

*к.т.н. Еришов В.М.,
к.т.н. Коробко Т.Б.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

РЕНТГЕНОВСКИЙ АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ШЛИФОВАННОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

Приведені результати рентгенографічного аналізу мікронних поверхневих шарів шліфованої швидкорізальної сталі Р6М5. Знайдене помітне збільшення кількості залишкового аустеніту в приповерхностних шарах для всіх режимів шліфування.

Ключові слова: *рентгенівський аналіз, аустеніт, шліфування, параметр кристалічних ґрат, ширина дифракційної лінії.*

Приведены результаты рентгенографического анализа микронных поверхностных слоев шлифованной быстрорежущей стали Р6М5. Обнаружено заметное увеличение количества остаточного аустенита в приповерхностных слоях для всех режимов шлифования.

Ключевые слова: *рентгеновский анализ, аустенит, шлифование, параметр кристаллической решетки, ширина дифракционной линии.*

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Известно [1], что при шлифовании термически упрочненных быстрорежущих сталей, в их тонком поверхностном слое создаются чрезвычайно высокие температуры, часто превышающие температуры критических точек образования аустенитной фазы. В условиях быстрого охлаждения образовавшихся участков аустенита происходит немедленная закалка поверхностного слоя стали и, как следствие, фиксируется значительное количество остаточного аустенита. Этому способствует растворение дисперсных карбидных фаз структуры при интенсивном нагреве слоя.

В связи с тем, что стойкость инструмента зависит от фазового состава поверхностных слоев стали [2], представляет несомненный интерес информация о распределении остаточного аустенита по глубине шлифованного слоя. В литературе данный вопрос освещен очень слабо [1], особенно это касается анализа тончайших приповерхностных слоев глубиной 1 – 5 мкм.

Анализ исследований и публикаций. Рентгеновский метод исследования фазового состава поверхностных слоев инструментальных

сталей дает информацию в усредненном виде по глубине от 5 до 10 микрон. А каков фазовый состав стали на глубине 1 -2 мкм – не известно. Когда решают такую задачу методом сошлифовки тончайших слоев с последующим рентгенографированием, то вводят неизвестный фактор воздействия на структуру слоя пластической деформации шлифовки, что не приемлемо для нашей задачи.

Для послойного анализа фазового состава тончайших слоев изделий рекомендуется применять специальный метод рентгенографирования, основанный на принципе ограничения глубины проникновения излучения в толщу материала [3,4], получающийся при вариациях наклона исследуемой поверхности образца стали к падающему рентгеновскому лучу.

Постановка задачи. Задачей настоящей работы является экспериментальный анализ изменений в фазовом составе термически упрочненной быстрорежущей стали Р6М5 по глубине шлифованного слоя.

Изложение материала и его результаты. Исследование выполняли на образцах из стали Р6М5 диаметром 25 мм и толщиной 15 мм. Термическая обработка образцов выполнялась по оптимальным режимам упрочнения, как и в работе [5]. Плоское шлифование торцевой поверхности образцов проводили кругом ЭБ25СМ2К на глубину от 0.02 до 0.10 мм за один проход при следующих постоянных условиях: скорость вращения круга 19-20 м/с; поперечная подача 0; скорость движения стола 5 м/мин.

На первом этапе исследования была изучена микроструктура шлифованного слоя. Для этого были приготовлены «косые» шлифы, т.е. шлифы, наклонные под углом $1.5 - 2.0^{\circ}$ к исследуемой поверхности образцов. А это давало возможность «растянуть» шлифованный слой на значительное расстояние и, соответственно, увеличить масштаб шлифованного слоя.

На рисунке 1 приведен пример структуры поверхностного слоя образца, шлифованного на глубину 0.06 мм. Здесь видно, что у поверхности образца располагается так называемый «белый слой», т.е. слаботравящийся слой, состоящий из мартенсита, остаточного аустенита и карбидов. Этот слой имеет значительную протяженность в глубину образца и хорошо заметную структурную неоднородность. Такие зоны «белого слоя» были обнаружены у всех образцов без исключения.

Рентгенографическое исследование образцов выполняли на дифрактометре ДРОН – 3м в железном фильтрованном излучении.



Рисунок 1 - Микроструктура «косого» шлифа от поверхности образца (левый край) к его центру. Глубина шлифования 0.06 мм.

Количество остаточного аустенита в слое определяли по методике, описанной в работе [5]. Кроме того, по положению дифракционных линий мартенситной и аустенитной фаз рассчитывали параметры кристаллической решетки этих фаз и измеряли ширину дифракционных линий, пользуясь известными методиками [6].

Для оценки фазового состава и параметров фаз использовали наклонную рентгеновскую съемку, при которой образец своей исследуемой поверхностью наклонялся на угол от 10° до 50° , что давало возможность изменять глубину проникновения рентгеновских лучей в поверхностный слой образца. На рисунке 2а приведена схема рентгенографирования образцов и типичный вид дифрактограмм для области малых и больших углов встречи луча с поверхностью образцов.

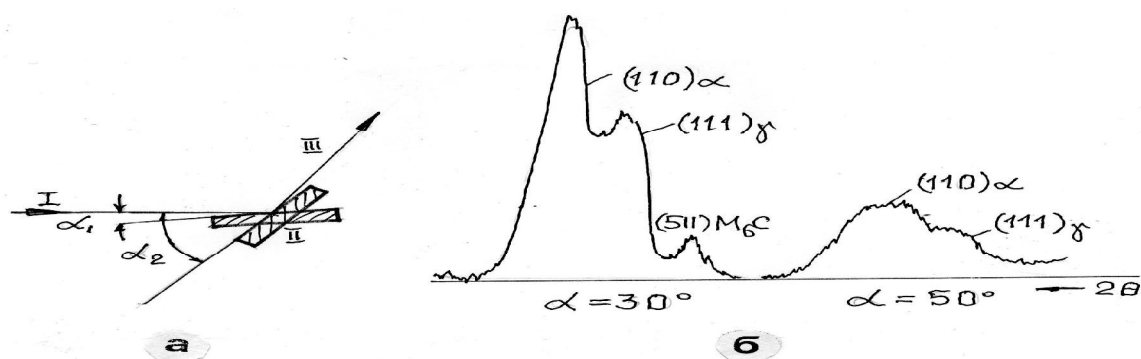


Рисунок 2 – Схема наклонной рентгеновской съемки образцов на дифрактометре (а) и типичные дифрактограммы линий мартенситной, аустенитной и карбидной фаз для различных углов встречи контролируемой поверхности с рентгеновским лучом (α).

Для оценки глубины слоя, который дает информацию о фазовом составе и параметрам состояния твердых растворов, использовали известную методику [3,4]. Глубина информационной зоны X определяется по формуле:

$$X = U_x \cdot \sin \alpha / 2\mu, \quad (1)$$

где U_x – коэффициент, зависящий от выбранной величины той части интенсивности рассеянных лучей, которая обеспечивает получение информации от слоя – X ; α – угол наклона поверхности образца к падающему рентгеновскому лучу; μ – линейный коэффициент ослабления рентгеновских лучей.

Для 75% интенсивности рассеянных слоев лучей, величина коэффициента U_x согласно имеющихся данных в справочной литературе [3,4], равна 1.39.

С учетом сложного химического состава исследуемой стали (Fe. W. Mo, Cr. V. C), коэффициент μ рассчитывали по формуле [3,4]:

$$\mu = \sum \mu_i^* \cdot \rho_i \cdot c_i, \quad (2)$$

где μ_i^* – массовый коэффициент ослабления излучения химическим элементом состава стали; ρ_i – плотность химического элемента; c_i – массовая доля химического элемента в составе стали.

Расчет по формуле 2 для стали Р6М5 дал значение линейного коэффициента ослабления рентгеновского излучения железного анода равным 1075 см^{-1} . Отсюда глубина информационной зоны (X) по формуле 1 для углов $\alpha = 10; 20; 30; 40$ и 50° будет иметь значения, равные соответственно 1.02; 2.0; 2.95; 3.82 и 4.6 мкм.

Таким образом, выбранный метод рентгеновского анализа позволяет произвести исследование тончайших приповерхностных слоев шлифованной структуры стали.

Как видно из данных рисунка 1б, отклонение от угла фокусировки по Брэггу-Брентано приводит к геометрическому уширению дифракционных линий и снижению их интенсивности. Для учета этого инструментального уширения линий, в данной работе применялась съемка образцов с эталонным веществом (порошок алюминия) и без него.

Результаты исследования приповерхностных слоев шлифованного слоя быстрорежущей стали Р6М5 приведены в таблице 1.

Здесь видно, что с приближением к шлифованной поверхности образца увеличивается количество остаточного аустенита в слое и растет параметр его кристаллической решетки. Это свидетельствует о чрез-

вычайно высоких температурах контактной зоны металл-абразив, когда в тонком поверхностном слое интенсивно растворяются карбиды и идет насыщение аустенита легирующими элементами. Это видно по увеличенному параметру кристаллической решетки остаточного аустенита

Таблица 1 – Количество остаточного аустенита (Аост), параметры его кристаллической решетки (a_γ) и мартенсита (a_α), ширина дифракционных линий аустенитной и мартенситной фаз ($B_{\gamma\alpha}$) тонких слоев шлифованной стали Р6М5

Глубина шлифования мм	Глубина слоя X мкм	Аост % ±3%	a_α кХ	a_γ кХ	B_α мрад	B_γ мрад
0.02	1.02	60	2.949	3.674	17.2	12.4
	2.00	52	2.933	3.671	17.2	10.5
	2.95	52	2.928	3.666	16.3	12.0
	3.82	44	2.915	3.639	17.1	14.6
	4.06	37	2.900	3.620	16.0	14.1
0.04	1.02	50	2.912	3.649	17.4	15.0
	2.00	43	2.918	3.661	16.8	13.4
	2.95	38	2.930	3.648	17.0	16.1
	3.82	37	2.921	3.651	15.7	15.2
	4.06	28	2.880	3.611	18.7	15.6
0.06	1.02	48	2.900	3.640	16.4	10.6
	2.00	39	2.899	3.643	16.0	12.1
	2.95	35	2.890	3.631	15.8	13.0
	3.82	36	2.897	3.652	16.0	15.1
	4.06	36	2.910	3.619	17.1	12.9
0.10	1.02	59	2.916	3.650	16.5	11.5
	2.00	52	2.891	3.620	15.6	13.6
	2.95	45	2.910	3.640	18.1	15.1
	3.82	44	2.890	3.633	17.3	14.6
	4.06	41	2.897	3.640	17.4	15.0

Одновременно с этим растет и параметр кристаллической решетки у мартенситной фазы, что свидетельствует об увеличении содержания углерода в этой фазе. Ширина дифракционных линий обеих фаз послойно изменяется незначительно, а это свидетельствует о сильном наклепе как мартенситной, так и аустенитной фаз приповерхностного слоя.

Из данных таблицы 1 также следует, что фазовый состав тонкого приповерхностного слоя шлифованной стали практически не зависит от глубины шлифования, и это несмотря на установленную нами ранее [5] зависимость общей толщины «белого» слоя от глубины шлифования.

Выводы и направления дальнейших исследований. Результатом настоящего исследования является установление факта высокого содержания остаточного аустенита в тончайшем (1-4 мкм) приповерхностном слое шлифованной быстрорежущей стали Р6М5. Причем количество этой фазы в тонком слое может достигать 50 – 60%, что несомненно должно привести к снижению твердости поверхностного слоя.

Дальнейшие исследования в данном направлении должны быть направлены на анализ твердости и износостойкости приповерхностных слоев шлифованной быстрорежущей стали.

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.Миркин Л.И. *Рентгеноструктурный контроль машиностроительных материалов. Справочник.* –М.:Машиностроение. 1979. С.132
- 4.Миркин Л.И. *Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов.* М: Физматгиз. 1961. С. 863.
- 5.Мисюра А.А.,Ершов В.М. *Аустенизация поверхностного слоя быстрорежущей стали при шлифовании.* Сборник научных трудов сотрудников ДонГТУ. №27, Алчевск. 2008. С. 198-205
- 6.Русаков А.А. *Рентгенография металлов.* М.:Атомиздат. 1978. С. 432.

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