

# ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ И КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ТЕКСТУРЫ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СПЛАВА ВЖ159, ПОЛУЧЕННЫХ СЕЛЕКТИВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ПЛАВЛЕНИЕМ, НА АНИЗОТРОПИЮ ИХ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Рубанов А.Е., Исаенкова М.Г., Крымская О.А.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
Москва

Юдин А.В., Свистунов Е.И.

АО ЦНИИТМАШ, Москва

# Исследованные образцы

- Режим печати:
  - - мощность лазерного излучения 280 В,
  - - скорость сканирования 805 мм/с,
  - - толщина слоя порошка 30 мкм,
  - - интервал (или шаг) штриховки 105 мкм,
  - - диаметр пятна лазера 80 мкм.
- Сплав ВЖ159:

Компонент	Ni	Cr	Nb	Mo	Fe	C	Si	Mn	S	P	Al
Содержание, мас. %	Осн.	26-28	2,7-4,3	7,0-7,8	<3	<0,08	<0,8	<0,5	<0,015	<0,013	1,25-1,55

- Стратегии сканирования:
  - - простая однопроходная с поворотом на 60° (режим № 1);
  - - однопроходная штриховка без поворота (режим № 2);
  - - шахматная стратегия (режим № 3).  
Термообработка:
    - - закалка с температуры 1100°C (ТО1);
    - - закалка с температуры 1100°C + старение при температуре 800°C в течение 10 часов + старение при температуре 700°C в течение 15 часов (ТО2);
    - - закалка с температуры 1100°C + старение при 900°C в течение 5 часов + старение при 800°C в течение 10 часов + старение при 700°C в течение 10 часов + старение при 650°C в течение 10 часов (ТО3).

Режим изготовления	СЛП	ТО1 Закалка	ТО2 Закалка+ старение	ТО3 Закалка+ старение
1	1.0	1.1	1.2	1.3
2	2.0	2.1	2.2	2.3
3	3.0	3.1	3.2	3.3

# Механические свойства при комнатной температуре

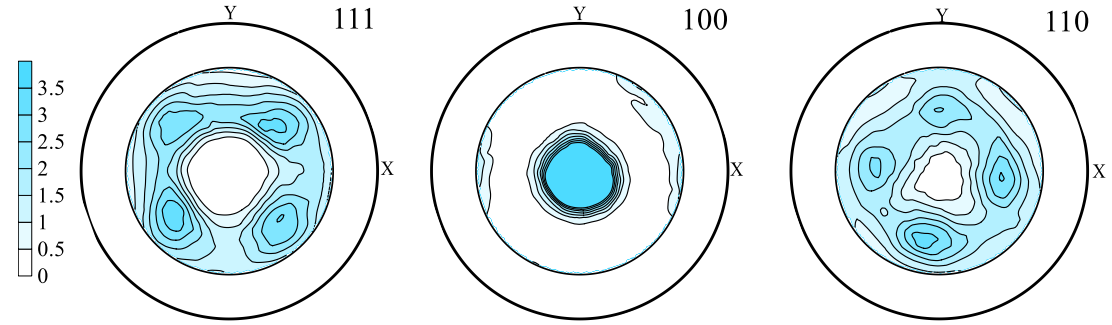
Обработка	Тип образца	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	Предел текучести $\sigma_{0.2}$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\psi$ , %
СП-ЛС без ТО	Вертикальный	942,5	687,5	31,8	29,6
	Горизонтальный	1045,0	777,5	30,8	32,5
	Под углом 45°	1073,3	806,7	32,0	28,3
СП-ЛС + ТО1	Вертикальный	914,2	566,0	30,4	32,9
	Горизонтальный	992,0	581,6	32,0	36,4
	Под углом 45°	989,1	636,8	26,2	24,2
СП-ЛС + ТО2	Вертикальный	1201,0	876,6	19,2	20,7
	Горизонтальный	1301,8	981,6	11,1	9,4
	Под углом 45°	1317,0	1004,6	19,1	18,3
СП-ЛС + ТО3	Вертикальный	1225,4	954,6	12,3	12,3
	Горизонтальный	1214,6	976,6	4,7	3,9
	Под углом 45°	1253,8	999,0	8,4	6,3

# Механические свойства при температуре 850С

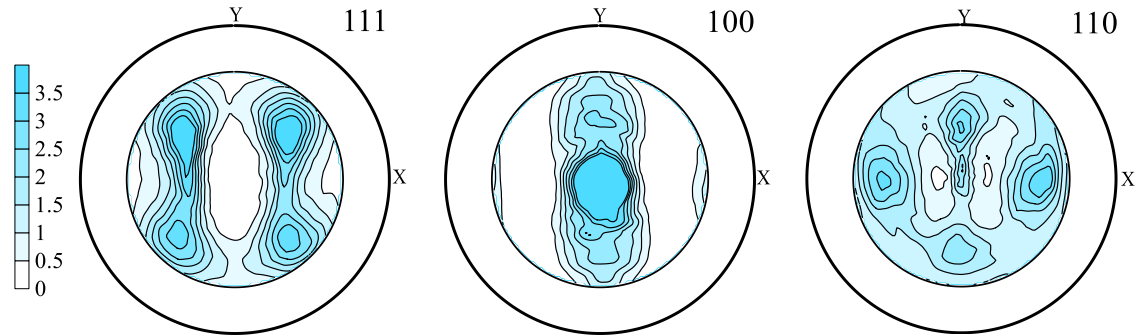
Обработка	Тип образца	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	Предел текучести $\sigma_{0.2}$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\psi$ , %
СП-ЛС без ТО	Вертикальный	381,7	347,5	22,9	72,8
	Горизонтальный	379,0	338,8	18,5	21,6
	Под углом 45°	400,8	369,2	9,4	22,8
СП-ЛС + ТО1	Вертикальный	327,0	294,0	26,4	71,2
	Горизонтальный	332,0	315,0	6,5	15,5
	Под углом 45°	373,3	350,8	9,4	14,5
СП-ЛС + ТО2	Вертикальный	363,8	320,0	22,5	65,5
	Горизонтальный	365,0	340,8	9,3	23,0
	Под углом 45°	370,0	345,0	8,8	18,7
СП-ЛС + ТО3	Вертикальный	332,5	287,5	42,5	67,2
	Горизонтальный	336,7	304,2	13,5	32,0
	Под углом 45°	358,3	329,2	14,9	27,6

# Кристаллографическая текстура

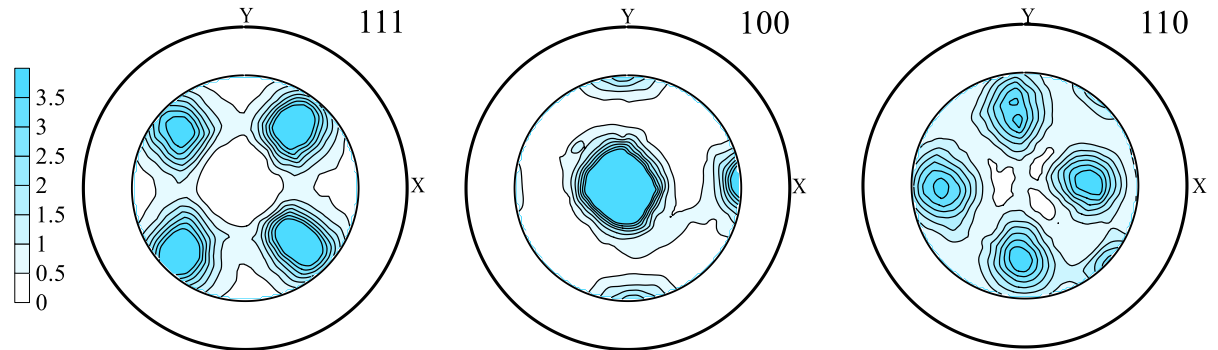
Режим 1



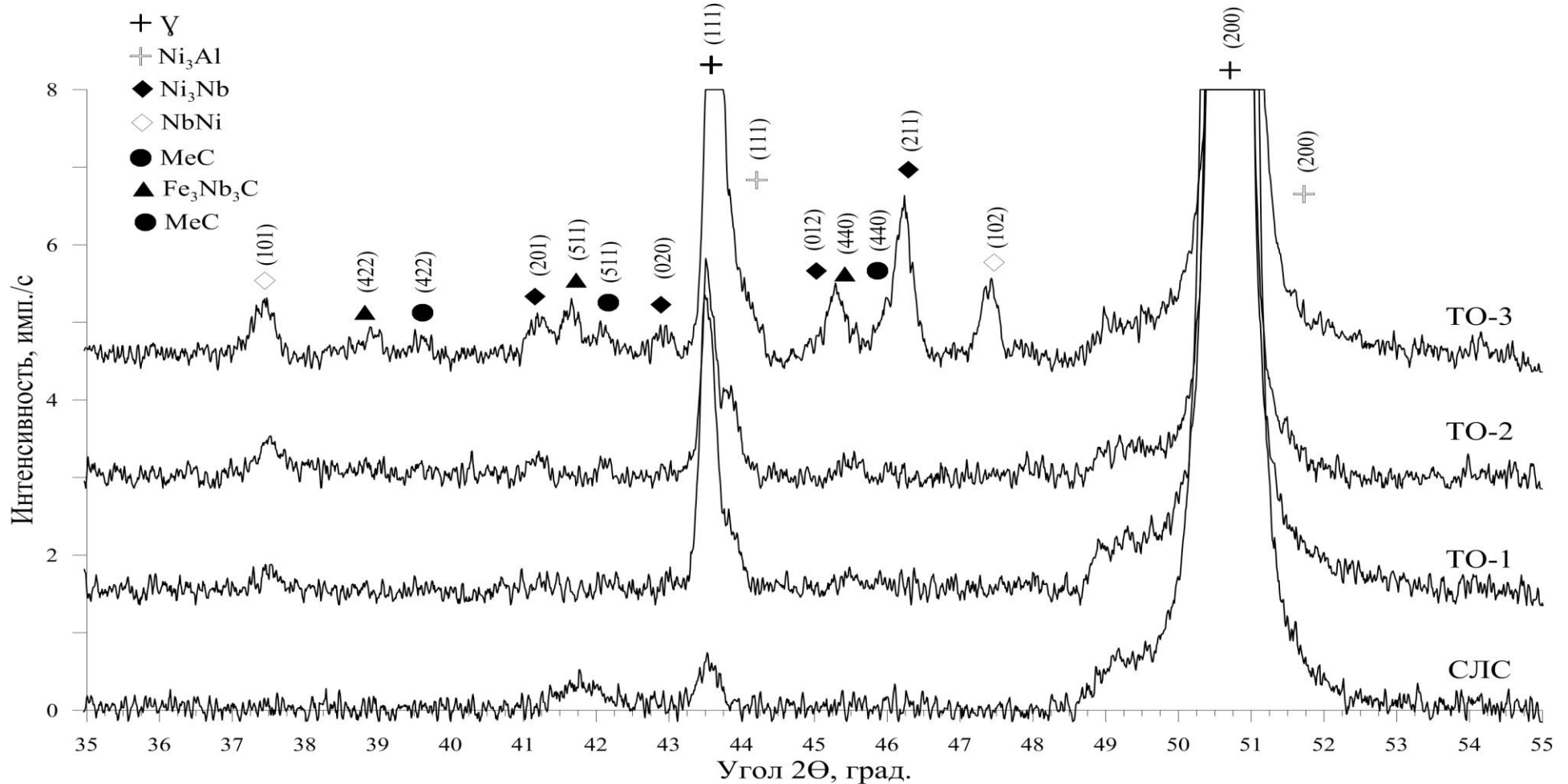
Режим 2



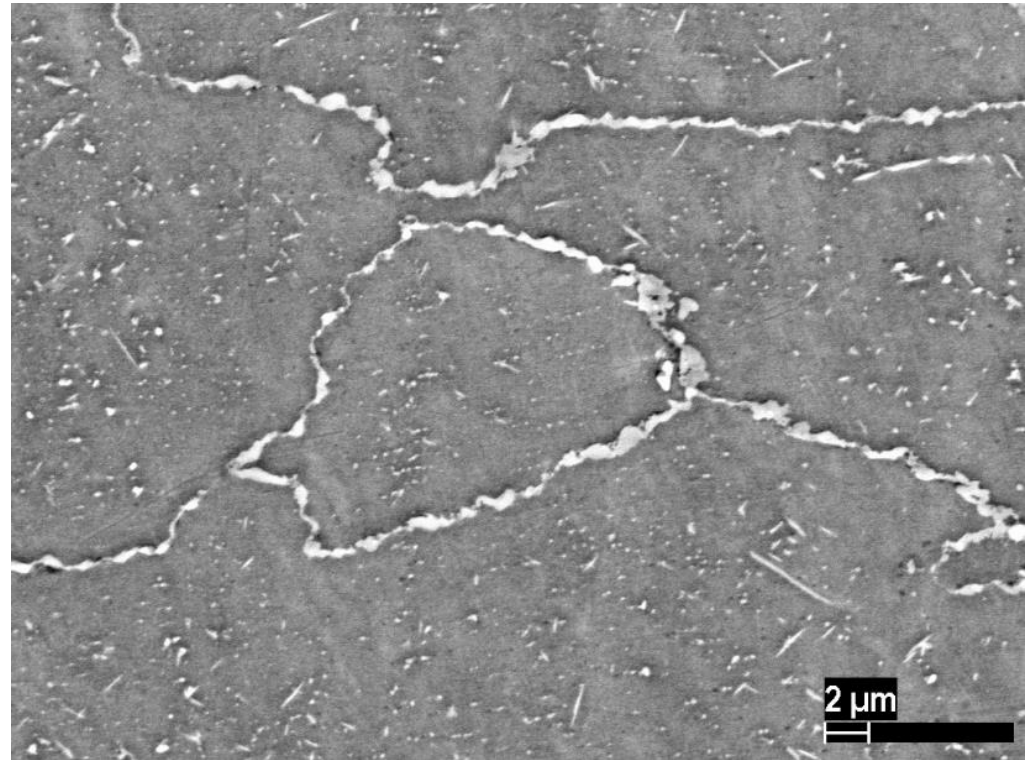
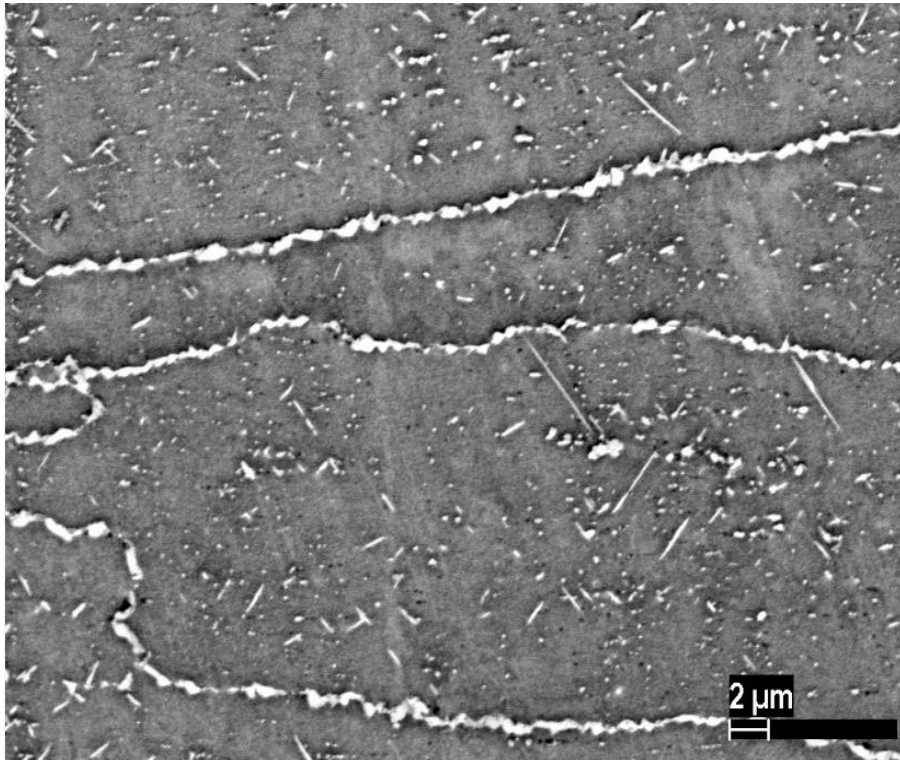
Режим 3



# Фазовый анализ



# Электронная микроскопия



# Выводы

- Образцы из сплава ВЖ159 характеризуются существенной анизотропией механических свойств. Максимальный уровень свойств наблюдается при приложении нагрузки под углом 45 градусов к направлению роста.
- В исследованных образцах обнаружена острая кристаллографическая текстура, которая является существенным фактором, влияющим на анизотропию свойств. Основное влияние на формирование текстуры оказывает выбор стратегии сканирования.
- В результате старения происходит выделение мелкодисперсных фаз — интерметаллидов, карбидов, как в теле зерна, так и по его границам. Оптимальным режимом термообработки является двукратное старение, обеспечивающее оптимальное сочетание прочности и пластичности.



Спасибо за внимание!