

Новые Al-сплавы для внедрения на предприятиях Базового элемента – Русские машины. Предложения МИСиС

Н.А. Белов

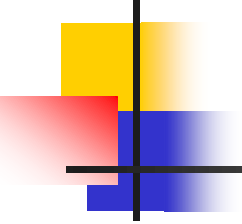
Каф. технологии литейных процессов
Инжиниринговый центр ИЛТМ



Круглый стол

«Организация производства алюминиевых сплавов с высокой добавленной
стоимостью на заводах РУСАЛа»,

г. Москва, Марриотт Гранд, 16.02.2012



Недостатки промышленных алюминиевых сплавов

- Не удовлетворяют по свойствам современным требованиям (разработки 1960-80 х годов)
- Многие содержат дорогостоящие добавки (часто ненужные и даже вредные)
- Технологические режимы получения фасонных отливок и деформированных полуфабрикатов часто слишком сложные (избыточное энергопотребление)

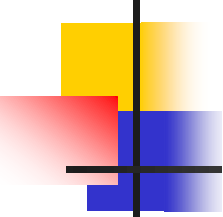


Разработки ИЦ ИЛТМ

- Многолетний опыт специалистов кафедры ТЛП в области разработки и внедрения в промышленность инновационных литейных технологий и материалов, реализации комплексных проектов, послужил базой для создания рамках Инжинирингового центра «Инновационные литейные технологии и материалы» (ИЦ ИЛТМ). Научная и инновационная деятельность ИЦ ИЛТМ сконцентрирована на комплексном подходе, сочетающем как материаловедческую составляющую, так и технологическую, направленную на получения различных видов металлопродукции (фасонные отливки, слитки, бесслитковые заготовки, деформированные полуфабрикаты).
- В настоящее время деятельность ИЦ ИЛТМ сфокусирована на разработку **новых алюминиевых сплавов**, которые по объему производства и потребления занимают 1 место среди всей цветной металлопродукции

Заявки и действующие патенты

(отобранные для коммерциализации)

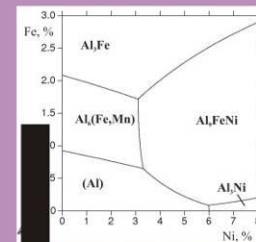
- 
1. Литейный алюминиевый сплав (*доля МИCuC 50 %*) Заявка: 2010107316 (01.03.2010)+
 2. Термостойкий литейный алюминиевый сплав [Al–Ni–Mn–Zr для замены АМ5] (*доля МИCuC 100 %*). Заявка: 2010144164 (29.10.2010)
 3. Материал на основе алюминия» (Al-Mn-Zr) Пат. РФ № 2252975 «, публ. 27.05.2005, бюл.№15. (*доля МИCuC 100 %*).
 4. «Материал на основе алюминия» (Al-Cu-Mn-Zr), Пат. РФ № 2287600, публ.20.11.2006, бюл.№32. (*доля МИCuC 100 %*).
 5. Термостойкий сплав на основе алюминия и способ получения из него деформированных полуфабрикатов (*доля МИCuC 100 %*) 2010144165 (29.10.2010)+
 6. Проводниковый термостойкий сплав на основе алюминия с добавкой циркония (*доля МИCuC 50 %*) Заявка: 2010107317 (01.03.2010)+
 7. Высокопрочный сплав на основе алюминия (*доля МИCuC 100 %*) Патент РФ №2419663, публ.27.05.2011, бюл. №15. (*доля МИCuC 100 %*).

Научная основа разработок

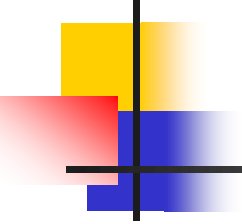
- Белов Н.А. Фазовый состав промышленных и перспективных алюминиевых сплавов-
М.: Издательский Дом МИСиС, 2010, 511 с.

Н.А. Белов

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ
ПРОМЫШЛЕННЫХ И
ПЕРСПЕКТИВНЫХ
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ



Al



1. Высокопрочный экономнолегированный силумин Al9Si-Q

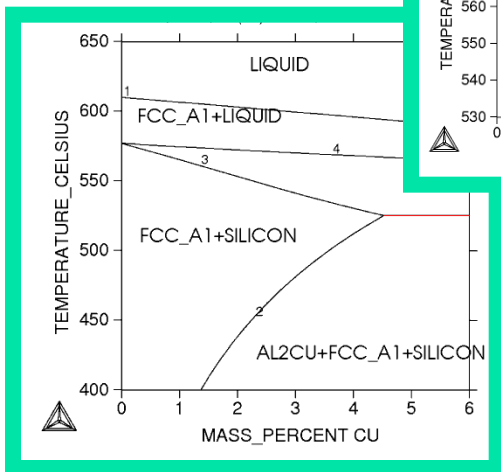
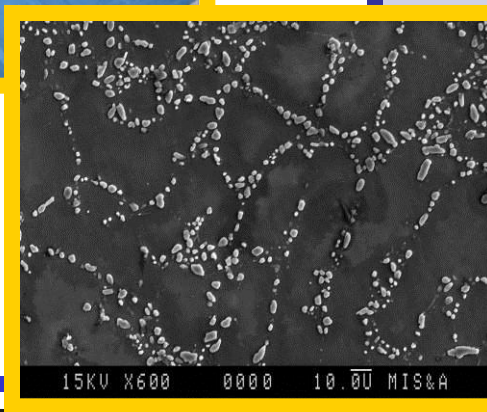
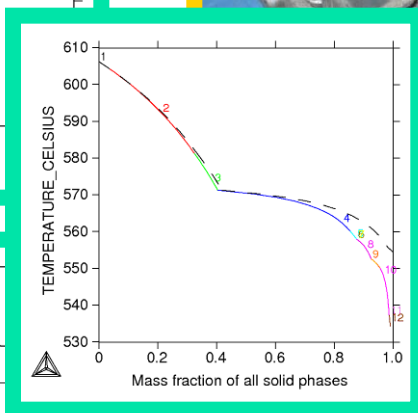
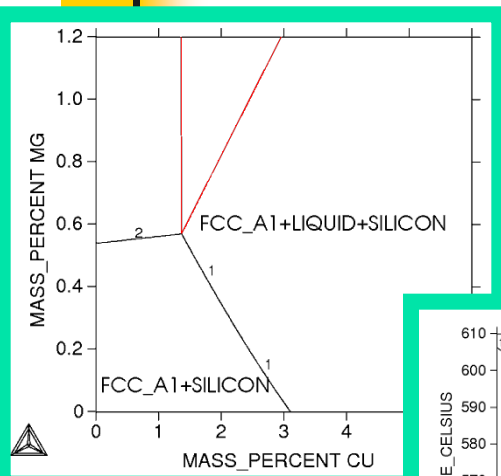
Заявка: 2010107316 (01.03.2010)+



Принципы конструирования экономнолегированный силуминов

- Достигнутой на силуминах уровень прочности ($UTS = 350-400$ МПа) нельзя существенно повысить
- Надо снижать себестоимость для данного уровня свойств
- Н.А. Белов, В.Д. Белов «Оптимизация состава и структуры высокопрочных силуминов», Цветные металлы, 2009, № 2 , С.90-96.
- Белов Н.А., Савченко С.В., Белов В.Д.. Атлас микроструктур промышленных силуминов- М.: Издательский Дом МИСиС, 2009, 204 с.

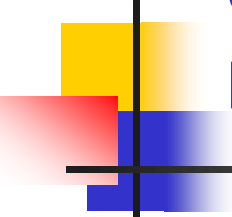
Новый сплав АК8ч для замены АК8МЗч



Заказчик:
Литейный завод
«РосАЛит»
2006-2008



UAZ Hunter



Снижение себестоимости нового силумина АК8ч по сравнению с промышленным сплавом АК8МЗч

- Исключение из состава сплава АК8ч добавки бериллия: резкое снижение затрат за счет отказа от дорогостоящей лигатуры Al-Be, улучшение экологии, возможность размещения заказа на выплавку сплава на других предприятиях
- Адаптация сплава АК8ч к серийной термообработке Т6: резкое снижение затрат за счет устранения необходимости эксплуатировать и обслуживать специальную печь

Патент на сплав АК8ч и акт о внедрении

- Белов Н.А., Белов В.Д., Молодцов А.С., Белов Ф.П., Волоскова Н.Ф., Козлова М.Ю. «Литейный алюминиевый сплав» (АК8ч), заявка на патент № 2008151854/02 от 26.12.2008 (РосАЛит), дата публикации 27.06.2010 ,бюл.№18.

УТВЕРЖДАЮ	УТВЕРЖДАЮ
 Директор ООО «Литейный завод «РосАЛит» А.С. Молодцов	 Профессор МИСиС по науке и производству А.А. Аксенов

АКТ

**о внедрении в серийное производство нового литейного
алюминиевого сплава АК8ч, разработанного в МИСиС, для
изготовления отливок головок цилиндров дизельного двигателя взамен
ранее применяемого сплава АК8МЗч (ГОСТ 1583-93)**

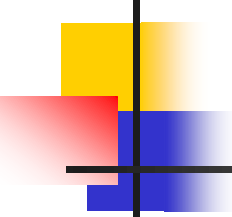
Настоящий АКТ составлен о том, что в результате выполнения в 2006-2008 гг. двух работ (по Договорам №71-40/554-06 15.12.2006 г. и №71-40/105-08 от 28.02.2008 г.) в МИСиС был разработан новый литейный алюминиевый сплав АК8ч, включая технологические режимы его плавки, литья и термообработки (авторы разработки: проф. В.Д.Белов и проф. Н.А.Белов). Этот сплав успешно прошел опытно-промышленное опробование в условиях литейного цеха №1 ОАО «Литейный завод «РосАЛит». В настоящее время сплав АК8ч внедрен в серийное производство для изготовления отливок головок цилиндров (514.1003015) дизельного двигателя (ЗМЗ 5143.10) взамен ранее применяемого сплава АК8МЗч (ГОСТ 1583-93). Производителем данного дизельного двигателя является ОАО ЗМЗ, а потребителем УАЗ (двигатель в настоящее время используют в автомобиле-внедорожнике UAZ Hunter).

Внедрение сплава АК8ч в серийное производство позволило добиться требуемых эксплуатационных характеристик и существенно снизить себестоимость отливок за счет следующих факторов:

№	Изменение по сравнению со сплавом АК8МЗч	Влияние на себестоимость
1	Исключение из состава сплава АК8ч добавки бериллия	Резкое снижение затрат за счет отказа от дорогостоящей литейной Al-Be, улучшение экологии, возможность размещения заказа на выплавку сплава на других предприятиях
2	Снижение в составе сплава АК8ч концентрации меди	Снижения затрат, т.к. медь (М1) примерно в 3 раза дороже первичного алюминия (А7) и первичного силумина (АК120ч)
3	Адаптация сплава АК8ч к серийной термообработке Т6 (вместо специальной многоступенчатой, требуемой для сплава АК8МЗч)	Резкое снижение затрат за счет устранения необходимости эксплуатировать и обслуживать специальную печь

На сплав АК8ч составлена техническая документация, он рекомендуется для использования на других производствах (в том числе автопрома и авиапрома) при изготовлении отливок ответственного назначения вместо стандартных сплавов АК8л и АК8МЗч, содержащих добавку бериллия (ГОСТ 1583-93). Сплав АК8ч рекомендуется включить в новый ГОСТ на литейные алюминиевые сплавы.

от ООО «Литейный завод «РосАЛит»	от МИСиС
Начальник литейного цеха №1 Е.В.Семенов	Заведующий кафедрой ТЛП В.Д.Белов
Начальник ОИ литейного цеха №1 Ф.П. Белов	Профессор Н.А.Белов



Новый экономнолегированный силумин Al9Si-Q

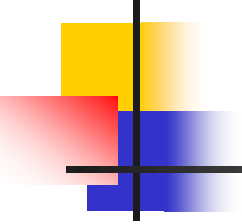
- В продолжение работ по данному направлению совместно с ОАО «МОСОБЛПРОММОНТАЖ» разработан второй экономнолегированный силумин **Al9Si-Q**, который предназначен для получения фасонных отливок сложной формы разными методами литья (в том числе с использованием технологии быстрого прототипирования) и обладающего высокой прочностью. В частности предел текучести при литье в металлические формы (кокиль) выше 310 МПа, а при литье в разовые формы («земляные», холодно твердеющие смеси и т.п.) выше 280 МПа.



Потенциальные потребители силумина Al9Si-Q

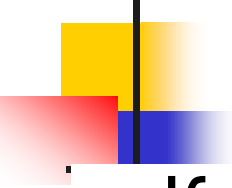
- Автопром: АВТОВАЗ, СОЛЛЕРС, КАМАЗ, ГАЗ,
- Авиапром: ОАК, ОК УДК
- Производители сплавов:
ОК РУСАЛ, АЛКОА РУС, ОАО
«МОСОБЛПРОММОНТАЖ», ПК
ВТОРМЕТ, ОАО ЗАС и др.

Для отливок в состоянии Т6!



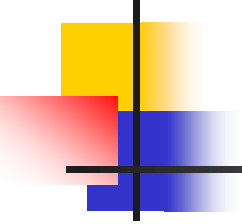
2. Жаропрочный экономнолегированный никалин АН2ЖМц

■ **Заявка: 2010144164 (29.10.2010)**



Проблема повышения жаропрочности Al-сплавов

- Классические Al-сплавы (Al-Cu): раб. температуры $< 200-250^{\circ}\text{C}$
- 1970-1980 гг. – RS/PM технология (быстрая кристаллизация, гранулы):
- ПМ1: Zr, Mn, Cr....(вторичные алюминиды)
- ПМ2: Fe, Ni, Ce...(дисперсные эвтектики)
- **РЕЗУЛЬТАТЫ ОЧЕНЬ СКРОМНЫЕ, а СТОИМОСТЬ ОЧЕНЬ ВЫСОКАЯ!!!**
- **Альтернатива: Разработка принципов конструирования Al- сплавов с ПМ под существующее оборудование!!!**



Принципы конструирования жаропрочных литейных Al-сплавов

- **Белов Н.А.** " Структура и упрочнение литейных сплавов системы Al- Ni-Zr", **МИТОМ**, **1993**, N 10, С.19-22.
- **Belov N.A.** 'Principles of Optimising the Structure of Creep-Resisting Casting Aluminium Alloys Using Transition Metals', **Journal of Advanced Materials**, **1994** 1 (4), p.321-329.
- **Белов Н.А.** "Использование многокомпонентных диаграмм состояния для оптимизация структуры и состава высокопрочных литейных алюминиевых сплавов", **Изв.вузов. Цв.мет.**, 1995, N1, С.48-57.
- **Belov N.A.**, "Aluminium Casting Alloys with High Content of Zirconium". Proc.ICAA5, 1-5.07.96 Grenoble, France, **Materials Science Forum**,**1996** Vol. 217-222, P.293-298.

Механические и литейные свойства

никалина АН4Мц2 (после 10-ч выдержки при 400 °С;

сплав	состояние	σ_B , МПа	δ , %	σ_{-1} , МПа	σ_{100}^{350} , МПа	ПГ, мм
АК12ММгН	T1	190	1	<50	<20	6
АМ5	T6	260	8	<80	<30	>16
АН4Мц2	спец. отжиг	270	5	110	40	4



Фасонные отливки сплава АН4Мц2 (литье в кокиль)

Патенты РФ и США



Комитет Российской Федерации
по патентам и товарным знакам

(19) **RU** (11) **2001145 C1**
(51) **5 C 22 C 21/00**

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ



(21) 5018280/02
(22) 24.12.91
(46) 15.10.93 Бюл. № 37-38
(71) Московский институт стали и сплавов
(72) Белов Н.А.
(73) Московский институт стали и сплавов
(54) **ЛИТЕЙНЫЙ СПЛАВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИ-**
НИЯ
(57) Изобретение относится к литейным сплавам на

основе алюминия, предназначенным для приме-
нения в качестве конструкционного материала. Сплав
содержит (мас.%) никель 3,0 – 6,5, марганец – 0,5 –
2,0, скандий 0,2 – 0,8, цирконий 0,05 – 0,3; алюминий
остальное. Свойства сплава $\sigma_b = 300-345$ МПа =
300 – 345 МПа $\delta = 9,5-13,6\% = 9,5 - 13,6\%$, HB =
105 – 115, H₃₀₀³⁰⁰ = 23-27 МПа = 23 – 27 1 табл.

1. Белов Н.А. - пат.РФ 2001144,1993
 2. Белов Н.А. - пат.РФ 2001145,1993
 3. Белов Н.А. - пат.РФ 2001146,1993
 4. Белов Н.А. - пат.РФ 2001147,1993
- МИСиС

US 2004/0261916A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication**
Lin et al.

(10) Pub. No.: **US 2004/0261916 A1**
(43) Pub. Date: **Dec. 30, 2004**

(54) **DISPERSION HARDENABLE AL-NI-MN
CASTING ALLOYS FOR AUTOMOTIVE AND
AEROSPACE STRUCTURAL COMPONENTS**

Related U.S. Application Data

(76) Inventors: **Jen C. Lin**, Export, PA (US); **Vadim S.
Zolotarevsky**, Moscow (RU); **Michael
V. Glazoff**, Pittsburgh, PA (US); **Shawn
J. Murtha**, Monroeville, PA (US);
Nicholas A. Belov, Moscow (RU)

(63) Continuation-in-part of application No. 10/325,561,
filed on Dec. 20, 2002, now Pat. No. 6,783,730.
(60) Provisional application No. 60/345,182, filed on Dec.
21, 2001.

Publication Classification

Correspondence Address:
**ECKERT SEAMANS CHERIN & MELLOTT,
LLC
ALCOA TECHNICAL CENTER
100 TECHNICAL DRIVE
ALCOA CENTER, PA 15069-0001 (US)**

(51) Int. Cl.⁷ **C22C 21/00**
(52) U.S. Cl. **148/549; 148/415; 420/550**

ABSTRACT

(21) Appl. No.: **10/891,480**

(22) Filed: **Jul. 15, 2004**

An aluminum casting alloy includes at least about 0.5 wt %
Ni and 1-3 wt % Mn. It further includes zirconium or
scandium for precipitation hardening during T5 heat treat-
ment.

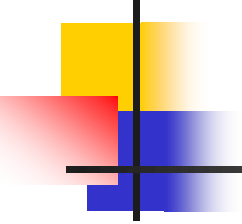
33. A method, according to claim 24, wherein the step of
artificially ageing the casting comprises maintaining a tem-
perature of the casting at about 400 C for about 20 hours.

34. A method, according to claim 24, wherein the step of
artificially ageing the casting comprises maintaining a tem-
perature of the casting at about 330 C for about 3 hours and
then at about 450 C for about 2 hours.

35. A method, according to claim 24, wherein the step of
casting the alloy is at least one of high pressure die casting,
permanent mold casting, dry sand casting, green sand cast-
ing, investment casting and other shaped casting processes.

* * * * *

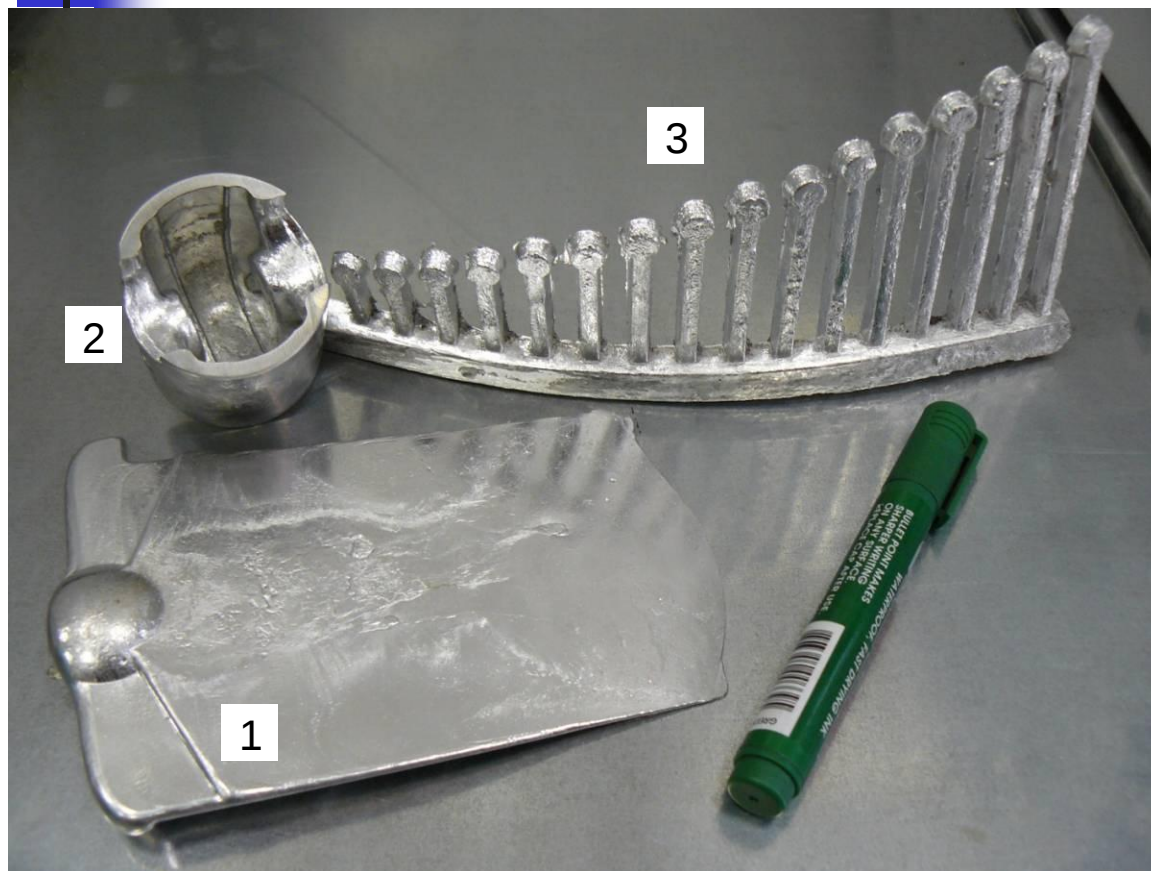
Pat. USA (Alcoa), 2004 (EU, 2010)



Экономнолегированный никалин АН2ЖМц

- Однако никалин АН4Мц2 следует рассматривать скорее в качестве модельной композиции, поскольку в его составе предполагается низкое содержание железа, т. е. для его производства требуется алюминий высокой чистоты.
- **Цель: снизить концентрацию никеля и сделать железо легирующим компонентом (а не примесью)**

Примеры отливок, полученных из АН2ЖМц



1. Клиновая проба на формозаполняемость
2. Поршень
3. Проба на горячеломкость

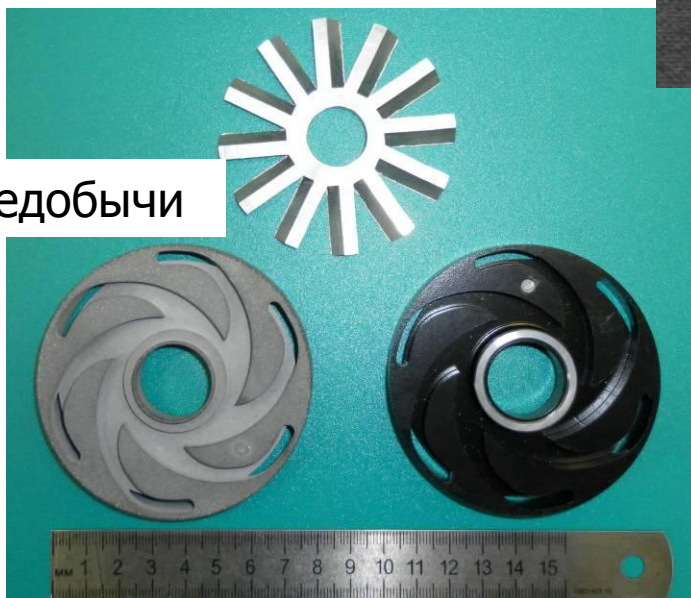
Потенциальные потребители никалина АН2ЖМц

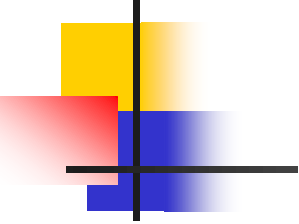
- **Авиапром**
- **Автопром**
- **Нефтедобыча**

Детали запорной
арматуры



Ступени насоса для нефтедобычи





3. Термостойкий деформируемый высокотехнологичный и коррозионностойкий алюминиевый сплав MN1 на базе системы Al-Mn-Zr

Пат. РФ № 2252975 (публ. 27.05.2005)

Сплав MN1

Награды

серебряная медаль на 5-ом
Московский международном
салоне инноваций и инвестиций,
2005, Москва;

золотая медаль на 9-м
Международном салоне
промышленной собственности
“Архимед 2006”, Москва;

серебряная медаль на 58-ой
Международной выставке “Идеи-
изобретения-инновации”, IENA-
2006, г. Нюрнберг, Германия;

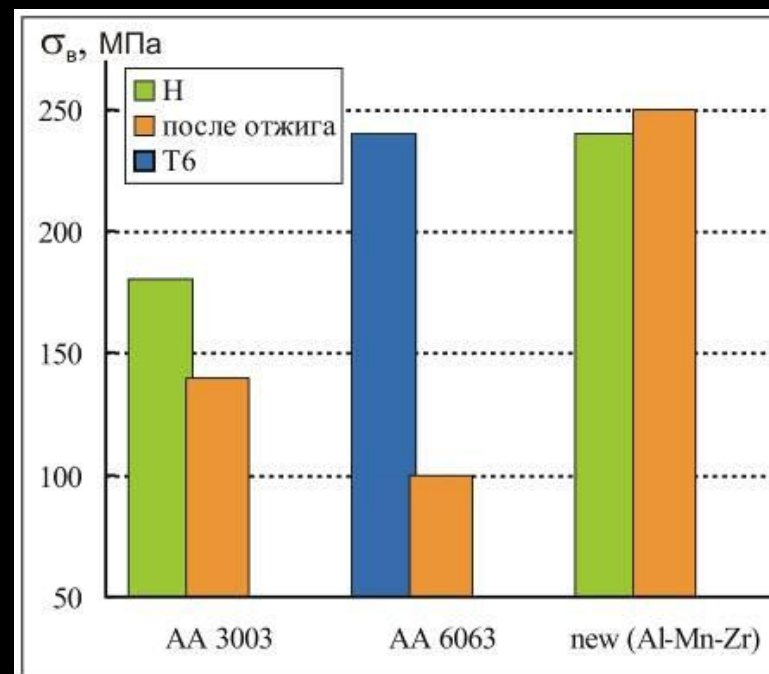
золотая медаль 4-й Сеульской
международной
изобретений “SIIF-2006”,
Корея.



патент №2252975

вошел в 1-ый перечень (2007 г.)

100 лучших изобретений
РФ



Заявка в РОСНАНО (Наноцентр)

DEEP-DIVE TECHNOLOGY ASSESSMENT -REPORT-

Пищевая
упаковка



Косметика



Бытовая
фольга



Фармацевтика



Табачные
изделия



Корм для
животных



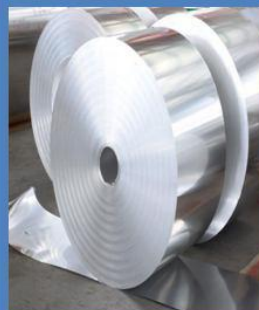
Тепло-
обменники



Автопром



Сотовые
конструкции



Изоляция
кабелей



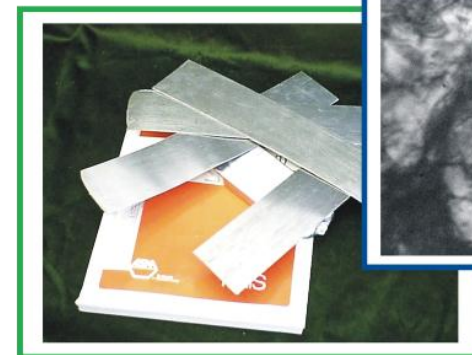
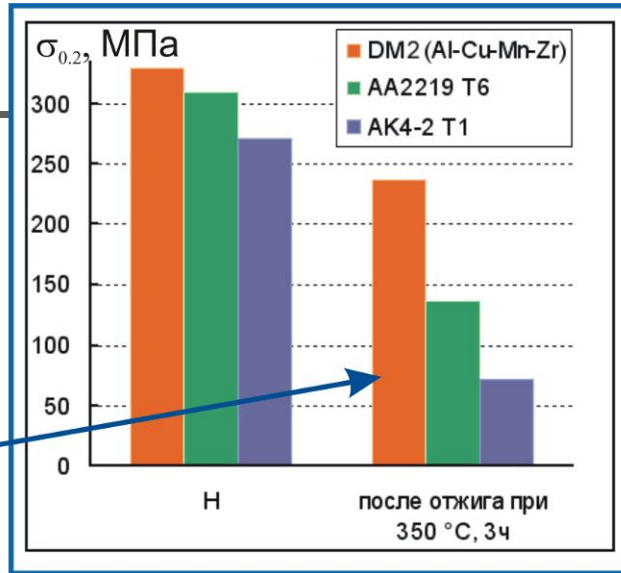
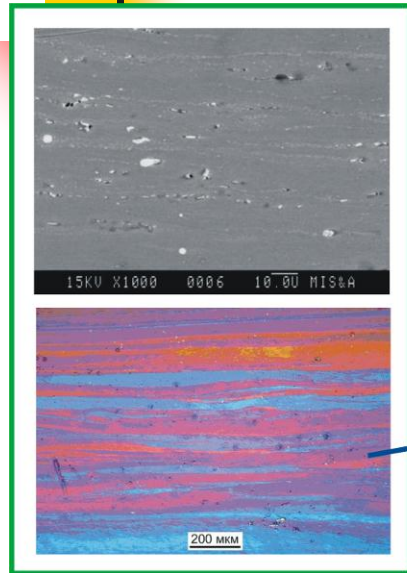
**4. Жаропрочный
деформируемый
алюминиевый сплав
АЛТЭК на базе
системы Al-Cu-Mn-Zr
РФ № 2287600 (публ.20.11.2006)**

Принципы конструирования сплава АЛТЭК

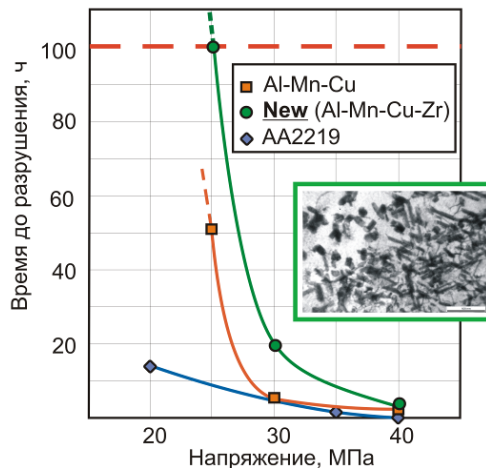
- Идея
- 1) получить в деформированных полуфабрикатах структуру **с максимальным количеством дисперсоидов** (в частности, $\text{Al}_{20}\text{Cu}_2\text{Mn}_3$ и $\text{Al}_3\text{Zr-Li}_2$) вместо выделений фазы Al_2Cu ;
- 2) получить в литых слитках почти однофазную структуру (**т.е. с минимальным количеством эвтектических включений фазы Al_2Cu**)

N.A.Belov and A.N. Alabin "Microstructure and mechanical properties of Al-Cu-Mn cold rolled sheet alloys" in «Aluminium Alloys: Their Physical and Mechanical Properties», Ed. J.Hirsch. B.Scrotzki and G.Gottstein, DCM, 2008, P. 1653-1659 (Proc. ICAA11, Germany Aachen, 22-26.09.08).

Сплав АЛТЭК



Испытания на длительную прочность при 350 °C



Разработка в 2008 г. победила в международном конкурсе инноваций «Применение алюминия в транспорте», организованном ОК РУСАЛ и Международным институтом алюминия (IAI)



Основные преимущества сплава АЛТЭК

- **повышение производительности за счет сокращения технологического цикла получения деформированного полуфабриката;**
- **освобождение площадей от ненужного оборудования (в частности, закалочных печей и закалочных емкостей;**
- **сокращение числа рабочих (в частности, занятых в процессе термообработки, а также в обслуживании печей);**
- **уменьшение потребления электроэнергии за счет сокращения времени термообработки и снижения температуры;**
- **сокращение вредных выбросов за счет сокращения времени работы печей;**
- **уменьшение брака (в частности, коробления деформируемых полуфабрикатов), возникающего при закалке, за счет устранения в технологическом цикле данной операции.**
- **возможность повышения рабочих температур работы изделий.**

Оценка патента № 2287600

RSM! Top-Audit

Аудиторская и консалтинговая группа

59 346 000 РУБЛЕЙ

ПЯТЬДЕСЯТ ДЕВЯТЬ МИЛЛИОНОВ ТРИСТА СОРОК ШЕСТЬ ТЫСЯЧ РУБЛЕЙ

наименование ОИС	Материал на основе алюминия
Охранный документ	Патент РФ № 2287600. Дата начала отсчета срока действия: 09.08.2005. Опубликовано: 20.11.2006
Заявка	2005125101/02, 09.08.2005г.
Срок окончания действия	08.08.2025
Правообладатель (патентообладатель) ИС	Государственное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет сплавов" (технологический университет)
Автор	Белов Николай Александрович, Алабин Александр Николаевич
Объект оценки	Не идентифицировано

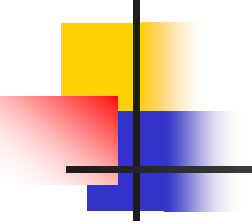
С уважением,

Лернер Р.М.

Председатель Правления

ООО «АУДИТОРСКАЯ И КОНСАЛТИНГОВАЯ ФИРМА «ТОП-АУДИТ»





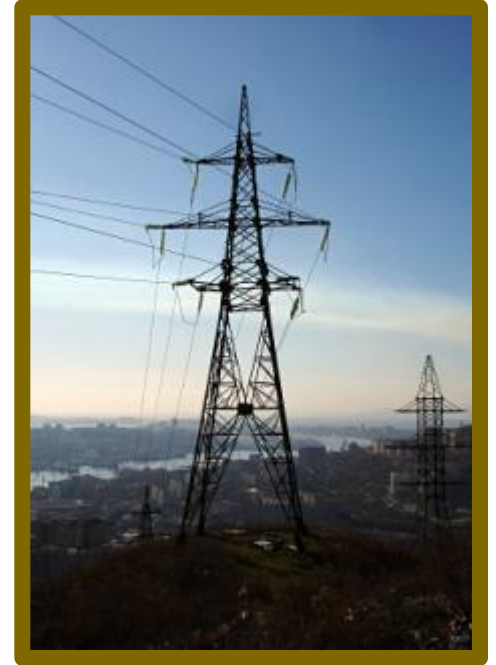
5. Термостойкий проводниковый алюминиевый сплав АЦр1Е на базе системы Al-Zr

Заявка: 2010107317 (01.03.2010)+

Актуальность

В настоящее время в энергетике остро стоит проблема, связанная с ограниченной пропускной способностью линий электропередач, что определяет повышенный интерес к термически стабильным алюминиевым сплавам.

Эти сплавы должны сочетать высокую электропроводность и достаточную прочность, сохраняющуюся после нагревов вплоть до 250-300 °С.



Решение проблемы

Для решения данной проблемы наиболее перспективным направлением является создание провода, выполненного из низколегированных алюминиевых сплавов с добавкой циркония.



Требование к термостойкому Al-сплаву:

Временное сопротивление при 20 °С не менее 160 МПа;

Потеря мех. свойств после нагрева до 300 °С, не более 10 %;

Относительное удлинение, не менее 2 %

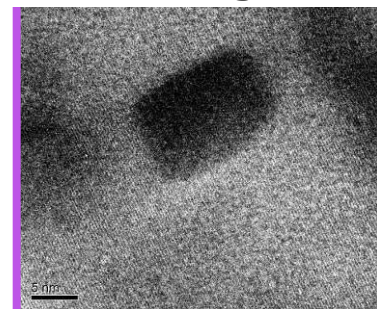
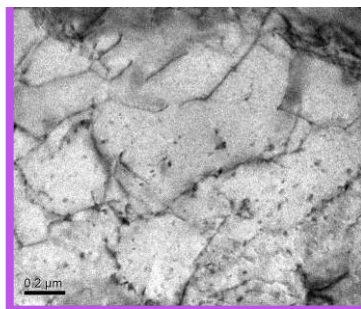
Удельное электрическое сопротивление – 28,7 мкОм·мм

В МИСиС совместно с ОАО Кирскабель разработаны ТУ и изготовлена 1 партия Провода из сплава АЦр1Е

ОАО «Кирскабель»	Проволока из термостойкого проводникового алюминиевого сплава АЦр1Е ТУ 16.К03-51-2010	ННТУ «МИСиС»
Выпуск 1		стр. 1 из 11
ОКП 18 8890	Группа В 74	
УТВЕРЖДАЮ	УТВЕРЖДАЮ	
Директор Кирсинского филиала ЗАО «Управляющая компания «УНКОМТЕХ» - диспетчеризация Директор ОАО «Кирскабель» А.Ю. Прохоров	Проректор ННТУ «МИСиС» по науке и инновациям М.Р. Филонов	
		
ПРОВОЛОКА ИЗ ТЕРМОСТОЙКОГО ПРОВОДНИКОВОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЦр1Е ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТУ 16.К03-51-2010 Вводится впервые Дата введения 01.07.2010г.		
От ОАО «Кирскабель»:	От ННТУ «МИСиС»:	
Технический директор « 02 » 12 2010г.	Директор ИЦ ИЛТМ « 02 » 07 2010г.	Н.А. Белов
	Нач. отд. ИЦ ИЛТМ « 02 » 07 2010г.	А.Н. Алабин
2010 г.		

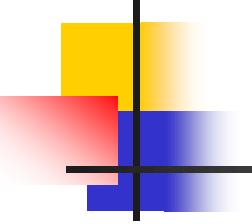


Наночастицы фазы Al_3Zr



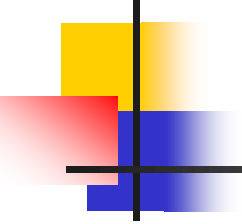
ВЫСТАВОЧНЫЙ ОБРАЗЕЦ ПРОВОДА ИЗ СПЛАВА АЦР1Е





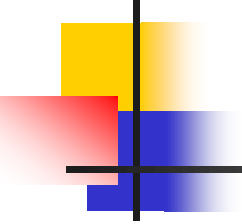
6. Проводниковый термостойкий сплав на основе алюминия с добавкой циркония

Заявка: 2010107317 (01.03.2010)+



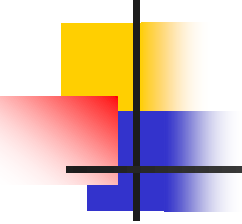
Назначение нового термостойкого проводникового сплава

- Техническим результатом является создание нового термостойкого сплава выполненного в виде проволоки, тонколистового проката и штамповок, что позволяет достигнуть высокого комплекса механических и электрических свойств, в том числе после длительных нагревов при температурах до 350 °С включительно, в частности, временное сопротивление после 100-часового нагрева при 300 °С превышает 320 МПа.
- **Потенциальный потребитель РЖД (замена медного контактного провода)**



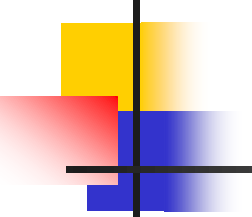
7.Высокопрочный экономнолегированный никалин АЦ7НЖ

■ Патент РФ №2419663, публ.27.05.2011, бюл. №15.



Разработка высокопрочных Al-сплавов с улучшенными литейными свойствами

- В 1970-80-х годах в МИСиС, ВИАМе и др. организациях были разработаны сплавы с улучшенными механическими свойствами по сравнению с силуминами
- АЛ24п (Al-Mg-Zn), ВАЛ10 (Al-Cu), ВАЛ11 (Al-Mg-Zn), ВАЛ12 (Al-Zn-Mg-Cu) и др
- Все они содержали малые добавки (Mn, Ti, Zr, Cr, Cd и др.)
- **НИЗКИЕ ЛИТЕЙНЫЕ СВОЙСТВА!!!**
- **Альтернатива: Разработка принципов конструирования литейных сплавов с разными эвтектическими фазами**



Принципы конструирования высокопрочных никалинов

- Сплавы на базе системы Al-Zn-Mg-Cu типа В96ц-3 (АА7055) исчерпали свой потенциал (следует из анализа фазовых диаграмм)
- Предлагается экономнолегированный безмедистый никалин АЦ7НЖ ($\sigma_{\text{в}} > 650 \text{ МПа}$) предназначенный для получения деформированных полуфабрикатов (листов, прутков, труб, штамповок и т.д.) из слитков средних размеров взамен сплавов типа В95 и В96ц3. используемых в авиастроении.
- ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА:
 - 1. Возможность использования аргонно-дуговой сварки за счет пониженной горячеломкости
 - 2. Нет склонности к образованию зернограницных выделений, что позволяет повышать прочностные свойства ($\sigma_{\text{в}}$ до 750 МПа)
 - 3. Допускается до 1%Fe

Изделие из 1-го никалина АЦ6Н4



Отливки из 2-го никалина АЦ7Мг3Н4, полученные в промышленных условиях ОАО «ВАСО»



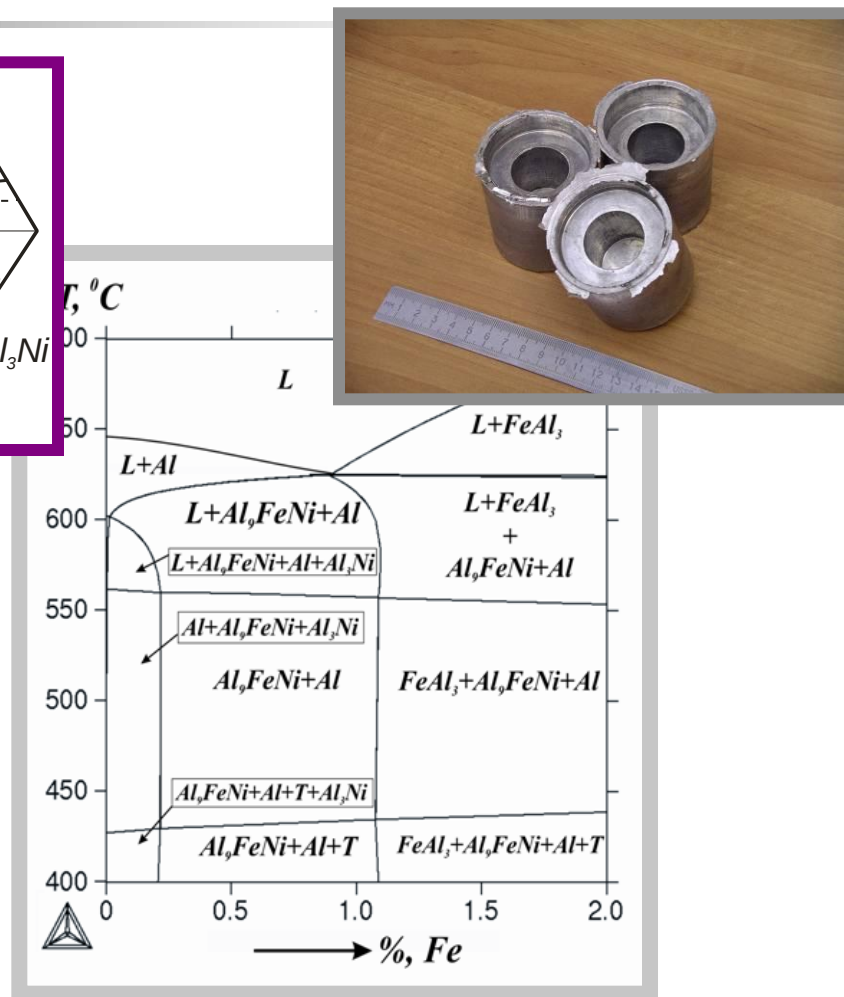
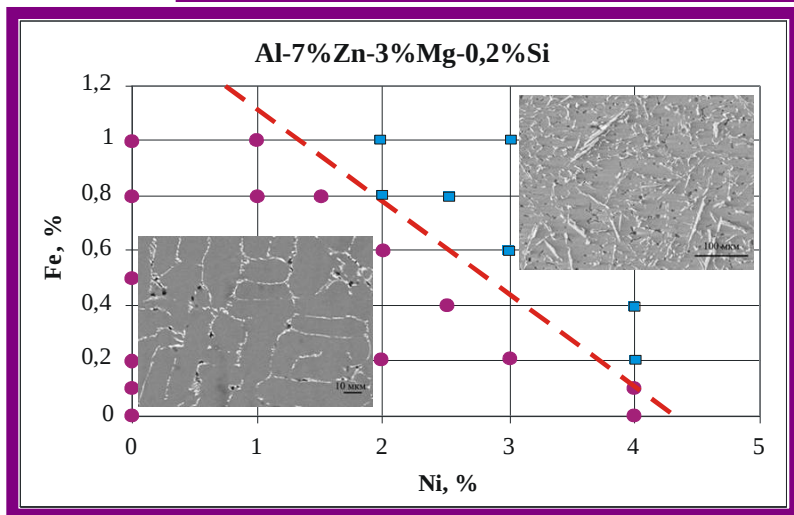
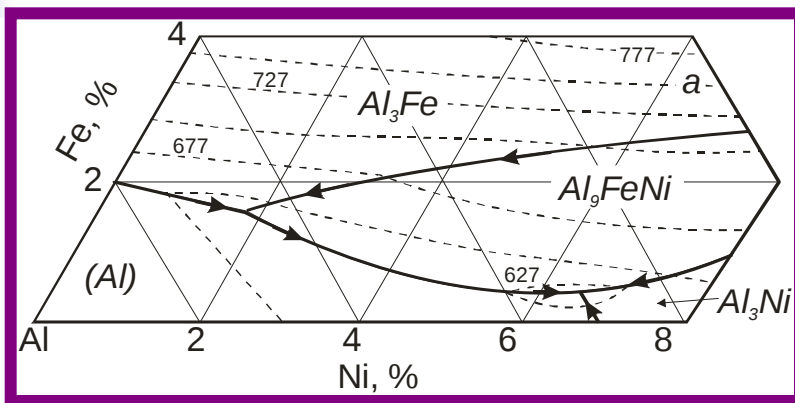
Механические свойства безмедистого никалина АЦ7Мг3Н4 и известных высокопрочных литейных сплавов (Т6)



(Пат.РФ, 2005,
Н.А.Белов и др.)

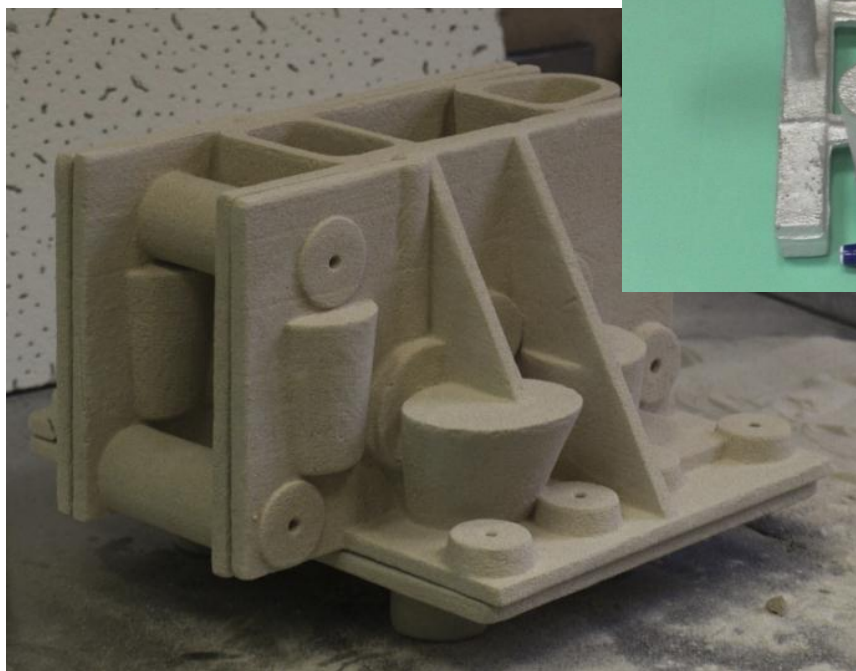
Сплав	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
АК8М3ч	340	400	4
АМ4,5Кд	360	490	5
ВАЛ 12	500	550	3
АЦ7Мг3Н4	550	620	6

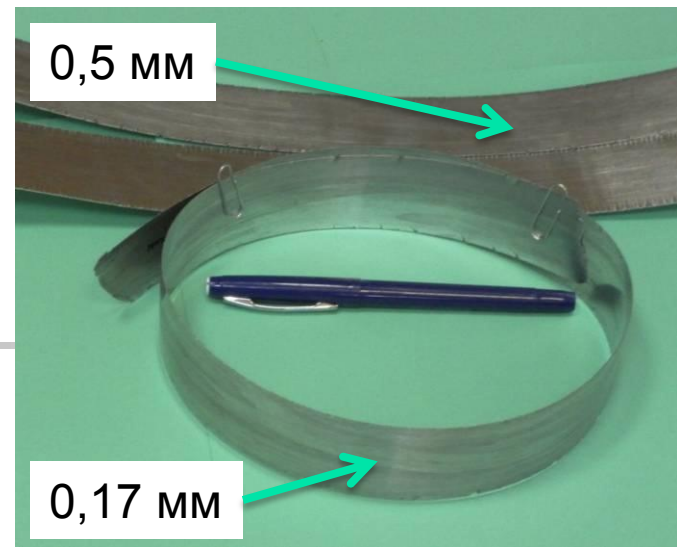
Оптимизация состава экономно-легированного литейного никалина АЦ7НЖ (1-2%Ni, 0,5-1%Fe)



Сплав АЦ6Н0,5Ж

литье в прототипированные формы





Термообработка отжиг 450°С 0,5 часа
540°С 0,5 часа и закалка в воду

Холодная прокатка
до толщин 1 мм и 0,25 мм

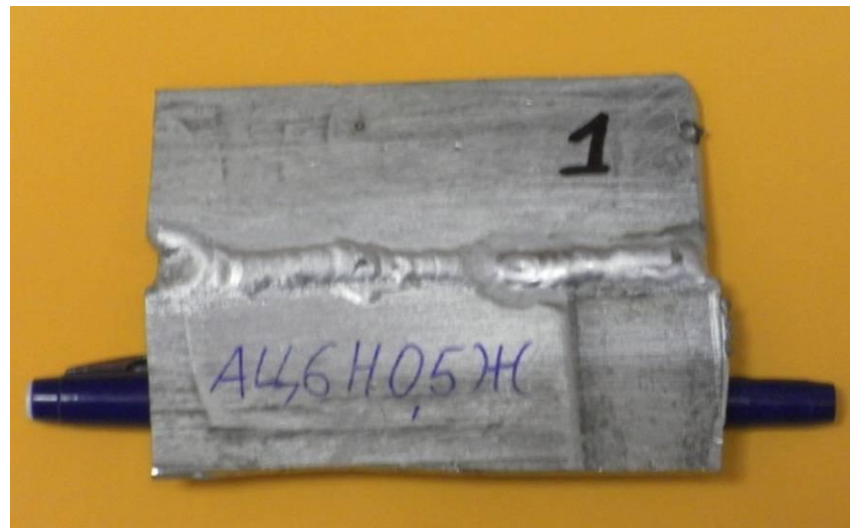
Испытания на разрыв (1 серия)

Испытания на разрыв (2 серия)

Холодная прокатка до толщин 0,5 мм
Получена лента толщиной 0,17 мм

2 группы образцов толщиной 1 мм
1-ая – естественное старение 72 часа
2-ая – отжиг 450°С 0,5 часа, 540°С 0,5 часа
и закалка в воду

Сварные соединения отливок и листов сплава АЦ6Н0,5Ж

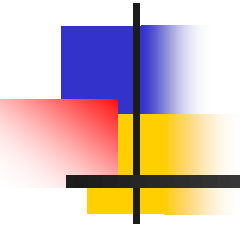


Присадочная проволока – АЦ6Н0,5Ж и АМГ6



Потенциальные потребители высокопрочного никалина АЦ7НЖ

- **Авиапром:** для изделий ответственного назначения (в новой технике)
- **Автопром и Спортивный инвентарь** – замена сталей



Спасибо за внимание!

