

УДК 620.186.5

Влияние низких температур отпуска на структуру и микротвердость сталей 35 и 40Х после высокоскоростного деформирующего резания

Варламова С.Б., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Материаловедение»*

Дегтярева А.Г., соискатель

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Материаловедение»*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Материаловедение»*

*Научный руководитель: Симонов В. Н. д.т.н, профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru*

Актуальной проблемой в машиностроении является повышение надёжности узлов трения. К таким деталям машин предъявляются высокие требования по износостойкости трущихся поверхностей, а также высокой динамической прочности всего изделия. Метод деформирующего резания (ДР) может выступать альтернативой существующих технологий поверхностного упрочнения. Данный метод заключается в создании макрорельефа (единое ребро в виде непрерывной спирали) на наружных поверхностях обрабатываемого материала. Идея метода подробно описана в патенте 2044606 РФ [1] и статье [4].

Для исследования использовали образцы стали 35 и 40Х с поверхностью, закаленной в процессе деформирующего резания. Методика подготовки образцов и схема измерения микротвердости описаны в работе [2]. Количество замеров твердости на каждом образце - 100.

По полученным данным в работе [3] было установлено, что при низком отпуске в стали 35, на кривой изменения микротвердости в зависимости от температуры отпуска, наблюдается увеличение микротвердости, по сравнению с исходным состоянием (после ДР). В связи с тем, что явных изменений в микроструктуре выявлено не было, провели более тщательное исследование по влиянию низких температур отпуска (от 100 °С до 300 °С с интервалом в 50 °С и выдержкой 40 минут) на структуру и твердость стали 35 и

40X. Микроструктуры образцов сталей после деформирующего резания представлены на рис. 1.

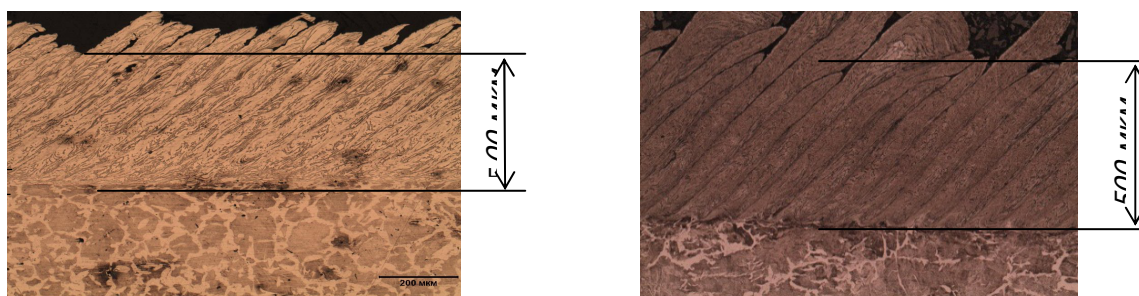
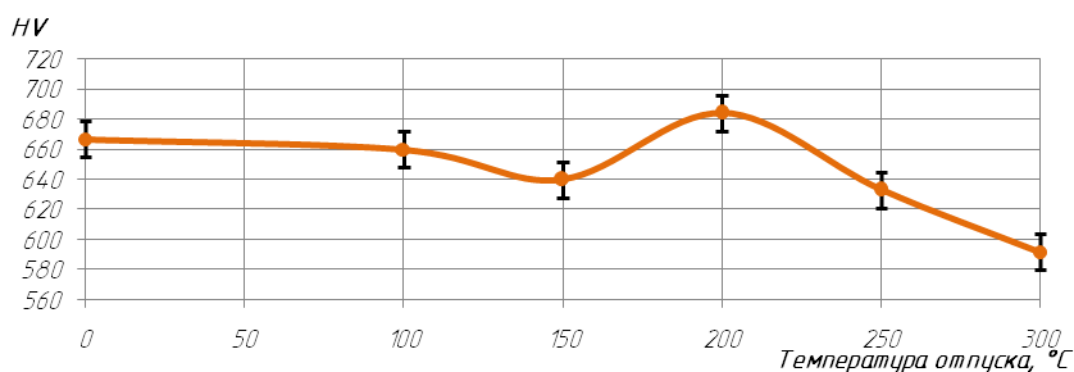
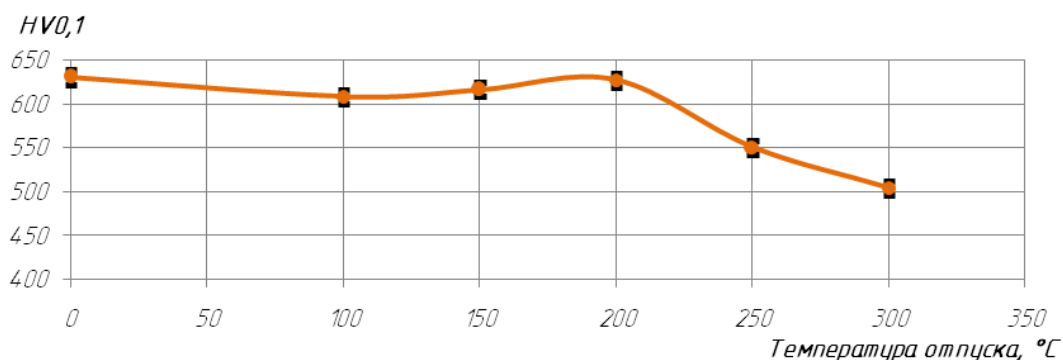


Рис. 1. Микроструктура сталей 35 и 40X, x500

На рис. 2 показана зависимость твердости сталей от температур низкого отпуска.



а)



б)

Рис. 2. Зависимость твердости стали после ДР от температур низкого отпуска:

Как видно из графика (см. рис. 2, а), твердость упрочненной при ДР поверхности стали 35 не изменяется до температуры отпуска 100°C, затем уменьшается при 150 °C HV 667±12 (после ДР) до HV 640±12, затем при отпуске 200 °C наблюдается явный пик с увеличением значений твердости до HV 684±12, далее идет плавное снижение.

На стали 40Х твердость сразу же начинает уменьшаться с HV 630±8 в исходном состоянии, до HV 606±8 при температуре отпуска 100 °С, затем значения твердости выравниваются с исходными и при температуре отпуска 200 °С составляют HV 627±10.

Для понимания происходящего процесса на исходных образцах и после обработки ДР и отпуска 200 °С провели исследования с помощью растровой микроскопии. На рис. 3 представлены результаты исследования образцов стали 35.

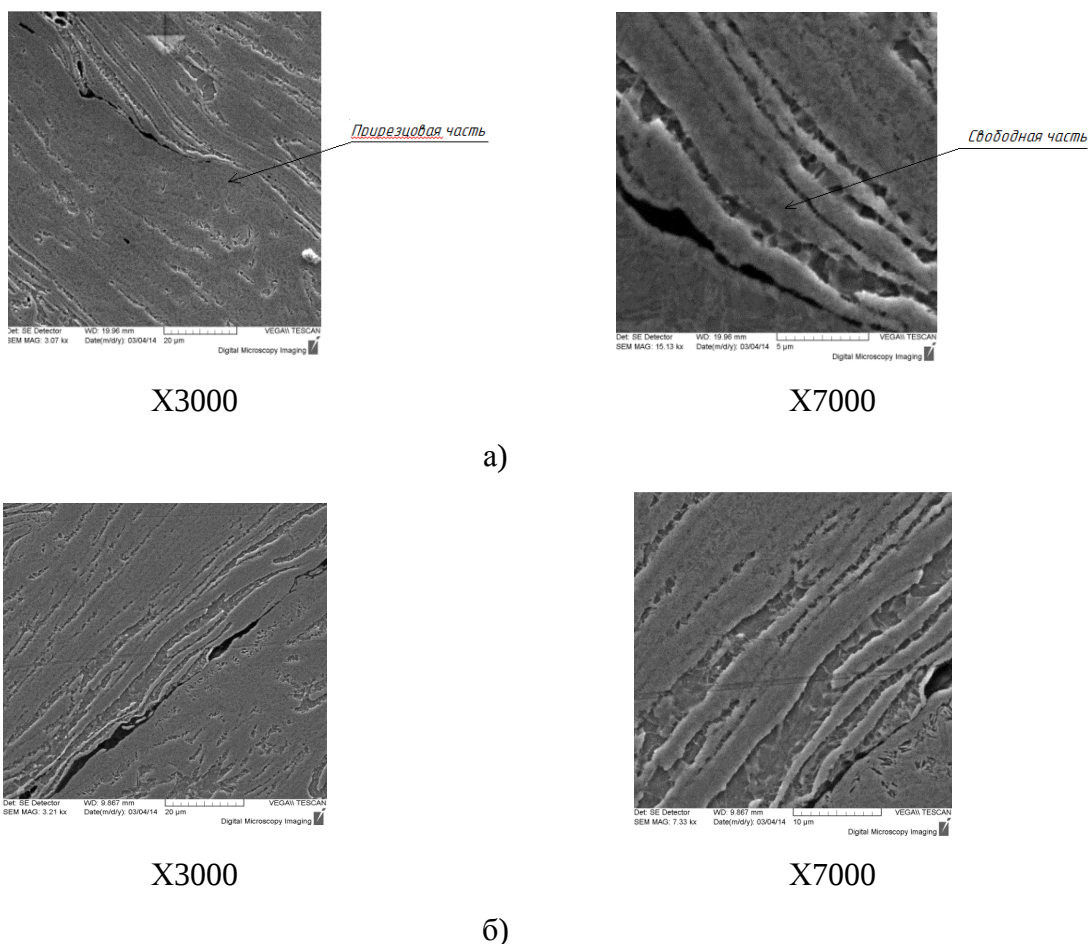


Рис. 3. Структура стали 35: а) после обработки ДР; б) после обработки ДР и отпуска 200 °С

Как видно из рис. 3, результаты растровой микроскопии на стали 35 не выявили наличия дисперсных частиц, которые могли бы повлиять на увеличение твердости при отпуске 200 °С. Однако, при изучении снимков заметили интересную особенность: феррит по большей части концентрировался в свободной части ребра. Таким образом, можно сделать вывод о том, что температурное поле во время деформирующего резания распределялось неравномерно по ребру. Максимальная температура в процессе ДР была в прирезцовой части ребра, возможно, она достигала значений критической точки A_{c3} или даже превышала ее. Для подтверждения данного факта был проведен расчёт количества феррита в различных зонах рёбер. Расчёт проводился с помощью программного

обеспечения Siams. На рис. 4 схематично представлено температурное поле и количество феррита после упрочнения стали 35 с помощью ДР.

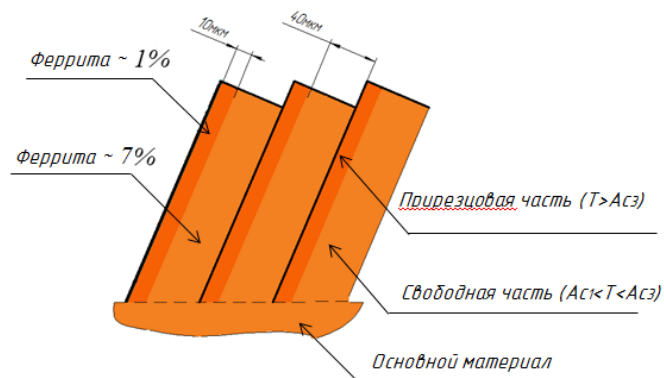
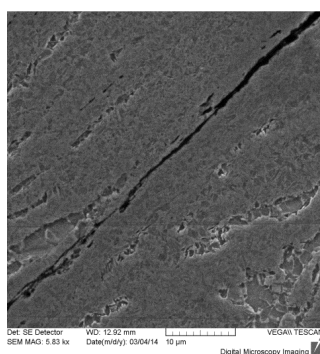
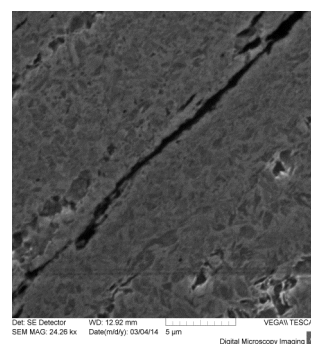


Рис. 4. Схема распределения феррита в ребре в стали 35

На рис. 5 представлены микроструктуры стали 40X, полученные с помощью растровой микроскопии. Видно, что отличий между обработкой ДР и ДР+отпуск 200°C не наблюдается.

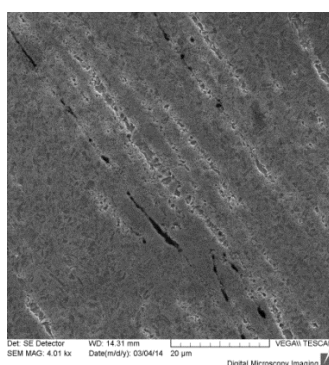


X5000

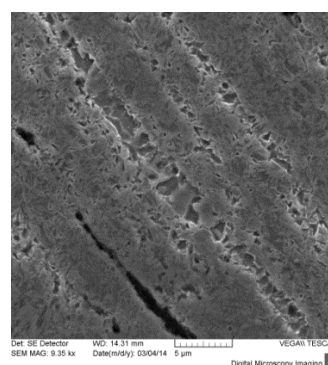


X9000

а)



X3000



X9000

б)

Рис. 5. Снимки стали 40X: а) после обработки деформирующим резанием; б) после обработки деформирующим резанием и отпуска 200 °C

Обратили внимание на то, что в стали 40Х есть отличия в распределении феррита в ребре, а именно, большая его часть находится не в свободной части ребра (как в стали 35), а в середине ребра. Таким образом, можно предположить, что максимальная температура во время ДР была как в прирезцовой, так и в свободной частях ребра. А это значит, что, температурное поле в стали 40Х во время обработки ДР было распределено иначе, нежели на стали 35. Возможно, это связано с различной теплопроводностью этих сталей.

На рис. 6 представлено температурное поле и схема распределения феррита в ребре стали 40Х, после упрочнения деформирующим резанием.

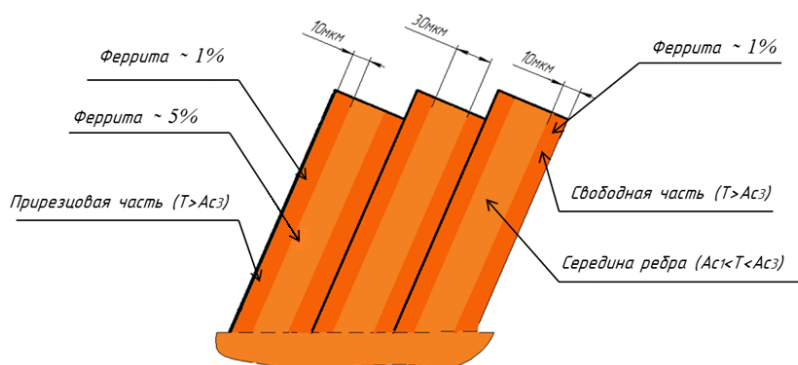


Рисунок 6. Схема распределения феррита в ребре в стали 40Х

Выводы:

- 1) Микротвердость сталей 35 и 40Х, закаленных в процессе ДР по-разному реагирует на температуры низкого отпуска. В стали 35 снижение твердости обнаруживается при 150 °С, а уже при 200 °С наблюдаем ее пик. В стали 40Х микротвердость начинает уменьшаться при температуре 100 °С, далее идет выравнивание твердости и при температуре отпуска 200 °С она равна исходной.
- 2) Микроструктурных изменений в сталях 35 и 40Х при температурах низкого отпуска не выявлено.
- 3) По распределению остаточного феррита в ребре можно сделать вывод о том, что во время ДР температурное поле было неоднородным по ребру, в стали 35 оно максимально в прирезцовой и уменьшается к свободной части; а в стали 40Х максимально в прирезцовой и свободной частях, возможно, что в средней части ребра температура минимальна.

Список литературы

1. Зубков Н.Н., Овчинников А.И. Способ получения поверхностей с чередующимися выступами и впадинами и инструмент для его реализации: пат. 2044606 Российская Федерация. 1994. Бюл. № 27. 32 с.
2. Варламова С.Б., Дегтярева А.Г., Попцов В.В. Влияние термической обработки на структуру и микротвердость стали 35 после обработки методом деформирующего резания // Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2013. № 9. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/618567.html/> (дата обращения 03.10.14).
3. 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.
4. 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.