



Белорусский государственный университет

Кафедра физики твердого тела

Магистерская работа
Бибик Н. В.

**Модификация структуры и механических свойств
быстрорежущей стали Р18 при комбинированном
плазменном и термическом воздействии**

Научный руководитель - кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры ФТТ Черенда Н. Н.

Содержание

- Актуальность
- Цели и задачи
- Объект исследования
- Методы исследований
- Морфология поверхности
- Концентрационные профили азота
- Фазовый состав образцов, обработанных при различных значениях Q
- Поперечное сечение образцов после воздействия КПП
- Изменения механических свойств образцов, обработанных при различных значениях Q
- Фазовый состав образцов, обработанных КПП с последующим отжигом
- Микроструктура исходной стали после отжига
- Микроструктура поперечного сечения стали после обработки КПП с последующим отжигом
- Механические свойства образцов, после обработки КПП с последующим отжигом
- Научная новизна работы
- Положения, выносимые на защиту



Актуальность

- Необходимость создания новых альтернативных методов обработки быстрорежущей стали, которые позволили бы повысить эффективность ее закалки является актуальной задачей современного материаловедения. Особое место отводится обработке высококонцентрированными потоками энергии, такими как лазерные, ионные, электронные и плазменные пучки. Комбинированное воздействие концентрированных потоков энергии и термообработки позволяет восстановить прочностные характеристики быстрорежущей стали и получить более равномерное распределение дисперсных карбидов в модифицированном объеме.



Цели и задачи

● **Цель:** исследовать структурно-фазовые изменения и механические свойства быстрорежущей стали Р18, подвергнутой воздействию компрессионных плазменных потоков с последующей термической обработкой.

Задачи:

- Сформировать поверхностные слои в результате воздействия компрессионных плазменных потоков с плотностью поглощенной энергией 9-23 Дж/см²
- Применить методы растровой электронной микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа, рентгеновской дифракции для установления структурно-фазового состояния модифицированных слоев
- Исследовать механические свойства быстрорежущей стали и установить взаимосвязь со структурно-фазовым состоянием



Объект исследований

- Быстрорежущая сталь марки P18 (17,0-18,5% W; 3,8-4,4% Cr; 1,0-1,4% V; 0,7-0,8% C и до 1% Mo, в вес.%)

Обработка

1-й этап:

воздействие компрессионными
плазменными потоками (КПП)

Параметры воздействия :

- плазмообразующее вещество – N_2
- давление рабочего газа - 400 Па
- напряжение на конденсаторах- 4кВ
- длительность разряда - ~100 мкс
- количество импульсов (n) – 3
- плотность энергии (Q) – 9-23 Дж/см²

2-й этап:

отжиг

Параметры воздействия:

Температура отжига–400, 600 и 800°C

Время отжига –1, 2 и 3 часа



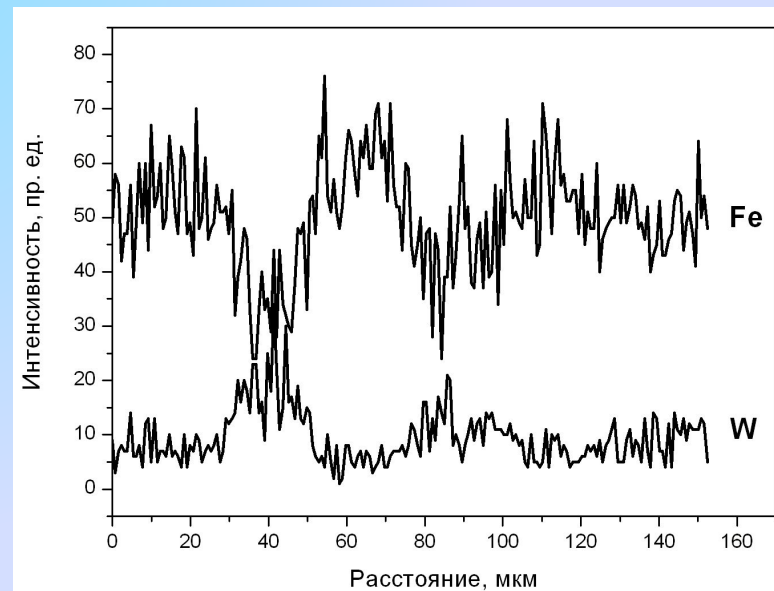
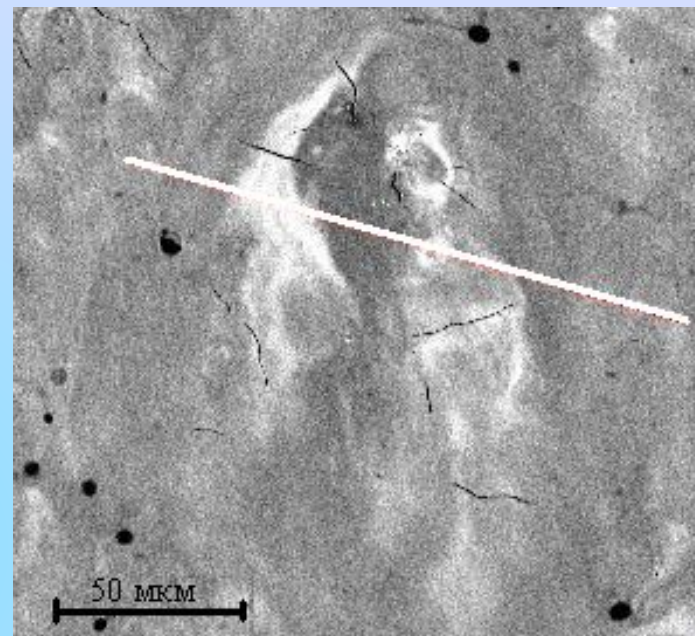
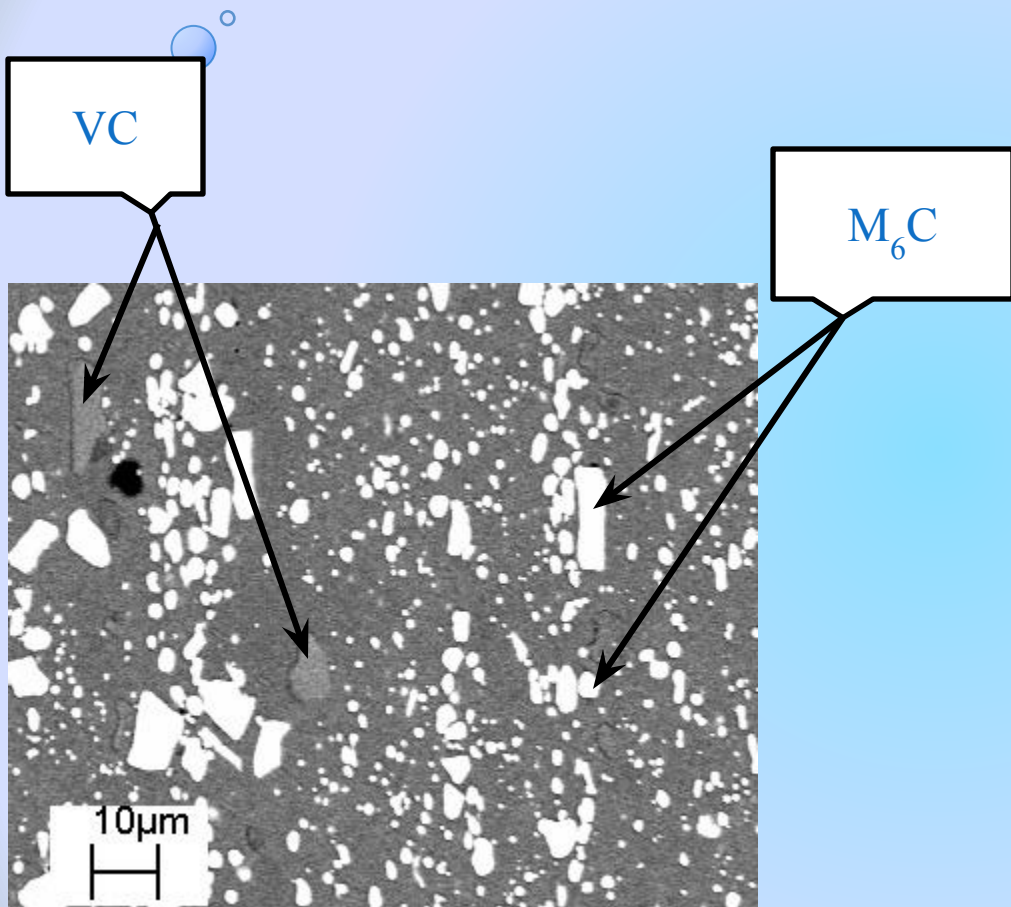
Методы обработки



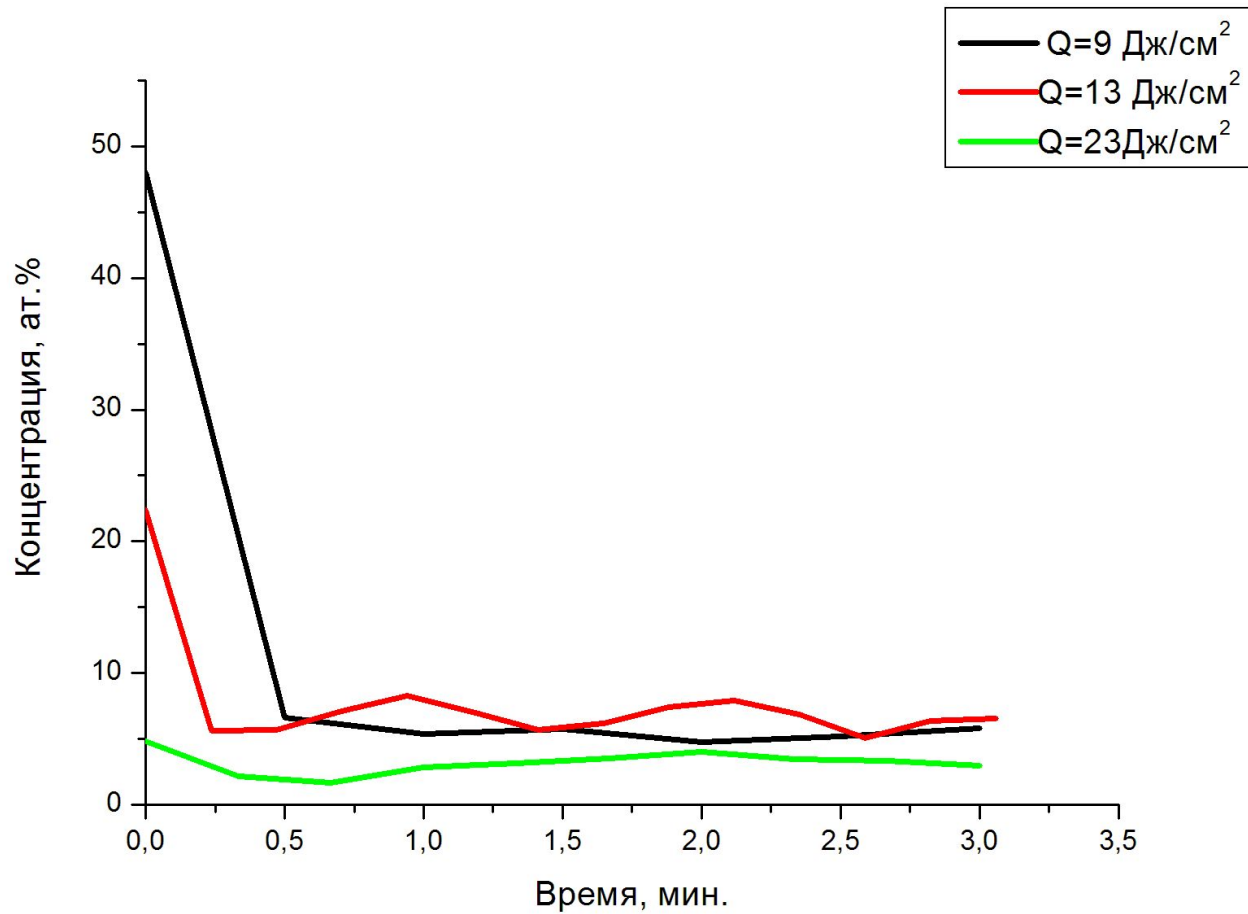
- Рентгеноспектральный микроанализ (анализатор Röntec)
- Растровая электронная микроскопия (микроскоп LEO 1455 VP)
- Оже-электронная спектроскопия (спектрометр PHI-660)
- Рентгеноструктурный анализ (ДРОН-4, медное излучение)
- Измерение твердости (твердомер Wilson Instruments 402MVD)
- Измерение коэффициента трения (трибометр ТАУ-1М)



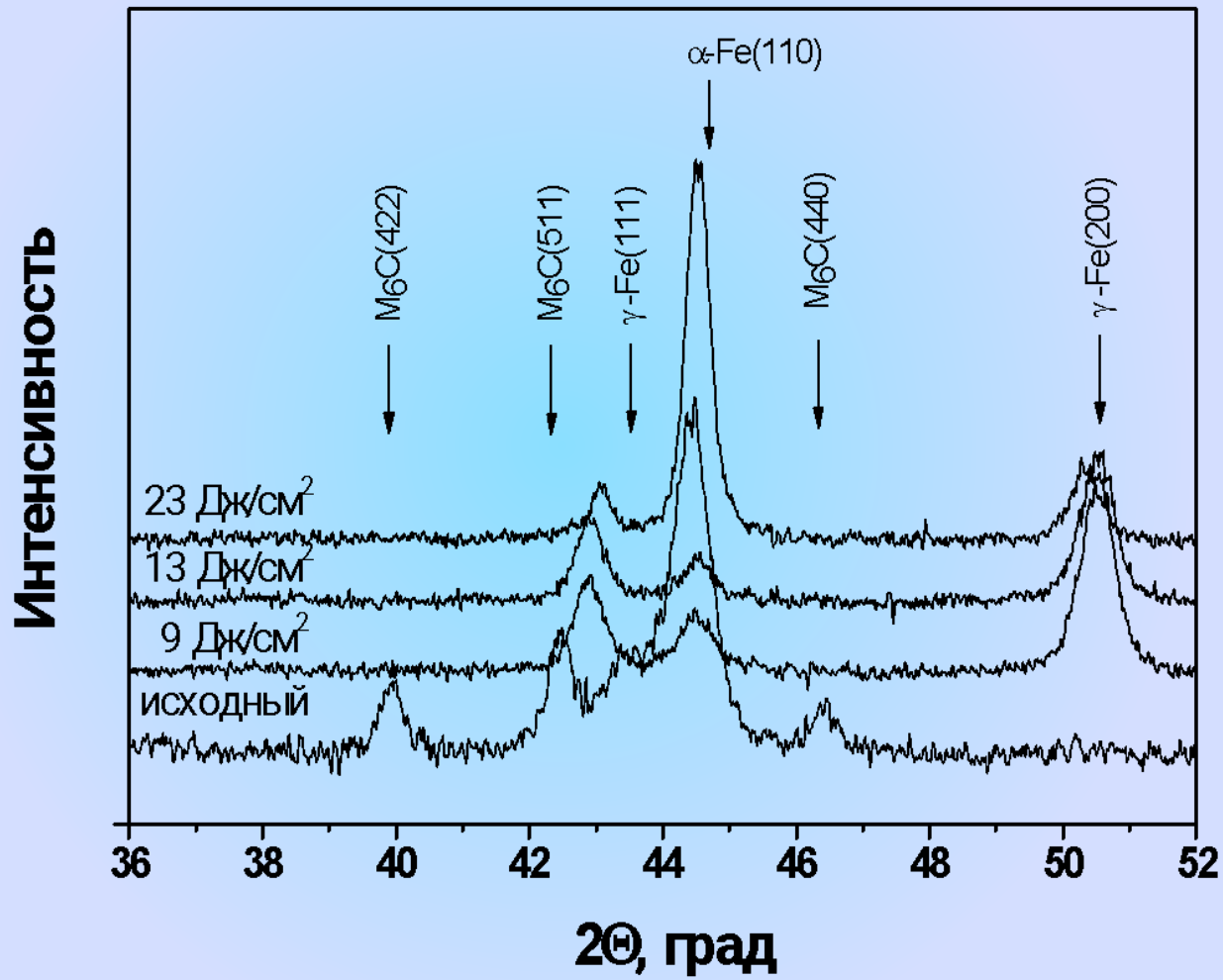
Морфология поверхности и элементный состав



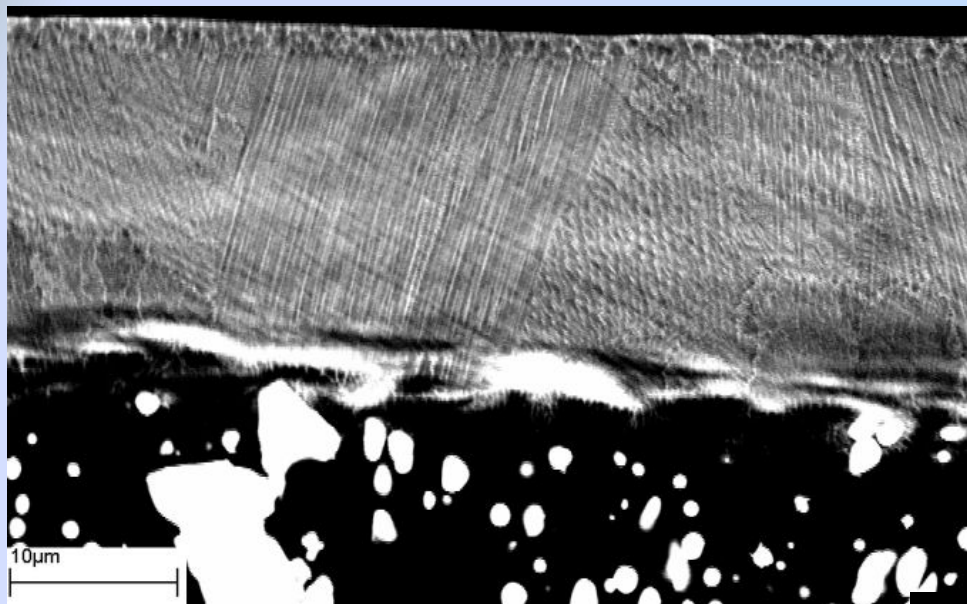
Концентрационные профили азота



Фазовый состав образцов, обработанных при различных значениях Q



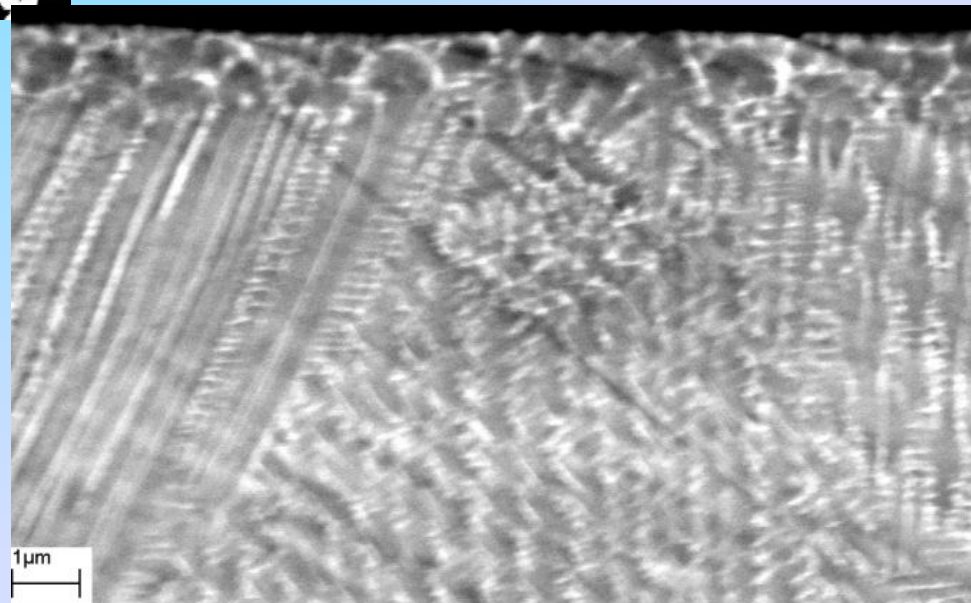
Поперечное сечение образцов после воздействия КШ



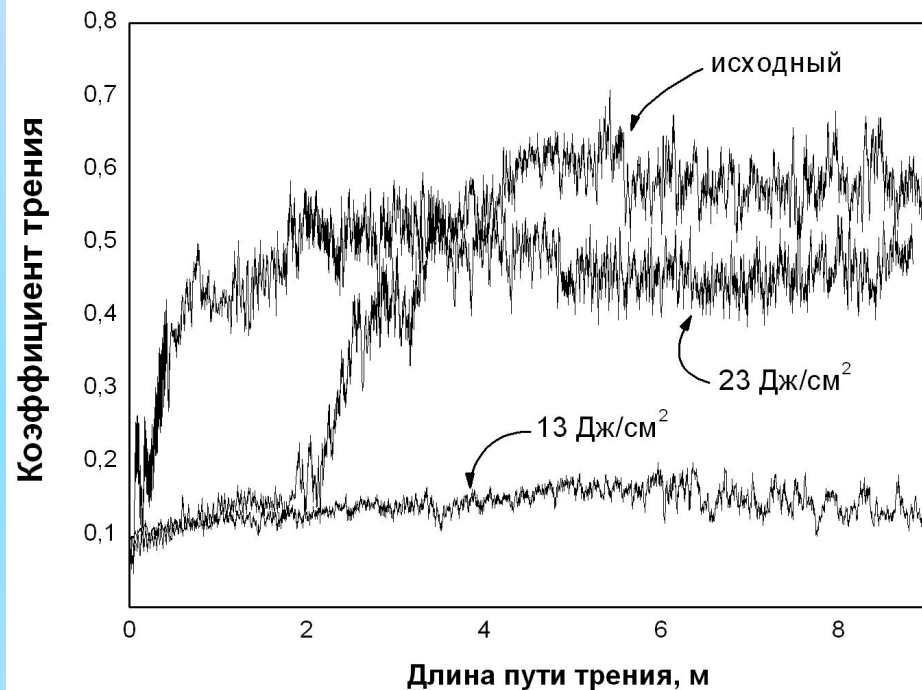
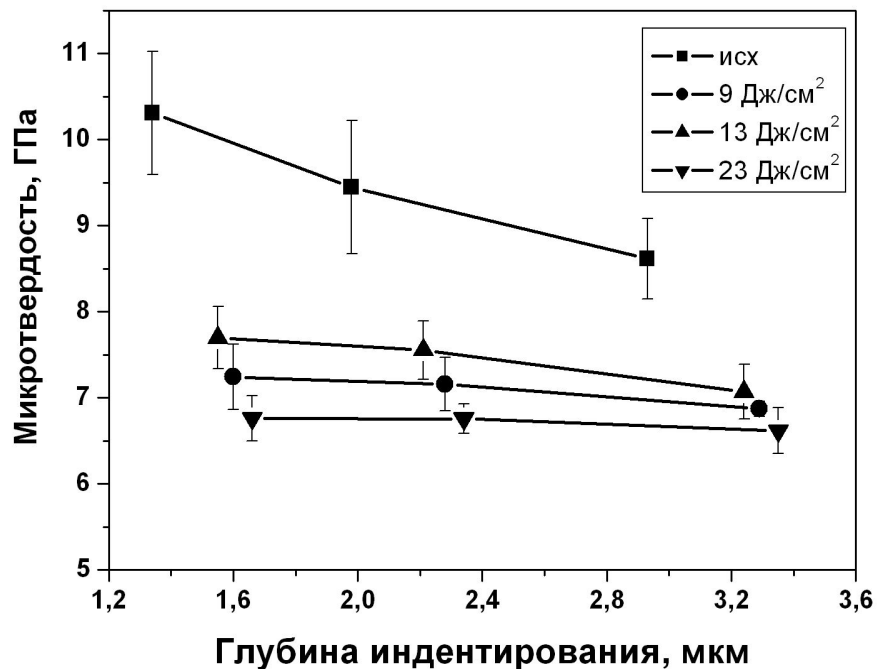
~25мкм

✓ Ячеистая структура

✓ Пластинчатая структура



Изменения механических свойств образцов, обработанных при различных значениях Q

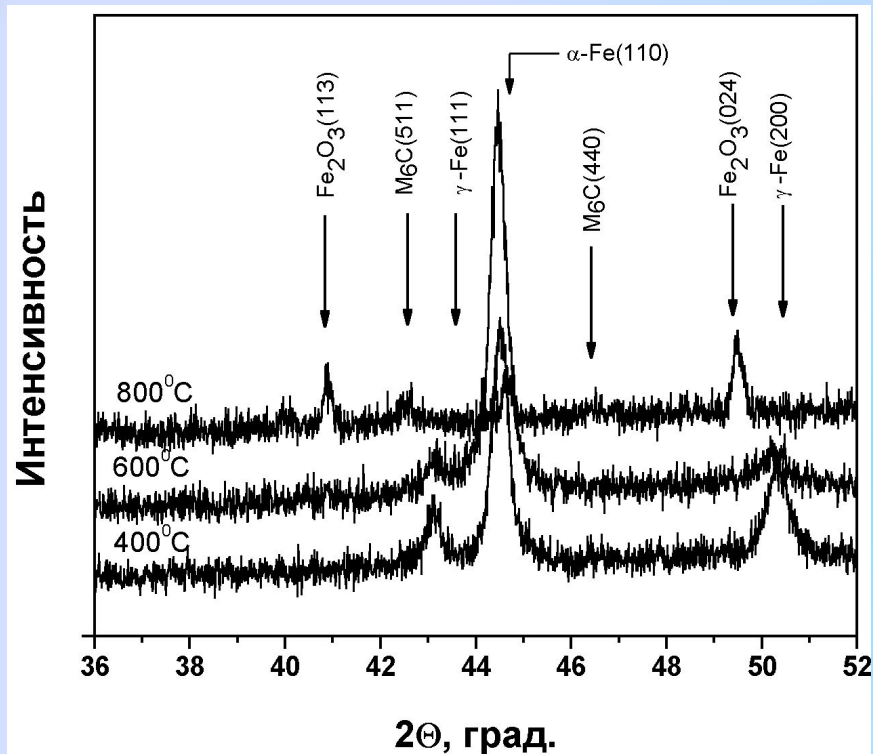


Микротвердость образцов до и после обработки КПП

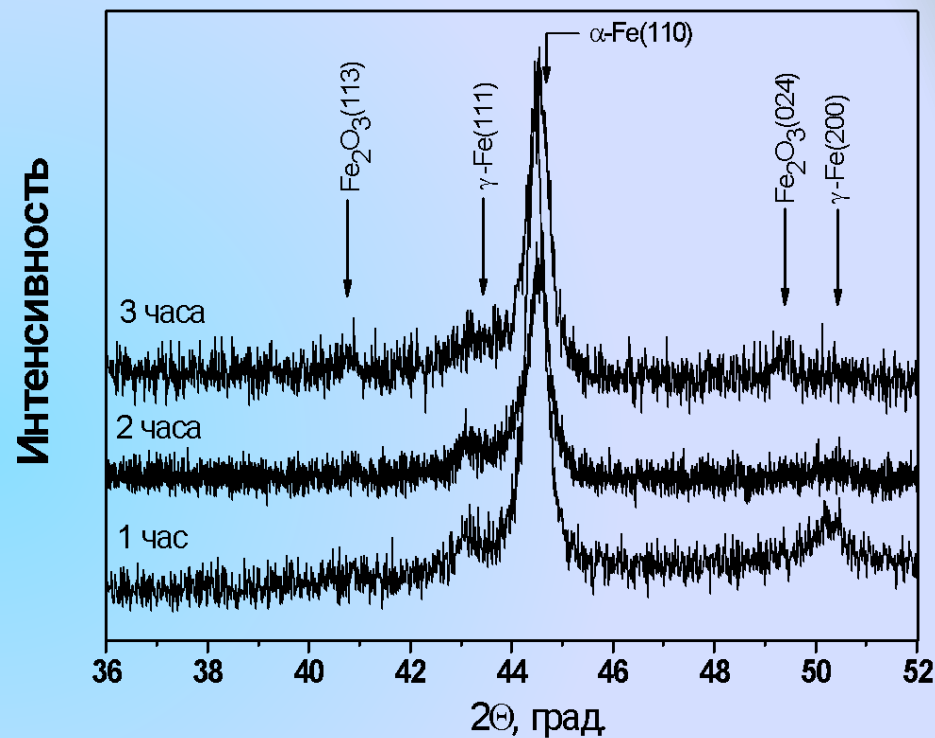
Коэффициент трения образцов до и после обработки КПП



Фазовый состав образцов, обработанных КПП с последующим отжигом



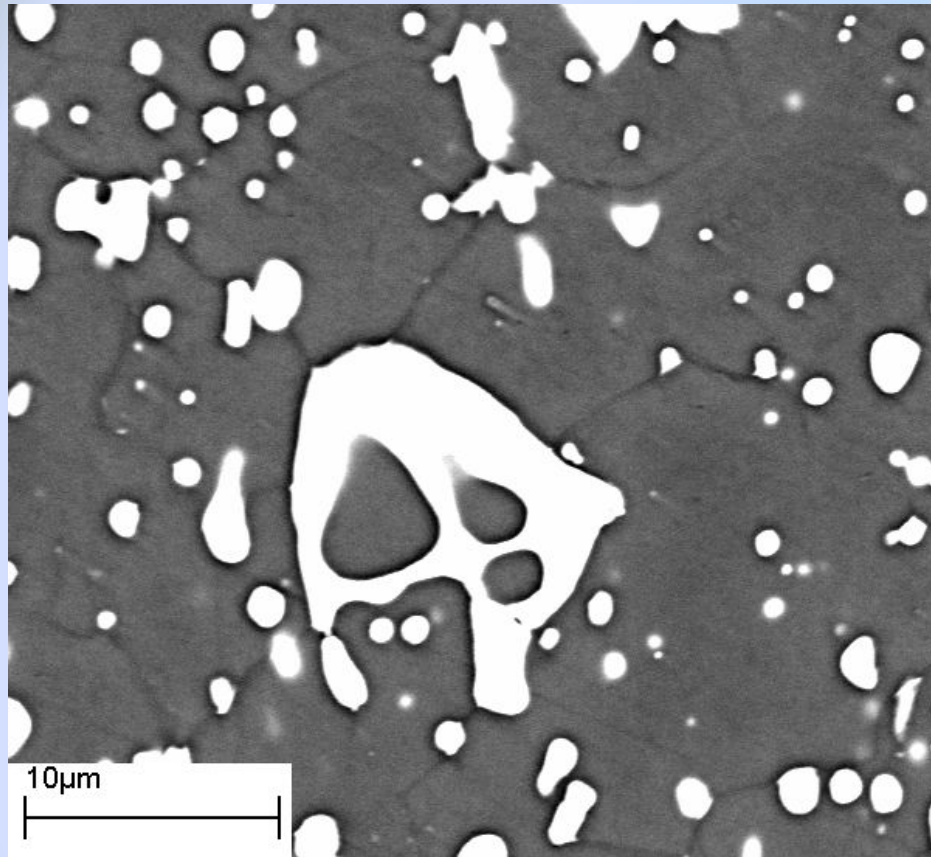
В зависимости от температуры отжига
Время отжига – 1 час



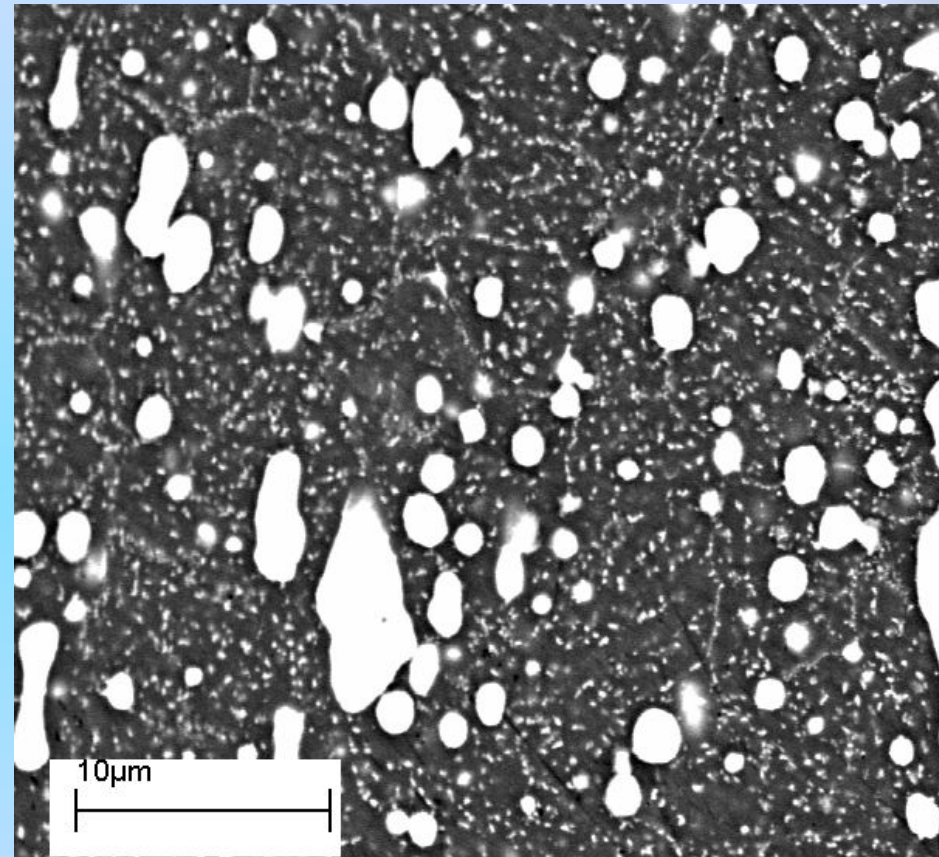
В зависимости от времени отжига
Температура отжига – 600°C



Микроструктура исходной стали после отжига

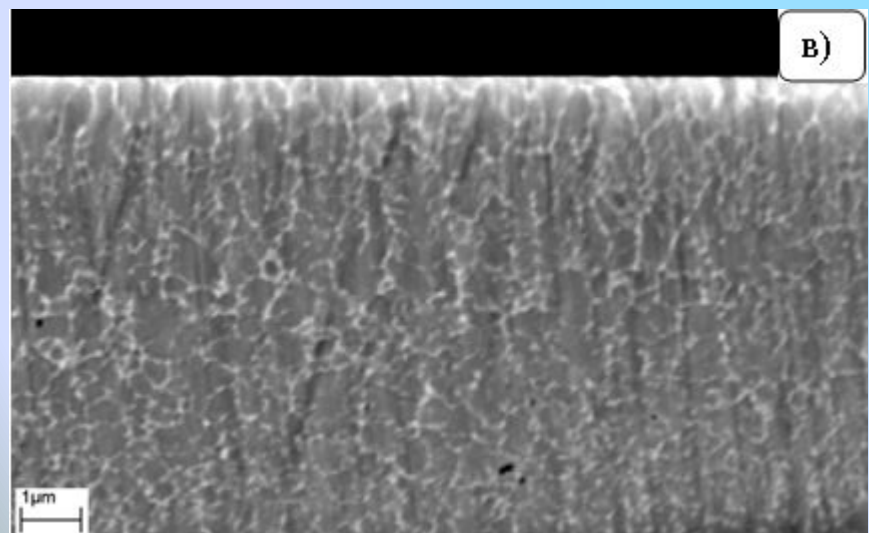
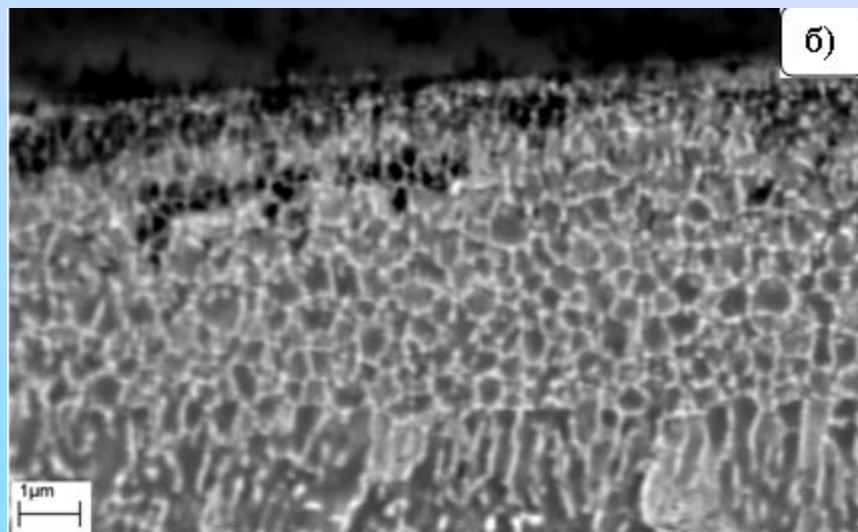
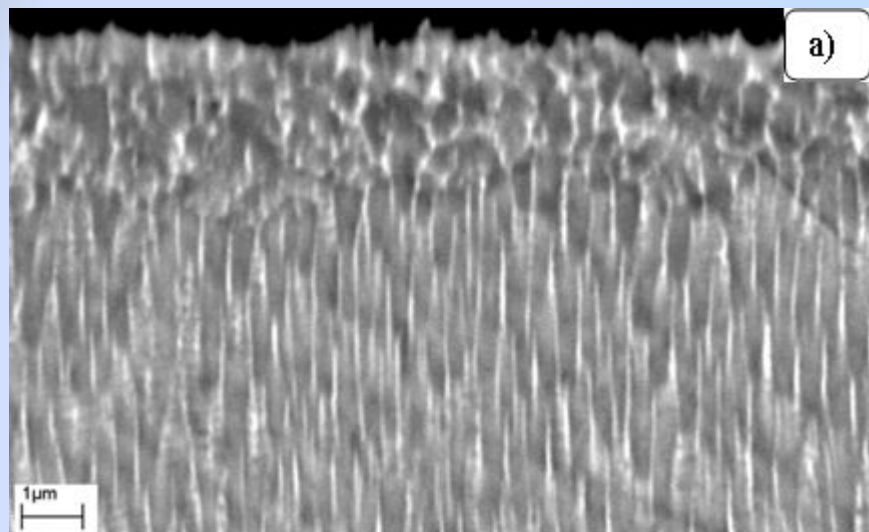


1 час, 600°C



1 час, 800°C

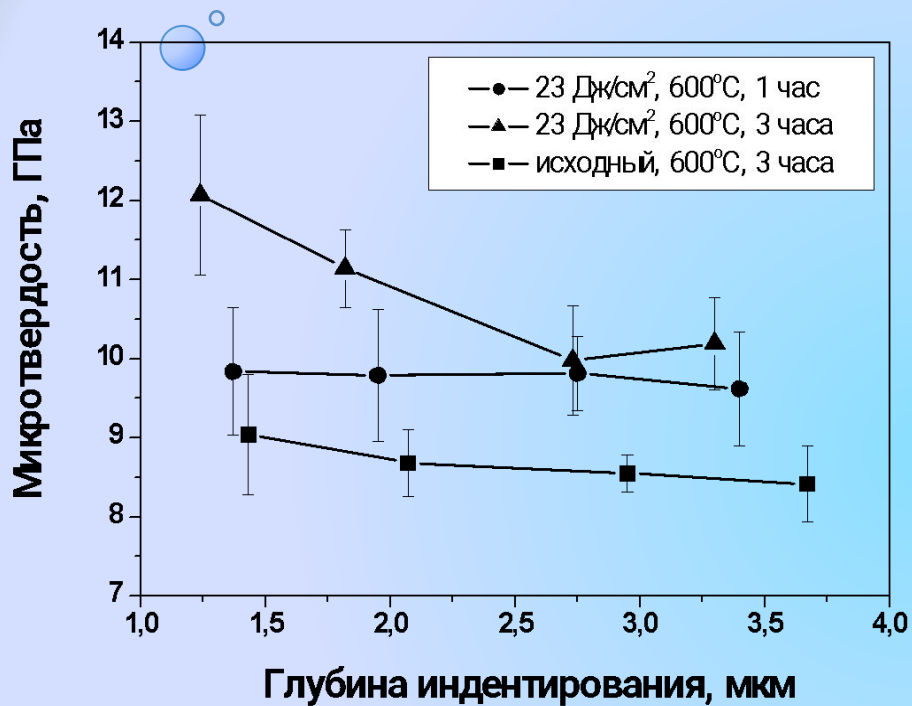
Микроструктура поперечного сечения стали после обработки КПП с последующим отжигом



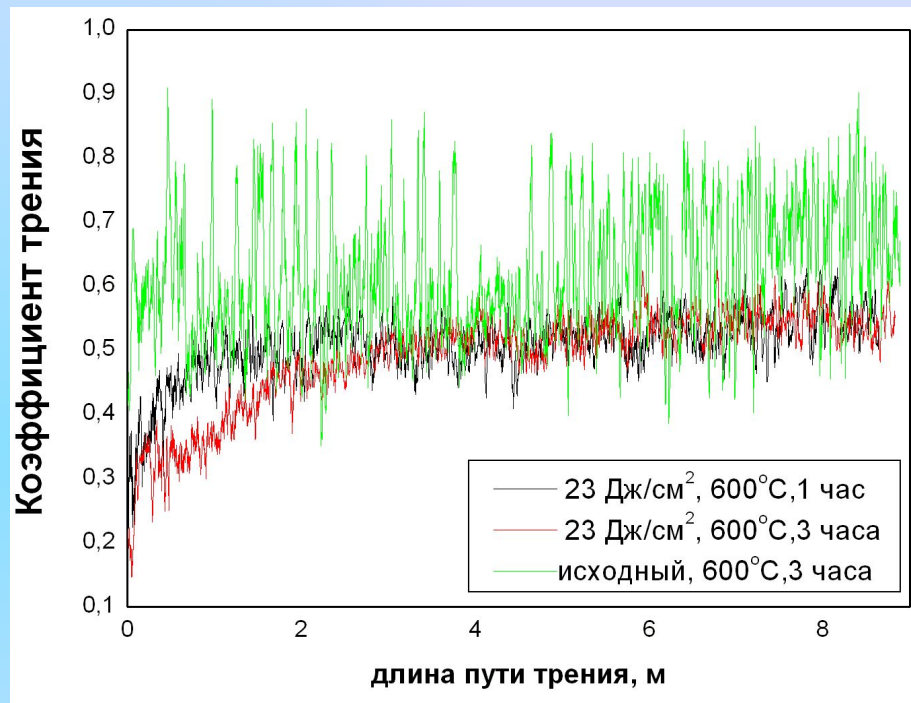
при $Q=23$ Дж/см²

- а) 1 час, 600°C;
- б) 1 час, 800°C;
- в) 3 часа, 600°C.

Механические свойства образцов, после обработки КПП с последующим отжигом



Микротвердость образцов



Коэффициент трения образцов



Научная новизна работы

- Научная новизна полученных результатов заключается в создании модифицированного слоя, характеризующегося однородной и дисперсной структурой, недостижимой путем стандартной термообработки. Механические свойства модифицированного слоя определяются структурно-фазовыми изменениями. Максимальное значение микротвердости быстрорежущей стали Р18 до ~ 12 ГПа достигается при воздействии КПП с плотностью поглощенной энергии $23 \text{ Дж/см}^2\text{с}$ последующим отжигом в течение 3 часов при 600°C



Положения, выносимые на защиту

- Воздействие КПП на быстрорежущую сталь Р18 с плотностью поглотенной энергии 9-23 Дж/см² приводит к растворению карбидов типа М₆С и формированию метастабильной фазы γ -Fe, относительное содержание которой определяется параметрами обработки.
- Формирующийся в ходе обработки модифицированный слой толщиной ~25 мкм состоит из двух зон. Непосредственно у поверхности образца формируется зона с ячеистой структурой. Нижележащая зона содержит пластинчатые структуры, ориентированные под различными углами к поверхности.
- При последующем отжиге, реализуется $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение с выделением карбидов по границам зерен. Увеличение температуры и времени отжига приводит к увеличению количества распавшегося аустенита.
- При температуре отжига 800°C в течение одного часа наблюдается рекристаллизация поверхностного слоя толщиной до 5 мкм и выделение карбидов по границам зерен.
- Увеличение времени отжига при 600°C до трех часов приводит к переходу от пластинчатой структуры к структуре с равноосными зернами во всем модифицированном слое и выпадение мелкодисперсных карбидов по границам.





Спасибо за внимание

