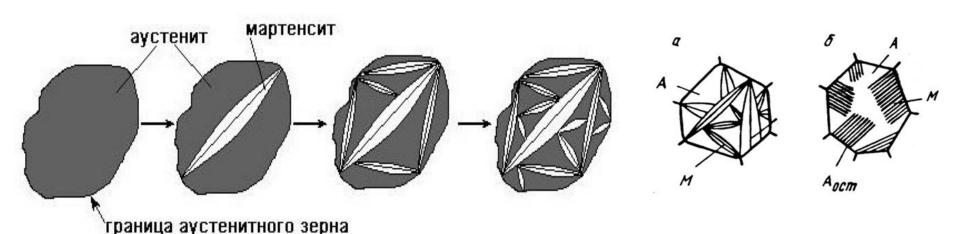
Исследование влияния состава и размера зерна аустенита на температуру фазового превращения и физико-механические свойства сплавов на основе железа



Саенков Константин Леонидович аспирант

Руководитель:

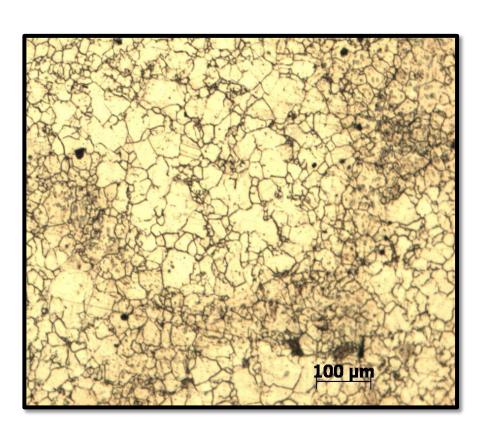
Оглезнева Светлана Аркадьевна Д.т.н., профессор кафедры МКМК

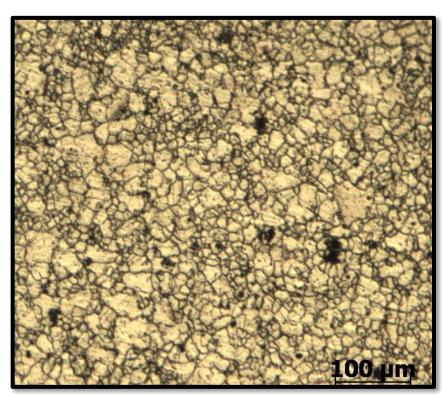


Технологическая схема изготовления образцов

Подготовка навесок порошков Fe-(30-36)%Ni Fe-31%Ni-(0,5-3,5)%Mn Fe-31%Ni-(0,5-3)%Cr Fe-31%Ni-(0,2-1)%C Смешивание порошков, t = 20 ч Прессование образцов P= 600MIIa Отжиг T = 700 °C, t = 1 час вакуум/водород Допрессовка образцов P= 600MIIa Отжиг T = 900 °C, t = 1 час вакуум/водород Допрессовка образцов P= 600MIIa Спекание образцов T = 1200 °C, t = 20 часов вакуум

Структура сплавов после спекания

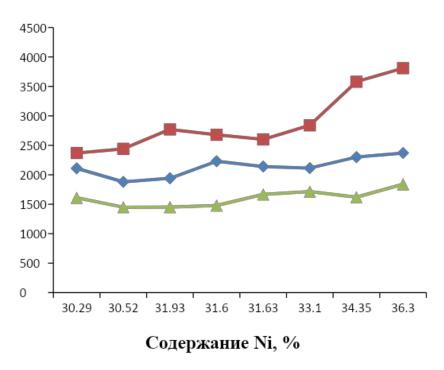




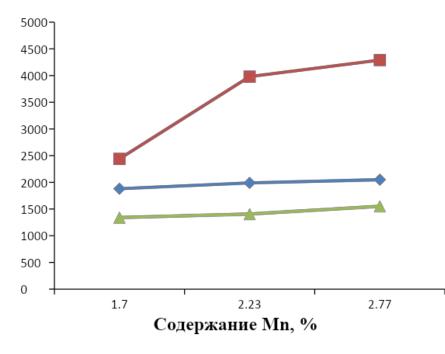
Fe-36,3%Ni

Fe-31%Ni-2,77%Mn

Определение микротвердости до и после охлаждения



- Микротвердость Аустенита после охлаждения
- Микротвердость Мартенсита
- **★**Микротвердость до охлаждения



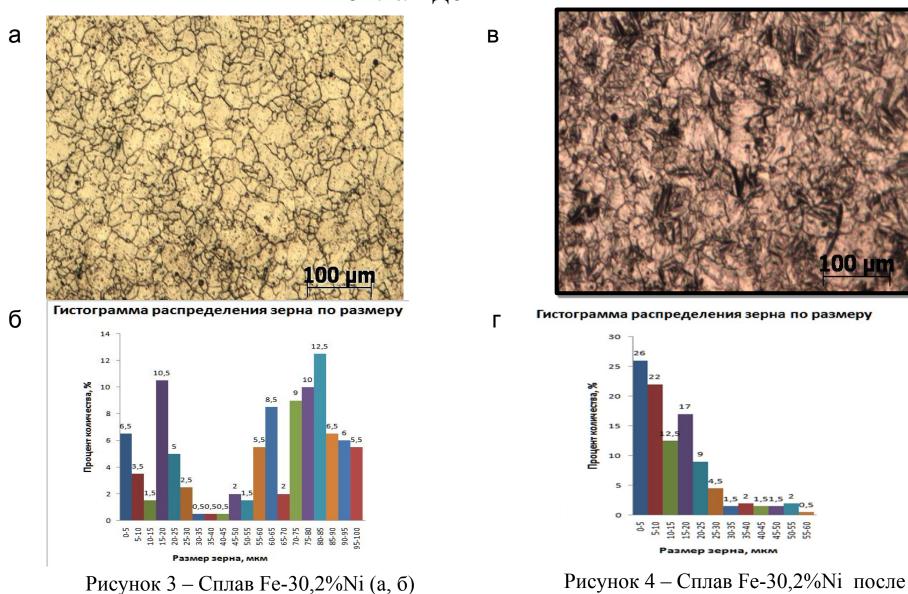
- → Микротвердость Аустенита после охлаждения
- ■Микротвердость Мартенсита
- ★Микротвердость до охлаждения

Физико – механические свойства

Физико – механические свойства системы Fe-31%Ni-(1,7- 2,77)%Mn									
Mn, %	Технология изготовления	П, %	Микро- твёрдость, МПа	Твёрдость, НВ	Ударная вязкость, кДж/м ²	Средний размер зерна, мкм			
1,7	2-кратное	5,5	1342	95	642	45±76			
2,23	прессование	6	1406	85	659	40±18			
2,7	Спекание 1200°C, вакуум, 20 ч.	6	1552	80	678	39±18			

	Физико – механические свойства системы Fe-(30,2-36,3)%Ni										
Ni, %	Технология изготовления	П, %	Микро- твёрдость, МПа	Твёрдость, НВ	Ударная вязкость, кДж/м ²	Модуль Юнга, МПа	Средний размер зерна, мкм				
30,2	2-кратное	4	1610	107	54	4715	33±12				
31,93	прессование	4	1680	95	85	5215	39±14				
34,35	Спекание	5	1800	89	325	5340	45±16				
36,3	1200°С, вакуум, 20 ч.	5	1940	84	436	5490	42±12				

Микроструктура сплава Fe-30,2%Ni до и после охлаждения

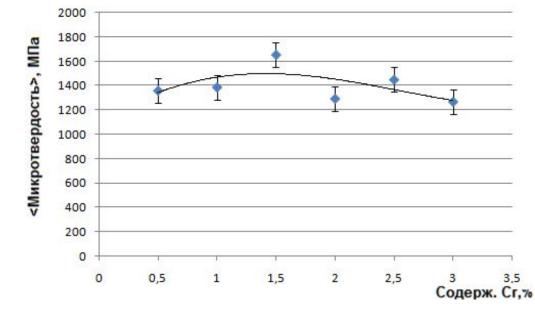


охлаждения (в, г)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ, РАЗМЕРА ЗЕРНА И СВОЙСТВ ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ Fe-Ni-Cr

Плотность и пористость Fe - 31%Ni - (0,5-3)%Cr после 20 часов спекания при t°=1200 °C

%Cr	№ образца	р,г/см ³	Пористость, %
0.5	1	7,19	11,8
	11	7,21	11,6
1	2	7,01	12,5
	22	7,24	11,2
1.5	3	6,94	14,8
	33	7,22	14,4
2	4	7,01	13,9
	44	6,72	15,5
2.5	5	7,38	10,3
	55	6,85	15,8
3	6	6,84	15,9

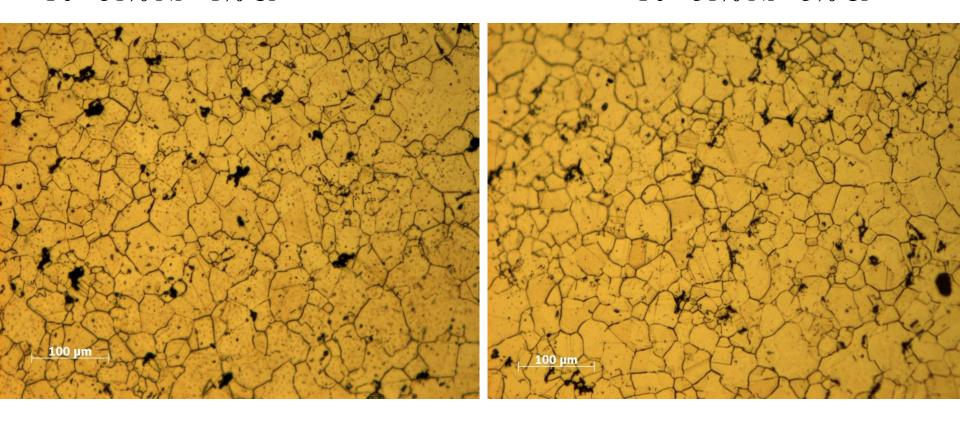


Зависимость микротвердости от содержания хрома

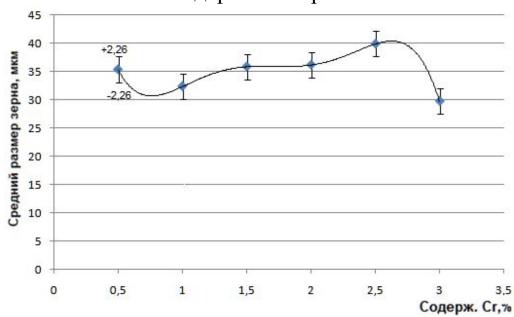
Металлографический анализ спеченных образцов порошковых сплавов системы Fe-Ni-Cr

Fe - 31% Ni - 1% Cr

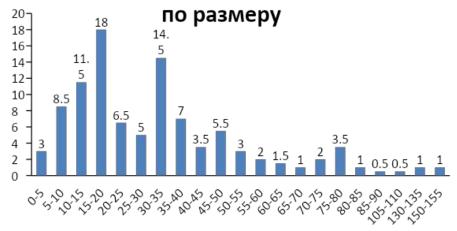
Fe - 31% Ni - 3% Cr



Зависимость среднего размера зерна от содержания хрома

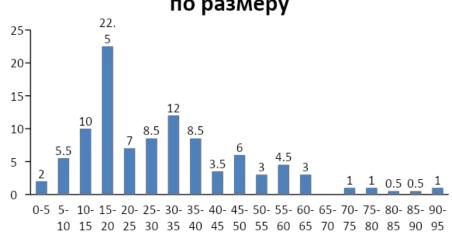


Fe – 31% Ni – 1% Cr Гистограмма распределения зерна



Размер зерна, мкм

Fe — 31% Ni — 3% Cr Гистограмма распределения зерна по размеру

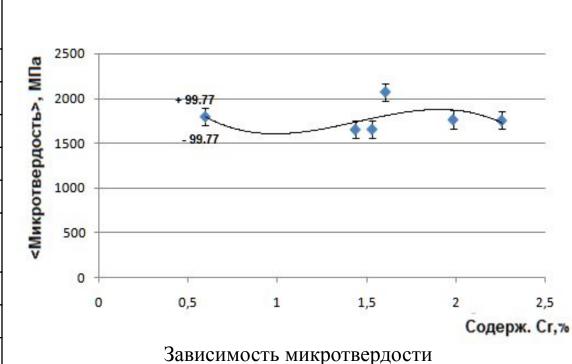


Размер зерна, мкм

Плотность и пористость образцов после расплавления порошковой системы Fe-Ni

r	- r		
№ образца	ρ, г/cm ³	Технолог ия изготовле	П,%
		ния	
1.1	7,8	Спекание	3,8
2.2	7,5	20ч.	7
3.3	7,9	1200С°, вакуум.	2
4.4	8	Расплавлен	0
5.5	5.5 8		0
6.6	7,9	аргон.	1,8
11	7,6	Спекание	7
33	8	20ч. 1200С°, вакуум. Расплавлени	1,7
55			2,7
66	8	е 1560 С°, аргон. Отжиг 1200С°, вакуум.	0

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ РАЗМЕРА ЗЕРНА И СВОЙСТВ РАСПЛАВЛЕННЫХ СИСТЕМ Fe-Ni-Cr

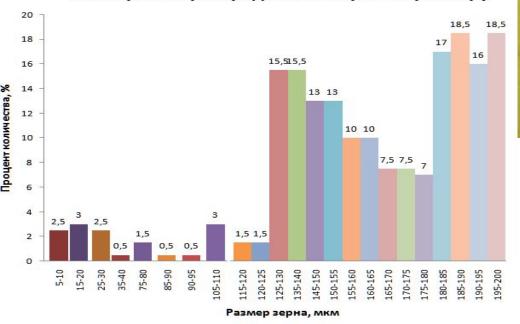


от содержания хрома в расплавленных образцах порошковой системы Fe – 31%Ni – (0,5-3)%Cr

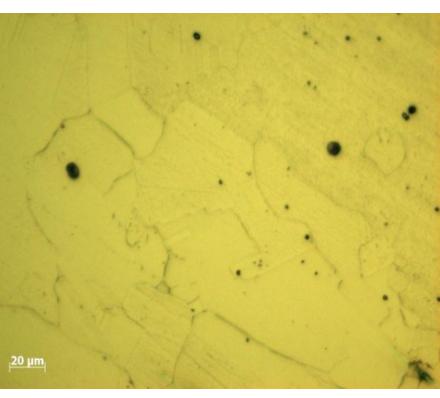
160 140 Средний размер зерна, мкм 120 100 80 60 40 20 0,5 1 1,5 2,5 2 0 Содерж. Сг,

Зависимость среднего размера зерна от содержания хрома

Гистограмма распределения зерна по размеру

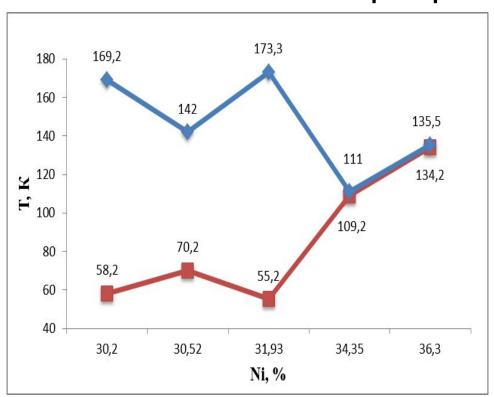


Металлографический анализ расплавленных систем Fe-Ni-Cr



Fe-31%Ni-1,5%Cr

Результаты определения температуры фазовых превращений



Температура начала (верхний график) и конца (нижний график) аустенитно-мартенситного превращения в сплавах Fe-(30,2-36,3)%Ni

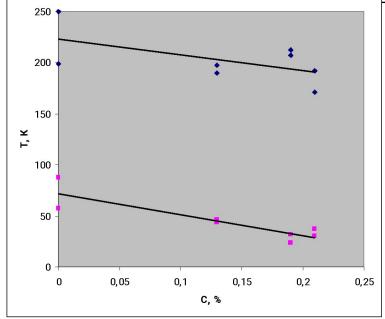
Температуры начала T_1 и окончания T_2 аустенитно-мартенситного превращения, намагниченность насыщения M_1 и M_2 , α - количество мартенсита после охлаждения, $d_{\kappa p}$ - критический размер зерен сплавов

Ni вес.%	T _{1,} K	T ₂ , K	M_1	M_2	α, %	d _{кр} ,
30,2	58,2	169,2	190	43	92	1
30,5	70,2	142	186	70	70	1
31,93	55,2	173,3	185	72	85	3,5
34,35	109,2	111	177	114	38	-
36,3	134,2	135,5	170	148	26	-

Определение температур γ - α превращений Fe-Ni-C

Температуры начала T_1 и окончания T_2 аустенитно-мартенситного превращения, намагниченность насыщения $M_{\rm st}$ и $M_{\rm fin}$, количество мартенсита после охлаждения, критический размер зерен сплавов $d_{\kappa p}$

Количество углерода	№ образца	Кол-во мартенсита, %	T ₁ , K	T ₂ , K	M _{st} (emu/g)	M _{fin} (emu/g)	<i>d</i> _{кр} , мкм
0	01	77	250	87	57	142	10
0	03	87	199	57	105	156,5	6
0,13	12	29	197	44	67	116	10
0,13	15	29	190	46	68	111	8
0,19	21	20	212	23	70	112	18
0,19	23	24	207	32	69	110	10
0.21	31	14	L ₁₇₁	37	71	105	10

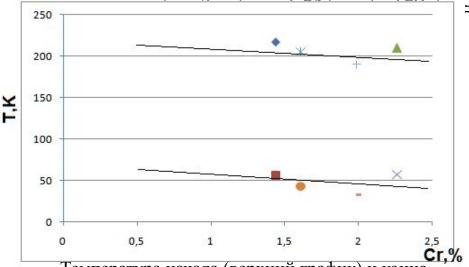


Температура начала (верхний график) и конца (нижний график) аустенитно-мартенситного превращения в сплавах Fe-31%Ni с различным содержанием углерода

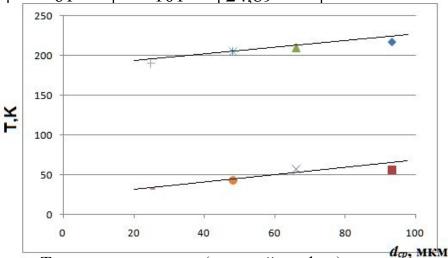
Определение температур γ - α превращений Fe-Ni-Cr

Температуры начала T_1 и окончания T_2 аустенитно-мартенситного превращения, намагниченность насыщения M_{st} и M_{fin} , количество мартенсита после охлаждения

№	Содержание	T ₁ , K	T ₂ , K	M _{st}	$M_{ m fin}$	d_{cp} , мкм
образц	хрома, %			(emu/g)	(emu/g)	
a						
3	1,438	217	56	95	140	93,33
5	2,26	210	57	58	120	66,16
6	1,607	205	43	59	105	48,18
1	1 097	100	33	61	101	24,89



Температура начала (верхний график) и конца (нижний график) аустенитно-мартенситного превращения в сплавах Fe-31%Ni с различным содержанием хрома



Температура начала (верхний график) и конца (нижний график) аустенитно-мартенситного превращения в сплавах Fe-31%Ni в зависимости от среднего размера зерна

Выводы

- 1) При исследовании порошковой системы сплавов Fe-(30-36)%Ni, установлено, что при повышении концентрации никеля, наблюдается понижение твердости до 20%, а значения предела текучести и модуля продольной упругости (Юнга) возрастают до 20%. Микротвердость аустенита и мартенсита после охлаждения их в жидком азоте повышалась, с увеличением концентрации никеля. Испытания на маятниковом копре сплавов при отрицательных температурах (-190°C) показали повышение ударной вязкости до 350 кДж/м², при комнатной температуре в сплавах 31,6-35,8% никеля 800-870 кДж/м², при увеличении содержания Ni с 30,2 до 36,3 %.
- 2) Снимки микроструктуры спеченных образцов показали, что во всех сплавах сформировалась полностью аустенитная гомогенная структура. При исследовании влияния добавления к железо-никелевому сплаву марганца установлено, что при увеличении концентрации марганца с 1,7 до 2,77 % зерна измельчаются в среднем на 5-7 мкм. Средний размер зерен для сплавов с никелем и сплавов с марганцем составил 38 мкм и 42 мкм. При исследовании структурно фазового состава сплавов, установлено, что увеличение марганца и никеля способствует уменьшению среднего размера зерна.
- 3) При понижении концентрации никеля, обнаружено увеличение температурного интервала аустенитно мартенситного превращения, связанное с широким значением диаметра зерна, и зависимость температуры аустенитномартенситного превращения от критического размера зерна, что укладывается в рамки динамической волновой теории превращения.

- 4) Содержание хрома от 0,5 до 2,5 % не повлияло на размер зерна; при содержании хрома 3 % средний размер зерна уменьшался.
- 5) Микротвердость повышалась при увеличении содержания хрома от 0,5 до 1,5 %, затем снижалась.
- 6) Методом рентгенофазового анализа образцов сплавов Fe-31%Ni-Cr с содержанием хрома 0,5 и 3% соответственно, установлено образование аустенитных твердых растворов хрома и никеля в достаточной степени гомогенности, а также отсутствие кислорода и других вредных примесей
- 7) Пористость большинства расплавленных образцов была нулевой. Микротвердость не зависела от химического состава расплавленных образцов.
- 8) Исследование микроструктуры показало, что с увеличением содержания хрома до 1,5 % увеличивается размер зерна, затем уменьшается.
- 9) Рентгенофазовый анализ образцов сплавов Fe-31%Ni-Cr, полученных путем плавления порошковых систем с содержанием хрома 0,5 и 1,67% соответственно, показал формирование более гомогенных твердых растворов.
- 10) Экспериментальные исследования показали, что хром повышает устойчивость аустенита в сплаве, (так как понижается температура превращения) с уменьшением размера зерна превращение замедляется, что согласуется с классической теорией.
- 11) В результате исследования температуры фазового превращения в сплаве Fe-31%Ni- Cr было выявлено, что температура превращения понижается при уменьшении размера зерна и увеличении содержания хрома.
- 12) В сплавах системы Fe 31% Ni-(0,13-0,21)%С, установлено, что влияние углерода на фазовое превращение согласуется с классическими представлениями (повышение содержания углерода в никелевых сталях повышает устойчивость аустенита) и не противоречит динамической волновой теории, поскольку зеренная структура порошковых сплавов очень неоднородна, то существуют зерна с критическим размером, в которых превращение не произошло.