

Лаборатория объемных наноструктурных материалов

**Эволюция структуры и механических свойств аустенитной
нержавеющей стали в процессе обработки методом холодной
радиальной ковки**

асп., м.н.с. лаб. ОНМ Черниченко Р. С.

научный консультант к.т.н. доц., с.н.с. лаб. ОНМ Панов Д. О.

научный руководитель проф. д.т.н. зав. лаб. ОНМ Салищев Г. А.

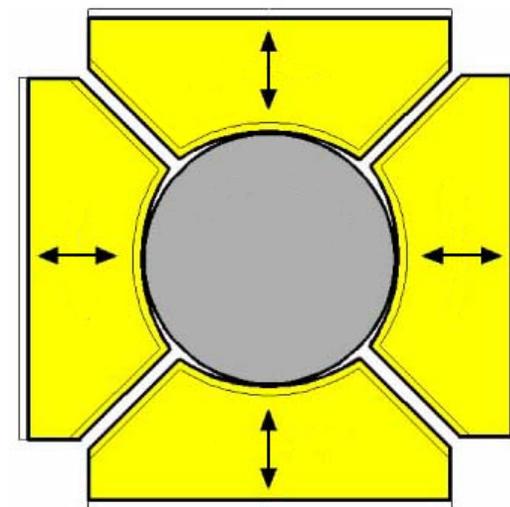
Работы выполнены при поддержке РФФ (проект № 20-79-10094)

Актуальность

Аустенитные нержавеющие стали демонстрируют превосходное сочетание пластичности, коррозионной стойкости и технологичности. Однако низкий предел текучести ограничивает область их применения. Деформационная обработка является наиболее перспективным и распространенным способом повышения прочностных свойств материала. Однако некоторые аспекты поведения материала при деформационной обработке остаются малоизученными. В частности, дополнительного изучения заслуживает влияние структурного градиента, сформированного в процессе радиальной ковки, на механические свойства материала.



Радиально-ковочная машина



Схематичное изображение процесса радиальной ковки

Цели и задачи:

Целью данной работы было изучение влияния холодной радиальной ковки (ХРК) на структуру и механические свойства аустенитной нержавеющей стали. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- Анализ структуры в исходном состоянии
- Проведение деформационной обработки стали
- Исследование эволюции структуры материала в процессе ХРК
- Определение механических свойств материала

Материал

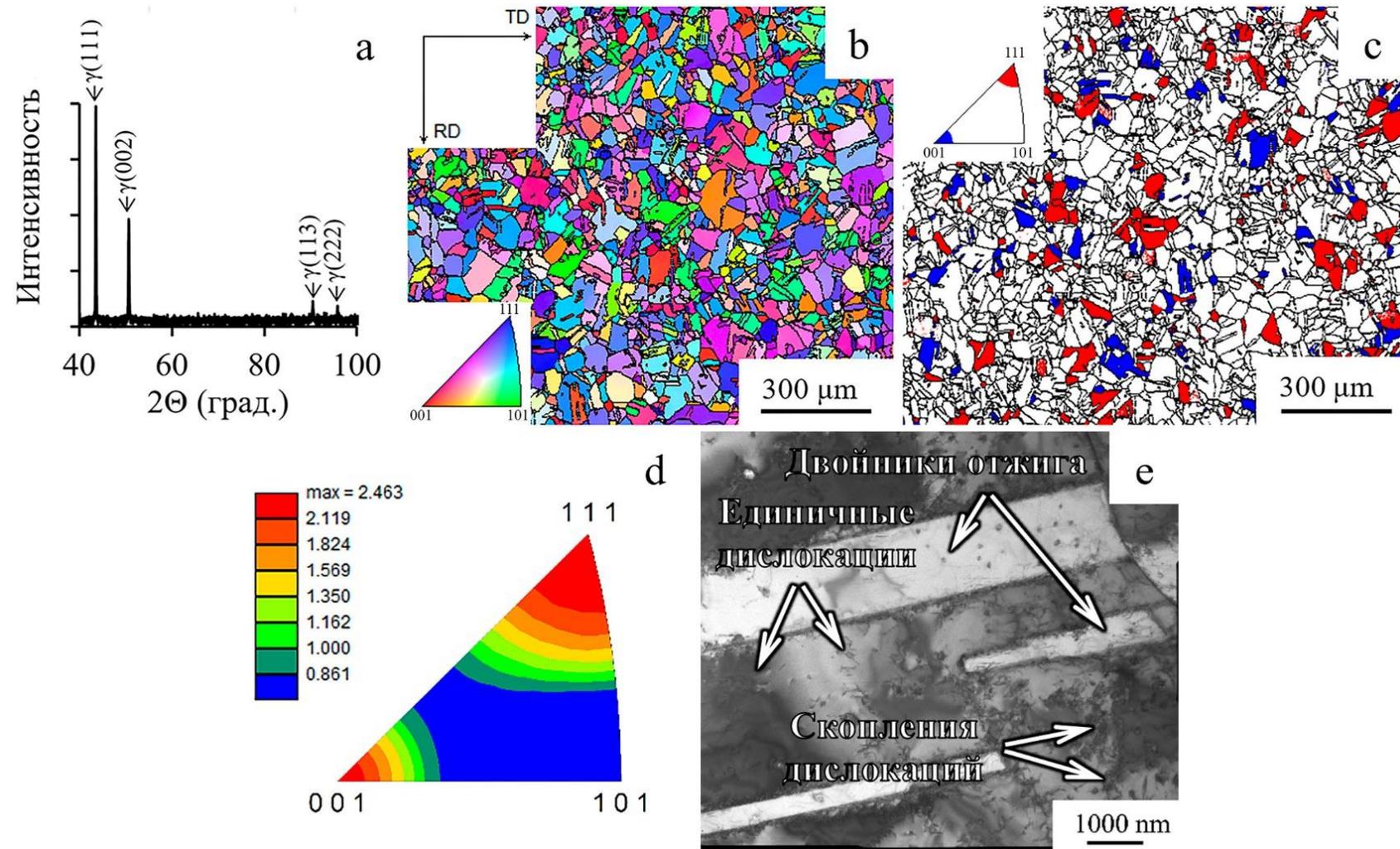
В качестве исходного материала исследования выбрана хромоникелемолибденовая аустенитная сталь 10X16H13M2 в виде прутка диаметром 46 мм, полученного горячей радиальной ковкой с последующей закалкой 1050°C

Эл-ты	Cr	Ni	Mo	C	P	S	Fe
Кол-во вес. %	16,82	12,04	1,91	0,1	0,002	0,002	69,12

Методики исследования

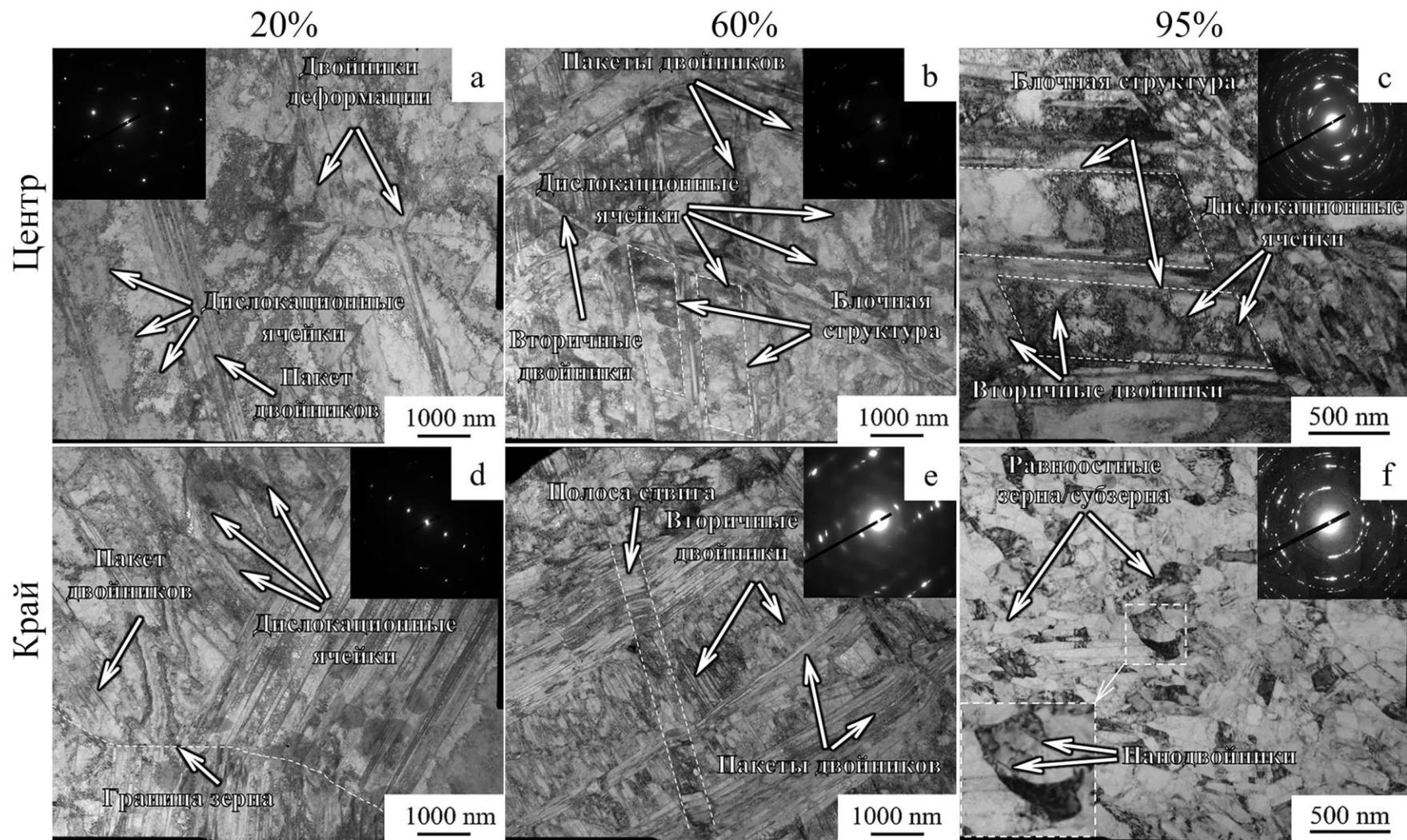
- Рентгеноструктурный анализ
- Исследование материала с помощью СЭМ
- Исследование материала с помощью ПЭМ
- Испытания на одноосное растяжение

Структура стали в исходном состоянии



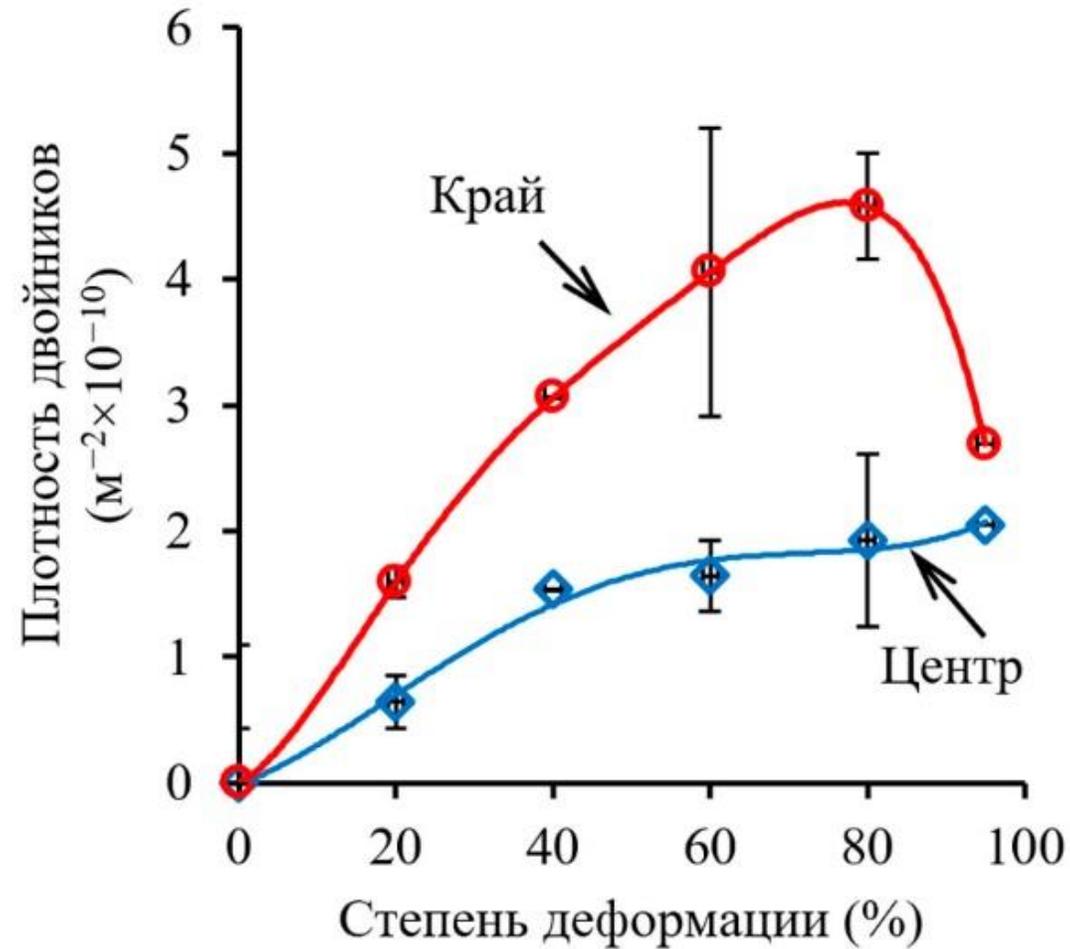
Рентгенограмма стали в исходном состоянии (a), карта распределения ориентировок зерен (b), текстурная карта (c), обратная полюсная фигура(d) и структура исследуемой стали полученная с помощью ПЭМ (e).

Эволюция микроструктуры стали в процессе ХРК

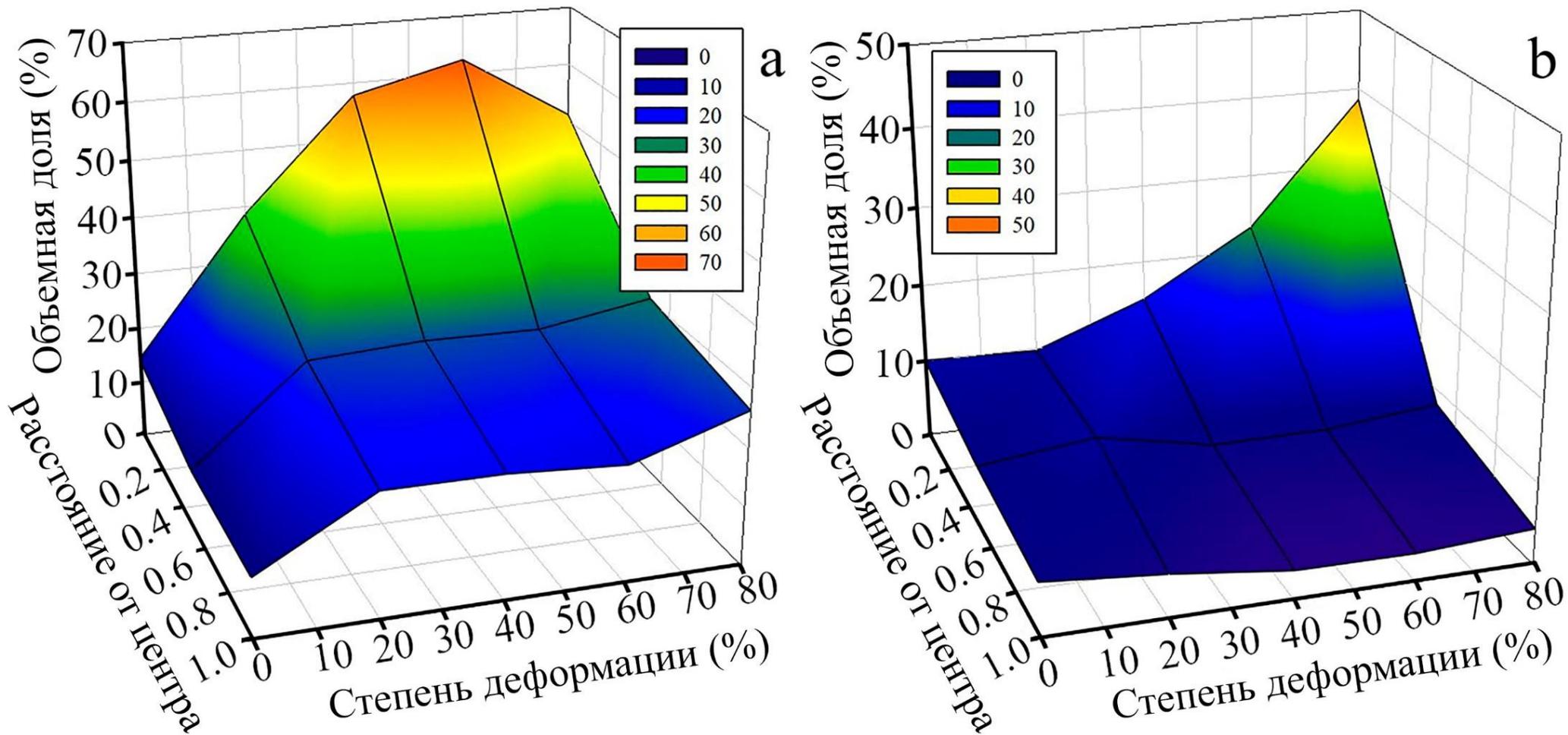


Структура стали в центре (a-c) и крае (d-f) прутка после ХРК до 20% (a-d), 60% (b-e) и 95% (c-f) полученная с помощью ПЭМ

Зависимость плотности двойников от степени ХРК

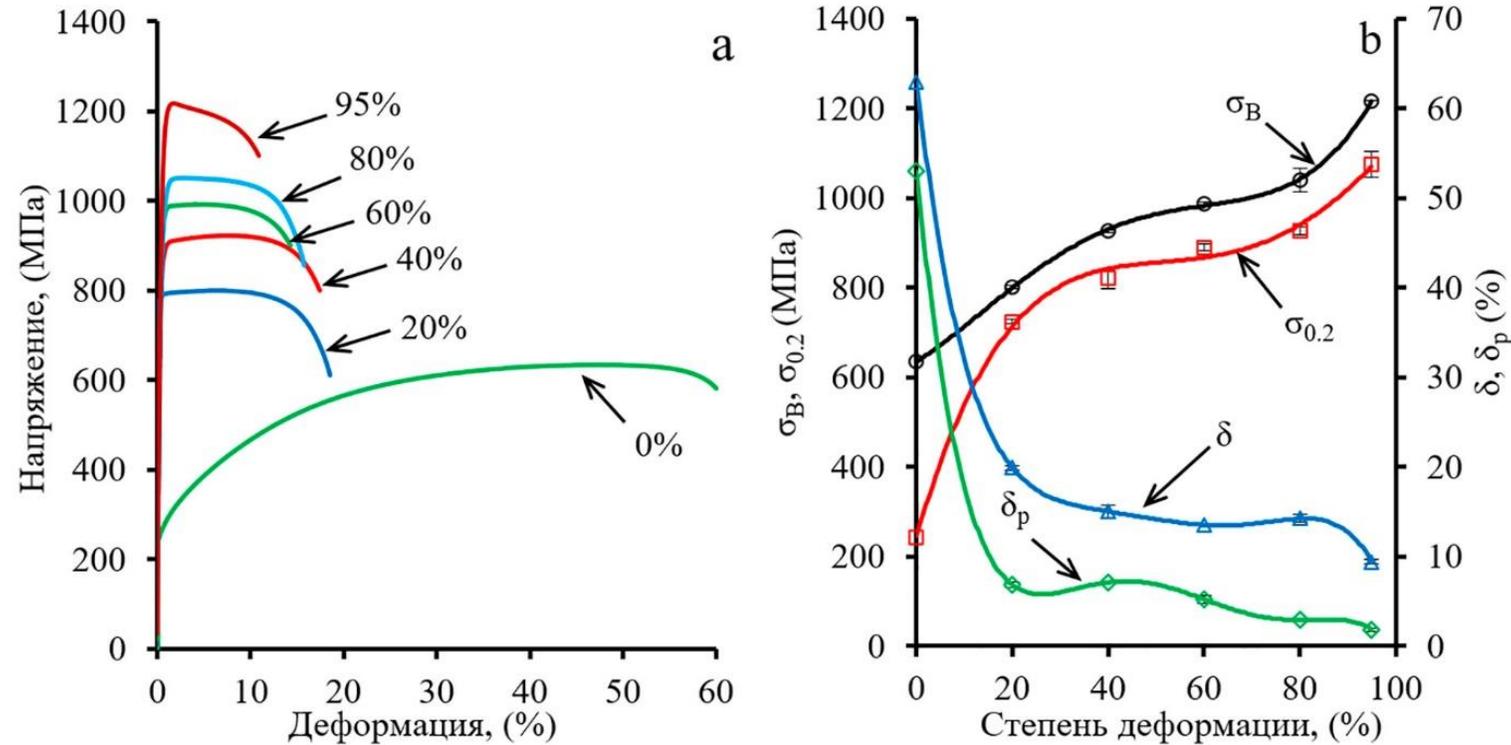


Эволюция текстуры стали в процессе ХРК



Зависимость объемной доли зерен с ориентировкой $\langle 111 \rangle // \text{OP}$ (a) и $\langle 001 \rangle // \text{OP}$ (b) от степени ХРК

Влияние ХРК на механические свойства стали



Параметры	Деформация, %					
	0%	20%	40%	60%	80%	95%
Напряжение течения ($\sigma_{0,2}$), МПа	243	724	760	900	911	1076
Максимальные напряжения (σ_B), МПа	635	801	927	987	1040	1220
Удлинение, %	63	20	15	14	14	9
Равномерное удлинение, %	53	7	7	5	3	2

Выводы

В результате исследований было изучено влияние холодной радиальнойковки на структуру и механические свойства аустенитной нержавеющей стали 10X16H13M2. Были сформулированы следующие выводы:

- В процессе ХРК наблюдается три стадии формирования градиентной структуры. На первой стадии происходит формирование пакетов двойников как в центре, так и в приповерхностном слое прутка. На второй стадии в центре прутка сформирована блочная структура, тогда в приповерхностном слое наблюдается ламельная двойниковая структура. На третьей стадии в центре прутка структура остается блочная, при этом плотность двойников повышается. В свою очередь в приповерхностном слое происходит фрагментация ламельной структуры и формирование бездефектных равноостных зерен.
- В процессе ХРК было выявлено формирование текстурного градиента по сечению прутка. При этом в центре наблюдается острая двухкомпонентная текстура 111//ОП и 001//ОП, которая размывается по направлению от центра к краю прутка, в результате чего текстура приповерхностного слоя представлена в виде слабовыраженной однокомпонентной текстуры 111//ОП.
- Результаты испытаний на растяжения показали, что ХРК до 40% приводит к значительному упрочнению стали и снижению пластичности в результате интенсивного двойникования в центре прутка и формирования ламельной структуры в приповерхностном слое. Повышение степени деформации до 40, 60 и 80 % приводит к стабилизации характеристик пластичности на одном уровне (~14 %) , при этом происходит дальнейшее упрочнение материала ($\sigma_{0,2}$ увеличивается с ~760 до ~910 МПа; σ_b — с ~930 до ~1040 МПа) что связано с эффектом градиентной структуры. После деформации до 95% происходит дальнейшее повышение предела прочности и предела текучести и снижение пластичности материала.

Спасибо за внимание!