



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2005120205/02, 29.06.2005

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.06.2005

(45) Опубликовано: 10.12.2006 Бюл. № 34

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2215808 C2, 10.11.2003. SU 665010  
A, 23.03.1981. RU 2004610 C1, 15.12.1993. US  
4713216 A, 15.12.1987. US 6557289 B2,  
06.05.2003.

Адрес для переписки:

119049, Москва, ГСП-1, В-49, Ленинский пр-кт,  
4, МИСиС, отдел защиты интеллектуальной  
собственности

(72) Автор(ы):

Белов Николай Александрович (RU),  
Золоторевский Вадим Семенович (RU),  
Чевеикин Владимир Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Московский государственный институт стали и  
сплавов" (технологический университет)  
(МИСиС) (RU)

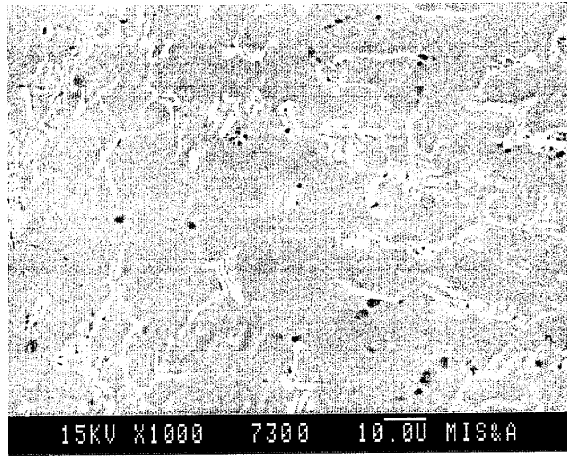
## (54) МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

(57) Реферат:

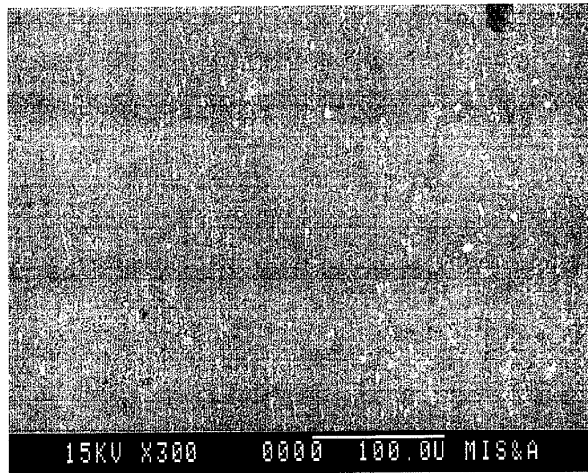
Изобретение относится к области металлургии материалов на основе алюминия и может быть использовано при получении изделий, работающих под действием высоких нагрузок, таких как детали автомобилей и детали спортивного инвентаря. Предложенный материал содержит следующие компоненты, мас. %: цинк 6-8, магний 2,5-3,5, никель 0,6-1,4, железо 0,4-1, кремний 0,02-0,2, цирконий 0,1-0,3, скандий 0,05-0,3, алюминий

остальное, при этом температура равновесного солидуса материала составляет не менее 540 °С, а твердость материала составляет не менее 200 НВ. Техническим результатом изобретения является создание нового высокопрочного материала, предназначенного как для получения фасонных отливок, так и деформированных полуфабрикатов, обладающих высокими механическими свойствами. 3 з.п. ф-лы, 1 ил., 4 табл.

a



б



RU 2288965 C1

RU 2288965 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2005120205/02, 29.06.2005**(24) Effective date for property rights: **29.06.2005**(45) Date of publication: **10.12.2006 Bull. 34**

Mail address:

**119049, Moskva, GSP-1, B-49, Leninskij pr-kt,  
4, MISiS, otdel zashchity intellektual'noj  
sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Belov Nikolaj Aleksandrovich (RU),  
Zolotorevskij Vadim Semenovich (RU),  
Cheverikin Vladimir Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie  
vysshego professional'nogo obrazovanija  
"Moskovskij gosudarstvennyj institut stali i  
splavov" (tehnologicheskij universitet) (MISiS) (RU)**

(54) **ALUMINUM-BASE MATERIAL**

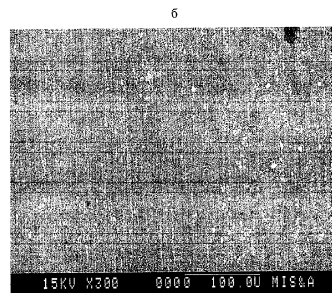
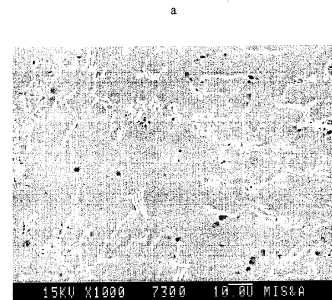
(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to aluminum-base material. Proposed material comprises the following components, wt.-%: zinc, 6-8; magnesium, 2.5-3.5; nickel, 0.6-1.4; iron, 0.4-1.0; silicon, 0.02-0.2; zirconium, 0.1-0.3; scandium, 0.05-0.2, and aluminum, the balance wherein the temperature of equilibrium solidus of material is 540°C, not less, the hardness value of material is 200 HV, not less. Invention provides the development of the novel high-strength material designated for both producing fashioned ingots and deformed semifinished product possessing high mechanical properties. Invention can be used in making articles working under effect of high loading, such as car articles and sport inventory articles.

EFFECT: improved and valuable properties of material.

4 cl, 2 dwg, 4 tbl, 3 ex



Изобретение относится к области металлургии материалов на основе алюминия и может быть использовано при получении изделий, работающих под действием высоких нагрузок при температурах до 100-150°C, таких как детали автомобилей и других транспортных средств (велосипеды, самокаты, тележки), детали спортивного инвентаря и др.

5 Деформируемые термически упрочняемые алюминиевые сплавы на базе системы Al-Zn-Mg типа 1915 (ГОСТ 4784-75) имеют удачное сочетание технологичности (при обработке давлением, свариваемости), коррозионной стойкости и механических свойств (Промышленные алюминиевые сплавы. /Справ. изд./ Алиева С.Г., Альтман М.Б. и др. М., Металлургия, 1984. С.154).

10 Они обладают средней прочностью ( $\sigma_B=300-400$  МПа), поскольку суммарное содержание магния и цинка в них не превышает 7-8%. При увеличении этого значения прочность растет, однако сплавы становятся чувствительными к межзеренному разрушению, что негативно влияет на пластичность, усталостные свойства, вязкость разрушения, а также сопротивление коррозии под напряжением.

15 Недостатком сплавов на базе системы Al-Zn-Mg является высокая склонность к образованию горячих трещин при затвердевании, что затрудняет их использование для получения фасонных отливок относительно сложной формы.

20 Более высокой прочностью ( $\sigma_B=500-600$  МПа) обладают сплавы типа В95 на базе системы Al-Zn-Mg-Cu (Промышленные алюминиевые сплавы. /Справ. изд./ Алиева С.Г., Альтман М.Б. и др. М., Металлургия, 1984. С.121.), однако их литейные свойства еще хуже, чем у сплавов без меди, поэтому сплавы на базе этой системы практически не используются в качестве литейных.

25 Общим недостатком промышленных сплавов на базе системы Al-Zn-Mg-Cu является сильная чувствительность механических свойств к примеси железа. Поэтому, когда требуется повышенный уровень этих свойств, необходимо применять для производства таких сплавов алюминий высокой чистоты, что отрицательно сказывается на стоимости.

Наиболее близким материалом к предложенному является материал, раскрытый в патенте RU 2004610 (заявка 5012802 от 25.11.91 г.).

30 Данный материал содержит цинк, магний, медь, никель и железо при следующих концентрациях компонентов, мас. %:

Цинк	5-7
Магний	1,2-2,2
Медь	0,6-1,4
Никель	0,9-1,5
Железо	1,0-1,6
35 Кремний	0,1-0,5
Хром	0,03-0,2
Ванадий	0,01-0,15
Алюминий	Остальное

40 Из этого материала можно получать отливки с улучшенными литейными и механическими свойствами за счет добавок никеля и железа, который образует алюминиды эвтектического происхождения. При этом сплавы можно готовить из алюминия технических марок.

45 Однако для достижения высоких прочностных свойств необходимо обеспечить этим алюминидам глобулярную форму, что требует проведения операции сфероидизирующего отжига. Поскольку медь, входящая в известный материал, сильно снижает равновесный солидус (для среднего состава он ниже 520°C), то требуется относительно высокая дисперсность исходной структуры, что ограничивает использование предложенного сплава сравнительно небольшими отливками простой формы. Поскольку слитки, предназначенные  
50 для получения деформируемых полуфабрикатов, имеют относительно крупные размеры, скорость охлаждения в них обычно ниже, чем 2 К/с. Поэтому использование материала, указанного в патенте RU 2158780, в качестве деформируемого затруднено. Кроме того, наличие меди в последнем снижает пластичность при обработке давлением.

Задачей изобретения является создание нового высокопрочного материала, предназначенного как для получения фасонных отливок, так и деформированных полуфабрикатов (из слитка), обладающих высокими механическими свойствами (не ниже, чем у алюминиевых сплавов типа В95).

5      Поставленная задача решена тем, что материал на основе алюминия, содержащий цинк, магний, никель, железо и кремний, дополнительно содержит цирконий и скандий при следующих концентрациях компонентов, мас. %

	Цинк	6-8
	Магний	2,5-3,5
10	Никель	0,6-1,4
	Железо	0,4-1
	Кремний	0,02-0,2
	Цирконий	0,1-0,3
	Скандий	0,05-0,3
	Алюминий	Остальное

15      при этом температура равновесного солидуса материала составляет не менее 540°C, а твердость материала составляет не менее 200 HV.

Материал может быть выполнен в виде отливок, обладающих следующими свойствами на растяжение: временное сопротивление ( $\sigma_B$ ) - не менее 600 МПа, предел текучести ( $\sigma_{0,2}$ ) - не менее 560 МПа, относительное удлинение ( $\delta$ ) - не менее 3%.

Кроме того, материал может быть выполнен в виде катаных листов, обладающих следующими свойствами на растяжение: временное сопротивление ( $\sigma_B$ ) не менее 640 МПа, предел текучести ( $\sigma_{0,2}$ ) не менее 600 МПа, относительное удлинение ( $\delta$ ) не менее 4%.

25      Материал может быть также выполнен в виде пресованных прутков, обладающих следующими свойствами на растяжение: временное сопротивление ( $\sigma_B$ ) не менее 680 МПа, предел текучести ( $\sigma_{0,2}$ ) не менее 640 МПа, относительное удлинение ( $\delta$ ) не менее 5%.

Сущность изобретения состоит в следующем.

30      Цинк и магний в заявленных пределах находятся в алюминиевой матрице в виде вторичных выделений, в частности метастабильных фаз  $T'(Al_2Mg_3Zn_3)$  и  $\eta'(MgZn_2)$ , что вносит основной вклад в прочность материала. Отсутствие меди, с одной стороны, повышает равновесный солидус, а с другой - улучшает литейные свойства сплава.

Железо и никель в заявленных пределах полностью находятся в эвтектических включениях фазы  $Al_3FeNi$ , что, с одной стороны, улучшает литейные свойства, а с другой - препятствует образованию грубых зернограничных выделений фаз  $Al_2Mg_3Zn_3$  и  $MgZn_2$ , которые отрицательно сказываются на пластичности и других механических свойствах. Кремний входит в состав фаз  $Al_3FeNi$  и  $Mg_2Si$  и повышает однородность структуры.

40      Цирконий и скандий в заявленных пределах, образуя вторичные выделения фазы  $Al_3(Zr,Sc)$  способствуют дополнительному упрочнению без снижения пластичности и литейных свойств.

Всему вышесказанному удовлетворяют материалы, полученные из сплавов на основе алюминия, содержащих цинк 6-8, магний 2,5-3,5, никель 0,6-1,4, железо 0,4-1, цирконий 0,1-0,3 и скандий 0,05-0,3.

#### ПРИМЕР 1.

45      Были приготовлены 6 сплавов, составы которых указаны в табл.1. Сплавы готовили в электрической печи сопротивления в графитошамотных тиглях из алюминия марок А7 (для составов 2, 3, 5, 6) и А99 (для составов 1 и 4), цинка марки ЦО (99,9%), магния марки Мг 90 (99,9%), меди М1 (99,9%), кремния Кр 00 и лигатур: Al-20% Ni, Al-10% Fe, Al-3,5% Zr, Al-10% Cr, Al-3% V и Al-2% Sc. Температура литья сплавов составляла 710-800°C

50      в зависимости от состава, механические свойства на растяжение, объемную долю фаз и равновесный солидус ( $T_S$ ) (табл.1) определяли на образцах, вырезанных из термообработанных отливок, полученных литьем в изложницы со скоростью охлаждения ( $V_C$ ) около 10 К/с. Отливки термообработывали по режиму Т6 (нагрев под закалку,

закалка в холодной воде и старение). Равновесный солидус определяли методом дифференциального термического анализа.

Таблица 1

№	Концентрации, % по массе								HV <sup>1)</sup>	ПГ <sup>2)</sup> , мм	T <sub>S</sub> <sup>3)</sup> , °C
	Zn	Mg	Ni	Fe	Si	Zr	Sc	Al			
1	5	2	0,3	0,2	0,01	0,05	0,02	ост.	155	>16	590
2	6	3,5	0,6	0,4	0,2	0,1	0,3	ост.	205	12	543
3	7	3	1	0,8	0,11	0,2	0,1	ост.	220	12	548
4	8	2,5	1,4	1	0,02	0,3	0,05	ост.	215	12	552
5	9	4	2	1,5	0,5	0,4	0,4	ост.	230	14	510
6	6	1,7	1,2	1,3	0,3	1 Cu; 0,1 Cr; 0,1 V		ост.	175	14	520

1) твердость по Виккерсу,  
2) показатель гор челоности по карандашной пробе,  
3) температура равновесного солидуса.

Из таблицы 1 видно, что только заявляемый сплав (составы 2-4) обеспечивает наилучший показатель горячеломкости (ПГ). В сплаве 1 твердость меньше требуемого уровня, а сплав 5 имеет низкое значение T<sub>S</sub>. Сплав-прототип (состав 6) уступает по всем трем показателям.

Механические свойства в отливках определяли на цилиндрических образцах по ГОСТ 1497-84.

Из табл.2 видно, что сплавы 2-4 заметно превосходят сплав 1 по прочностным свойствам, а сплавы 5 и 6, кроме того, и по пластичности.

Таблица 2  
Механические свойства (после закалки и старени ) экспериментальных сплавов в отливках

№ <sup>1)</sup>	σ <sub>B</sub> , МПа	σ <sub>0,2</sub> , МПа	δ, %
1	365	240	15
2	610	430	3,5
3	620	540	4
4	615	510	3,5
5	310	310	0
6	520	480	1

1) по табл.1

**ПРИМЕР 2.**

Готовили листы толщиной 2 мм по технологии, которая включала в себя следующие операции: получение плоского слитка толщиной 15 мм, отжиг слитка, горячую прокатку слитка (получение листа), термообработка листа (с использованием операции закалки).

Механические свойства в прутках определяли в продольном направлении на плоских образцах по ГОСТ 1497-84. Из табл.3 следует, что сплавы 2-4 существенно превосходят сплав 1 по прочностным свойствам, остальные сплавы не обеспечивают получение качественного листа, т.к. в процессе прокатки образуются трещины.

Таблица 3  
Механические свойства экспериментальных сплавов в листах

№*	σ <sub>B</sub> , МПа	σ <sub>0,2</sub> , МПа	δ, %	HV
1	360	260	15	135
2	645	605	6	205
3	655	610	5	215
4	650	610	4,5	210
5	трещины при прокатке			
6	трещины при прокатке			

1) по табл.1

**ПРИМЕР 3.**

Готовили прутки диаметром 10 мм по технологии, которая включала в себя следующие операции: получение слитка диаметром 50 мм, отжиг слитка, прессование слитка (получение прутка), термообработка прутка (с использованием операции закалки).

Таблица 4 Механические свойства экспериментальных сплавов в прутках				
№*	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	HV
1	360	260	15	140
2	690	650	7	210
3	710	690	6	220
4	690	670	5,5	225
5	трещины при прессовании			
6	трещины при прессовании			
1) по табл. 1				

Механические свойства в прутках определяли в продольном направлении на цилиндрических образцах по ГОСТ 1497-84. Из табл.3 следует, что сплавы 2-4 существенно превосходят сплав 1 по прочностным свойствам, остальные по механическим свойствам. Следует отметить, что сплавы 5 и 6 не обеспечивают получение качественного прутка, т.к. в процессе прессования образуются трещины.

Типичная структура (СЭМ) заявляемого материала приведена на чертеже, где а - отливка, б - пруток.

#### Формула изобретения

1. Материал на основе алюминия, содержащий цинк, магний, никель, железо и кремний, отличающийся тем, что он дополнительно содержит цирконий и скандий при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Цинк	6-8
Магний	2,5-3,5
Никель	0,6-1,4
Железо	0,4-1
Кремний	0,02-0,2
Цирконий	0,1-0,3
Скандий	0,05-0,3
Алюминий	Остальное

при этом температура равновесного солидуса материала составляет не менее 540°C, а твердость материала составляет не менее 200 HV.

2. Материал по п.1, отличающийся тем, что он получен в виде отливки, обладающей следующими свойствами на растяжение: временное сопротивление ( $\sigma_B$ ) - не менее 600 МПа, предел текучести ( $\sigma_{0,2}$ ) - не менее 560 МПа, относительное удлинение ( $\delta$ ) - не менее 3%.

3. Материал по п.1, отличающийся тем, что он получен в виде катаного листа, обладающего следующими свойствами на растяжение: временное сопротивление ( $\sigma_B$ ) - не менее 640 МПа, предел текучести ( $\sigma_{0,2}$ ) - не менее 600 МПа, относительное удлинение ( $\delta$ ) - не менее 4%.

4. Материал по п.1, отличающийся тем, что он получен в виде прессованного прутка, обладающего следующими свойствами на растяжение: временное сопротивление ( $\sigma_B$ ) - не менее 680 МПа, предел текучести ( $\sigma_{0,2}$ ) - не менее 640 МПа, относительное удлинение ( $\delta$ ) - не менее 5%.