



РУСАТОМ
МЕТАЛЛТЕХ
РОСАТОМ

НИОБИЕВАЯ МЕДЬ

Упрочненные электрические
проводники из уникального
сплава



РУСАТОМ
МЕТАЛЛТЕХ

РОСАТОМ

НИОБИЕВАЯ МЕДЬ
УПРОЧНЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОВОДНИКИ
ИЗ УНИКАЛЬНОГО СПЛАВА

www.rusmetaltech.tvel.ru

A vertical photograph taken from space, showing the Earth's horizon. The top half of the image is a dark, star-filled sky. The bottom half shows the Earth's surface, with a bright blue glow along the horizon line. In the lower right corner, a large city is visible, its lights glowing brightly against the dark land. The overall color palette is dominated by deep blues and blacks, with the orange-red text providing a sharp contrast.

ПРОЧНЕЕ НЕ БЫВАЕТ

НИОБИЕВАЯ МЕДЬ

НОВЫЙ КЛАСС НАНОСТРУКТУРНОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ МЕДИ И НИОБИЯ. ОБЛАДАЕТ УНИКАЛЬНЫМ СОЧЕТАНИЕМ ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ.

НИОБИЙ — ЧРЕЗВЫЧАЙНО ТУГОПЛАВКИЙ И ВЫСОКОКИПЯЩИЙ МЕТАЛЛ, ОЧЕНЬ СТОЙКИЙ ВО МНОГИХ АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ.

НЕ ПОДВЕРЖЕН ДЕЙСТВИЮ НИКАКИХ КИСЛОТ, ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ ПЛАВИКОВОЙ.

NIObIUM 41

Nb

92.91



О КОМПАНИИ

ООО «Русатом МеталлТех» – компания специализируется на разработке и производстве проводниковой продукции из медь-ниобиевого (CuNb) и других медных сплавов, осуществляет поставки принципиально новых видов проволоки и электротехнических проводников для российских и зарубежных потребителей.



СТРАТЕГИЯ

ООО «Русатом МеталлТех» входит в структуру Топливной компании Росатома «ТВЭЛ» и специализируется на разработке и изготовлении специальной кабельной продукции для атомной отрасли и высокотехнологичных отраслей России и зарубежья. Также, благодаря уникальным свойствам CuNb сплава, который производится на предприятии, будут развиваться и новые направления, например, разработка облегченных систем экранирования кабельной продукции повышенной прочности, которые уже сейчас проходят успешные испытания в космической отрасли.



ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ООО «Русатом МеталлТех» делает все возможное в своей работе для максимального снижения вредного воздействия последствий своих операций на окружающую среду — от использования энергосберегающего оборудования и экономного подхода к расходу водных ресурсов — до экологичной утилизации или повторного использования материалов, компонентов продукции и сырья, применяемых в производстве.

ПРОДУКЦИЯ КОМПАНИИ

- полые проводники для индукторов магнитно-импульсных установок
- обмоточные проводники крупных сечений для высокопольных импульсных магнитов
- высокопрочные микропровода для различных сфер применения и отраслей промышленности
- высокопрочные нанопровода для различных сфер применения и отраслей промышленности
- композиционные контактные провода для высокоскоростного железнодорожного транспорта
- провода повышенной надежности для авиакосмической отрасли и оборонной промышленности
- фольга и пленки для микроэлектроники

ПАРТНЁРЫ КОМПАНИИ

Госкорпорация «РОСАТОМ»

НИИ им. А.А. Бочвара

ОАО «РЖД»

ОАО «Чепецкий механический завод»

НИЦ Курчатовский институт

А также ряд других производителей, научных институтов и центров, исследовательских лабораторий в США, Бельгии, Нидерландах, Германии, Швейцарии, Польше и других странах

КОЛЛЕКТИВ РАЗРАБОТЧИКОВ НИИ ИМ. А.А. БОЧВАРА РАБОТАЛ БОЛЕЕ 20 ЛЕТ НАД СОЗДАНИЕМ **ПРИНЦИПИАЛЬНО ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ** ПРОИЗВОДСТВА НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПРОВОДНИКОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ.



Проведенные эксперименты выявили уникальные свойства прочности и одновременно высокой проводимости композитных проводов Cu-Nb, которые производятся путем пластической деформации — катанья из слитков этих сплавов с сохранением микроструктуры в готовой продукции. В ходе исследования выяснилось, что в процессе катанья слитков ниобиевой меди до состояния тонких нано— и микропроводов происходит существенный рост их прочности на разрыв и деформации. Эффект аномального повышения прочности и электропроводности в композиционном материале вызван исключительно нанометрической структурой и связан с формированием нового типа межфазных полукоргерентных границ раздела компонентов суперпроводника. Было доказано, что разработанные сплавы сохраняют значения UTS на уровне 1100 Мпа при диаметре провода 0,1 ÷ 0,3 мм в течение 2600 часов теплового воздействия при температуре 350°C. Электропроводимость этих проводов была зафиксирована на уровне 60-70% IACS или электропроводности высокочистой отожжённой меди.

Разработанная в НИИ им. А.А. Бочвара продукция обладает уникальным сочетанием высокой прочности и электропроводности, а также рекордно высокими свойствами по малоцикловой усталости. В настоящее время данная продукция не имеет известных аналогов в мире. Технология позволяет производить длинномерные композиционные провода из материала нового класса.

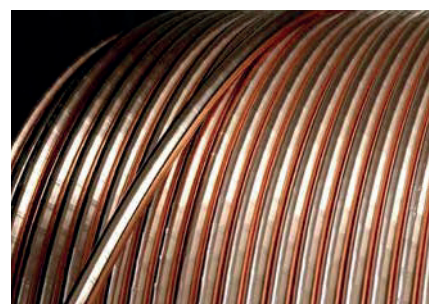
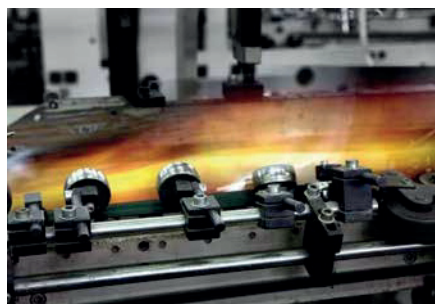
ООО «Русатом МеталлТех» обладает 22 объектами интеллектуальной собственности для подтверждения уникальности разработанной предприятием технологии.



НАГРАДЫ И СЕРТИФИКАТЫ

Технология Компании получила отечественное и мировое признание в виде престижных сертификатов и дипломов российских и зарубежных организаций, в частности Business Eureka, Los Alamos National Lab, Westmoreland Mechanical Testing & Research Inc и многих других.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС



ЛИТЬЕ/ВЫПЛАВКА СЛИТКОВ

Первым этапом технологического процесса является выплавка слитков сплавов на основе ниобиевой меди для получения заготовок диаметром до 200 мм и длиной до 1500 мм в вакуумно-индукционной печи, а также заготовок диаметром до 195 мм и длиной 1000 мм в электродуговых вакуумных печах с расходуемым электродом.

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Далее осуществляется прессование слитков из сплавов на основе меди и других материалов на прессе с усилием 1600 тс из контейнеров с диаметрами 180, 150, 130, 100 и 95 мм с системой прецизионного регулирования скорости выдавливания. После этого в рамках технологического процесса производят волочение из прутков диаметром 50 мм до микропровода диаметром 50 мкм на линии волочильных станков и машин.

ПРОИЗВОДСТВО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

Еще одним опционным технологическим этапом является разработка и изготовление Nb₃Sn сверхпроводников с внутренним источником олова диаметром от 1,0 до 0,3 мм. с обеспечением критической плотности тока до 2500 А/мм² (12 Тл, 4,2К), прочности до 1000 МПа и гистерезисных потерь не более 1500 мДж/см³ (±3Тл).

ПРОВЕРКА КАЧЕСТВА ПРОИЗВЕДЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

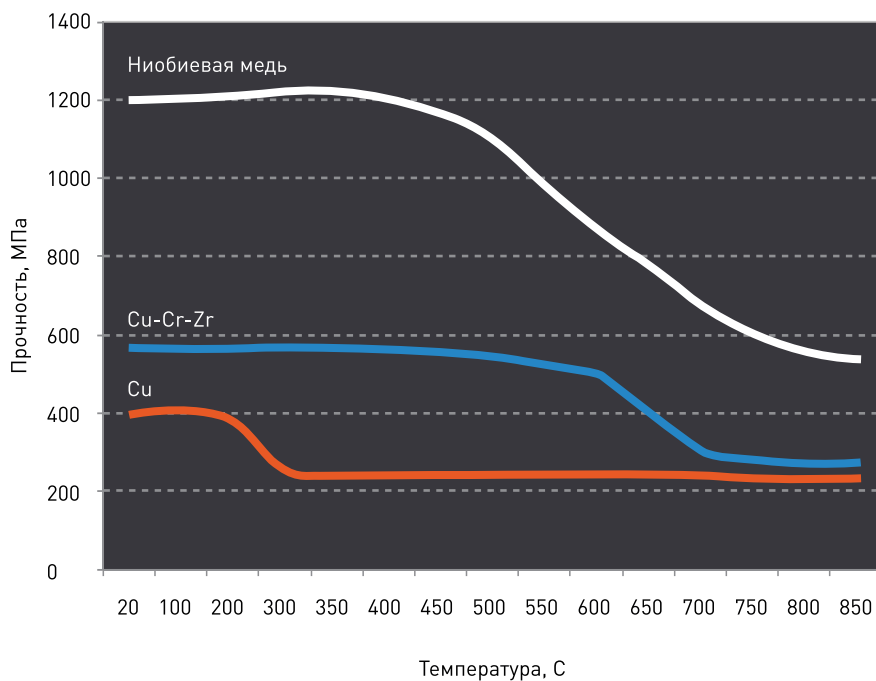
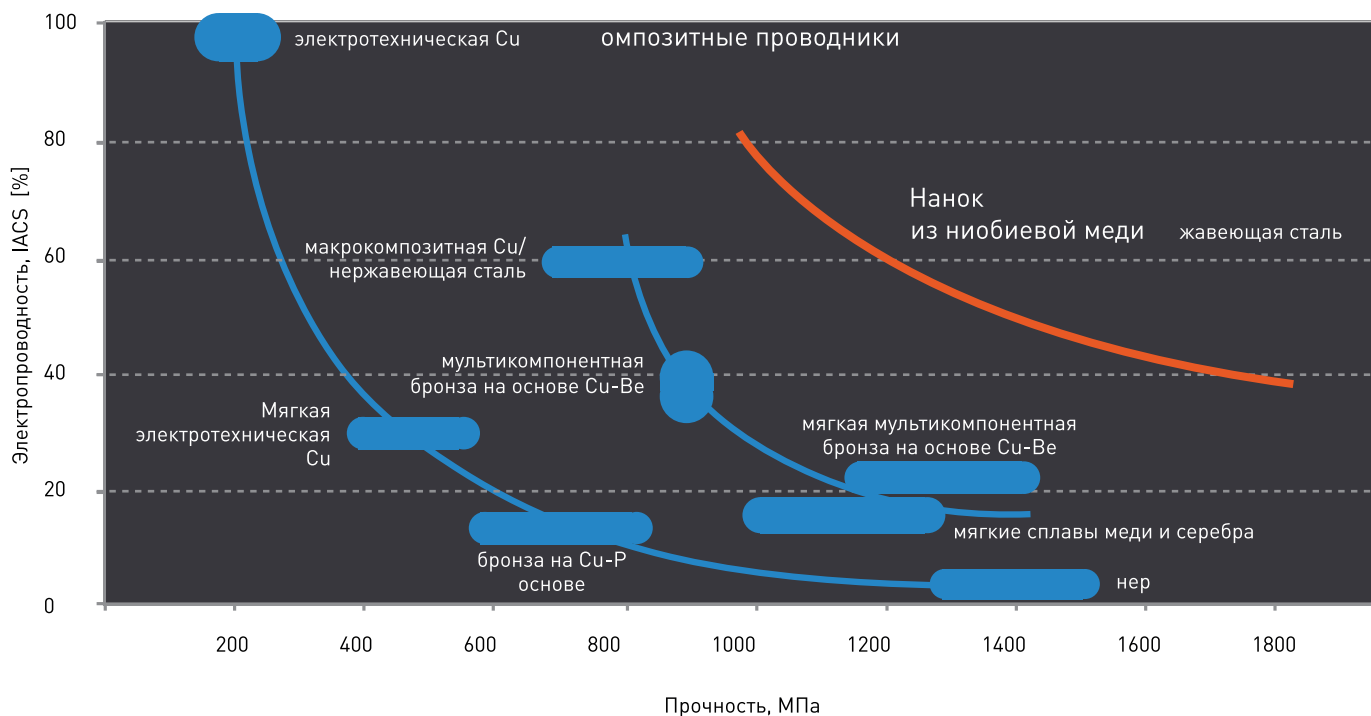
Важным и обязательным этапом технологического процесса ООО «Русатом МеталлТех» является проверка качества произведенной продукции на выходе с производства. Для этого производится измерение механических свойств и металлографический анализ по параметрам σ_B , $\sigma_{0,2}$, δ образцов проводников на разрывных машинах LFMZ-10, LFMZ-100, произведенных в Швейцарии, с нагрузками от 1 до 100кН.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

Следующим технологическим этапом является термическая обработка заготовок диаметрами до 500 мм и длиной до 9000 мм, бухт проводов и образцов проводов при температурах до 1200 °С в печах с воздушной атмосферой и в вакууме при степени разряжения не ниже 10⁻⁵ мм. рт. ст. с возможностью охлаждения в среде защитных газов с применением аргона.

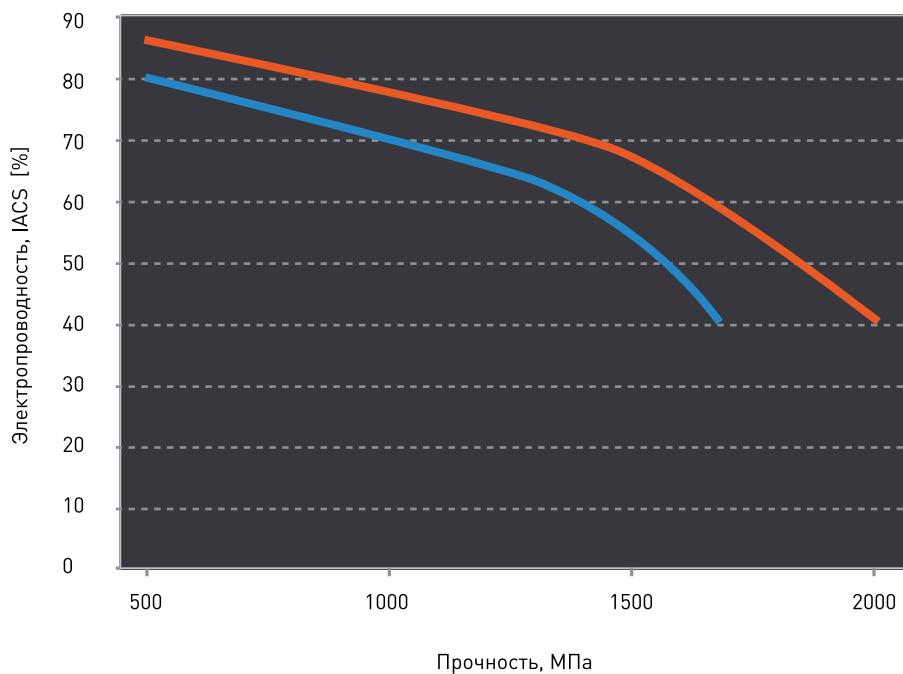
СВОЙСТВА

ПРОИЗВОДИМЫЕ КОМПАНИЕЙ ПРОВОДА СОЧЕТАЮТ В СЕБЕ УНИКАЛЬНУЮ КОМБИНАЦИЮ ВЫСОКОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ И ПОВЫШЕННОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ, А ТАКЖЕ ПОКАЗЫВАЮТ ВЫСОЧАЙШИЙ УРОВЕНЬ ЗАЩИТЫ ОТ УСТАЛОСТИ МЕТАЛЛА

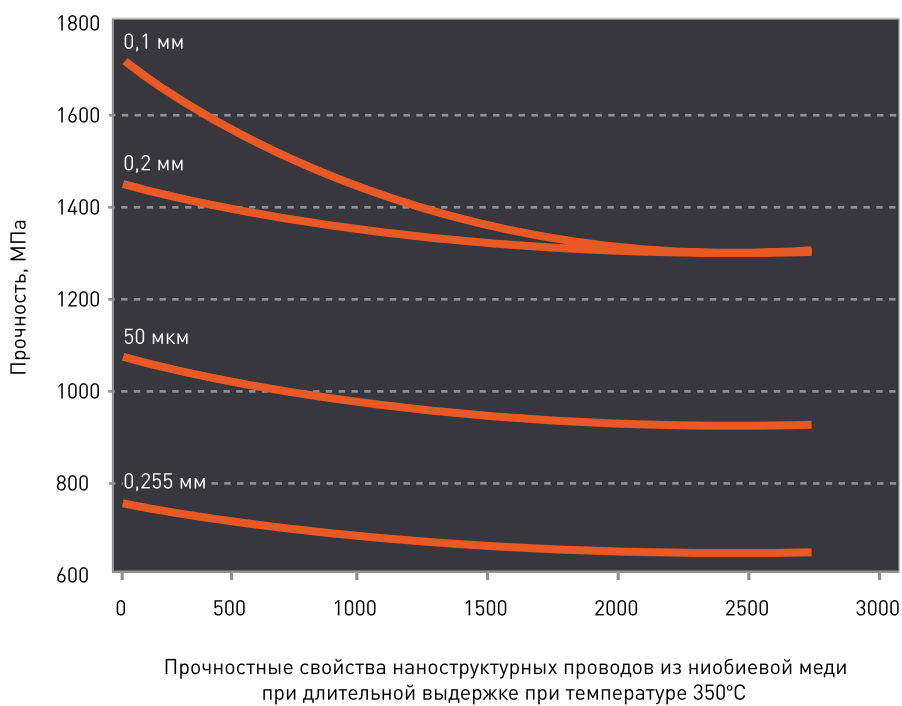


Нанокompозитные провода обладают механической прочностью, сравнимой со сталью (1200-1500 МПа). Уровень их электропроводности достигает 70-85% абсолютной электропроводности, характерной для чистой меди. Технология производства нанокompозитных проводов считается в настоящее время уникальной в России и во всем мире и позволяет производить провода из инновационного материала любых диаметров и сечений.

Эффект асимметричного повышения прочности и электропроводности нанокompозитного материала достигается за счет его нанометрической структуры и связан с формированием нового типа интерфейсных полукompозитных границ атомов металлов в сплаве Cu-Nb.



На рисунке показан интервал значений сочетания прочности и электропроводности проводов на основе нанокompозита ниобиевой меди. Верхняя красная кривая ограничивает поле достижения максимально достигнутых значений сочетания прочности и электропроводности этих проводов. Нижняя синяя кривая характеризует штатно достигаемый уровень сочетания этих значений.



Кривые, изображенные на графике, демонстрируют прочностные свойства наноструктурных проводников диаметром 0,1 мм, 0,2 мм, 50 мкм и 0,255 мм во время испытаний при температуре 350°C. График иллюстрирует высокую стабильность прочностных свойств наноструктурных материалов на основе ниобиевой меди. Даже после 2660 часов выдержки при температуре 350°C, прочность тонких и тончайших проводников значительно превышает прочностные свойства традиционных электротехнических проводов.



ОСОБО ТОНКИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДА

ПРОЧНОСТЬ = 900 ÷ 1700 МРА

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ = 54 ÷ 80% IACS

МАТЕРИАЛ

Нанокompозитный сплав
ниобиевой меди.

СОРТАМЕНТ

Провода диаметром
0,025—0,09 мм

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

- микроэлектроника;
- электроника;
- роботостроение;
- производство электродвигателей;
- точное машиностроение;
- авиационная промышленность и космонавтика;
- оборонная промышленность.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОДУКЦИИ

- высокая механическая прочность (в 3–4 раза выше меди), в том числе для работы при повышенных температурах: от -120 C° до $+350\text{ C}^{\circ}$ постоянно и до $+500\text{ C}^{\circ}$ кратковременно без потери прочности;
- улучшенные свойства по малоцикловой усталости по отношению к проводам из меди и из дисперсно-упрочненных сплавов на основе меди (в 5 раз лучше выдерживает циклические нагрузки до 90% от предела пропорциональности);
- меньший вес изделия за счет применения более тонких CuNb проводов/проволоки (диаметр от 0,025 мм), имеющих равную прочность.
- оптическая плотность каждого слоя плетенки не менее 90%
- улучшенная экранирующая способность от ЭМИ вследствие многослойной микроструктуры

РЕШЕНИЯ

Пружины, пакетирование, обмоточные провода, контактные пары для токосъемника, экранирующие плетенки/материалы, антенны космических аппаратов с повышенными эксплуатационными характеристиками.

ТОНКИЕ ПРОВОДА

ПРОЧНОСТЬ = 500 ÷ 1200 МРА

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ = 70 ÷ 95% IACS



МАТЕРИАЛ

Нанокompозитный сплав
ниобиевой меди.

С

Провода диаметром
0,1—0,9 мм

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

- электроника;
- роботостроение;
- точное машиностроение;
- авиационная промышленность и космонавтика;
- нефтегазовая отрасль;
- атомная промышленность
- оборонная промышленность.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОДУКЦИИ

- более длительный срок службы изделий (в 2-2,5 раза по сравнению с традиционными материалами);
- количество «гибов-с-перегибами» на 180° при комнатной температуре в 5 раз выше, чем у провода из чистой меди;
- обеспечение надежности эксплуатации изделий, в которых применяется данный вид электропровода, в невероятно суровых условиях: высокие температуры, воздействие высокого гидростатического давления, резкие перепады температуры и давления, растягивавшие нагрузки
- в электроэрозионной обработке высочайшие характеристики по точности воспроизведения и стабильности по качеству реза.

РЕШЕНИЯ

Тепло- и радиационно-стойкие провода (для ракетных двигателей, атомных реакторов), самонесущие геофизические кабели для нефтепогружного насоса, в качестве высокопрочной электроэрозионной проволоки.



ПРОВОДНИКИ КРУПНЫХ СЕЧЕНИЙ

ПРОЧНОСТЬ = 700 ÷ 1050 МРА

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ = 60 ÷ 80% IACS

МАТЕРИАЛ

Нанокompозитный сплав
ниобиевой меди.

СОРТАМЕНТ

Проводники круглого,
квадратного и
прямоугольного сечения
с площадью поперечного
сечения от 1,4 до 37,4 мм²
и линейными размерами:
толщиной — от 0,8 до 5,2
мм, шириной — от 1,5 до
7,2 мм.

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

- высокоимпульсные магниты с индукцией до 70—100 Тесла;
- научные исследования;
- роботостроение;
- точное электротехническое оборудование;
- оборудование для магнитно-импульсной обработки металлов.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОДУКЦИИ

- новые возможности по изучению магнитного поля: в ходе тестовых испытаний импульсных магнитов из нанокompозиционных Cu/Cu-Nb проводов в Лос-Аламосской Национальной Лаборатории в марте 2012 г. был установлен мировой рекорд, достигнутый уровень индукции магнитного поля составил 100 Тл без разрушения магнита;
- выдерживают без разрушения более 1000 циклов нагружения при напряжении 1400 МПа при температуре жидкого азота и более 10000 циклов нагружения — при напряжении 900 МПа при комнатной температуре.

РЕШЕНИЯ

Пружины, обмоточные провода для редукторов сверхмощных магнитных полей и других задач, выдерживающие рекордный уровень напряжения.

ПОЛЫЕ ПРОВОДНИКИ

ПРОЧНОСТЬ = 1100 ÷ 1250 МРА

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ = 68 ÷ 78% IACS



МАТЕРИАЛ

Нанокompозитный сплав
ниобиевой меди.

СОРТАМЕНТ

Полые проводники
квадратного и
прямоугольного сечения
размерами от 4x4 мм до
9x9 мм с толщиной стенки
1—2 мм.

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

- точное машиностроение;
- устройства для магнитно-импульсной обработки металлов:
 - формовка;
 - штамповка;
 - плавка;
 - вальцовка;
 - и т.п.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОДУКЦИИ

- позволяют осуществлять высокоточную штамповку за одну операцию;
- методом магнитно-импульсной сварки позволяют соединять самые разнородные материалы, вплоть до металлических с неметаллическими;
- повышают ресурс индукторов и технико-экономические показатели магнитно-импульсной обработки металлов в целом.

РЕШЕНИЯ

Для установок магнитно-импульсной обработки металлов (штамповка и термическая обработка).



КАТАНКА

ПРОЧНОСТЬ = 420 ÷ 460 МРА

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ = 85 ÷ 95% IACS

МАТЕРИАЛ

Нанокompозитный сплав
ниобиевой меди.

СОРТАМЕНТ

Провода толщиной
от **1,00** до **4,00** мм

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Сырье для производства тонких
и особо тонких электропроводов.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Наноэлектро предлагает не только законченный продукт, но и катанки для производства проводников.

РЕШЕНИЯ

Проводники, выполненные по индивидуальному заказу.

КОНТАКТНЫЕ ПРОВОДА

ПРОЧНОСТЬ = 510 ÷ 570 МРА

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ = 85 ÷ 95% IACS



МАТЕРИАЛ

Нанокompозитный
сплав ниобиевой меди.

СОРТАМЕНТ

Провода
стандартизированной
формы сечением от

100 до 150 мм²

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Подвесные и бухтовые контактные
системы железнодорожного
электротранспорта.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОДУКЦИИ

- позволяют изготовить линию контактного провода с высоким натяжением и обеспечивают скорость движения железнодорожного транспорта до 450 км/ч;
- увеличивают износостойкость и значительно повышают надежность эксплуатации контактных систем;
- обеспечивают увеличенные длины пролета, тем самым уменьшая количество опор контактной сети железнодорожной инфраструктуры.

РЕШЕНИЯ

Высокоскоростной железнодорожный транспорт.

ТОНКИЕ И НАНО ПРОВОДА ИЗ НИОБИЕВОЙ МЕДИ

ТИП ПРОДУКЦИИ	ПЛОЩАДЬ ПРЯМО- УГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ, (А X В) мм ²	293К			77К	СВЕРХ- ПРОВОДНОСТЬ, IACS, %*	ЭЛЕКТРОСО- ПРОТИВЛЕНИЕ ПРИ 20 °С микро-Ом* см	ОСТАТОЧНЫЙ КОЭФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕ- НИЯ, RRR _{293К/77К}
		КОНЕЧНАЯ ПРОЧНОСТЬ НА РАЗРЫВ, ПРОЧНОСТЬ, МПа	ПРЕДЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ K, γS _{0.2} МПа	УДЛИНЕНИЕ, δ, %				
IS1708	1150÷1170	900÷910	3÷5	1520	63÷64	63÷64	2.74÷2.69	4,1÷4,6
IS23_350	5.8 (2 x 3)	1200÷1250	940÷1000	3.5÷5	>1400	60÷65	2.78÷2.65	4.0÷4.3
IS235_350	7.0 (2 x 3.5)	1130÷1160	900÷930	4.3÷5.7	1330÷1360	64÷65	2.69÷2.65	4.3÷4.6
IS34_391	12 (3 x 4)	1150÷1200	900÷950	2.5÷3.0	>1250	65÷70	2.43÷2.42	4.2÷4.6
IS358_600	17 (3 x 5.8)	1100÷1200	950÷1000	>5	1450÷1480	65÷72	2.65÷2.46	4.2÷4.6
IS46_745	24 (4 x 6)	1100÷1130	950÷1000	>5	>1300	71>574	2.43÷2.33	4.6÷4.8
IS01_09	Ø 0.1÷0.9	1100÷1500	900÷1000	1.5÷4	1360÷2000	65÷75	2.65÷2.30	4.0÷5.5
IS1_10	Ø1÷10	750÷780	>550	>8	>1000	80÷82	2.16÷2.10	4.5÷5.8

СПЕЦИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ ПРОВОДА ИЗ НИОБИЕВОЙ МЕДИ

МАТЕРИАЛ ПРОВОДА	СЕЧЕНИЕ, мм ²	КОНЕЧНАЯ ПРОЧНОСТЬ НА РАЗРЫВ, ПРОЧНОСТЬ, МПа		ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ, IACS, %			ЛИНЕЙНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ, Ом/км		ЛИНЕЙНЫЙ ВЕС ПРОВОДА (расч.), кг/м
		ПОВЫШЕННАЯ ПРОЧНОСТЬ	ПОВЫШЕННАЯ ЭЛЕКТРО- ПРОВОДНОСТЬ	ПОВЫШЕННАЯ ПРОЧНОСТЬ	ПОВЫШЕННАЯ ЭЛЕКТРО- ПРОВОДНОСТЬ	ПОВЫШЕННАЯ ПРОЧНОСТЬ	ПОВЫШЕННАЯ ЭЛЕКТРО- ПРОВОДНОСТЬ	ПРОЧНОСТЬ И ЭЛЕКТРО- ПРОВОДНОСТЬ	
Ниобиевая медь	0,1 ÷ 0,2	1400 ÷ 1700	1100 ÷ 1200	50 ÷ 58	64 ÷ 68	4390,1 ÷ 946,3	3430 ÷ 806,9	[0,071 ÷ 0,267] × 10 ⁻³	
	0,39 ÷ 0,50	870 ÷ 1000	750 ÷ 850	72 ÷ 75	82 ÷ 85	200,5 ÷ 117,1	176,0 ÷ 103,3	[1,066 ÷ 1,776] × 10 ⁻³	
	0,668 ÷ 0,686	1100	780	68	78	72,3 ÷ 68,6	63,0 ÷ 69,8	[3,108 ÷ 3,286] × 10 ⁻³	
	0,798 ÷ 1,10	920 ÷ 1070	680 ÷ 760	72 ÷ 73	77 ÷ 79	47,9 ÷ 24,9	44,8 ÷ 23,0	[4,44 ÷ 8,436] × 10 ⁻³	
	1,128 ÷ 1,311	1000	550 ÷ 680	70	79 ÷ 80	24,6 ÷ 18,2	21,8 ÷ 16,0	[8,88 ÷ 11,99] × 10 ⁻³	
1,514 ÷ 1,954	690	420	81	84	11,8 ÷ 7,1	11,4 ÷ 6,8	[15,98 ÷ 26,64] × 10 ⁻³		
2,257	820	400 ÷ 520	77	83 ÷ 87	5,6	5,2 ÷ 5,0	35,52 × 10 ⁻³		

* IACS — МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ОТЖЖЕННОЙ МЕДИ; 100% IACS = 1,7241 МКОМ*СМ ПРИ 20°С

Адрес: Каширское ш. 3, корп. 2, стр. 9, Москва, 115230

Тел.: +7 (499) 949 41 10

E-mail: metaltech@rosatom.ru

www.rusmetaltech.tvel.ru
