



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 024 973** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК⁵ **H 01 B 12/00**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 5043559/07, 02.05.1992

(46) Дата публикации: 15.12.1994

(56) Ссылки: 1. Заявка Японии N 61-15535, кл. H 01B 13/00, 1986. 2. Электротехника, N 3, 1991, с. 16-19.

(71) Заявитель:

Научно-производственное объединение
Всесоюзного научно-исследовательского,
проектно-конструкторского и технологического
института кабельной промышленности

(72) Изобретатель: Ипатов Ю.П.,

Рычагов А.В., Сытников В.Е., Клименко Е.Ю.

(73) Патентообладатель:

Всероссийский научно-исследовательский,
проектно-конструкторский и технологический
институт кабельной промышленности

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПРОВОДА

(57) Реферат:

Использование: при изготовлении комбинированных проводов, состоящих из нескольких сверхпроводящих элементов. Сущность изобретения: через расплав припоя раздельно пропускают матричные элементы с продольным пазом, впаиваемые и при необходимости напайваемые элементы. Впаиваемые элементы укладывают в паз перед входом в калибр. На участке укладки пропускают по крайней мере один нижний элемент по траектории с отрицательной кривизной, а каждый верхний элемент поддерживают в напряженно-растянутом состоянии при условии повышения их относительного удлинения при переходе от нижнего элемента к верхнему в пределах обратной деформации. Матричные

элементы обжимают при пропускании через калибр на выходе из расплава. Элементы выводят из калибра под углом 0-5° к уровню расплава при поддержании уровня расплава в канале между нижней и верхней точками верхнего впаиваемого или напайваемого элемента и локально охлаждают провод. Изобретение позволяет обеспечить изготовление комбинированных проводов сечением 50-1000 мм² с высокой точностью геометрического расположения элементов по всей длине без нарушения их формы и получить сплошное паяное соединение между элементами, высокоточную регулировку уровня заполнения паза припоем и селективную подпайку верхнего впаиваемого или напайваемого элемента. 3 ил., 1 табл. 1 ил.



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 024 973** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) Int. Cl.⁵ **H 01 B 12/00**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 5043559/07, 02.05.1992

(46) Date of publication: 15.12.1994

(71) Applicant:

Nauchno-proizvodstvennoe ob"edinenie
Vsesojuznogo nauchno-issledovatel'skogo,
proektno-konstruktorskogo i
tekhnologicheskogo instituta kabel'noj
promyshlennosti

(72) Inventor: Ipatov Ju.P.,

Rychagov A.V., Sytnikov V.E., Klimenko E.Ju.

(73) Proprietor:

Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij,
proektno-konstruktorskij i tekhnologicheskij
institut kabel'noj promyshlennosti

(54) **PROCESS OF MANUFACTURE OF COMBINED SUPERCONDUCTING WIRE**

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering. SUBSTANCE: matrix elements with longitudinal grooves, soldered-in and, if necessary, soldered-on elements are passed separately through melt of solder. Soldered-in elements are put in groove ahead of entry to gauge. At least one lower element is passed over laying section over trajectory with negative curvature and each upper element is held in stressed-stretched state under condition of their relative elongation across transition from lower element to upper one within limits of reversible deformation. Matrix elements are reduced with passing through gauge at exit from melt. Elements are

brought out of gauge at angle of 0-5 deg to level of melt with keeping of level of melt in conduit between lower and upper points of upper soldered-in or soldered-on element and wire is cooled locally. EFFECT: provision for manufacture of combined wires having cross-section between 50 and 1000 sq mm with high accuracy geometric positioning of elements over the whole length without disruption of their shapes and for continuous soldered joint between elements, high-precision control over level of filling of groove with solder and selective soldering of soldered-in or soldered-on element. 1 dwg, 1 tbl

Изобретение относится к горячей металлизации длинномерных изделий и может быть использовано в электротехнике при изготовлении комбинированных проводов, состоящих из нескольких элементов, в том числе сверхпроводящих.

Известен способ изготовления комбинированного сверхпроводящего провода, включающий укладку сверхпроводящего элемента в продольный паз матричного элемента прямоугольной формы, соединение их пайкой легкоплавким припоем и охлаждение [1].

Для большинства длинномерных изделий такой способ не может обеспечить достаточного качества продукции при приемлемой технологической скорости, так как всегда требуется свободное открытое с одной стороны расположение многопроволочного элемента, уложенного в паз матрицы, пропайка и полное заполнение которых крайне затруднены. Используемая схема заполнения и закрепления элементов в пазе исключает возможность селективного и стабильного заполнения его припоем, не обеспечивает стабильного взаимного положения элементов по всей длине, исключения пустот, раковин при охлаждении.

Наиболее близким к изобретению является способ изготовления комбинированного сверхпроводящего провода, при котором через расплав припоя разделяют по меньшей мере один нижний матричный элемент с по меньшей мере одним продольным пазом и впаиваемые или впаиваемые и напаяваемые элементы, полученную заготовку с уложенными в паз впаиваемыми элементами обжимают в канале калибра, расположенном на выходе из расплава, и осуществляют ее локальное охлаждение [2].

Характерной особенностью комбинированных проводов большого сечения ($\geq 50 \text{ мм}^2$) является присутствие в конструкции многопроволочных сверхпроводящих токонесущих элементов проводников диаметром $\geq 0,85 \text{ мм}$, а также прокладочных резистивных, трубчатых охлаждающих, установочных высокопроводящих или упрочняющих элементов с характерными размерами от нескольких до трех десятков миллиметров. Межэлементные и межпроволочные зазоры и допуски существенно превосходят аналогичные параметры малых сечений. Вследствие нежелательного и неконтролируемого нарушения геометрии и других физических свойств впаиваемых элементов обжатие матричных элементов при изготовлении конструкций большого сечения надо поддерживать на уровне, не превышающем 0,5-1%. Последнее не позволяет стабилизировать положение впаиваемых и напаяваемых элементов за счет обжатия на 5-15%, как в прототипе. При угле выхода $15-90^\circ$ к уровню расплава, отсутствии контролируемой ориентации и задания напряжения элементов относительно друг друга и в особенности относительно нижнего матричного элемента и уровня расплава на участке перед входом в калибр, в канале калибра и после выхода из него до участка охлаждения припой вытекает из межпроволочных и межэлементных зазоров наблюдается каплеобразование,

расслаивание элементов после выхода из калибра. Значительный угол выхода провода из расплава исключает также возможность селективного обслуживания, так как позволяет осуществить только грубую регулировку заполнения паза припоем за счет изменения положения калибра относительно уровня расплава.

Задачей изобретения является обеспечение возможности изготовления комбинированных проводов сечением 50-1000 мм^2 с высокой точностью геометрического расположения элементов по всей длине без нарушения их формы, получения сплошного паяного соединения между элементами провода и селективной подпайки верхнего впаиваемого или напаяваемого элемента за счет высокоточной регулировки уровня заполнения паза припоем.

В способе изготовления комбинированного сверхпроводящего провода, при котором через расплав припоя разделяют по меньшей мере один нижний матричный элемент, с по меньшей мере одним продольным пазом и впаиваемые или впаиваемые и напаяваемые элементы, полученную заготовку с уложенными в паз впаиваемыми элементами обжимают в канале калибра, расположенном на выходе из расплава, и осуществляют ее локальное охлаждение, укладку впаиваемых элементов осуществляют на участке перед входом в калибр, по меньшей мере один нижний матричный элемент на этом участке пропускают по траектории с отрицательной кривизной, каждый последующий элемент поддерживают в напряженно-растянутом состоянии относительно предыдущего, обеспечивая повышение относительного удлинения каждого из них в пределах обратимой деформации, при этом уровень расплава в канале калибра устанавливают между нижней и верхней точками верхнего впаиваемого или напаяваемого элемента и заготовку выводят из канала калибра под углом $0-5^\circ$ к уровню расплава.

Способ осуществляют следующим образом.

Предварительно изготавливают матричный стабилизирующий элемент прямоугольной формы с одним или несколькими пазами на широкой стороне, многопроволочный сверхпроводящий проводник и другие функциональные впаиваемые и напаяваемые элементы. Элементы подвергают совмещенному и/или разделному флюсованию одним или несколькими составами в зависимости от вида конструкции комбинированного провода и используемых материалов. В ряде случаев осуществляют селективное флюсование части поверхности впаиваемых или напаяваемых элементов. После этого элементы, разделенные в вертикальной и горизонтальной плоскостях, пропускают через расплав припоя, например ПОССу-30-2 или ПОС-61 со скоростью 1,5-10 м/мин. В ряде случаев верхний элемент обслуживают селективно, подводя его нижней стороной к поверхности припоя перед калибром. Перед входом в калибр на участке укладки нижний матричный элемент и в большинстве случаев впаиваемые элементы пропускают в расплаве по траектории с отрицательной кривизной (т.е. с уменьшающимся углом наклона по

направлению хода), значение которой наибольшее у нижнего матричного элемента.

Верхние впаиваемые или напаиваемые элементы в ряде случаев могут пропускать перед входом в калибр по прямой линии. Необходимость в этом возникает в том случае, когда требования к проводу исключают попадание припоя на боковые и верхнюю поверхности этих элементов. При этом во всех случаях каждый верхний элемент поддерживают в напряженно-растянутом состоянии относительно нижнего при условии повышения их удлинения при переходе от нижнего элемента к верхнему в пределах обратимой деформации. Указанными приемами обеспечивают стабильную взаимную ориентацию элементов провода в процессе укладки до входа в калибр и в канале калибра, устраняют поперечные перемещения элементов в калибре и на участке выравнивания траектории между калибром и участком локального охлаждения, которые приводят к неоднородному заполнению пазов припоем и каплеобразованию.

При угле выхода провода из калибра 0-5° к уровню расплава эффект стекания припоя до момента затвердевания незначителен. С учетом поддержания уровня расплава в канале между нижней и верхней точками верхнего впаиваемого или напаиваемого элемента это позволяет регулировать уровень заполнения пазов матричных элементов и обеспечить как полное заполнение межэлементного пространства, так и селективную напайку верхнего из элементов, предотвращая попадание припоя на его верхнюю и боковые стороны. Комбинированное охлаждение осуществляют локально в нескольких местах после выхода провода из калибра. В зависимости от конструкции изделие сначала охлаждают одной или несколькими газожидкостными струями до отвердевания припоя на поверхности, жидкостными струями или частичным погружением в воду, обеспечивая направленную кристаллизацию припоя и охлаждая изделие до 80-120 °С и воздушными струями до температуры, близкой к комнатной.

Конкретные условия изготовления

сверхпроводящих проводов примерных конструкций, изображенных на чертеже, приведены в таблице.

Пунктирной линией показано положение уровня припоя в калибре в процессе изготовления проводов.

Конструкция (а) содержит токонесущий сверхпроводящий элемент 1, трубчатый элемент 2, матричный элемент 3. Конструкция (б) включает токонесущий сверхпроводящий элемент 1, трубчатый элемент 2, матричный элемент 3 и напаиваемый высокопроводящий элемент 4. Конструкция (в) содержит токонесущий элемент 1, изолирующую прокладку 2 и матричный элемент 3.

Как видно из данных таблицы, предлагаемый способ позволяет обеспечить полное и регулируемое заполнение межпроводочного и межэлементного пространства при получении комбинированных проводов большого сечения методом пайки.

Формула изобретения:

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

КОМБИНИРОВАННОГО СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПРОВОДА, при котором через расплав припоя отдельно пропускают по меньшей мере один нижний матричный элемент с по меньшей мере одним продольным пазом и впаиваемые ими впаиваемые и напаиваемые элементы, полученную заготовку с уложенными в паз впаиваемыми элементами обжимают в канале калибра, расположенном на выходе из расплава, и осуществляют ее локальное охлаждение, отличающийся тем, что укладку впаиваемых элементов осуществляют на участке перед входом в калибр, по меньшей мере один нижний матричный элемент на этом участке пропускают по траектории с отрицательной кривизной, каждый последующий элемент поддерживают в напряженно-растянутом состоянии относительно предыдущего, обеспечивая повышение относительного удлинения каждого из них в пределах обратимой деформации, при этом уровень расплава в канале калибра устанавливают между нижней и верхней точками верхнего впаиваемого или напаиваемого элемента и заготовку выводят из канала калибра под углом 0 - 5° к уровню расплава.

Конструкция	Внешние размеры конструкции	Относительное удлинение впаиваемых и напайваемых элементов, δ	Характер пропускания элементов перед и внутри калибра	Угол вывода из канала к уровню расплава	Характер паяного соединения
а	40 · 20 мм ²	Токонесущий и трубчатый элементы $\delta=0,3\%$ Нижний матричный элемент $\delta=0,2\%$ Верхний матричный элемент $\delta=0,5\%$	Все элементы пропускают в расплаве по траектории с отрицательной кривизной со средним радиусом 1 м	0°	Полное заполнение межэлементных зазоров
б	60 · 15 мм ²	Трубчатые и токонесущий элементы $\delta=0,5\%$ Нижний матричный элемент $\delta=0,2\%$ Напайваемый элемент $\delta=1\%$	Нижний матричный, трубчатые и токонесущий элементы пропускают в расплаве по траектории с отрицательной кривизной со средним радиусом 1 м. Напайваемый элемент пропускают по прямой линии	2°	Полное заполнение межэлементных зазоров
в	18 · 7 мм ²	Нижний матричный элемент $\delta=0,2\%$ Токонесущий элемент $\delta=0,25\%$	Нижний матричный элемент пропускают в расплаве по траектории с отрицательной кривизной со средним радиусом 0,7 м. Токонесущий элемент пропускают по прямой линии по поверхности расплава	5°	Полное заполнение межэлементных зазоров ниже уровня изолирующей прокладки в проводе. Сбоку и поверх токонесущего элемента паз припоем не заполнен, припой на верхней и боковой поверхности токонесущего элемента отсутствует

