



У.М.Н.И.К.  
2015



**Разработка универсального  
высокопрочного ( $UTS > 500 \text{ МПа}$ )  
алюминиевого сплава, содержащего более  
0,5% Fe**

**Получение тонколистового проката из  
никалина АЦ6Н0,5Ж**

Направление: Современные материалы и технологии их создания  
— НЗ

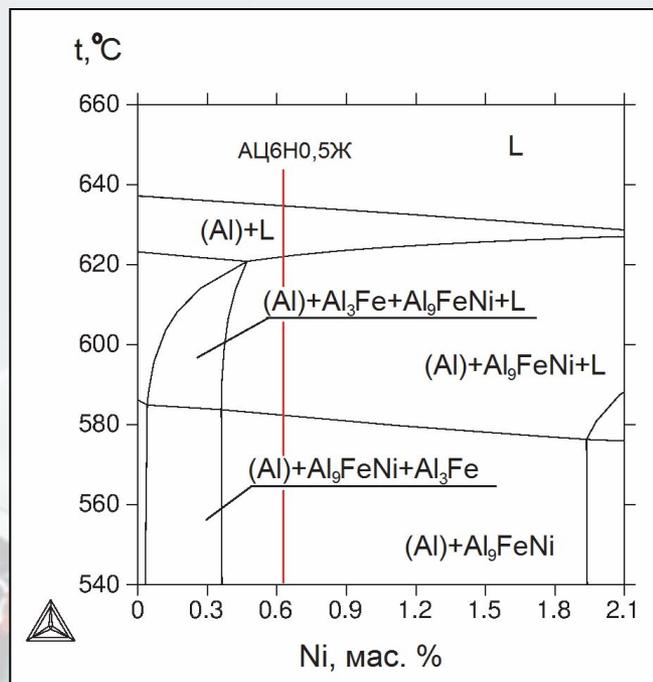
**Шуркин Павел Константинович,  
магистрант**

# Актуальность

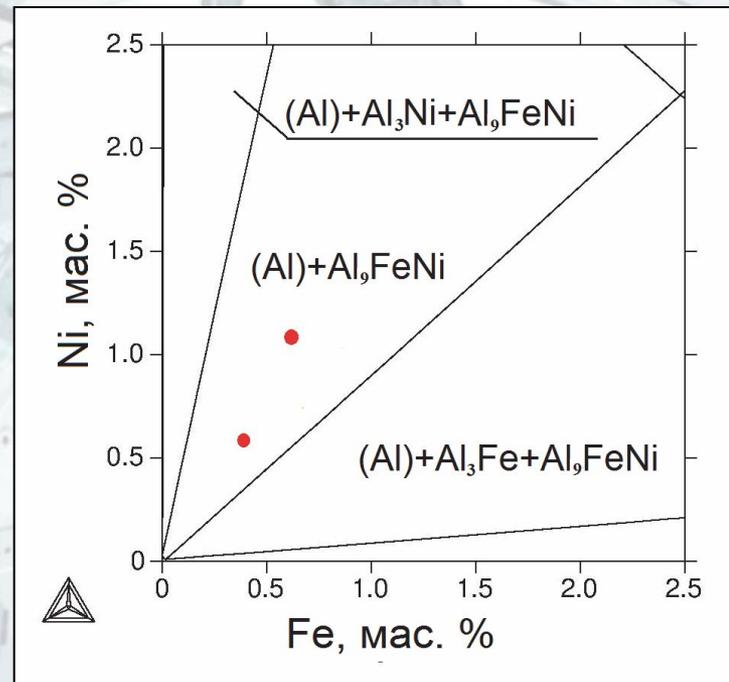
- Марочные алюминиевые сплавы, используемые в изделиях ответственного назначения имеют строгое ограничение по содержанию железа, что повышает себестоимость сплава
- Повышенные требования к свойствам материалов, из-за развития техники и технологий
- Стандартные высокопрочные алюминиевые сплавы являются высоколегированными и содержат дорогостоящие добавки
- Стандартные высокопрочные алюминиевые сплавы часто имеют низкие литейные свойства, из-за чего невозможно получать сварные соединения
- Избыточное энергопотребление в условиях сложных технологических режимов получения фасонного литья и деформированных полуфабрикатов

# Обоснование научной новизны проекта

- Основа разработки сплава – анализ фазовых диаграмм состояния в программе ThermoCalc (TTAL5). Базовая система сплава – Al-Zn-Mg-Cu-Ni-Fe



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

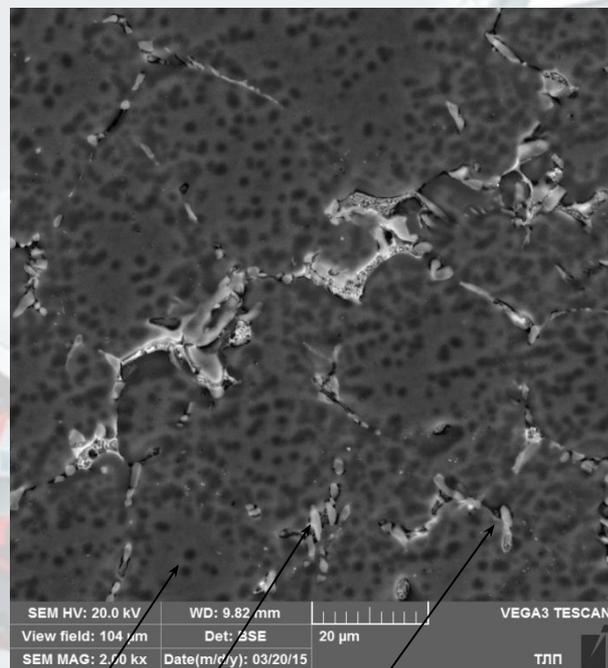


Изотермический разрез системы Al-Zn-Mg-(Cu)-Fe-Ni при 6,3% Zn, 2,1% Mg, 0,15% Cu при 570°C

Замена привычной для никелинов эвтектики (Al)+Al<sub>3</sub>Ni на (Al)+Al<sub>9</sub>FeNi → Fe>0,5%-легирующий элемент

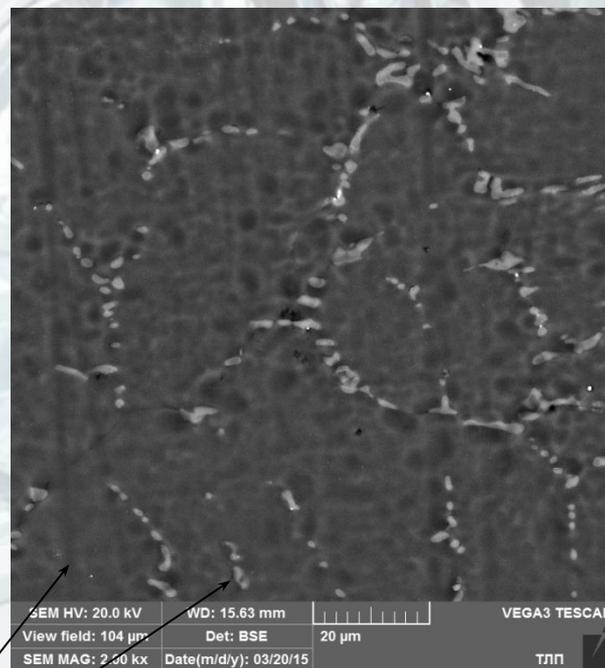
# Обоснование научной новизны проекта

- После сфероидизирующего отжига эвтектическая фаза  $Al_9FeNi$  принимает форму, близкую к глобулярной что положительно сказывается на пластичности при получении тонколистового проката
- Растворение цинка, магния и меди в алюминиевом твердом растворе происходит при относительно низких температурах, что облегчает окончательную (или повторную) термообработку.



(Al)  $Al_9FeNi$

450°C, 3ч+530°C, 3ч  
↓  
воздух



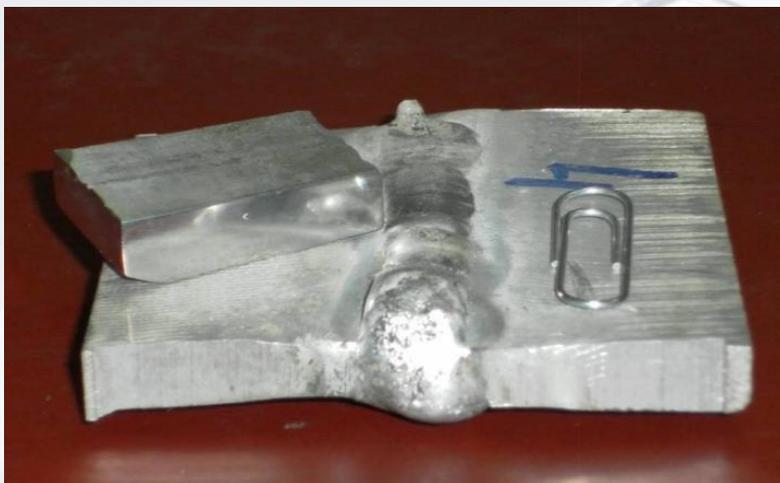
(Al)

Пониженная стоимость операции термообработки  
Повышенная пластичность позволяет получать листы менее 0,5 мм

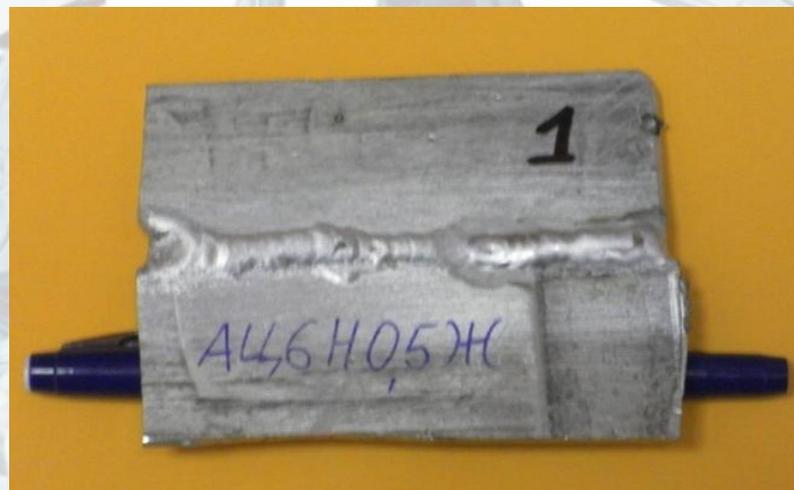
# Обоснование научной новизны проекта

- Повышенные литейные свойства позволяют получать фасонные отливки, проводить операцию аргонно-дуговой сварки, используя стандартное оборудование

Отливки



Листы



Состояние	Начало сварного шва			Середина сварного шва			Конец сварного шва		
	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
<b>T4</b>	<b>256</b>	<b>349</b>	<b>11,0</b>	<b>253</b>	<b>358</b>	<b>13,2</b>	<b>270</b>	<b>364</b>	<b>11,3</b>
<b>T6</b>	<b>450</b>	<b>493</b>	<b>7,8</b>	<b>454</b>	<b>486</b>	<b>7,3</b>	<b>466</b>	<b>507</b>	<b>5,0</b>

Исходные листы			
Состояние	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
<b>T4</b>	<b>276</b>	<b>359</b>	<b>12,6</b>
<b>T6</b>	<b>423</b>	<b>459</b>	<b>8,1</b>

Результаты механических испытаний сварных соединений листов (5 мм)

Прочность сварных соединений 100%

# Техническая значимость

## Области применения высокопрочных материалов:

Транспорт – ракетостроение, авиация, автотранспорт, вагоностроение

Спорт – велосипеды клюшки для гольфа теннисные ракетки

Оборудование – насосы высокого давления

## Сравнение механических свойств алюминиевых сплавов, используемых в деталях ответственного назначения

Деформируемые сплавы(листы)

Литейные сплавы(отливки)

Сплав	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	НВ
Д16	460	313	12	105
В95	520	431	6	120
В96	650	630	6	130
АК4-1	380	310	6	115
<b>АЦ6Н0,5Ж</b>	<b>560</b>	<b>480</b>	<b>5,5</b>	<b>150</b>

Сплав	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	НВ
АК8М3ч	400	340	4	110
АМ4,5Кд	490	360	5	120
ВАЛ 12	550	500	3	130
<b>АЦ6Н0,5Ж</b>	<b>500</b>	<b>420</b>	<b>6</b>	<b>150</b>

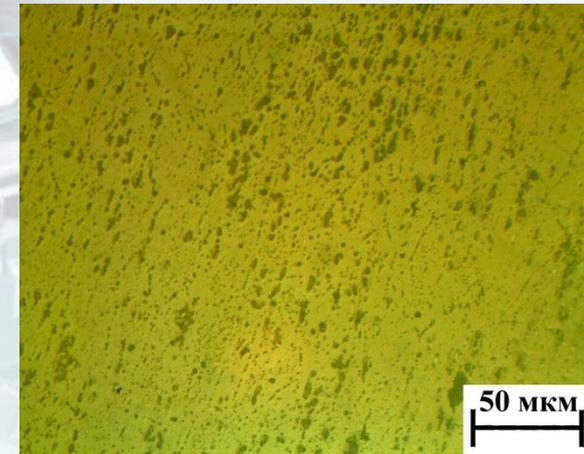
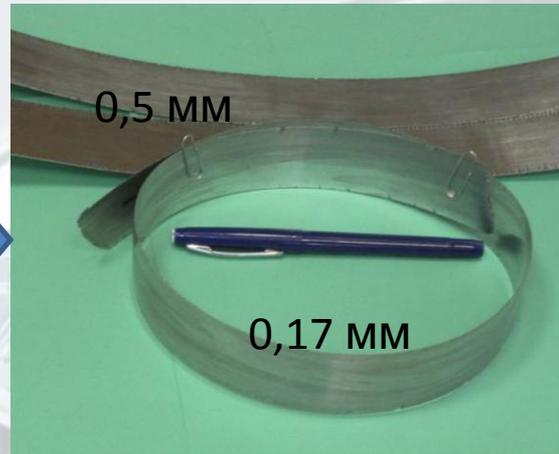
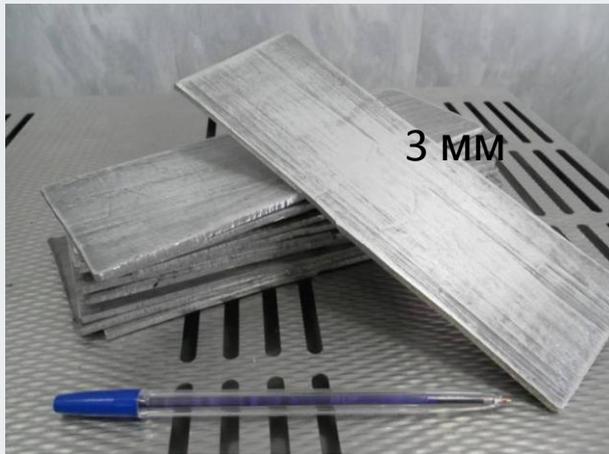
Недостатки: Fe – вредная примесь, высокая себестоимость, недостаточная технологичность

Другие сплавы:

- Титановые требуют сложного дорогостоящего оборудования
- Высокопрочные стали и чугуны дороже традиционных и сложнее в производстве
- Магниевого сплавы не обеспечивают высокую прочность

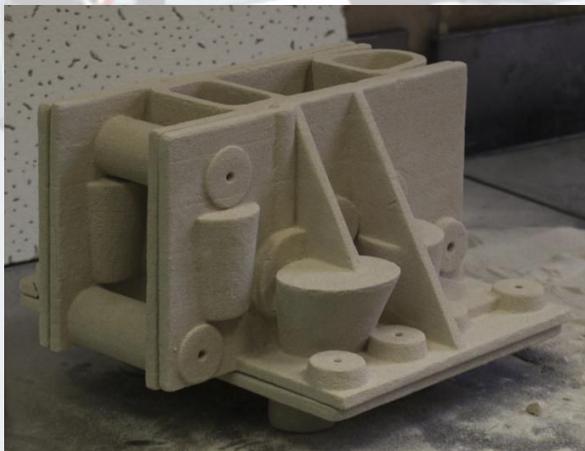
# Техническая значимость

Деформированные полуфабрикаты из сплава АЦ6Н0,5Ж



Равномерное распределение «строчек» в микроструктуре сплава исключает возникновение напряжений и разрыв листа соответственно

Литье в прототипированные формы сплава АЦ6Н0,5Ж



# Техническая значимость

## Преимущества сплава АЦ6Н0,5Ж

- Стоимость снижается за счет снижения концентрации никеля
- Универсальность сплава (возможно изготавливать как отливки, так и тонколистовой прокат)
- Возможность получения соединений методом аргонно-дуговой сварки
- Отсутствие дорогостоящих и экологически вредных добавок
- Можно производить в массовом масштабе, с использованием недорогих вторичных материалов
- Стандартное литейное, металлургическое и сварочное оборудование
- Возможность нанесения специальных покрытий

# Интеллектуальная собственность

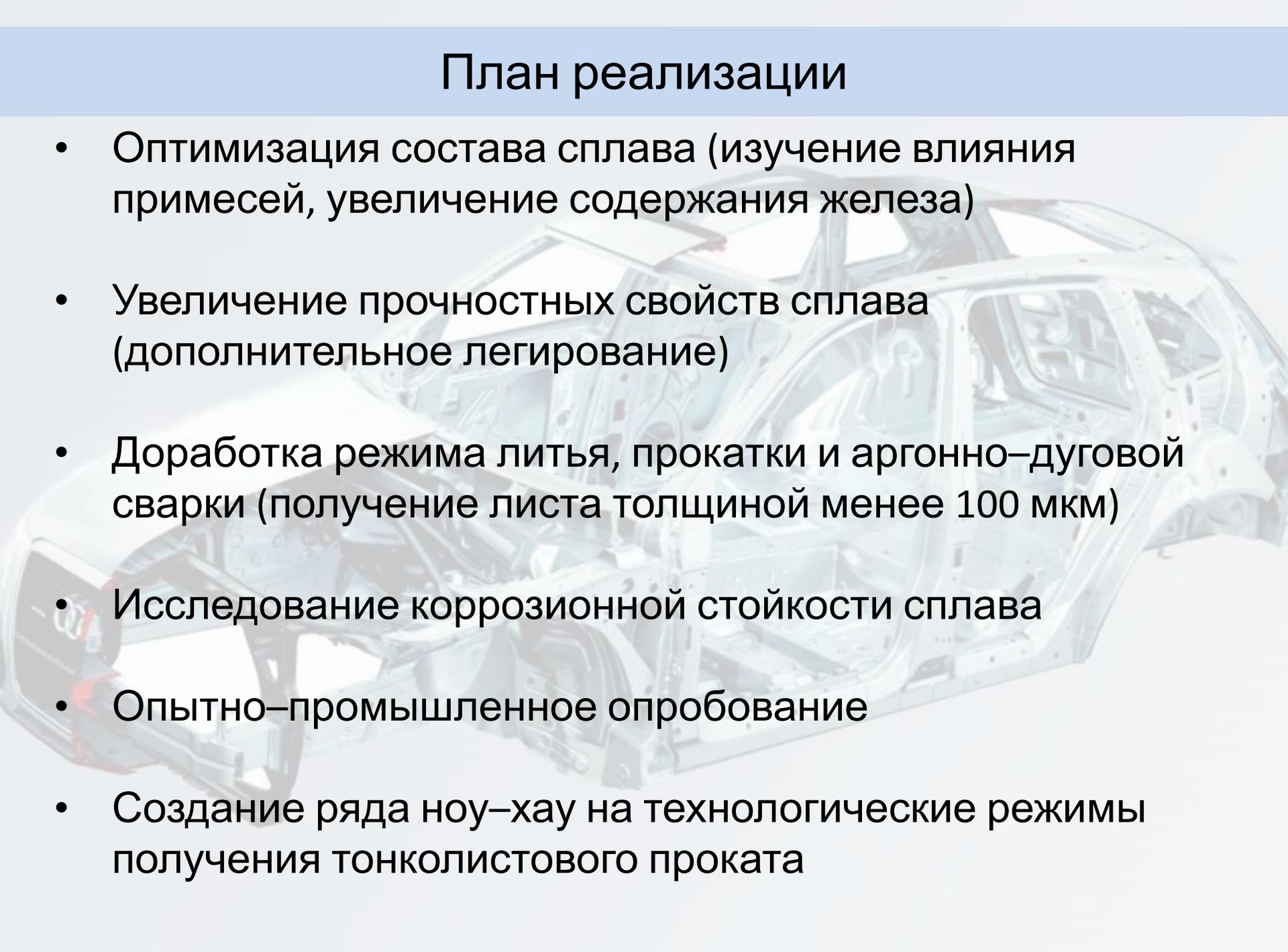
Патент на сплав АЦ6Н0,5Ж

Высокопрочный экономнолегированный сплав на основе алюминия (RU 2484168)

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

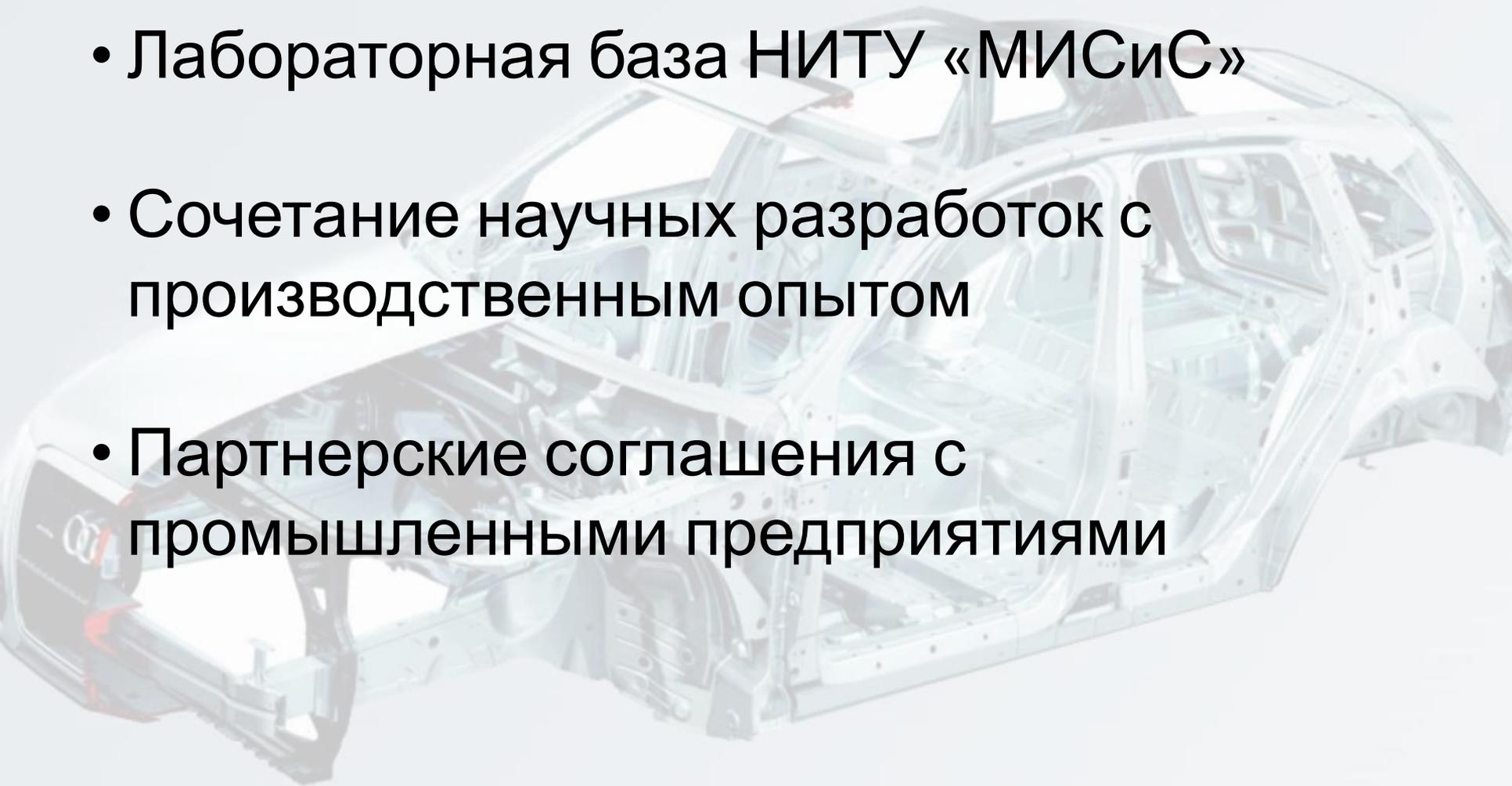


# План реализации

- Оптимизация состава сплава (изучение влияния примесей, увеличение содержания железа)
  - Увеличение прочностных свойств сплава (дополнительное легирование)
  - Доработка режима литья, прокатки и аргонно–дуговой сварки (получение листа толщиной менее 100 мкм)
  - Исследование коррозионной стойкости сплава
  - Опытно–промышленное опробование
  - Создание ряда ноу–хау на технологические режимы получения тонколистового проката
- 

## Условия реализации

- Лабораторная база НИТУ «МИСиС»
- Сочетание научных разработок с производственным опытом
- Партнерские соглашения с промышленными предприятиями





# Спасибо за внимание!



Павел Константинович Шуркин

E-mail: [pa.shurkin@yandex.ru](mailto:pa.shurkin@yandex.ru)

Телефон: 8 (926) 585-19-90

НИТУ «МИСиС», Москва, 2015