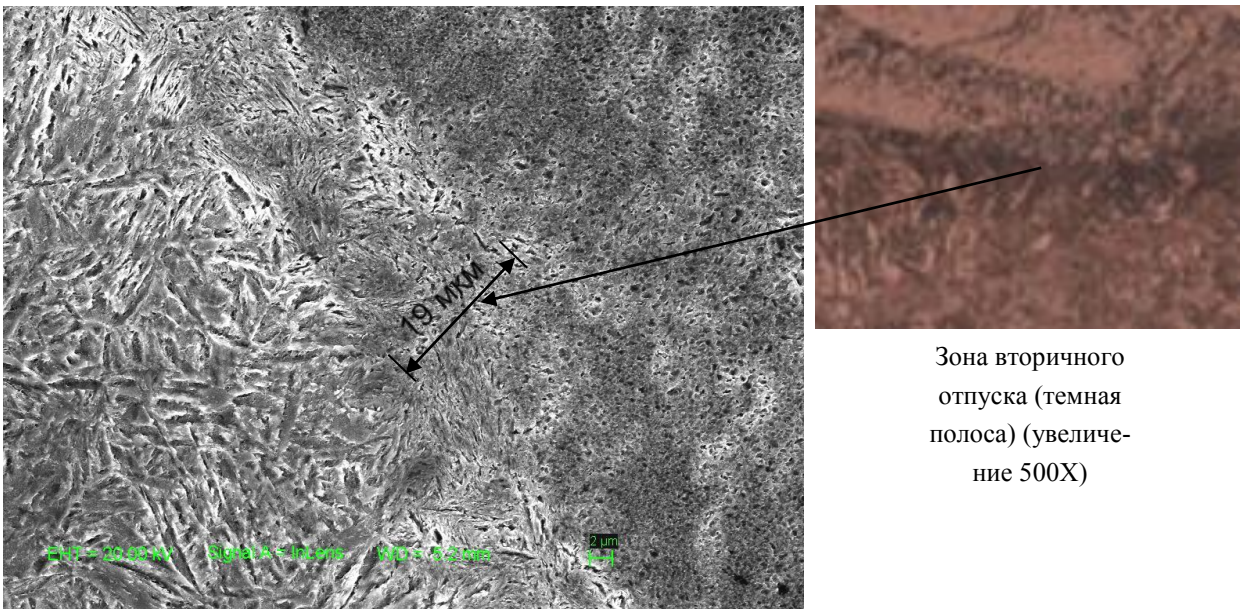
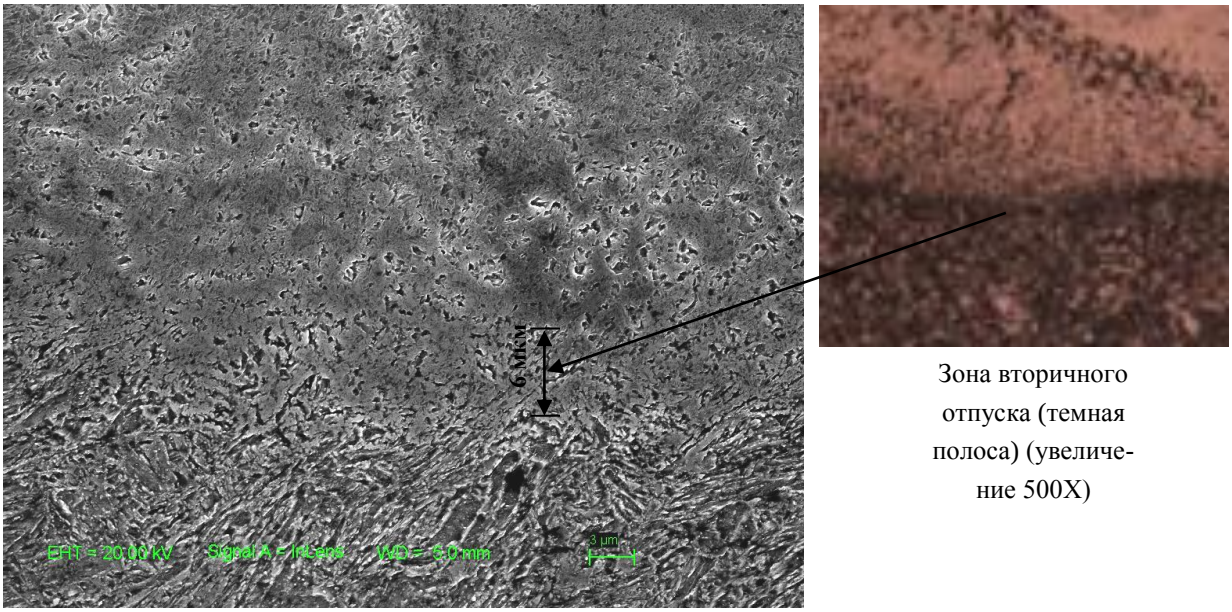


Рис. 4. Переходная зона (нормализация +ДР)



Зона вторичного отпуска (темная полоса) (увеличение 500Х)

Рис. 5. Переходная зона (закалка 850°С+ отпуск 200 °С +ДР)



Зона вторичного отпуска (темная полоса) (увеличение 500Х)

Рис. 6. Переходная зона (закалка 850 °С+отпуск 550 °С + ДР)

На гистограмме рис.7 показано изменение микротвердости сердцевины, переходной зоны и упрочненного слоя на образцах стали 40Х с различной исходной структурой.

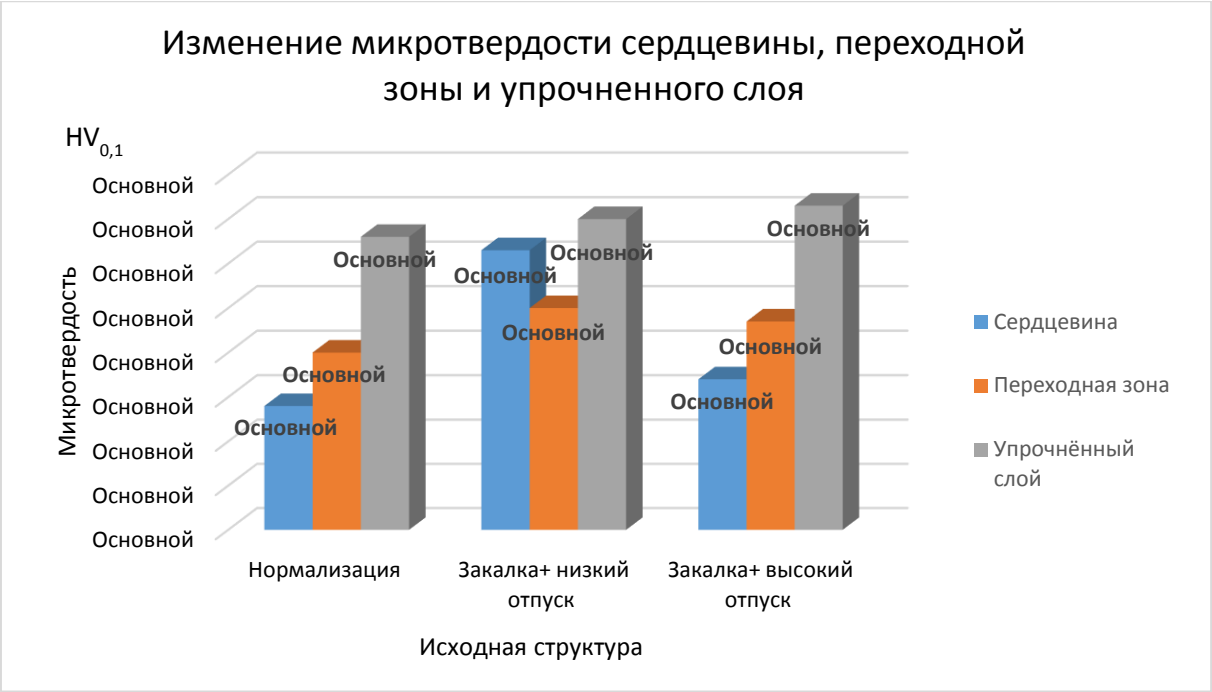


Рис. 7. Изменение микротвердости стали 40Х с различной предварительной термической обработкой

Заключение

Предварительная термическая обработка заготовки оказывает влияние на результат закалки методом ДР.

1) Максимальная твердость упрочненного после ДР слоя достигается в заготовке после ее закалки и высокого отпуска с исходной структурой сорбита.

2) ДР заготовки после закалки и низкого отпуска с исходной мартенситной структурой приводит к снижению микротвердости в переходной зоне по сравнению с исходной твердостью заготовки.

3) Дополнительная предварительная обработка заготовки с закалкой и последующим низким или высоким отпуском (на мартенсит отпуска или сорбит отпуска) не имеет значительных преимуществ перед нормализацией. Несмотря на повышение твердости в этих случаях от 6 до 11 %после обработки ДР дополнительные термические операции подготовки заготовок экономически не целесообразны.

Список литературы

[1]. Зубков Н.Н., Васильев С.Г., Попцов В.В. Патент на изобретение №2556897. РФ. МПК C21D 8/00. Способ поверхностного закалочного упрочнения режуще-деформирующим инструментом. Заявлено 21.01.2014, опубликовано 22.07.2015. Бюл. №20.

[2]. Зубков Н.Н., Овчинников А.И., Васильев С.Г., Симонов В.Н., Хасянов М.А. Патент на изобретение №2015202. РФ. Способ упрочнения поверхности детали / Изобретения. 1994. №12.

[3]. Багмутов В.П. Электромеханическая обработка технологические и физические основы, свойства, реализация. Новосибирск: Изд-во Наука. 2003. 318 с.
[4]. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой. Л.: Изд-во Машиностроение. 1977. 184 с.
[5]. Евдокимов В.Д. Технология упрочнения машиностроительных материалов. Киев: Изд-во Профессилонал. 2006. 352 с.
[6]. Kevin Chou Y. Surface hardening of AISI 4340 steel by machining: a preliminary investiga-tion / Journal of Materials processing technology. 2002. №124. P.171-177.
[7]. Скобло Т.С., Коломиец В.В., Ридный В.Ф., Ридный Р.В. Упрочнение покрытий специальным точением / ВісникСевНТУ. Вип. 110: Механіка, енергетика, екологія: зб. наук. пр. Севастополь: Вид-во СевНТУ. 2010. С. 208-211
[8]. Niemeyer N., FoeckererT., Chaphalkar N., Hyatt G. Grind Hardening Method and Apparatus US Patent Application 20130273811 A1, B24B 51/00. Filed: March 15, 2013.
[9]. Дегтярева А.Г., Попцов В.В., Симонов В.Н., Васильев С.Г., Варламова С.Б. Формирование закаленных структур в стали 35 методом деформирующего резания / Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 9. DOI: 10.7463/0914.0725672
[10]. Зубков Н.Н., Васильев С.Г. Повышение износостойкости деталей пар трения на основе метода деформирующего резания / Упрочняющие технологии и покрытия. 2013. №8. С. 3-9.
[11]. Карпенко Г.В., Бабей Ю.И., Карпенко И.В., Гутман Э.М. Упрочнение стали механической обработкой. Киев: Наукова думка. 1966. 202 с.
[12]. Багмутов В.П, Дудкина Н.Г., Захаров И.Н. Исследование структуры поверхностного слоя среднеуглеродистой стали, упрочненной электромеханической обработкой / Металловедение и термическая обработка металлов. 2002. №12. С. 18-21.