

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В
СООТВЕТСТВИИ С ДОГОВОРОМ О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро

(43) Дата международной публикации
04 июля 2024 (04.07.2024)



(10) Номер международной публикации
WO 2024/144428 A1

(51) Международная патентная классификация:
C22C 21/02 (2006.01) H01B 1/02 (2006.01)
C22F 1/04 (2006.01)

(21) Номер международной заявки: PCT/RU2023/050247

(22) Дата международной подачи:
20 октября 2023 (20.10.2023)

(25) Язык подачи: Русский

(26) Язык публикации: Русский

(30) Данные о приоритете:
2022134225 26 декабря 2022 (26.12.2022) RU

(71) Заявитель: **ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТ-
ВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ИНСТИТУТ ЛЕГКИХ МА-
ТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ" (OBSHCHESTVO
S OGRANICHENNOJ OTVETSTVENNOST'YU
"INSTITUT LEGKIKH MATERIALOV I
TEKHNOLOGIY")** [RU/RU]; Ленинский проспект, дом
6, строение 21, офис 103 Москва, 119049, Moscow (RU).

(72) Изобретатели: **МАНН, Виктор Христьянович
(MANN, Viktor Khrist'yanovich)**; ул. Погранични-
ков, д. 37, стр. 1 г. Красноярск, 660111, Krasnoyarsk
(RU). **КРОХИН, Александр Юрьевич (KROKHIN,
Aleksandr Yur'evich)**; ул. Пограничников, д. 37, стр.
1 г. Красноярск, 660111, Krasnoyarsk (RU). **РЯ-
БОВ, Дмитрий Константинович (RYABOV, Dmitriy
Konstantinovich)**; ул. Пограничников, д. 37, стр. 1 г.
Красноярск, 660111, Krasnoyarsk (RU). **ВАХРОМОВ,
Роман Олегович (VAKHROMOV, Roman Olegovich)**;
ул. Пограничников, д. 37, стр. 1 г. Красноярск, 660111,
Krasnoyarsk (RU). **ГРАДОВОЕВ, Александр Юрье-
вич (GRADOVOEV, Aleksandr Yur'evich)**; ул. По-
граничников, д. 37, стр. 1 г. Красноярск, 660111,
Krasnoyarsk (RU). **АЛИЕВ, Руслан Теймурович**

(ALIEV, Ruslan Tejmurovich); ул. Пограничников, д.
37, стр. 1 г. Красноярск, 660111, Krasnoyarsk (RU).

(74) Агент: **ПАНОВА, Светлана Александровна
(PANOVA, Svetlana Aleksandrovna)**; ул. Погранични-
ков, д. 37, стр. 1 г. Красноярск, 660111, Krasnoyarsk
(RU).

(81) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS,
ZA, ZM, ZW.

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, CV,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Декларации в соответствии с правилом 4.17:
— об авторстве изобретения (правило 4.17 (iv))

(54) Title: ALUMINIUM-BASED ALLOY AND ITEM MADE OF SAME

(54) Название изобретения: СПЛАВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ И ИЗДЕЛИЕ ИЗ НЕГО

(57) Abstract: The invention relates to metallurgy, and more particularly to non-heat-treatable aluminium alloys for electrotechnical purposes. The present alloy contains: up to 0.2 wt% Fe; up to 0.08 wt% Si; 0.05-0.11 wt% Zr; 0.01-0.03 wt% Sc; 0.02-0.15 wt% Er and Yb, in total or individually; not more than 0.01 wt% each and not more than 0.05 wt% in total of incidental impurities, including not more than 0.02 wt% in total of V, Ti, Mn, Cr; and not less than 99.5 wt% aluminium. The structure of the alloy contains nano-dispersed precipitates of the phases Al₃Sc and Al₃Zr having an L12 crystal lattice, as well as the complex phases Al₃(Sc,Zr) and Al₃(Sc,Zr,Er,Yb). The alloy can also contain Ce and Y in an amount of 0.05-0.3 wt%, in total or individually. The alloy has high mechanical properties and high electrical conductivity of not less than 60% IACS.

(57) Реферат: Изобретение относится к металлургии, а именно к термически неупрочняемым алюминиевым сплавам электро-технического назначения. Сплав содержит, мас. %: Fe до 0,2, Si до 0,08, Zr 0,05-0,11, Sc 0,01-0,03, Er и Yb суммарно или по отдельности 0,02-0,15, неизбежные примеси - не более 0,01 каждой, суммарно не более 0,05, в том числе V, Ti, Mn, Cr суммарно не более 0,02, алюминий не менее 99,5. В структуре он имеет нанодисперсные выделения с кристаллической решеткой L12 фаз Al₃Sc и Al₃Zr, а также сложносоставные фазы Al₃(Sc,Zr) и Al₃(Sc,Zr,Er,Yb). Сплав также может содержать Ce и Y суммарно или по отдельности в количестве 0,05-0,3 мас. %. Сплав имеет высокие механические свойства, высокую электропроводность не ниже 60 % IACS.



WO 2024/144428 A1

Опубликована:

- с отчётом о международном поиске (статья 21.3)
- в черно-белом варианте; международная заявка в поданном виде содержит цвет или оттенки серого и доступна для загрузки из PATENTSCOPE.

5 СПЛАВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ И ИЗДЕЛИЕ ИЗ НЕГО

Область техники

Изобретение относится к области цветной металлургии, в частности, к термически неупрочняемым алюминиевым сплавам электротехнического назначения и может быть использовано для изготовления электропроводящих шин, электропроводящей катанки, электропроводки и других электротехнических изделий.

Уровень техники

Алюминий широко применяется для изготовления электротехнических изделий, электропроводов, кабелей, электропроводящих шин. Обладая меньшей удельной электропроводимостью по сравнению с медью, алюминий примерно в 3 раза легче меди и значительно дешевле.

Наиболее распространённым алюминиевым сплавом для изготовления шин и электропроводки являются стандартизированные российские марки А5Е и А7Е (ГОСТ 15176-89), а также их зарубежные аналоги АА1350 и АА1370 (ASTM В236), содержание алюминия в которых не ниже 99,5 и 99,7 масс.% соответственно, а примеси таких элементов как Ti, Cr, Mg, V, способных значительно снизить электропроводность даже в очень малых добавках, лимитируются по суммарному содержанию на уровне 0,01-0,02 масс.%.

Электропроводность этих марок алюминия находится на высоком уровне в 61-62 % IACS (International Annealed Copper Standard), но при этом изделия из них не отличаются высокими прочностными свойствами. Значение временного сопротивления для изделий в отожжённом состоянии находится на уровне 70-80 МПа. При использовании нагортованного

состояния изделий, к примеру электропроводящих шин, из холоднокатаных листов, уровень временного сопротивления повышается до 100-120 МПа, но при этом разогрев, в том числе локальный, выше 150-200 °С приводит к разупрочнению материала до отожжённого состояния.

5 Известны также электропроводные сплавы алюминия системы Al-Mg-Si, типа АД31Е (ГОСТ 4784) или 6061 (ASTM B317), обладающие значительно большей прочностью до 190 МПа в закаленном и искусственно состаренном состоянии, но при этом электропроводность ниже и находится на уровне 53-56 % IACS. При этом необходимость проведения закалки и
10 старения готовых изделий может накладывать ограничение на технологичность производства и повышать себестоимость.

Известны способы повышения механических свойств алюминия электротехнических марок без снижения электропроводности путем легирования скандием, цирконием и другими РЗМ (редкоземельные
15 металлы).

Известен патент компаний Northwestern University и NanoAl LLC US9453272, опубл. 27.09.2016, описывающий термостабильный электропроводящий сплав, легированный Zr от 0,1 % (0,03 ат.%) до 1,0 % (0,3 ат.%), а также Er 0,25 % (0,04 ат.%), Sn 0,43 % (0,1 ат.%), In 0,42 % (0,1 ат.%).
20 Упрочнение и термостабилизация в данном решении достигается за счет нанодисперсных упрочняющих выделений частиц фаз Al₃Zr и Al₃(Er,Zr) со структурой L1₂. Недостатком данного решения, является недостаточный уровень электропроводности в 59,3-59,8 % IACS.

Известен также патент НИТУ МИСиС RU2446222, опубл. 27.03.2012,
25 описывающий термостойкий сплав на основе алюминия с совместным легированием Zr от 0,2 до 0,64 масс.% и Sc от 0,01 до 0,12 масс.%, а также другими элементами Cu до 1,9 масс.%, Mn до 1,8 масс.%, Fe до 0,4 масс.%, Si 0,15 масс.% и Al остальное. Недостатком данного сплава является недостаточная электропроводность на уровне 53 % IACS.

Наиболее близким решением, выбранным в качестве прототипа, является сплав по патенту RU2556179, опублик. 10.07.2015, а именно, термостойкий электропроводный сплав на основе алюминия (варианты) и способ получения деформированного полуфабриката из сплава на основе алюминия, описывающий алюминиевый сплав с совместным легированием Sc и Zr, а также другими элементами, содержащий, масс. %:

	Zr	0,1-0,5
	Sc	0,02-0,15
	Fe	0,01-0,3
10	Si	0,01-0,15
	Cu	0,5-0,85
	Mn	0,5-0,95
	B	0,02-0,15
	Al	остальное.

15 Применение Sc и Zr в данном сплаве позволяет получать высокие механические характеристики и термостойкость за счет выделения наночастиц фазы $Al_3(Zr,Sc)$ со средним размером не более 20 нм и со структурой $L1_2$. Недостатком данного сплава является высокое содержание Cu, Mn и Si, в результате чего после отжига 250 °C с выдержкой 400 ч
20 удалось достигнуть максимальной электропроводности в 57 % IACS (с пределом прочности 170 МПа), что ниже электропроводящих марок алюминия.

Раскрытие изобретения

Задачей и техническим результатом настоящего изобретения является
25 повышение механических характеристик электропроводящих марок алюминия с 80 до 150-170 МПа, с электропроводностью не ниже 60 % IACS.

Задача решается, а технический результат достигается за счёт совместного легирования алюминиевого деформируемого сплава Sc от 0,01 до 0,03 масс.% и Zr от 0,07 до 0,11 масс.%, а также Er и Yb с суммарным
30 содержанием от 0,02 до 0,15 масс.%, что в свою очередь обеспечивает

нанодисперсное упрочнение алюминиевой матрицы частицами фаз Al_3Sc , Al_3Zr , $Al_3(Sc,Zr)$ и $Al_3(Sc,Er,Yb,Zr)$, а также дополнительным легированием Ce и Y с суммарным содержанием от 0,05 до 0,3 масс.%, что позволяет улучшить термостойкость изделий.

5 *Краткое описание чертежей*

На фиг. 1 представлена микроструктура сплава с выделением нанодисперсоидов $Al_3(Sc,Zr)$ и $Al_3(Sc,Zr,Er,Yb)$, полученная в просвечивающем электронном микроскопе.

10 На фиг. 2 представлены графики изменения механических свойств (предела прочности, предела текучести, относительного удлинения) холоднокатаных листов разных составов в зависимости от температуры отжига.

15 На фиг. 3 представлены микроструктуры листов холоднокатаных листов из сплава, легированного Sc, Zr, Er, Yb, а именно, $Al+0,3\%Sc+0,8\%Zr+0,14\%Er,Yb+0,3\%Ce,Y$ до и после отжигов.

Осуществление изобретения

Железо и кремний являются неизбежными примесями при производстве первичного алюминия.

20 Кремний в алюминии электротехнических марок типа А5Е, А7Е рассматривается как вредная примесь, снижающая электропроводность, и его содержание ограничивается до 0,08-0,10 масс.%.

Железо, в отличие от кремния, практически не растворяется в алюминии и в малых концентрациях существенно не снижает электропроводность. Известны низколегированные алюминиевые сплавы 25 8xxx серии типа 8030 и 8176, предназначенные для применения в кабельно-проводниковой продукции и содержащие малые добавки железа в среднем на уровне 0,5 масс.%. С учетом изначального содержания железа в первичном алюминии на уровне 0,1-0,2 масс.% нет экономической целесообразности ограничивать его содержание менее 0,2 масс.% и использовать более 30 очищенный и соответственно дорогой материал.

Для повышения прочности и термостойкости алюминиевых проводов применяют добавки циркония. Максимальная растворимость Zr в алюминии составляет 0,28 масс.% при 660,8 °С. Положительное влияние циркония на термостойкость и механические свойства обусловлено образованием нанодисперсных выделений метастабильной фазы Al_3Zr со средним размером не более 10 нм, которые формируются в материале в процессе отжига при температурах порядка 450 °С и позволяют помимо упрочнения сплава повысить также и температуру начала рекристаллизации. Повышение температуры отжига приводит к формированию достаточно крупных стабильных фаз с некогерентной структурой $D0_{23}$, при этом эффект упрочнения существенно снижается. Известна электропроводящая катанка из сплава с добавлением Zr порядка 0,2 масс.% и производимая на установках непрерывного литья и прокатки, обладающая высокими механическими характеристиками, термостойкости и достаточной электропроводностью не ниже 60 % IACS. Применение таких концентраций циркония обуславливает необходимость проведения термообработок для максимального выделения упрочняющих нанодисперсных частиц и повышения электропроводности до требуемого уровня за счет обеднения твердого раствора длительностью порядка 100-150 часов, что может накладывать ограничения на производительность процесса при промышленном производстве. Также применение тугоплавкого циркония в концентрациях до 0,2 масс.% вызывает необходимость применения высоких температур при плавке и разливке расплава на уровне 850-900 °С, что может быть затруднено на используемом в промышленности оборудовании полунепрерывного литья слитков.

С учетом вышеописанного целесообразно легировать сплав цирконием на уровне не более 0,11 масс.%.

Одним из наиболее эффективных легирующих элементов, малые добавки которого повышают механические свойства, является Sc (с максимальной растворимостью в алюминии 0,38 масс.% при 660 °С). Как и

цирконий, скандий образует с алюминием когерентную нанодисперсную фазу Al_3Sc со структурой $L1_2$. Температура выделения Sc из твердого раствора лежит в интервале 300 – 400 °С и при концентрациях до 0,1 масс.% сам процесс происходит значительно быстрее. При совместном легировании цирконием и скандием образуются двусоставные нанодисперсные выделения $Al_3(Zr,Sc)$. Не смотря на высокую эффективность упрочнения алюминиевых сплавов при легировании скандием, добавка скандия более 0,05 масс.% ограничивается очень высокой стоимостью этого элемента и лигатур на его основе.

10 Высокая эффективность упрочнения алюминиевых сплавов при легировании скандием ограничивается очень высокой стоимостью самого скандия. Элементами, применяемыми при изготовлении электропроводящих алюминиевых сплавов, являются Ce (церий) и Y (иттрий). При одинаковом содержании в земной коре Sc и Ce их стоимость и потребление различаются на три-четыре порядка. Легирование алюминиевого сплава Ce позволяет 15 получать сплавы с улучшенными высокотемпературными характеристиками. Y подобно скандию образует с алюминием интерметаллическое соединение. Добавление Y устраняет сегрегацию дендритов в литом состоянии, способствует образованию равноосных зерен и повышает выделение атомов Fe и Si из твердого раствора, повышая электропроводность. Также 20 добавление 0,1 масс.% Y снижает плотность дефектов (дислокаций, дефектов упаковки и границ субзерен), образующихся при деформационной обработке (волочении), и повышает электропроводность.

Другими редкоземельными элементами, способными повышать 25 прочностные свойства без значительного снижения электропроводности, являются Er (эрбий) и Yb (иттербий). Оба элемента подобно Sc образуют с алюминием метастабильную фазу $Al_3(Er, Yb)$ с кубической решеткой типа $L1_2$. Добавление Er и Yb в сплавы, легированные Sc и Zr, позволяет после подобранных режимов термообработки получить многосоставные 30 нанодисперсные выделения $Al_3(Sc_{0,56}Yb_{0,14}Er_{0,10}Zr_{0,20})$ меньшего размера

радиусом до 3,5 нм, т.е. добиться более дисперсной структуры по сравнению с аналогичными сплавами, легированными только Zr и Sc. При этом Yb и Er концентрируется в центре дисперсоидов, тогда как оболочка обогащена Sc и Zr. Также добавление Er и Yb заметно повышает усталостные характеристики малолегированных сплавов со Sc и Zr, что важно для изделий, применимых в автомобилестроении и подверженных продолжительным циклическим нагрузкам.

С учетом изначального содержания железа, кремния, примесей, легирования скандием и цирконием, а также необходимостью сохранить содержание алюминия не ниже 99,5 масс.% для достижения высокой электропроводности сплава на уровне 60 % IACS, суммарное содержание добавок Er и Yb лимитируется 0,15 масс.%.

Примеры осуществления изобретения

В опытно промышленных условиях полунепрерывным литьем изготовлены плоские слитки разного состава на основе марки алюминия типа AA1350 с легированием Sc, Zr, а также Er, Yb и Ce, Y, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав слитков.

№ сост ава	Элементы, масс.%										
	Si	Fe	Cr+Mn +Ti+V	Sc	Zr	Er	Yb	Ce	Y	Примеси, суммарно макс.	Al
1	0,07 ±0,01	0,18 ±0,02	0,01 макс.	0,03 ±0,005	0,08 ±0,01	0,02 ±0,002	0,02 ±0,002	-	-	0,05	Основа
2	0,07 ±0,01	0,18 ±0,02	0,01 макс.	0,01 ±0,005	0,05 ±0,01	0,07 ±0,002	0,07 ±0,002	-	-	0,05	Основа
3	0,07 ±0,01	0,18 ±0,02	0,01 макс.	0,03 ±0,005	0,09 ±0,01	0,07 ±0,002	0,07 ±0,002	-	-	0,05	Основа
4	0,07 ±0,01	0,18 ±0,02	0,01 макс.	0,01 ±0,005	0,05 ±0,01	0,02 ±0,002	0,02 ±0,002	0,02 ±0,005	0,05 ±0,01	0,05	Основа
5	0,07 ±0,01	0,18 ±0,02	0,01 макс.	0,03 ±0,005	0,09 ±0,01	0,07 ±0,002	0,07 ±0,002	0,05 ±0,005	0,05 ±0,01	0,05	Основа
6	0,07 ±0,01	0,18 ±0,02	0,01 макс.	0,03 ±0,005	0,09 ±0,01	0,07 ±0,002	0,07 ±0,002	0,1 ±0,005	0,2 ±0,01	0,05	Основа

Слитки были подвергнуты специальной термообработке для формирования в структуре упрочняющих нанодисперсных выделений с

кристаллической структурой $L1_2$ фаз с составом фаз Al_3Sc , Al_3Zr и $Al_3(Sc,Zr,Er,Yb)$ (фиг.1).

На опытно-промышленном прокатном стане термообработанные слитки были подвергнуты горячей прокатке до листов толщиной 10 мм. 5 Далее в результате холодной прокатки получены листы толщиной до 3 мм. Механические свойства холоднокатаных листов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Механические свойства холоднокатаных листов.

№ состава	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение %
1	172	167	11
2	175	168	11
3	186	178	10
4	180	170	11
5	182	172	10
6	185	175	10

10 Холоднокатаные листы были подвергнуты термообработке при температурах от 150 до 400 °С выдержкой до 3 ч. Зависимость механических свойств листов от температуры приведена на фиг. 2.

Сплавы, легированные Sc и Zr, и дополнительно легированные Er, Yb и Ce, Y, обладают значительно большей прочностью в сравнении с аналогично 15 изготовленными листами марки AA1350. Характерной особенностью данных сплавов является отсутствие значимого разупрочнения при термообработках до 300 °С и отсутствие рекристаллизации структуры при термообработках до 400 °С (фиг. 3).

Наилучшим сочетанием прочности, пластичности и 20 электропроводности, обладают листы после стабилизирующего отжига при температуре 150 °С, приведенные в таблице 3.

Таблица 3. Механические свойства и электропроводность листов после стабилизирующего отжига.

№ состава	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение %	Электропроводность по IACS, %
1	170	162	12,1	60,3
2	173	163	13,2	60,5
3	184	173	12,1	60,2
4	178	165	13,2	60,3
5	180	167	13,2	60,1
6	183	170	13,2	60,1

5 Элементный состав предложенного сплава при условии контроля содержания неизбежных примесей, в том числе V, Ti, Mn, Cr, позволяет обеспечить необходимые структуру и свойства сплава для достижения технического результата.

10 Принимая во внимание приведенное описание и примеры, объем правовой охраны испрашивается для предложенного электротехнического алюминиевого сплава, содержащего железо, кремний, цирконий, скандий и по меньшей мере один элемент из группы Er и Yb при следующем соотношении компонентов, масс. %:

Fe	до 0,2
Si	до 0,08
15 Zr	0,05 – 0,11
Sc	0,01 – 0,03
Er и/или Yb	суммарно или по отдельности 0,02-0,15
неизбежные примеси	каждой не более 0,01, суммарно не более 0,05, в том числе V, Ti, Mn, Cr
20 алюминий	суммарно не более 0,02
	не менее 99,5.

Данный сплав имеет в структуре нанодисперсные выделения с кристаллической решеткой $L1_2$ фаз Al_3Sc и Al_3Zr , а также сложносоставных фаз $Al_3(Sc,Zr)$ и $Al_3(Sc,Zr,Er,Yb)$.

Согласно еще одному варианту предложен электротехнический алюминиевый сплав, содержащий железо, кремний, цирконий, скандий и по меньшей мере один элемент из группы Er и Yb, а также по меньшей мере один элемент из группы Ce и Y при следующем соотношении компонентов,

5 масс. %:

Fe	до 0,2
Si	до 0,08
Zr	0,07 – 0,11
Sc	0,01 – 0,03
10 Er и/или Yb	суммарно или по отдельности 0,02-0,15
Ce и/или Y	суммарно или по отдельности 0,05-0,3
неизбежные примеси	каждой не более 0,01, суммарно не более 0,05, в том
числе V, Ti, Mn, Cr	суммарно не более 0,02
алюминий	не менее 99,5.

15 Данный сплав также имеет в структуре нанодисперсные выделения с кристаллической решеткой $L1_2$ фаз Al_3Sc и Al_3Zr , а также сложносоставных фаз $Al_3(Sc,Zr)$ и $Al_3(Sc,Zr,Er,Yb)$.

Металлическое изделие может быть выполнено в виде электропроводящей шины, при этом оно выполнено на основе алюминиевого сплава по любому варианту, имеет электропроводность не ниже 60 % IACS.

Металлическое изделие может быть выполнено в виде электропроводящей катанки, прутка или проволоки, при этом оно выполнено на основе алюминиевого сплава по любому варианту, имеет электропроводность не ниже 60 % IACS.

25 Металлическое изделие может быть выполнено в виде катанного или прессованного изделия из электротехнического алюминиевого сплава, при этом оно выполнено на основе алюминиевого сплава по любому варианту, имеет электропроводность не ниже 60 % IACS.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Электротехнический алюминиевый сплав, содержащий железо, кремний, цирконий, скандий и по меньшей мере один элемент из группы Er и

5 Yb при следующем соотношении компонентов, масс. %:

Fe	до 0,2
Si	до 0,08
Zr	0,05 – 0,11
Sc	0,01 – 0,03

10 Er и/или Yb суммарно или по отдельности 0,02-0,15

неизбежные примеси каждой не более 0,01, суммарно не более 0,05, в том числе V, Ti, Mn, Cr суммарно не более 0,02

алюминий не менее 99,5.

2. Сплав по п. 1, отличающийся тем, что имеет в структуре 15 нанодисперсные выделения с кристаллической решеткой $L1_2$ фаз Al_3Sc и Al_3Zr , а также сложносоставных фаз $Al_3(Sc,Zr)$ и $Al_3(Sc,Zr,Er,Yb)$.

3. Электротехнический алюминиевый сплав, содержащий железо, кремний, цирконий, скандий и по меньшей мере один элемент из группы Er и Yb, а также по меньшей мере один элемент из группы Ce и Y при следующем

20 соотношении компонентов, масс. %:

Fe	до 0,2
Si	до 0,08
Zr	0,07 – 0,11
Sc	0,01 – 0,03

25 Er и/или Yb суммарно или по отдельности 0,02-0,15

Ce и/или Y суммарно или по отдельности 0,05-0,3

неизбежные примеси каждой не более 0,01, суммарно не более 0,05, в том числе V, Ti, Mn, Cr суммарно не более 0,02

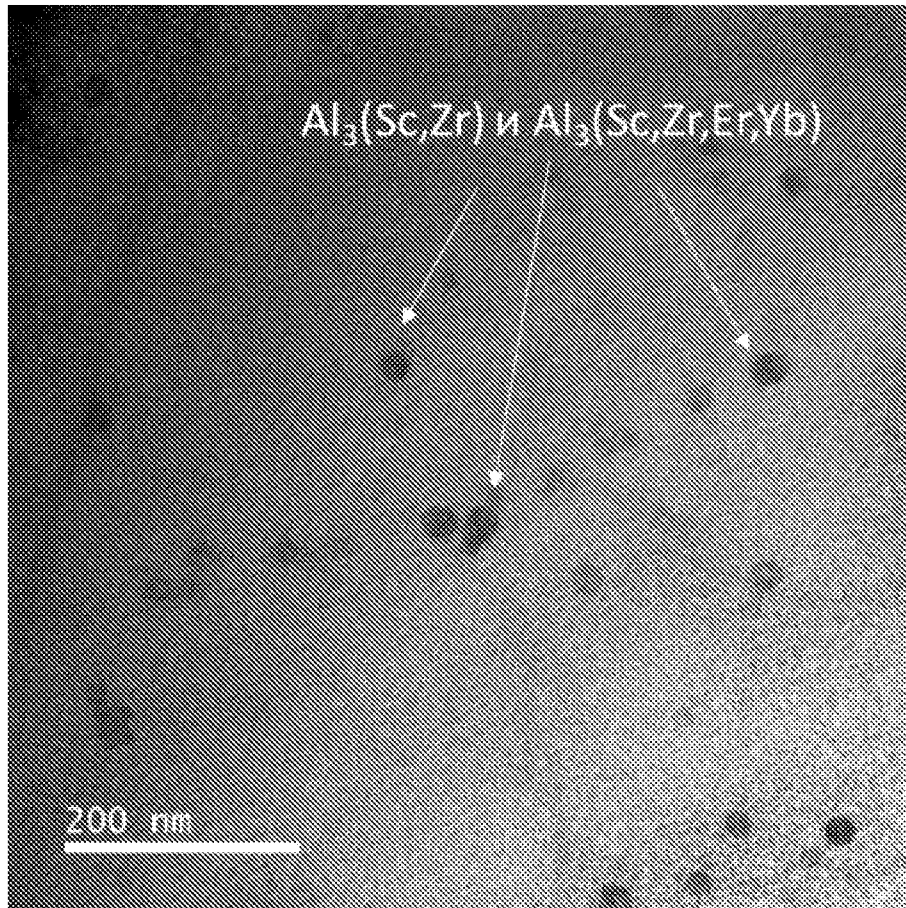
алюминий не менее 99,5.

4. Сплав по п. 3, отличающийся тем, что имеет в структуре нанодисперсные выделения с кристаллической решеткой $L1_2$ фаз Al_3Sc и Al_3Zr , а также сложносоставных фаз $Al_3(Sc,Zr)$ и $Al_3(Sc,Zr,Er,Yb)$.

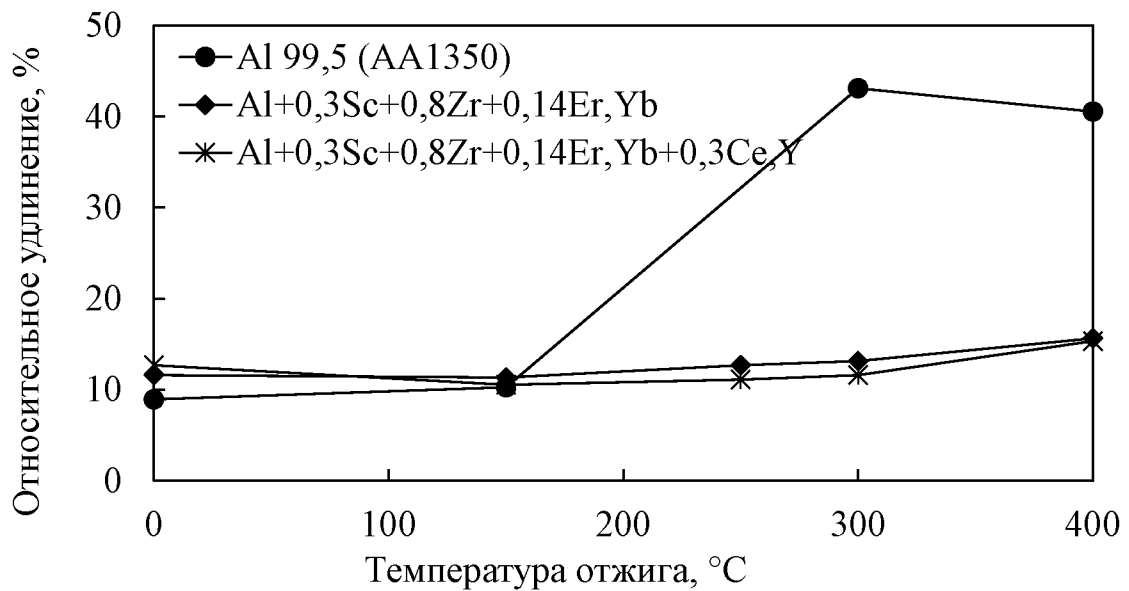
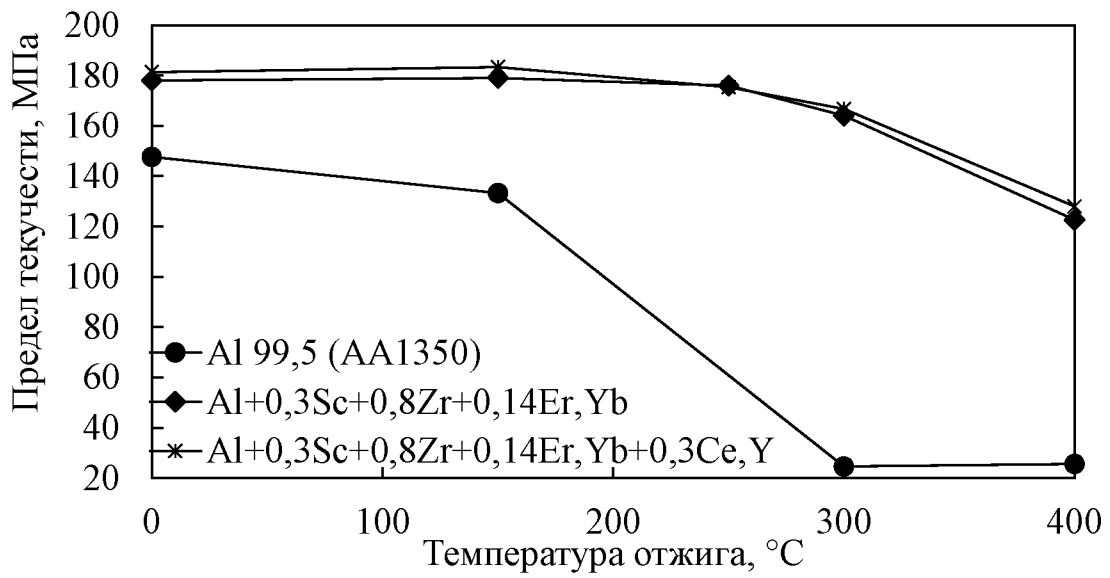
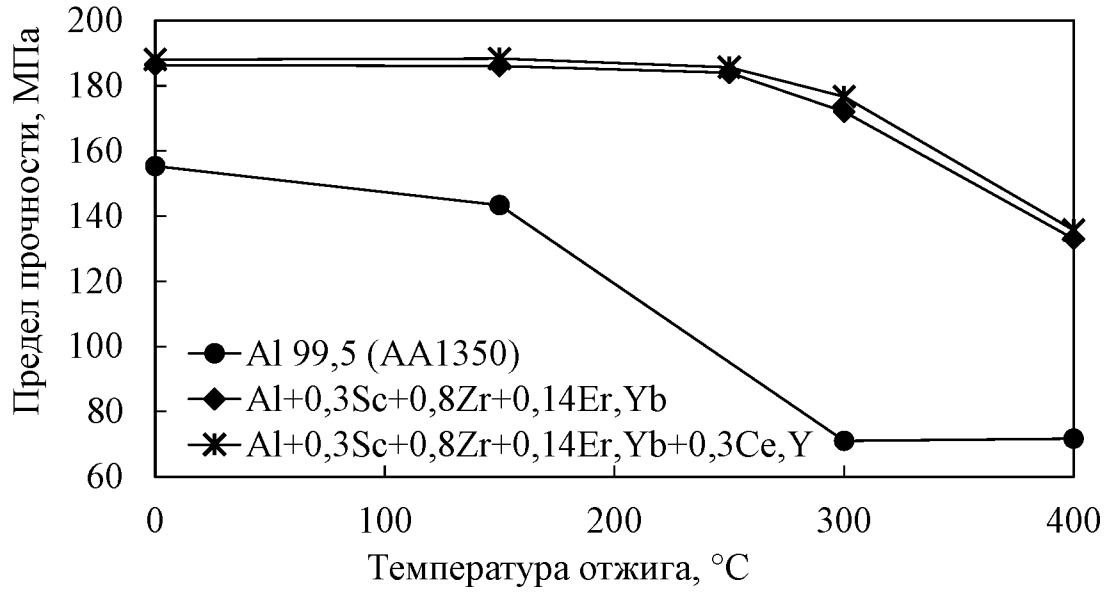
5. Металлическое изделие, выполненное в виде электропроводящей шины, отличающееся тем, что выполнено на основе алюминиевого сплава по любому из пп. 1-4 и имеет электропроводность не ниже 60 % IACS.

6. Металлическое изделие, выполненное в виде электропроводящей катанки, прутка или проволоки, отличающееся тем, что выполнено на основе алюминиевого сплава по любому из пп. 1-4 и имеет электропроводность не ниже 60 % IACS.

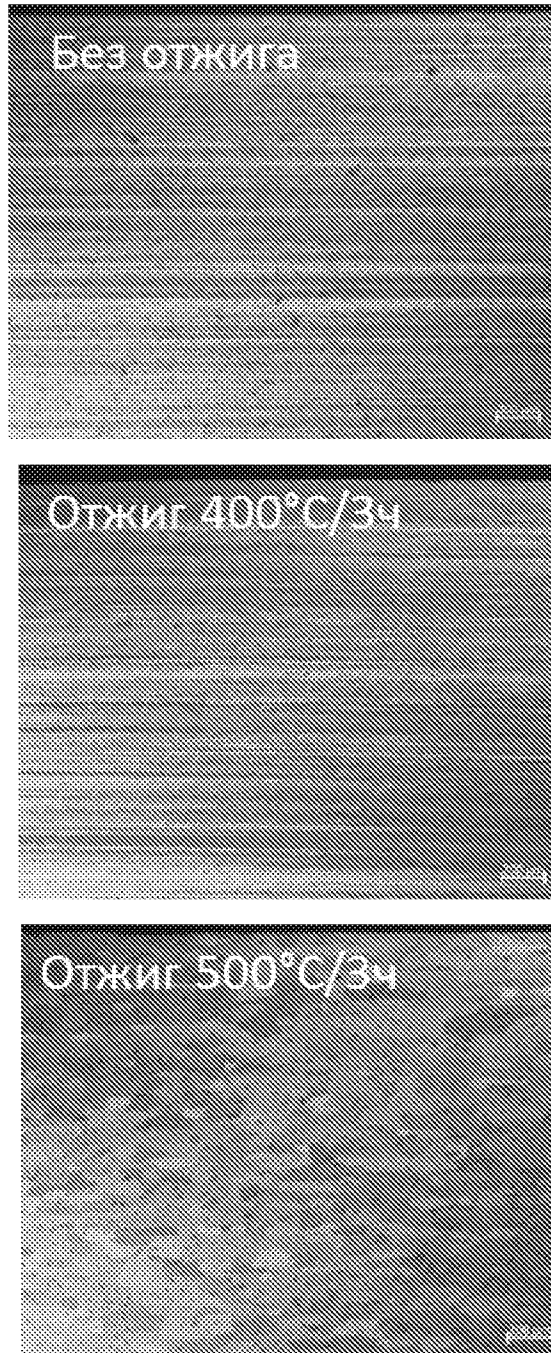
7. Металлическое изделие, выполненное в виде катанного или прессованного изделия из электротехнического алюминиевого сплава, отличающееся тем, что выполнено на основе алюминиевого сплава по любому из пп. 1-4 и имеет электропроводность не ниже 60 % IACS.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU2023/050247A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C22C 21/02 (2006.01), C22F 1/04 (2006.01), H01B 1/02 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C 21/00, 21/02, C22F 1/00, 1/04, H01B 1/00, 1/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

Espacenet, J-PlatPat, PatSearch, RUPTO

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2017/077137 A2 (INNOMAQ 21, S.L.) 11.05.2017, the claims	1-3
A		2, 4-7
A	CN 111434789 A (CHALCO APPLICATION RES INSTITUTE CO LTD) 21.07.2020	1-7
A	RU 2556179 G2 (FEDERALNOE GOSUDARSTVENNOE BIUDZHETNOE OBRAZOVATELNOE UCHREZHDENIE VYSSHEE PROFESSIONALNOGO OBRAZOVANIIA "SAMARSKII GOSUDARSTVENNYI AEROKOSMICHESKII UNIVERSITET IMENI AKADEMIKA S.P. KOROLEVA (NATSIONALNYI ISSLEDOVATELSKII UNIVERSITET)" (SGAU)) 10.07.2015	1-7
A	CN 103103386 A (ANHUI JOY SENSE CABLE CO., LTD.) 15.05.2013	1-7

 Further documents are listed in the continuation of Box C.
 See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
24 January 2024 (24.01.2024)Date of mailing of the international search report
07 March 2024 (07.03.2024)Name and mailing address of the ISA/
RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU2023/050247

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RU 2743499 C1 (FEDERALNOE GOSUDARSTVENNOE AVTONOMNOE OBRAZOVATELNOE UCHREZHDENIE VYSSHEGO OBRAZOVANIIA "NATSIONALNYI ISSLEDOVATELSKII TEKHNOLIGICHESKII UNIVERSITET "MISIS") 19.02.2021	1-7
A	US 9453272 V2 (NANOAL LLC et al.) 27.09.2013	1-7
A	GOST 4784-2019. Aliuminii and splayy aliuminievye deformiruemye. Marki (EN 573-3:2013, NEQ), (ISO 209:2007, NEQ). Moskva, Standartinform, 2019, table 6	1-7

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2023/050247

<p>A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ</p> <p><i>C22C 21/02</i> (2006.01) <i>C22F 1/04</i> (2006.01) <i>H01B 1/02</i> (2006.01)</p> <p>Согласно Международной патентной классификации МПК</p>																			
<p>B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА</p> <p>Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации)</p> <p>C22C 21/00, 21/02, C22F 1/00, 1/04, H01B 1/00, 1/02</p> <p>Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки</p> <p>Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)</p> <p>Espacenet, J-PlatPat, PatSearch, RUPTO</p>																			
<p>C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Категория*</th> <th>Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей</th> <th>Относится к пункту №</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>WO 2017/077137 A2 (INNOMAQ 21, S.L.) 11.05.2017, формула</td> <td>1, 3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>2, 4-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111434789 A (CHALCO APPLICATION RES INSTITUTE CO LTD) 21.07.2020</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>RU 2556179 C2 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ "САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)" (СГАУ)) 10.07.2015</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103103386 A (ANHUI JOY SENSE CABLE CO., LTD.) 15.05.2013</td> <td>1-7</td> </tr> </tbody> </table>		Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №	X	WO 2017/077137 A2 (INNOMAQ 21, S.L.) 11.05.2017, формула	1, 3	A		2, 4-7	A	CN 111434789 A (CHALCO APPLICATION RES INSTITUTE CO LTD) 21.07.2020	1-7	A	RU 2556179 C2 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ "САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)" (СГАУ)) 10.07.2015	1-7	A	CN 103103386 A (ANHUI JOY SENSE CABLE CO., LTD.) 15.05.2013	1-7
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №																	
X	WO 2017/077137 A2 (INNOMAQ 21, S.L.) 11.05.2017, формула	1, 3																	
A		2, 4-7																	
A	CN 111434789 A (CHALCO APPLICATION RES INSTITUTE CO LTD) 21.07.2020	1-7																	
A	RU 2556179 C2 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ "САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)" (СГАУ)) 10.07.2015	1-7																	
A	CN 103103386 A (ANHUI JOY SENSE CABLE CO., LTD.) 15.05.2013	1-7																	
<p><input checked="" type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы C. <input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении</p>																			
<table border="0"> <tr> <td>* Особые категории ссылочных документов:</td> <td>“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение</td> </tr> <tr> <td>“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“D” документ, цитируемый заявителем в международной заявке</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“E” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее</td> <td>“X” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности</td> </tr> <tr> <td>“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)</td> <td>“Y” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста</td> </tr> <tr> <td>“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета</td> <td>“&” документ, являющийся патентом-аналогом</td> </tr> </table>		* Особые категории ссылочных документов:	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение	“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным		“D” документ, цитируемый заявителем в международной заявке		“E” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“X” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности	“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)	“Y” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста	“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.		“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета	“&” документ, являющийся патентом-аналогом				
* Особые категории ссылочных документов:	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение																		
“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным																			
“D” документ, цитируемый заявителем в международной заявке																			
“E” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“X” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности																		
“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)	“Y” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста																		
“O” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.																			
“P” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета	“&” документ, являющийся патентом-аналогом																		
<p>Дата действительного завершения международного поиска</p> <p>24 января 2024 (24.01.2024)</p>	<p>Дата отправки настоящего отчета о международном поиске</p> <p>07 марта 2024 (07.03.2024)</p>																		
<p>Наименование и адрес ISA/RU: Федеральный институт промышленной собственности, Бережковская наб., д. 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-3, 125993, Российская Федерация тел. +7(499)240-60-15, факс +7(495)531-63-18</p>	<p>Уполномоченное лицо: Грязнова И. Телефон № 8(495)531-65-15</p>																		

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2023/050247

С. (Продолжение). ДОКУМЕНТЫ СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕВАЛЕНТНЫМИ		
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	RU 2743499 C1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МИСИС") 19.02.2021	1-7
A	US 9453272 B2 (NANOAL LLC et al.) 27.09.2013	1-7
A	ГОСТ 4784-2019. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки (EN 573-3:2013, NEQ), (ISO 209:2007, NEQ). Москва, Стандартинформ, 2019, таблица 6	1-7