



РОСАТОМ
МЕТАЛЛТЕХ

НИОБИЕВАЯ МЕДЬ

Упрочненные электрические
проводники из уникального
сплава



РОСАТОМ

МЕТАЛТЕХ

НИОБИЕВАЯ МЕДЬ
УПРОЧНЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОВОДНИКИ
ИЗ УНИКАЛЬНОГО СПЛАВА

www.rosmetaltech.tvel.ru

A photograph of Earth from space, showing the curvature of the planet and city lights at night. The sky is dark blue with many stars. The text "ПРОЧНЕЕ НЕ БЫВАЕТ" is centered in the image.

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.**

НИОБИЙ 41

Nb

92.91



О КОМПАНИИ

ООО «Росатом 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 «Росатом 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 «Росатом 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 высоковольтных 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.

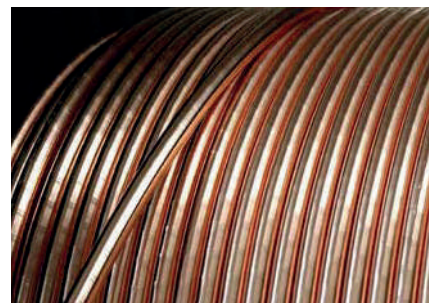
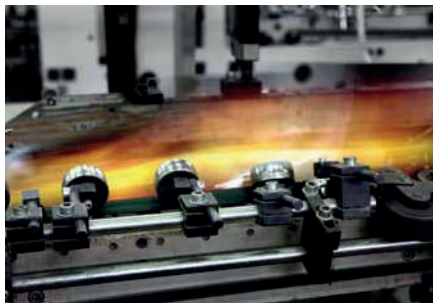
ООО «Росатом МеталлТех» обладает 22 объектами интеллектуальной собственности для подтверждения уникальности разработанной предприятием технологии.



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 опциональным 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

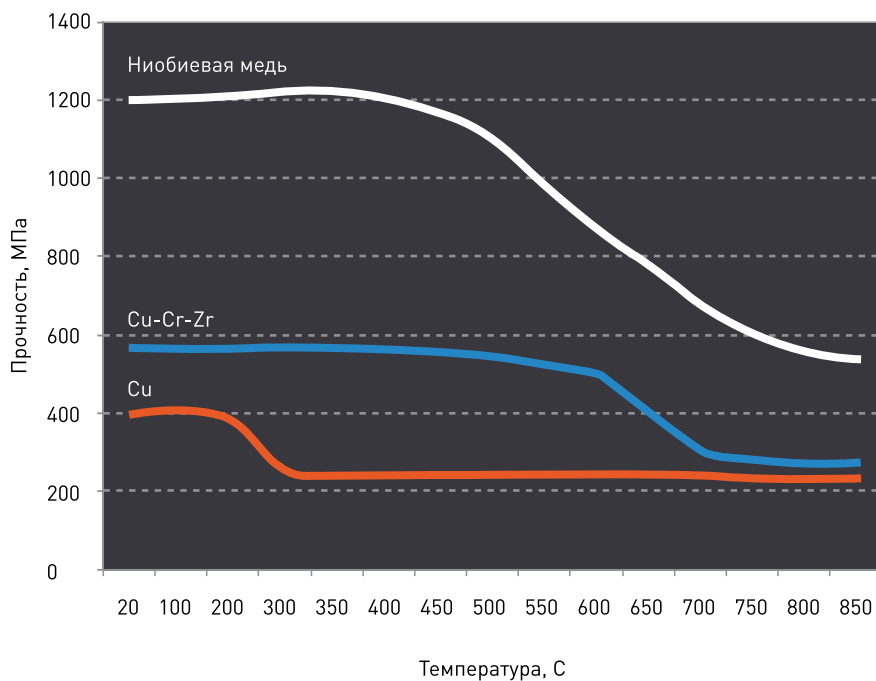
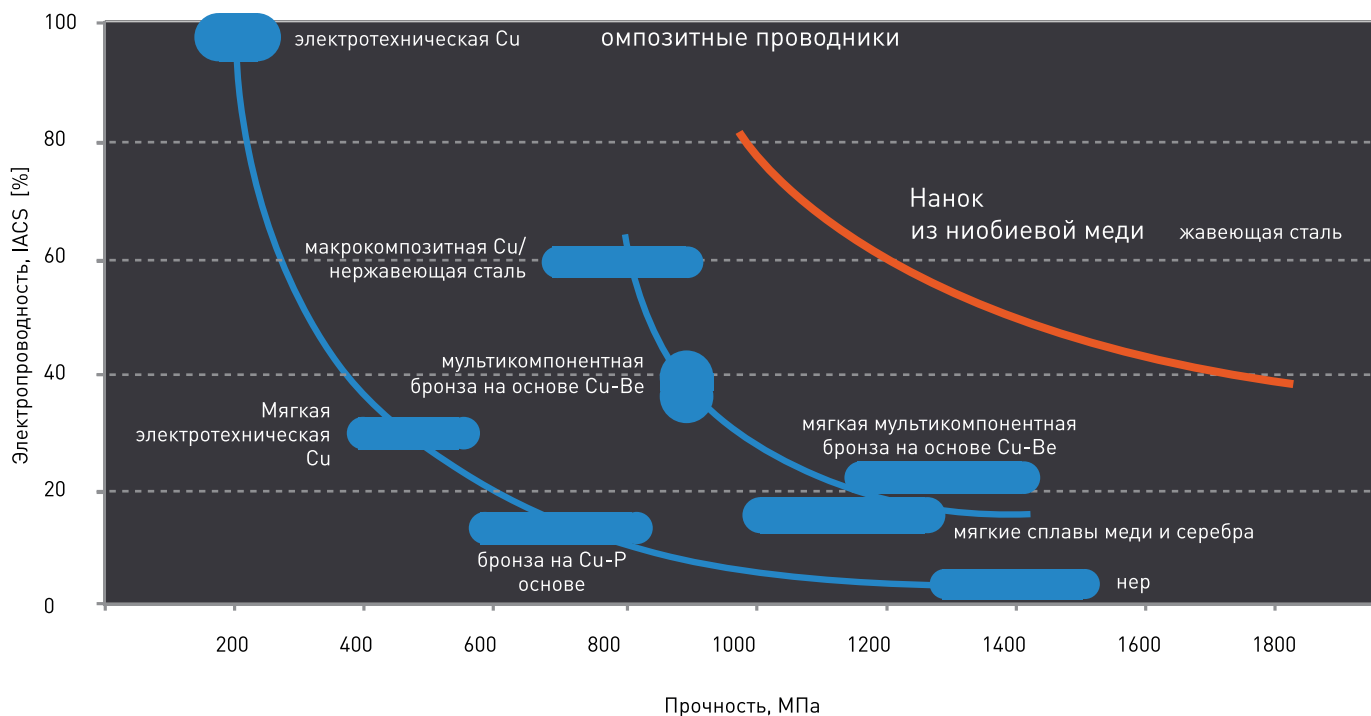
Важным и обязательным этапом технологического процесса ООО «Русатом МеталлТех» является проверка качества произведенной продукции на выходе с производства. Для этого производится измерение механических свойств и металлографический анализ по параметрам σ_B , $\sigma_{0,2}$, δ образцов проводников на разрывных 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.

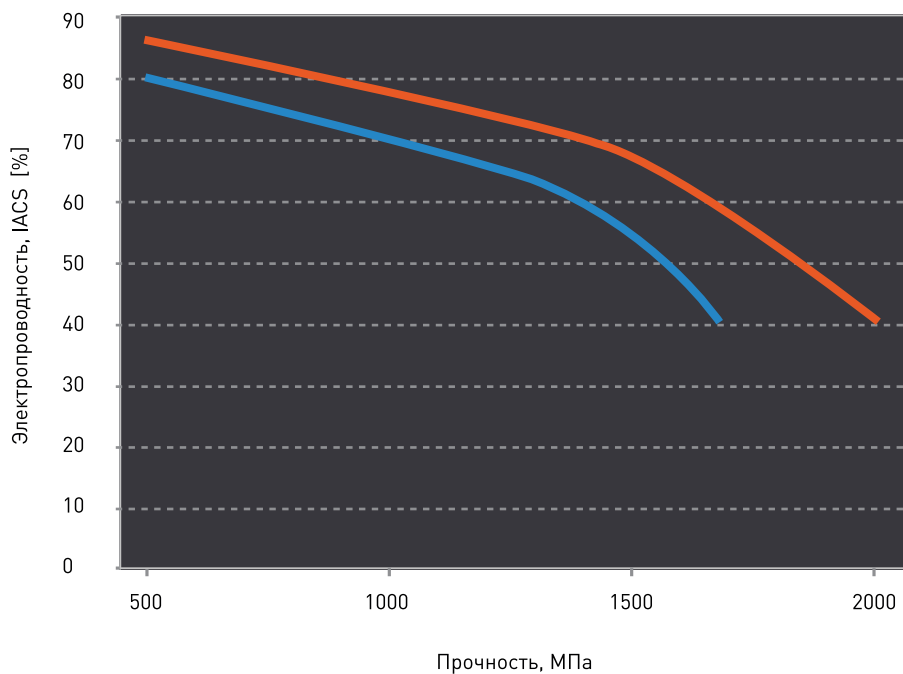
СВОЙСТВА

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

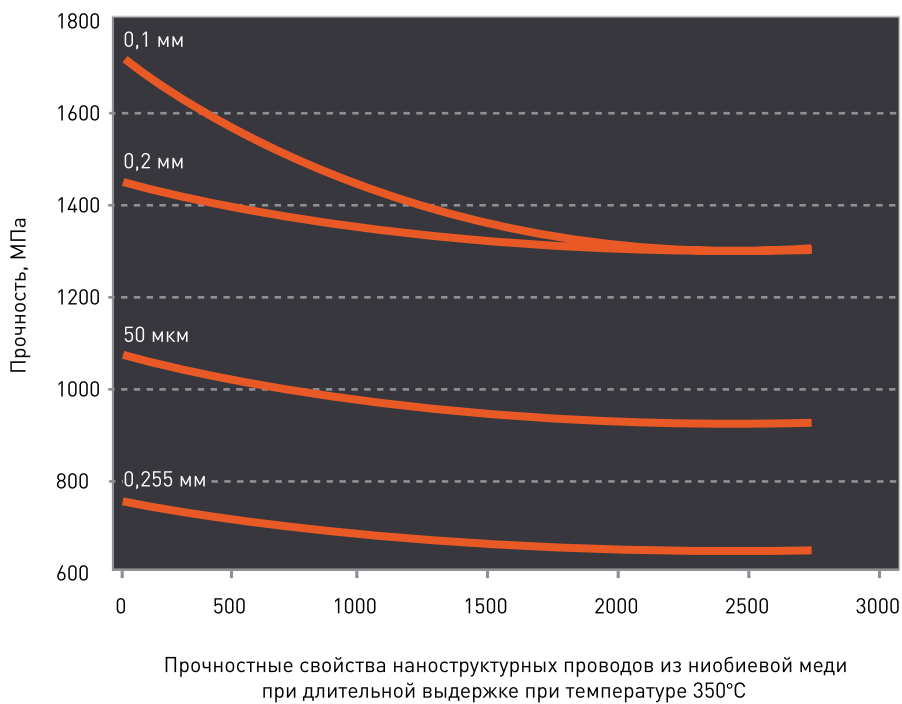


Нанокompозитные провода обладают механической прочностью, сравнимой со сталью (1200-1500 МПа). Уровень их электропроводности достигает 70-85% абсолютной электропроводности, характерной для чистой меди. Технология производства нанокompозитных проводов считается в настоящее время уникальной в России и 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 ПРОЧНОСТЬ, МПа	ПОВЫШЕННАЯ ЭЛЕКТРО- ПРОВОДНОСТЬ	ПОВЫШЕННАЯ ПРОЧНОСТЬ	ПОВЫШЕННАЯ ЭЛЕКТРО- ПРОВОДНОСТЬ	ПОВЫШЕННАЯ ПРОЧНОСТЬ	ПОВЫШЕННАЯ 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 ОТЖАЖЕННОЙ 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.rosmetaltech.tvel.ru
