

**ФГАОУ ВО «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Лаборатория механических свойств жаропрочных
и наноструктурных материалов**

**ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ДЕФОРМАЦИИ НА
СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ
ПОЛЗУЧЕСТИ 10СР СТАЛИ, МИКРОЛЕГИРОВАННОЙ
РЕНИЕМ**

аспирант, м.н.с Никитин И.С.,

канд. техн. наук, с.н.с. Федосеева А.Э.



БелГУ
BELGOROD STATE
UNIVERSITY (BSU)

Современное состояние металловедения теплотехнических мартенситных сталей

I путь развития

В России

За рубежом

12X8BM1БФР(ЭП505),	P91
15X12BM1БФР (ЭП752),	P911
18X12BMБФР (ЭИ993),	P92
14X12B2МФ (ЭИ756),	P122
15X12BHMФ	

Температура эксплуатации 600°C

Добавление 2-3% Co

Повышение температуры эксплуатации до 610-620°C

!!! Кобальт ускоряет переход МХ → Z-фаза

II путь развития

Основа Fe – (9-12)Cr – 3Co – (2-3)W – 0,1C – (V+Nb)

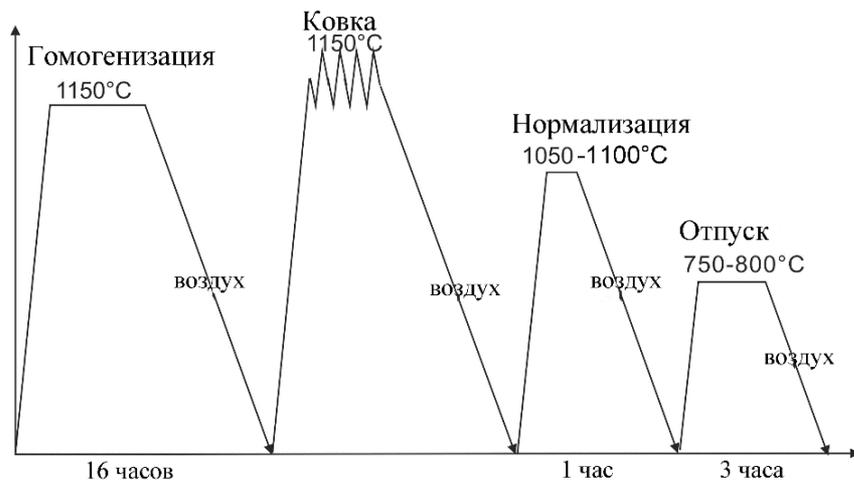
Снижение N до минимальных значение + добавление В 0,01-0,02%

Температура эксплуатации 630-650°C

TOS110	HR1200
TOS 203	AISI P93
	G115

Материал исследования и методики

Сталь	C	Mn	Si	Ni	Cr	Co	Mo	W	V	Nb	B	N	Cu	Re
10Cr-3Co-3W-0,2Re	0,11	0,14	0,03	0,03	9,85	3,2	0,13	2,89	0,23	0,07	0,008	0,002	0,22	0,17
Сталь-прототип	0,10	0,06	0,10	0,17	10,00	3,0	0,70	2,00	0,20	0,05	0,008	0,003	0,01	–



Режим ТО:

нормализация 1100°C – 1 час
отпуск 770°C – 3 часа

Методики:

- (1) Метод ОМ
- (2) Метод ПЭМ
- (3) Метод РЭМ (Z-контраст + фрактография)

Цель: Выявить основные закономерности влияния локализации деформации на структурные изменения при длительной ползучести.

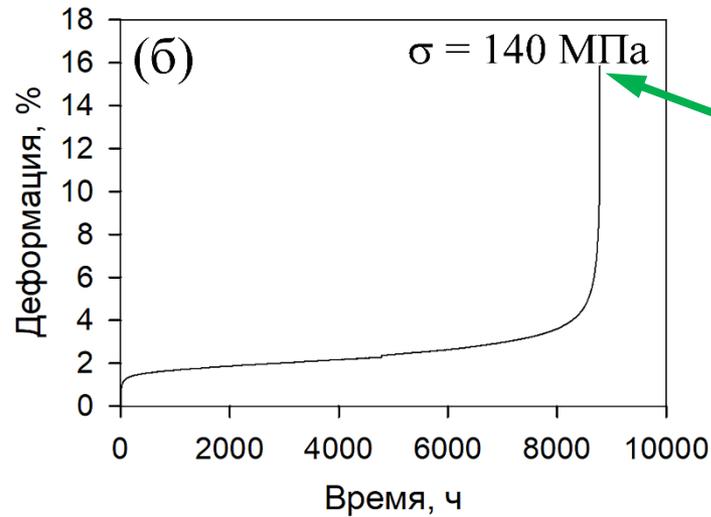
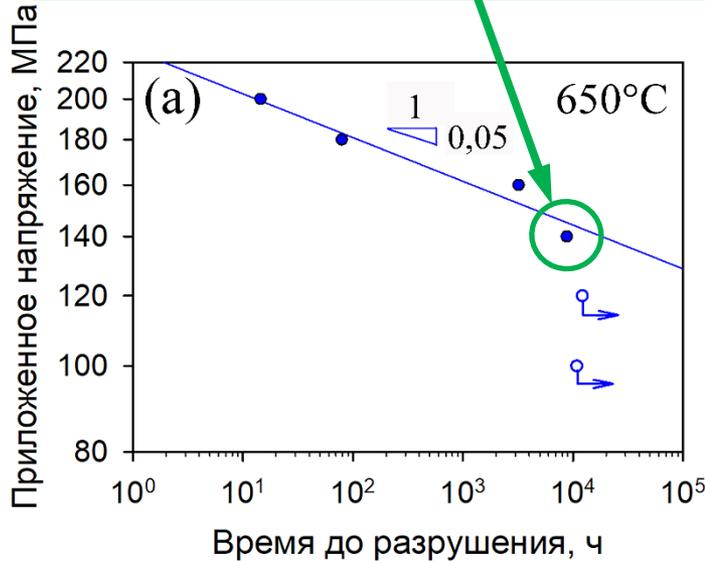
Задачи:

- (1) исследовать основные параметры структуры троостита: ширину реек и плотность дислокаций после ползучести;
- (2) исследовать параметры частиц вторых фаз: фазовый состав, размеры частиц и плотность частиц по границам;

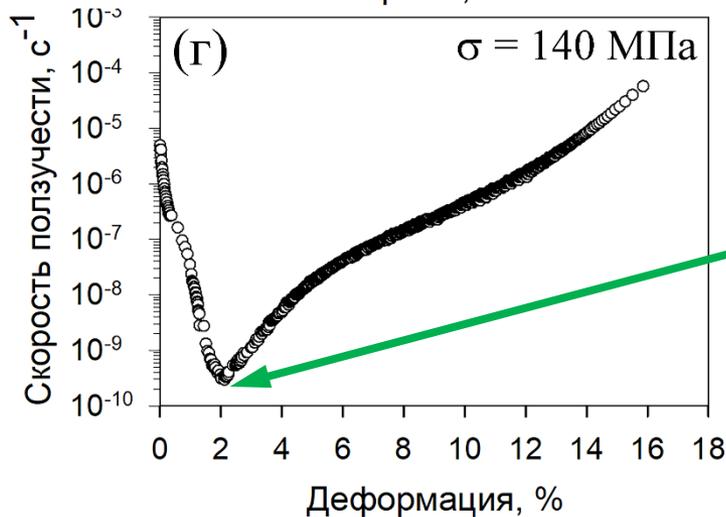
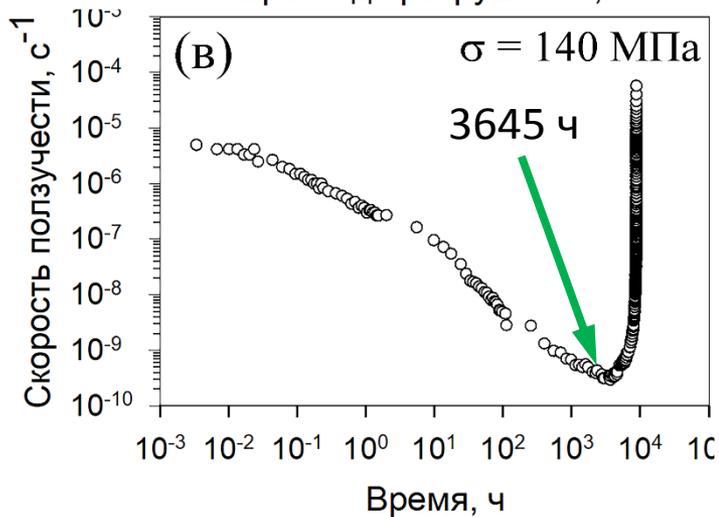
Механическое поведение при ползучести при 140 МПа

Время испытания 8 785 ч (~1 год)

МАХ на текущий момент для данного режима ТО

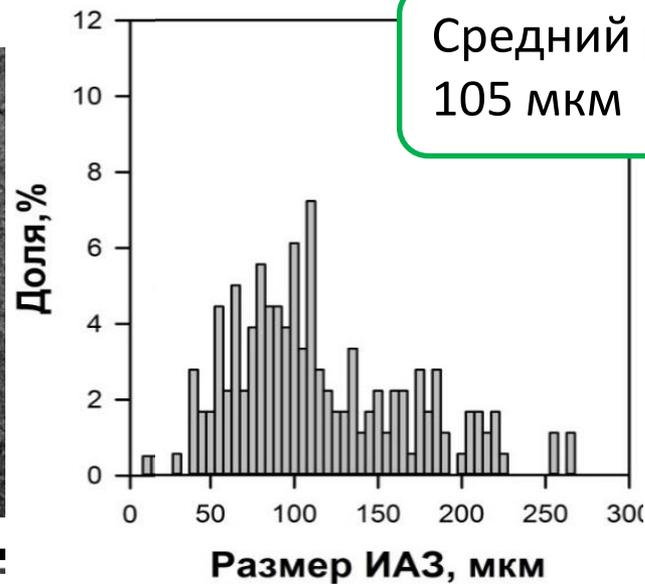
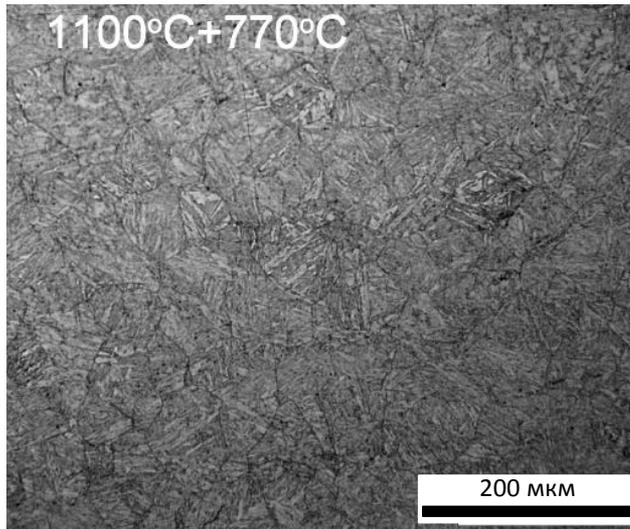


Высокая
пластичность
 $\delta = 15,9\%$
 $\Psi = 73\%$



Минимальная
скорость ($\dot{\epsilon}$)
 $2,93 \times 10^{-10} \text{ с}^{-1}$
при $\epsilon = 2,12\%$

Исходная структура исследуемой 10Cr стали

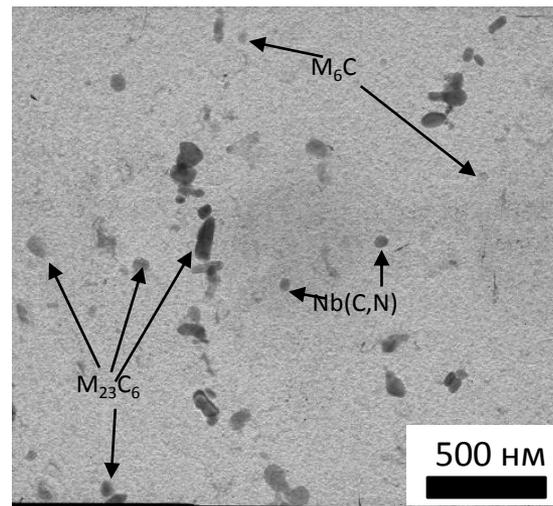
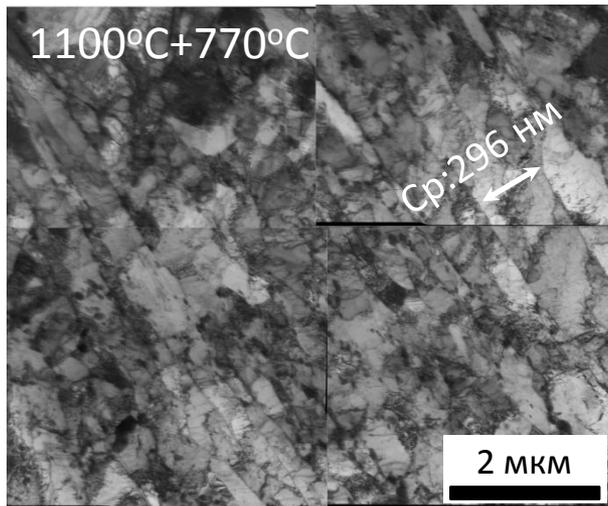


Ширина рек

~300 нм

Плотность

дислокаций $\sim 2,0 \times 10^{14} \text{ м}^{-2}$



Размер $M_{23}C_6 \sim 59 \text{ нм}$

Размер $M_6C \sim 44 \text{ нм}$

Размер $MX \sim 34 \text{ нм}$

$\beta = 2,56 \text{ мкм}^{-1}$

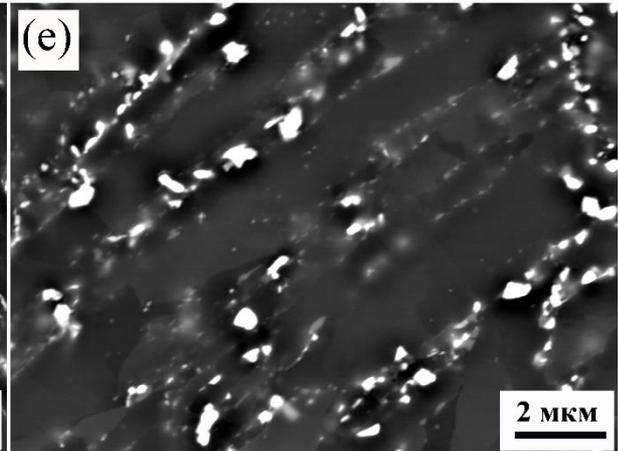
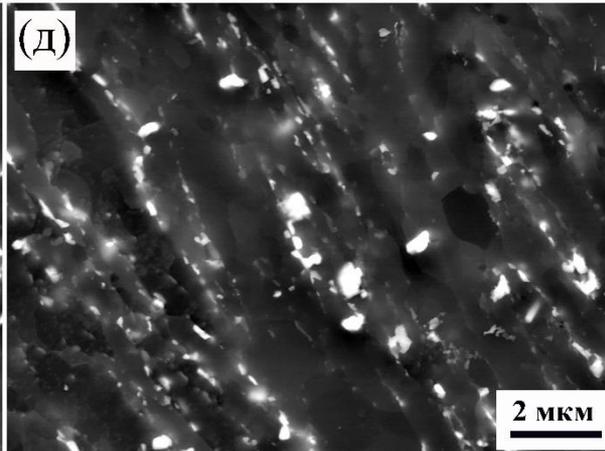
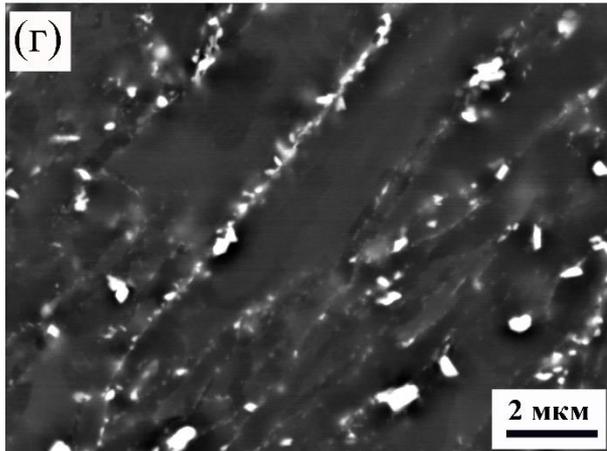
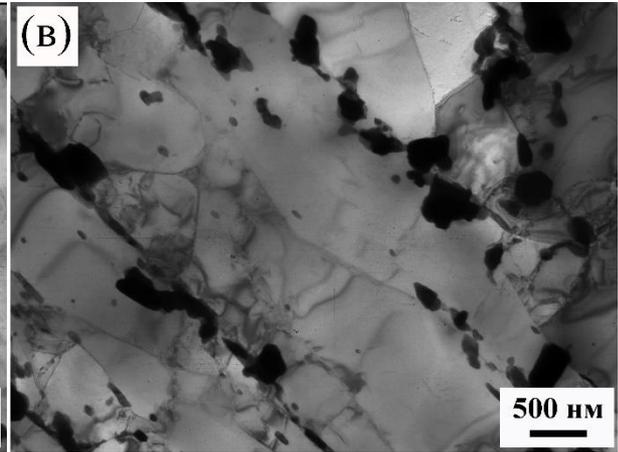
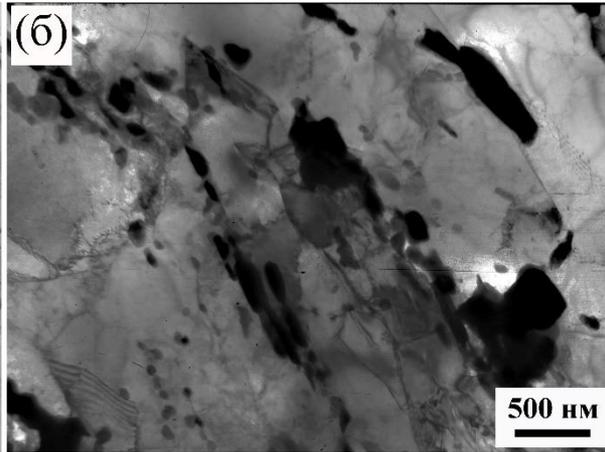
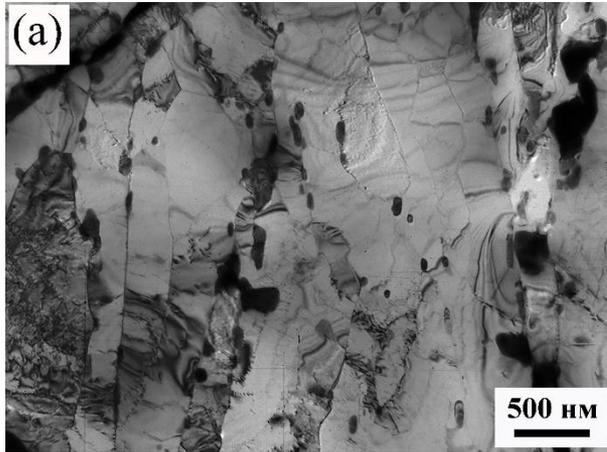
Плотность частиц по границам (β) = (число частиц/длина границы)

Структура после ползучести

Захватная часть –
воздействие температуры

Равномерная деформация –
Сужение 10%

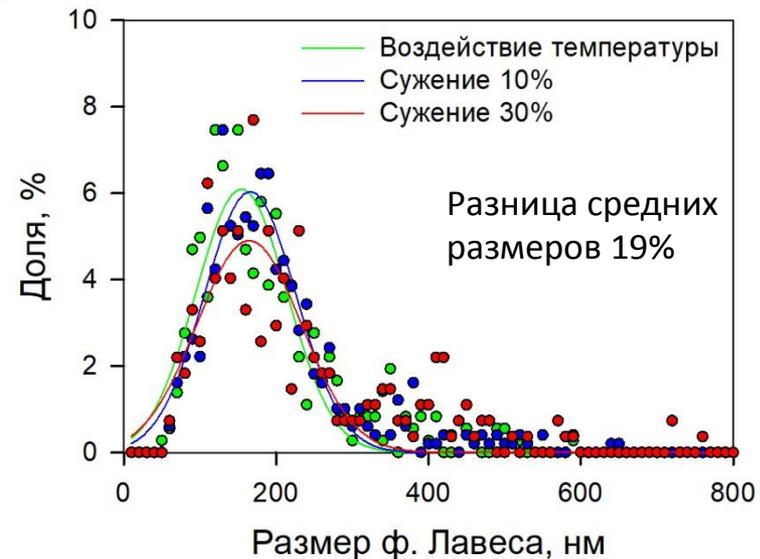
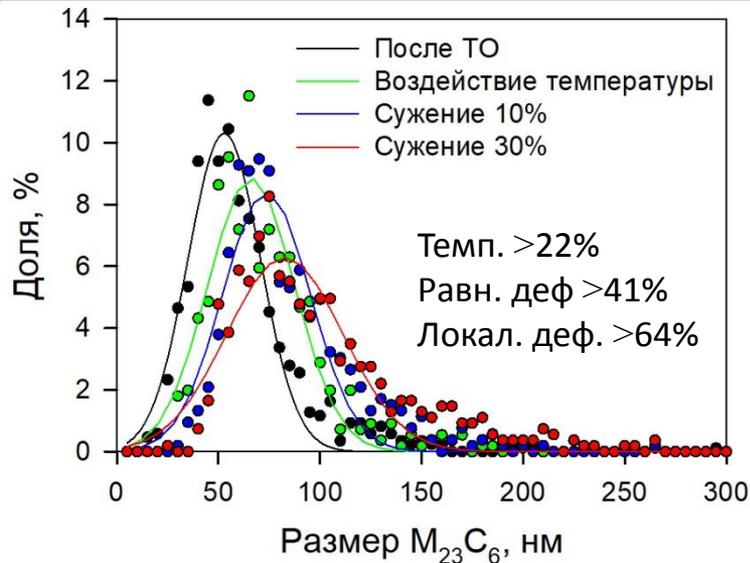
Область локализации –
Сужение 30%



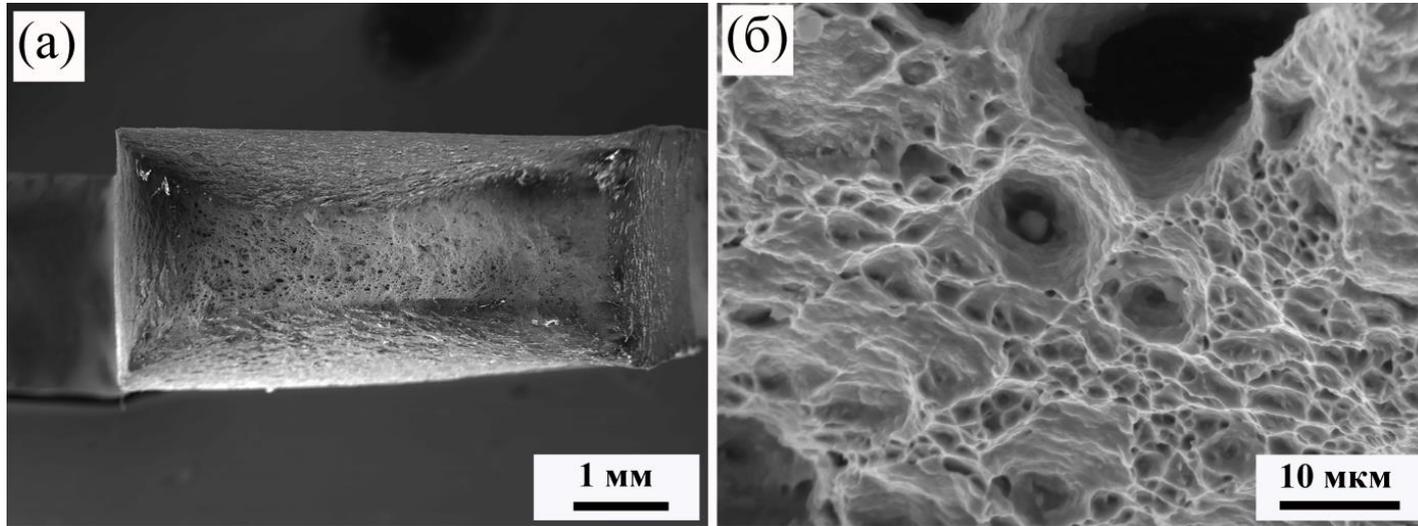
Основное изменение – выделение и рост ф. Лавеса - 55%W-27%Fe-14%Cr-4%(Mo+Co)

Влияние локализации на параметры структуры

	Исходное состояние	Захватная часть	Область равномерной деформации	Область локализации деформации
Поперечная ширина реек, нм	296	453	676	914
Плотность дислокаций, $\times 10^{14} \text{ м}^{-2}$	2,0	1,1	0,4	0,2
Средний размер $M_{23}C_6$, нм	59	72	83	97
Плотность частиц $M_{23}C_6$ по МУГ, мкм^{-1}	2,56	2,29	1,73	1,42
Средний размер M_6C , нм	44	–	–	–
Средний размер фаз Лавеса, нм	–	183	194	218
Плотность частиц фаз Лавеса по МУГ, мкм^{-1}	–	0,71	1,21	1,15
Средний размер МХ, нм	34	31	41	43



Фрактографические исследования



- Наблюдается транскристаллитное разрушение
- На дне некоторых ямок наблюдались частицы, являющиеся центрами их зарождения
- Исходя из размеров частиц на дне ямок залегают частицы ф. Лавеса

Основные выводы

- Локализация пластической деформации при ползучести оказывает значительное влияние на структурные изменения при ползучести в исследуемой стали.
- Увеличение величины пластической деформации приводит к существенному увеличению ширины реек с одновременным снижением плотности свободных дислокаций, что коррелирует с укрупнением частиц карбида $M_{23}C_6$ и образованием сравнительно крупных частиц фазы Лавеса.
- Локализация деформации оказывает слабое влияние на частицы ф. Лавеса.

Спасибо за внимание!