



ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ

малых форм предприятий в научно-технической сфере



МИСиС

Разработка технологии получения тонколистового проката из высокопрочного ($\sigma_{\text{в}} > 500$ МПа) никалина АЦ6Н0,5Ж взамен существующих сплавов типа В95/В96ц-3

**Направление: Современные материалы и технологии их создания
— НЗ**

**Шуркин Павел Константинович,
магистрант**

Рекомендуемые изделия

- **Авиация и ракетостроение:** обшивка крыла, балок, стоек, фюзеляжа стрингеров и других элементов планера самолета, корпуса ракетной техники;
- **Транспорт:** борта автомобилей;
- **Спортивный инвентарь:** клюшки для гольфа, рамы велосипеда, самоката и др.

Актуальность

– Производство тонколистового проката из сплавов типа В95/В96ц–3 – **трудоемкий, энергозатратный процесс**

– Сплавы В95/В96ц–3 содержат **дорогостоящие добавки** (Mn, Cr, Ti и др.)

– Жесткие ограничения по примесям, в частности по железу, приводят **запредельной себестоимости сплава**

– Листы из марочных высокопрочных сплавов **не свариваются плавлением**, либо сварное соединение имеет пониженные прочностные

В современных условиях существует тенденция снижать себестоимость продукции за счет более низкого качества шихтовых материалов*

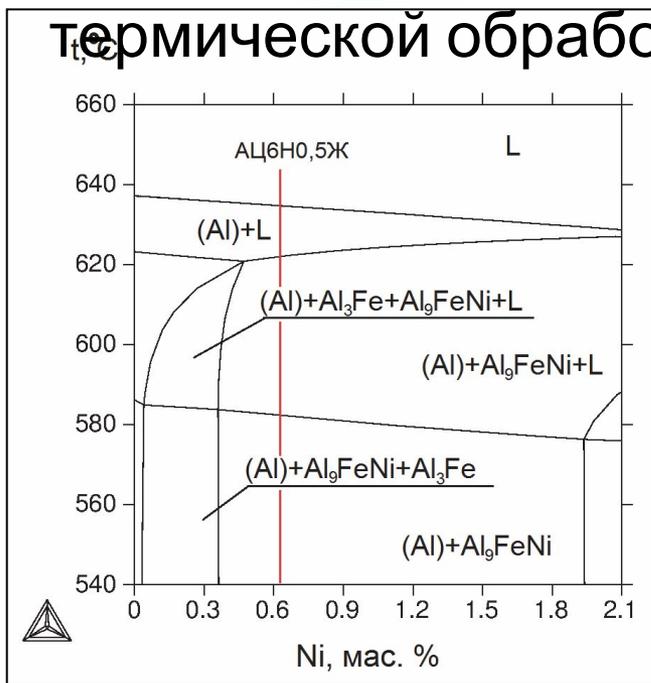
*из доклада президента РАЛ Диброва И.И. на съезде литейщиков форума стран BRICS 2015

Научная новизна – фазовые диаграммы

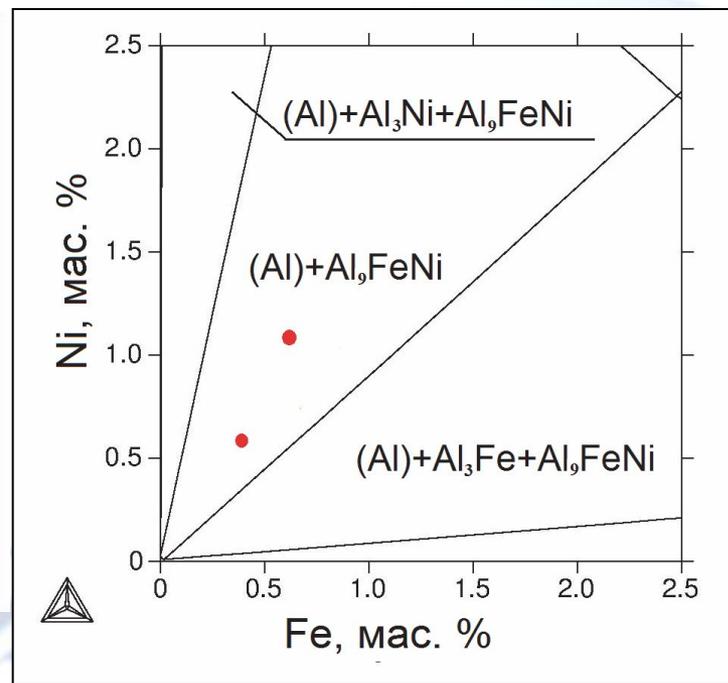
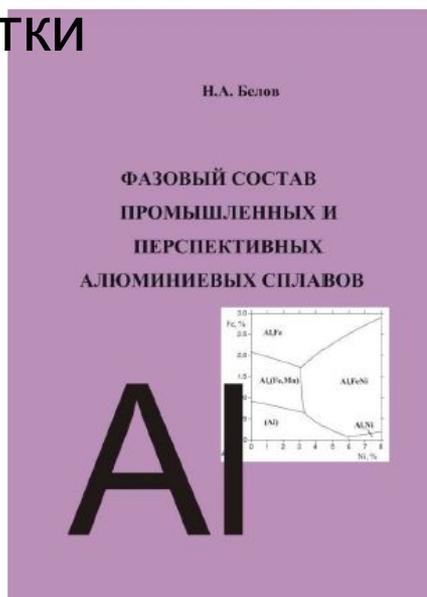
Эвтектика $(Al)+Al_9FeNi \rightarrow Fe > 0,5\%$ -легирующий элемент

- высокие литейные свойства
- возможность сварки плавлением
- низкая склонность к горячим трещинам упрощает технологию получения слитков и деформационно-

термической обработки



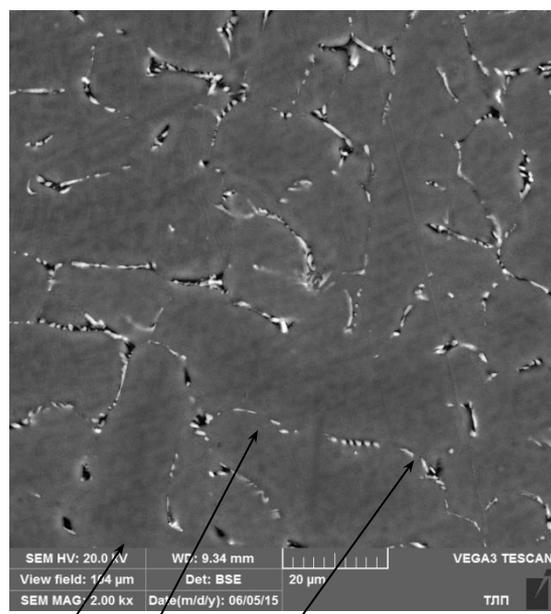
Политермический разрез системы Al-Zn-Mg-Cu-Ni-Fe при 6,3% Zn, 2,1% Mg, 0,2% Cu, 0,4% Fe



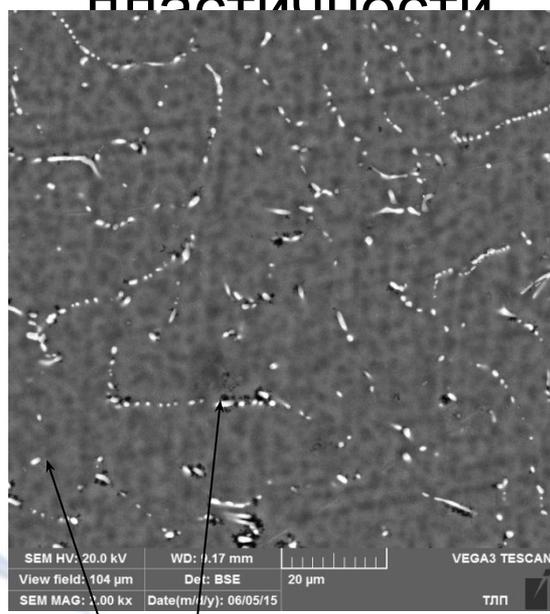
Изотермический разрез системы Al-Zn-Mg-(Cu)-Fe-Ni при 6,3% Zn, 2,1% Mg, 0,15% Cu при 570°C

Научная новизна – микроструктура

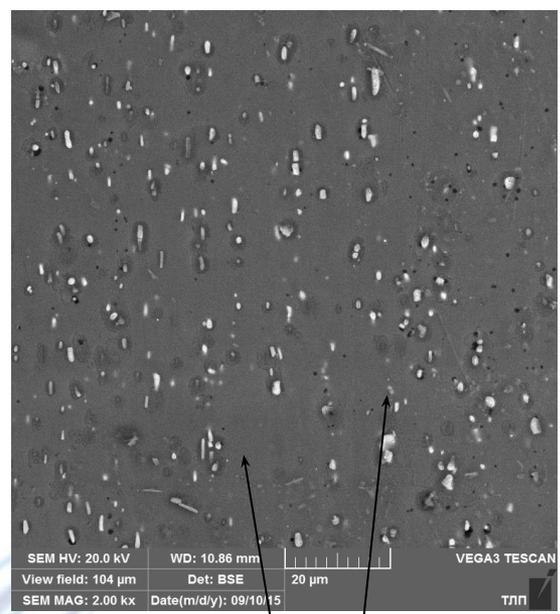
Компактная морфология частиц Al_9FeNi с размером 1–2 мкм позволяют получать тонколистовой прокат без разрывов, трещин, а также достигать хорошего сочетания прочности и пластичности.



(Al) Al_9FeNi
MgZn, ЛИТОЙ



(Al) ГОМОГЕНИЗИРОВАННЫЙ



(Al) ТОНКОЛИСТОВОЙ

Равномерное распределение строчек из сплюснутых частиц Al_9FeNi в микроструктуре сплава способствует равномерной пластической деформации и исключает возникновение напряжений и разрыв листа,

На сегодняшний день сделано

- Проведен **обзор научно-технической литературы и патентный обзор** на предмет эффективности технологии
- **Отработана технология плавки и литья слитков** толщиной 10 и 15 мм в графитовые изложницы **в лабораторных условиях**
- Получены различные модельные композиции сплава АЦ6Н0,5Ж в виде слитков и **тонколистовой прокат менее 1 мм** из них, соответственно (требует оптимизации)
- В лабораторных условиях отработан режим **деформационно-термической обработки слитков**
- Проведена сравнительная **оценка микроструктуры и механических свойств** тонколистового проката
- Были проведены испытания сварных соединений листов 6 мм и получены прочность соединений равная 100%

Интеллектуальная собственность

Патент на сплав АЦ6Н_{0,5}Ж

Высокопрочный экономнолегированный сплав на основе алюминия (RU 2484168)

Опубликовано: 10.06.2013 Бюл. № 16 (доля МИСиС 100 %)



Техническая значимость проекта

СРАВНЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННО–ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ТОНКОЛИСТОВОГО ПРОКАТА НА ПРИМЕРЕ В96Ц–3пч

Специальная
технология
полунепрерывног
о литья слитков –
ВЫХОД
ГОДНОГО до 70%
+ ОТЖИГ

Горячая прокатка
+ холодный
подкат

450–470 °С, 4,5 ч,
закалка в горячей
воде или в
полимерной среде +
искусственное
трехступенчатое
старение 20–30 ч.

Требуется специальная технология получения слитков из–за склонности к образованию горячих трещин – требуется жесткий контроль температуры, скорости литья и постоянный подлив металла в форму. **НИЗКИЙ ВЫХОД ГОДНЫХ СЛИТКОВ, ТРЕБУЕТ ОПТИМИЗАЦИИ**

Техническая значимость проекта

Деформационно–термическая обработка при получении листов АЦ6Н0,5Ж в лабораторных условиях, реализуемая



сейчас
ОТЖИГ
450,3+530,3
/ Воздух
(всего 6 часов)



Нагрев под закалку 450, 1 ч/
охлаждение в воде
2–х ступенчатое старение
120,3+160,3 (Т6) или
естественное старение в
течение суток

**ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ СНИЖЕНИЕ ВРЕМЕНИ ТЕРМООБРАБОТКИ
В ПЕРСПЕКТИВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ СЛИТКОВ
И СТАНДАРТНОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Техническая значимость проекта

Сплав	Содержание легирующих элементов, мас.%								
	Zn	Mg	Cu	Si	Mn	Fe	Ti	Ni	Zr
Д16	до 0,3	1,2-1,8	3,8-4,9	до 0,5	0,3-0,9	до 0,5	до 0,1	до 0,1	-
В95пч	5,0-7,0	1,8-2,8	1,4-2,0	0,1	0,2-0,6	до 0,1	до 0,05	-	-
В96Ц3пч	8,2-8,4	2,2-2,4	1,6-1,8	0,01-0,025	0,02-0,03	до 0,1	до 0,06	-	0,1
АК4-1	до 0,3	1,4-1,8	1,9	2,5	до 0,2	0,8-1,3	0,02-0,1	0,8-1,3	-
АЦ6Н0,5Ж	5,5-6,5	1,7-2,3	0,05-0,3	-	-	0,3-0,7	-	0,4-0,7	0,02-0,25

Сплав	$\sigma_{в}$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	НВ
Д16	460	313	12	105
В95пч	520	431	6	120
В96Ц3пч	650	630	6	130
АК4-1	380	310	6	115
АЦ6Н0,5Ж	500	420	6	150

Потенциальные потребители

Самолетостроение:
ОКБ Ильюшин, Сухой, Эрбас,
Туполев и др.

Транспорт:
АвтоВАЗ, DaimlerChrysler, Audi и др.

Спортивный инвентарь:
Stels, Peugeot, Merida и др.

План реализации

1 полугодие:

Изучение влияния примесей, увеличение содержания железа. Установление взаимосвязей между структурой, свойствами и скоростью литья и кристаллизации.

2 полугодие:

Определение коррозионной стойкости никалина АЦ6Н0,5Ж. Нанесение специальных покрытий способом анодирования и оксидирования. Испытание покрытий на износостойкость.

3 полугодие:

Экспериментальные исследования по выбору режима аргонодуговой сварки. Изучение структуры и свойств сварных соединений.

4 полугодие:

Разработка ноу-хау на получение тонколистового проката. Адаптация технологии на реальном производстве. Получение заключения от потенциального

Используемое оборудование

- Индукционная плавильная печь РЭЛТЕК
- Сканирующий электронный микроскоп TESCAN VEGA3
- Лабораторные вальцы для холодной прокатки
- Лабораторный прокатный стан дуо–кварто с валками 300 мм для горячей прокатки
- Твердомер NEMESIS
- Универсальная испытательная машина Z250 Zwick/Roell

Спасибо за внимание!

Магистрант Павел Константинович Шуркин

Научный руководитель:

проф. д.т.н. Николай Александрович Белов

E-mail: pa.shurkin@yandex.ru

Телефон: 8 (926) 585-19-90

НИТУ «МИСиС», Москва, 2015