УДК 669: 621/923.6: 621.9.02

инженер Мисюра А.А.,
к.т.н., доц. Ершов В.М.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)

АУСТЕНИТИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ БЫСТРОРЕЖУШЕЙ СТАЛИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Приведені результати дослідження фазового складу поверхневого шару швидкорізальної сталі Р6М5 після термічної обробки і шліфовки. Показана роль режиму шліфування на кількість залишкового аустеніту в шарі.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Известно [1], что операция шлифования термически упрочненных инструментальных сталей сопровождается локальным разогревом металла, что часто вызывает аустенитизацию структуры и , соответственно, при охлаждении приводит к образованию повышенного количества остаточного аустенита. Этот аустенит вызывает снижение эксплуатационных свойств поверхностного слоя режущего инструмента, т.к. именно этот слой в первую очередь в процессе резания подвергается воздействию со стороны обрабатываемой детали и сходящей стружки.

Износ рабочих поверхностей режущих инструментов начинается с измененного поверхностного слоя и только затем захватывает зону основного металла. Поэтому изучение структурных изменений, происходящих в поверхностном слое при шлифовании инструментальных сталей, в частности быстрорежущих сталей, приобрело большое значение. Решение этих вопросов тем более важно, что применение новых марок быстрорежущих сталей повышенной производительности сталкивается со значительными затруднениями при шлифовании этих сталей без прижогов, т.е. участков с измененной структурой.

Анализ исследований и публикаций.

В работах Н.Л.Ослона и С.М.Рапопорт [2,3], посвященных анализу структурных изменений в поверхностном слое быстрорежущей стали Р18 при шлифовании, было показано, что вторичный остаточный аустенит образуется при любых режимах шлифования в закаленном состоянии стали, а в отожженном – его нет, или он появляется только при чрезвычайно жестких режимах обработки. Используя металлографический и рентгеновский анализ, авторы установили зависимость количе-

ства вторичного аустенита от химического состава быстрорежущей стали, условий шлифования и, безусловно, от исходной структуры металла перед обработкой. Они отметили и заметную неоднородность в распределении участков остаточного аустенита в поверхностном слоя шлифованной стали.

Полученные вышеназванными авторами результаты, позволили им высказать предположение о возможности бездиффузионного механизма образования аустенита в условиях чрезвычайно высоких скоростей нагрева металла при шлифовании (10^4 – 10^5 град/с). Эта гипотеза еще требует весомых доказательств, т.к. со времени работ Н.Л.Ослона и С.М.Рапопорт в литературе не появилось новых экспериментальных данных в пользу высказанного ими предположения.

Постановка задачи.

Задачей настоящей работы является комплексное металлографическое и рентгеновское исследование зависимости фазового состава поверхностного слоя быстрорежущей стали Р6М5 от режимов термической обработки и шлифования

Изложение материала и его результаты.

Исследование проводили на торцевой поверхности цилиндрических образцов диаметром 25 мм и высотой 15 мм из промышленной стали Р6М5, химический состав которой соответствовал ГОСТ 19265-73. После нарезки образцов, производили их термическую обработку, которая заключалась в закалке из соляной ванны с температуры 1220^0С (одна партия образцов) и с 1240^0С (другая партия образцов). Закаленные образцы подвергали отпуску по двум схемам: по первой – отпуск при 300^0С, а затем двукратный по часу при 520^0С; по второй – отпуск при 350^0С, а затем двукратный по часу при 550^0С.

Термообработанные образцы зачищали и подвергали шлифовке на плоскошлифовальном станке модели 3Д710В-1 кругом 25А25СМ1К со скоростью 24.4 и 35 м/с. Глубина шлифования всех образцов по лимбу составляла 6 вариантов: 0.01; 0.03; 0.05; 0.08; 0.12 и 0.16 мм за один проход.

Шлифованные образцы проходили рентгеновский анализ фазового состава на дифрактометре ДРОН-1.5 в железном фильтрованном излучении. При этом определяли количество остаточного аустенита по гомологической паре дифракционных линий (110)(011) мартенсита (111) аустенита, используя известную методику [4]. Кроме того, измеряли ширину дифракционных линий мартенситной и аустенитной фаз по общепринятой методике [5]. Типичные дифрактограммы аналитических линий исходного состояния образцов до и после шлифования приведены на рисунке 1.

Металлографический анализ структуры шлифованного слоя проводили с использованием оптического микроскопа МИМ-8м и электронного микроскопа ЭММА-2 (УЭМВ-100К).

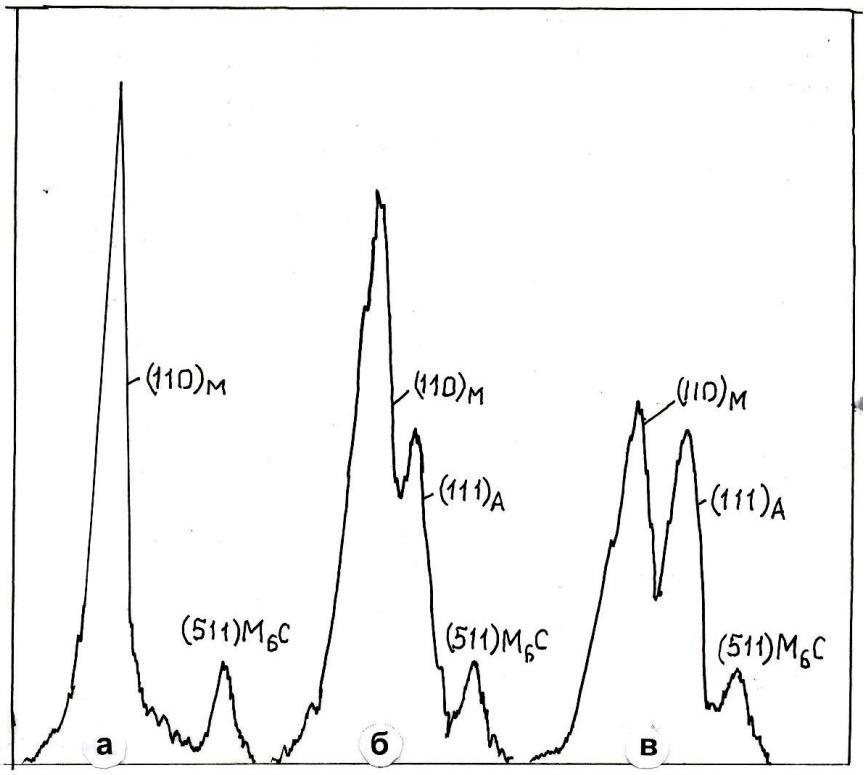

Рисунок 1 – Типичные дифрактограммы аналитических линий мартенситной (М) и аустенитной (А) фаз исходного состояния стали до шлифовки (а), умеренного количества (б) и большого количества (в) остаточного аустенита в шлифованном слое стали Р6М5

Для изучения структуры шлифованного слоя образцов изготавливали «косые» шлифы, т.е. шлифы, наклоненные под углом 1-2^0 к исследуемой поверхности образцов, что давало возможность «растянуть» структуру приповерхностного слоя и, тем самым, создать условия для детального анализа его структуры.

В таблице 1 приведены данные рентгеновского анализа фазового состава шлифованного слоя образцов, которые прошли различную термическую обработку и были прошлифованы по вышеназванным режимам. Здесь видно, что при всех разновидностях режимов обработок стали, в структуре фиксируется определенное количество остаточного аустенита, т.е. независимо от режима подачи, поверхностный слой стали разогревается до температур выше критических и это вызывет его аустенитизацию.

Таблица 1 - Количество остаточного аустенита в поверхностном слое шлифованных образцов стали Р6М5 (А ±3%)

Режим термической обработки стали	Скорость круга 24.4 м/с					
	Глубина шлифования, мм					
	0.01	0.03	0.05	0.08	0.12	0.16
Закалка от 1220^{0}С без отпуска	18	18	28	33	35	40
Закалка от 1220^{0}С,отпуск 300^{0}С, отпуск 520^{0}С, 2крат.	18	26	25	29	26	34
Закалка от 1220^{0}С, отпуск 350^{0}С, отпуск 550^{0}С, 2крат.	8	14	15	13	16	21
Закалка от 1240^{0}С без отпуска	10	15	21	24	35	42
Закалка от 1240^{0}С, отпуск 300^{0}С, отпуск 520^{0}С, 2крат.	27	28	25	32	29	37
Закалка от 1240^{0}С, отпуск 350^{0}С, отпуск 550^{0}С, 2крат.	12	10	15	22	23	25
Режим термической обработки стали	Скорость круга 35 м/с					
	Глубина шлифования, мм					
	0.01	0.03	0.05	0.08	0.12	0.16
Закалка от 1220^{0}С без отпуска	17	20	18	26	35	32
Закалка от 1220^{0}С, отпуск 300^{0}С, отпуск 520^{0}С,2крат.	19	24	21	22	30	34
Закалка от 1220^{0}С, отпуск 350^{0}С, отпуск 550^{0}С, 2крат.	10	9	9	13	17	15
Закалка от 1240^{0}С без отпуска	37	42	38	30	25	28
Закалка от 1240^{0}С, отпуск 300^{0}С,отпуск 520^{0}С, 2крат.	26	27	26	29	30	33
Закалка от 1240^{0}С, отпуск 350^{0}С, отпуск 550^{0}С, 2крат	11	15	12	10	16	23

Поэтому есть основание признать, что не толщина снимаемого при шлифовании слоя определяет тепловую нагрузку на поверхностный слой, а сам процесс трения задней поверхности абразивных зерен об обрабатываемую поверхность является источником ее разогрева. О возможности явления аустенитизации при активном сухом трении металлических поверхностей мы показали в нашей ранней работе [6].

Из данных таблицы 1 также следует, что наибольшее количество вторичного аустенита обнаруживается в шлифованных образцах исходного закаленного состояния стали, т.е. без отпуска, когда мартенсит наиболее насыщен легирующими элементами. При отпуске закаленных образцов часть легирующих элементов переходит в карбиды, мартенсит становится менее легированным, а, следовательно, менее устойчивым будет и вторичный аустенит, образующийся при скоростном нагреве процесса шлифования.

Повышение температуры закалки образцов от 1220 до 1240^{0}С увеличивает содержание легирующих элементов в твердом растворе и тем самым приводит к росту количества остаточного аустенита в шлифованном слое. Пониженные температуры отпуска на 50^{0}С относительно рекомендуемх (350 + 550^{0}С, 2-кратный) также приводят к повышению количества вторичного аустенита.

Увеличение скорости вращения шлифовального круга практически не сказывается на изменении фазового состава шлифованного слоя. Только у исходнозакаленных образцов, подвергнутых шлифованию, обнаружилась пока необъяснимая тенденция к снижению количества аустенита с увеличением скорости шлифовального круга (табл. 1).

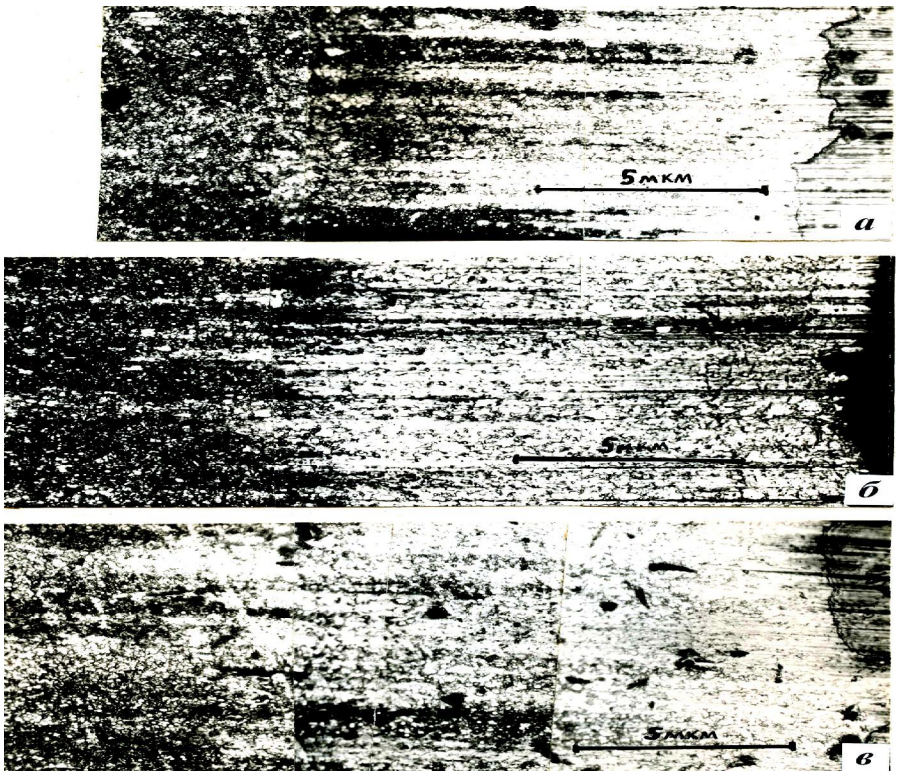

Рисунок 2 – Микроструктуры косых шлифов образцов, подвергнутых шлифованию на глубину 0.03 (а), 0.08 (б) и 0.16 (в) мм. Х400

Металлографическое исследование косых шлифов обработанных образцов показало, что процесс шлифования создает в поверхностном слое широкие полосы белой слаботравящейся структуры, которую в литературе называют «белым слоем» [1-3]. На рисунке 2 приведены микроструктуры косых шлифов поверхностного слоя образцов с различной глубиной шлифования. Здесь видны белые полосы измененной структуры стали, глубоко проникающие от поверхности внутрь образца. Причем эти полосы имеют неодинаковую протяженность и часто чередуются с темными полосами троститной структуры.

Протяженность белого слоя в образцах различной глубины шлифования составляет величины от 10 до 40 мкм, а общая протяженность слоев измененной структуры у образцов достигает 50 – 100 мкм.

Электронномикроскопический анализ структуры косых шлифов исследуемых образцов (рис.3) показал особенности расположения участков белого слоя относительно карбидных частиц структуры.

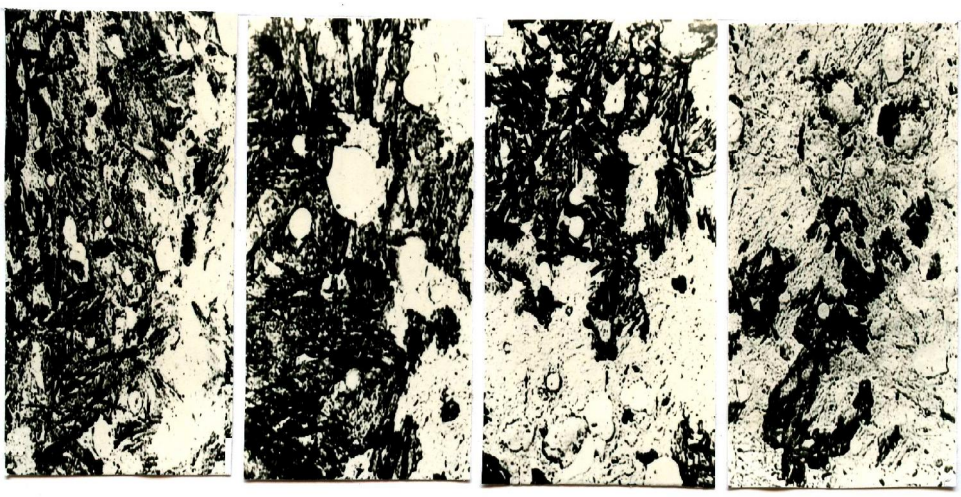

Рисунок 3 – Микроструктуры различных участков белого слоя шлифованных образцов стали Р6М5. х7000

Здесь видно, что участки слаботравящейся структуры (мелкоигольчатый мартенсит с остаточным аустенитом [2,3]) располагаются вокруг карбидных фаз, что несомненно говорит о диффузионном характере образования аустенита при скоростном нагреве процесса шлифования. В то же время пока необъяснимым фактом является соседство белых участков структуры и темных сильнотравящихся фрагментов, повидимому троститной структуры.

Выводы и направления дальнейших исследований.

На основе результатов комплексного металлографического и рентгенографического анализов структуры шлифованного слоя термически обработанных образцов стали Р6М5 можно заключить, что шли-

фование на любую глубину приводит к образованию белого слоя, толщина которого растет с ужесточением режима шлифования. Термическая обработка оказывает существенное влияние на фазовый состав шлифованного слоя: с увеличением температуры закалки стали растет легированность твердого раствора и количество остаточного аустенита в слое.

Требует дальнейших исследований природа белого слоя шлифованной поверхности стали, его состава и особенностей тонкой структуры.

Приведены результаты исследования фазового состава поверхностного слоя быстрорежущей стали Р6М5 после термической обработки и шлифовки. Показана роль режима шлифования на количество остаточного аустенита в слое.

The results of research of phase composition of superficial layer of the bystrorezhuschey steel P6M5 after heat treatment and polishing are resulted. The role of the mode of polishing on the amount of remaining austenyta in a layer is shown.

Библиографический список

1. Палей М.М., Дибнер Л.Г., Флид М.Д. Технология шлифования и заточки режущего инструмента. – М.: Машиностроение. 1988. С. 288.

2. Ослон Н.Л., Рапопорт С.М. К вопросу о характере превращений в поверхностном слое при шлифовании стали Р18. Сб. научных трудов ППИ № 26. Пермь. 1966. С. 70-81.

3. Ослон Н.Л., Рапопорт С.М. О механизме структурных превращений, возникающих при шлифовании инструментальной стали. Сб. научных трудов ППИ №51. Пермь. 1969. С. 76-82.

4. Ланда В.А. Структурные превращения, возникающие при шлифовании инструментальных сталей. Сб. работ ВНИИ. – М.: Машгиз. 1963. С. 88.

5. Русаков А.А. Рентгенография металлов. – М.: Атомиздат. 1978. С.457.

6. Ершов В.М. Аустенитизация стальной поверхности в условиях сухого трения. Сб. научных трудов сотрудников ДонДТУ. Алчевск. 2007. № 25. С.207-213.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Луценко В.А.