



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004104025/02, 11.02.2004

(24) Дата начала действия патента: 11.02.2004

(45) Опубликовано: 20.09.2005 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: ФЕТИСОВ Г.П. Сварка и пайка в авиационной промышленности. - М.: Машиностроение, 1983, с.148. SU 1530331 A1, 23.12.1989. SU 1706813 A1, 23.01.1992. SU 297452 A, 11.03.1971. US 5663512 A, 02.09.1997.

Адрес для переписки:

614500, г.Пермь, РУПС, а/я 2, ООО
"БИТТЕХНИКА", директору О.В. Тихонову

(72) Автор(ы):

Тихонов О.В. (RU)

(73) Патентообладатель(ли):

Общество с ограниченной ответственностью
"БИТТЕХНИКА" (RU)

(54) СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЯ НАПЛАВКОЙ ПРИПОЯ НА ПОВЕРХНОСТЬ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано при нанесении износостойких покрытий рабочей поверхности режущего инструмента, например, абразивных покрытий на поверхности фрезы. Наплавляемую поверхность фрезеруют и обезжиривают органическим растворителем. Перед наплавкой припоя наносят слоями флюс в виде насыщенного водного раствора смеси борной кислоты 30 об.% и буры 70 об.%. В процессе нанесения флюс нагревают до температуры 300-350°C до полного испарения воды с образованием плотного слоя флюса на поверхности стали и

последующего пористого слоя флюса. Наплавку припоя проводят на офлюсованную поверхность стали с одновременной подачей в зону наплавки флюса из предварительно обезвоженной смеси борной кислоты 30 об.% и буры 70 об.% с обеспечением заполнения расплавленным флюсом образующихся в покрытии пор. Покрытие представляет собой композиционный материал, содержащий припой металлический, частицы твердого сплава и стеклоприпой. Стеклоприпой как вязкая составляющая композиции сдерживает рост и развитие образовавшихся трещин в процессе эксплуатации режущего инструмента. 1 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2004104025/02, 11.02.2004**

(24) Effective date for property rights: **11.02.2004**

(45) Date of publication: **20.09.2005 Bull. 26**

Mail address:

**614500, g.Perm', RUPS, a/ja 2, OOO
"BITTEKhNIKA", direktoru O.V. Tikhonovu**

(72) Inventor(s):

Tikhonov O.V. (RU)

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj
otvetstvennost'ju "BITTEKhNIKA" (RU)**

(54) **METHOD OF APPLICATION OF COATING BY SURFACE WELDING OF SOLDER ON
STRUCTURAL STEEL SURFACE**

(57) Abstract:

FIELD: mechanical engineering; surface welding.

SUBSTANCE: invention can be used for application of wear resistant coating onto working surfaces of cutting tools, for instance, abrasive coating into surface of milling cutter. Surface to be treated is milled and degreased with organic solvent. Prior to application of solder, flux is applied in layers. Used as flux is saturated water solution of mixture of boric acid, 30%, and sodium tetraborate, 70%. In process of application, flux is heated to 300-350°C to completely evaporate water and form solid layer of flux on surface of steel and subsequent porous

layer of flux. Solder is applied to flux coated surface of steel with simultaneous delivery of flux of preliminarily dehydrate mixture of boric acid, 30% and sodium tetraborate, 70%, to zone of welding with provision of filling of pores in coating with molten flux. Coating is composite material containing metal solder, particles of hard alloy and glass solder. Glass solder, as viscous component, restrains growth and development of cracks formed in operation of cutting tool.

EFFECT: improved quality of working surface of cutting tools.

1 tbl

Изобретение относится к области металлургии. Оно может быть использовано для получения износостойких покрытий на стальную подложку или абразивного покрытия рабочей поверхности режущего инструмента типа фрезы и других абразивных инструментов, получаемых путем наплавки припоя, содержащего твердосплавные частицы, на основе меди.

Известны способы нанесения покрытия на поверхность режущего инструмента [1], заключающиеся в том, что паяемую поверхность предварительно подвергают обезжириванию с последующей сушкой, механической обработке, обдувке, химическому обезжириванию, промывке горячей, затем холодной водой, разрыхлению окислов, травлению, промывке, пассивации с последующей промывкой горячей и холодной водой. После этого перед пайкой детали сушат при 50-60°C, шероховатят и, используя композиционный готовый припой, состоящий из наполнителя и легкоплавкой составляющей, и флюс в виде порошка или пасты [1], замешанной на воде или спирте, наплавляют припой на паяемую поверхность газопламенной пайкой. После пайки изделие охлаждают и очищают от флюса путем погружения изделия в горячую воду на 30-60 минут, затем в холодную воду с последующей сушкой его под давлением сжатым воздухом.

Способ сложен, многооперационен, многокомпонентен и малопроизводителен. Способ не применим при наплавке на сталь припоя на основе меди с использованием в качестве наполнителя частиц твердого сплава для получения абразивного инструмента, используемого в буровой технике. Фреза, райбер и другой буровой инструмент имеют на поверхности узкие площадки, на которые должны наноситься покрытия из композиционного припоя, содержащего частицы твердого сплава (типа ВК8) и легкоплавкую составляющую (типа медно-цинкового припоя). Поскольку эти узкие площадки или рабочие поверхности абразивного инструмента размещены вкруговую и инструмент (фреза, райбер и т.д.) крупного размера (Ø60-160 мм и более, а длина 500-1500 мм), необходимо затратить огромное количество кислот, воды, растворителей и использовать печи большей емкости, а пайка сопровождается порообразованием и получением пористого покрытия низкого качества при газопламенной наплавке, такой способ не может быть использован для получения абразивного инструмента, получаемого газопламенной наплавкой композиционного припоя.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению выбран способ [2] пайки конструкционных сталей, заключающийся в том, что вначале паяемую поверхность очищают от жиров, грязи механическим путем (напильником, шкуркой) и химической обработкой (обезжиривание в щелочных средах). Затем на паяемую поверхность наносят флюс (в случае пайки в защитной среде). Для этого сухую смесь компонентов флюса разводят дистиллированной водой до состояния негустой пасты и наносят шпателем или стеклянной палочкой, после чего деталь подсушивают в термостате при температуре 343-353K в течение 30...60 мин. При газопламенной пайке флюс подается на паяемые поверхности непосредственно в процессе пайки на прутке разогретого припоя. Пруток припоя плавится с помощью газопламенной горелки. Для пайки конструкционных сталей используют медно-цинковые припои, а флюс используют 200, 21, 209 [3], которые содержат буру 20% борную кислоту - 70%, кальций фтористый - 10%. После пайки остатки флюса убирают дробеструйной, гидropескоструйной обработкой или длительным кипячением (5...6 час.) изделия в водном растворе хромового ангидрида (0,3...0,5 г/л).

Недостатками способа пайки являются: ограничение возможности использования для изделий малых размеров и горизонтальных поверхностей паяемого изделия - в случае предварительного нанесения флюса, содержащего водный раствор смеси буры и борной кислоты с кальцием фтористым, а также термостатирование процесса сушки при 343-353K (60-80°C), что приводит к ухудшению качества наплавки припоя, т.к. дальнейший процесс пайки сопровождается усиленным порообразованием при наличии на паяемой поверхности влаги; в случае, когда флюс подается на паяемую поверхность непосредственно в процессе пайки на прутке припоя, тоже происходит усиленное порообразование в покрытии из-за гигроскопичности компонентов флюса, при этом наблюдается следующее: струя газа,

подаваемая к поверхности прутка, чтобы его расплавить, отбрасывает флюс в сторону от поверхности прутка и флюс не выполняет своей функции, находясь вне зоны наплавки припою на паяемую поверхность; способ мало производителен, т.к. многооперационен.

Технической задачей изобретения является повышение эффективности использования флюса, повышение качества покрытия на поверхности конструкционной стали композиционным припоем газопламенной наплавкой при изготовлении режущего инструмента, используемого в буровой технике.

Технический результат достигается тем, что способ покрытия припоем поверхности конструкционной стали, включающий механическую обработку, обезжиривание, газопламенную наплавку припою в присутствии флюса, охлаждение изделия, согласно изобретению поверхность стали офрезеровывают и тщательно обезжиривают органическим растворителем, наносят слоями на нее предварительно подготовленный насыщенный водный раствор смеси борной кислоты - 30 объемн.% с бурой - 70 объемн.%, нагревают до 300-350°C до полного испарения воды и образования плотного слоя покрытия на поверхности стали и пористого слоя флюса над ним, на офлюсованную поверхность стали наплавляют припой с одновременной подачей в зону наплавки припою и предварительно высушенную до 200-250°C смесь борной кислоты - 30 объемн.% и буры - 70 объемн.%, образовавшиеся в покрытии поры заполняют расплавленным флюсом того же состава.

Сопоставленный анализ заявляемого изобретения с прототипом показывает, что заявляемый способ отличается от известного предварительной обработкой поверхности конструкционной стали, составом используемого флюса, различием его состояния при нанесении на поверхности до, во время и после наплавления покрытия.

Так в способе прототипа предварительно обрабатывают поверхность конструкционной стали наждаком, шкуркой с последующим обезжириванием в щелочном растворе и отмыванием обезжиривателя в горячей, затем холодной воде. Заявляемый способ не выделяет в отдельную операцию механическую обработку, т.к. поскольку способ используется преимущественно для получения абразивного инструмента типа фрезы, то рабочую поверхность традиционно офрезеровывается для получения заданного размера по высоте с учетом толщины наплавляемого слоя покрытия, композиционным припоем в виде прутка, содержащего частицы твердого сплава и связки (припою). Этим самым предлагаемый способ позволяет получить шероховатую рабочую поверхность на заготовке фрезы, срезать качественней напильника или, тем более, шкурки дефектный слой, содержащий наибольшее количество дефектов, трещин и грязи, жира. Обезжиривание рабочей поверхности фрезы в предлагаемом изобретении проводится тщательно и органическим растворителем типа ацетона для очистки поверхности от загрязнений, но таким образом, чтобы раскрыть и высушить поры, капилляры для получения качественного граничного слоя между рабочей поверхностью и абразивным покрытием. Прототип обезжиривает щелочным раствором, но не гарантирует очистку от примесей, а наоборот, способствует забиванию пор и капилляров с последующим растравлением щелочью и ухудшением условий наплавления, увеличению порообразования.

В предлагаемом способе органический растворитель (преимущественно ацетон) не вступает в реакцию с обрабатываемым материалом, быстро испаряется, освобождая поры и капилляры для дальнейшего офлюсования их. Тщательное обезжиривание и предполагает достижение эффекта \открытия\ пор и капилляров. В отличие от прототипа, в котором при газопламенной наплавке флюс подается к поверхности стали на прутке припою, в предлагаемом способе тщательно очищенную рабочую поверхность фрезы покрывают флюсом, причем слоями. Предварительно подготовленный насыщенный водный раствор, содержащий смесь борной кислоты и буры, наносят на поверхность стали простым механическим путем и нагревают поверхность или флюс до температуры 300-350°C. При этом первые слои или слой флюса проникают во все поры и капилляры на поверхности и покрывают плотной коркой равномерно всю поверхность.

Поскольку первый слой \забил\ все \пустоты\ на поверхности, последующий слой

способствует усилению связей на границе раздела поверхность - наплавленное абразивное покрытие.

Нанесение флюса на рабочую поверхность стали (фреза) с поверхности разогретого прутка припоя (как в прототипе) не эффективно, т.к. перед наплавкой припоя рабочая
5 поверхность должна быть разогрета до высокой температуры, близкой к температуре плавления припоя, а это значит, что поверхность успевает окислиться. Процесс пайки или наплавки газопламенным способом быстротечен, и флюс, попадая на рабочую поверхность в момент наплавки припоя, способствует усилению химической реакции между компонентами, порообразованию и ухудшению качества покрытия и, следовательно,
10 эксплуатационных свойств режущего инструмента.

В предлагаемом способе используют флюс в виде насыщенного раствора и при соотношении компонентов, где буры больше (70 объемн.%), а борной кислоты меньше (30 объемн.%) потому, что при соотношениях, где буры больше, чем 70 объемн.%, а борной кислоты меньше, чем 30 объемн.%, при наплавке и охлаждении композиционного припоя
15 образуется где-то стеклообразная масса, покрытая множеством трещин, а где-то (особенно в порах) в виде сухого порошка. Такой флюс способствует коррозии покрытия, его необходимо вымывать из объема покрытия. В случае, когда флюс содержит меньше буры, чем 70 объемн.%, а борной кислоты - больше 30 объемн.%, замечено окисление покрытия после охлаждения, и, следовательно, чтобы избежать дальнейшего окисляющего
20 воздействия флюса, - его необходимо также убирать. Предлагаемое соотношение компонентов флюса позволяет получить полную защиту от окисления как рабочей поверхности стали, так и наплавляемого слоя покрытия на ней.

Приготовление насыщенного водного раствора флюса из смеси борной кислоты и буры позволяет иметь мелко- и крупнокристаллическую фракции, что необходимо для
25 использования мелкокристаллической фракцией офлюсовывания пор и капилляров и крупнокристаллической совместно с мелкокристаллической - для повышения качества объемного флюсования в процессе нанесения покрытия наплавкой припоя. Такой флюс хорошо проникает в пустоты, а при нагреве его до 300-350°C получаем плотное прочное немажущееся покрытие в первом слое и такое же по свойствам, но пористое покрытие над
30 первым слоем. Это значительно упрощает процесс офлюсования поверхностей с любым наклоном к горизонтальной плоскости, что необходимо при офлюсовывании множества рабочих поверхностей такого абразивного инструмента, как фреза.

В способе прототипа флюс после нанесения на рабочие поверхности фрезы и термостатировании его при 60-80°C становится агрессивным из-за большего количества
35 борной кислоты (70 объемн.%), а после окончательной сушки - отходит от поверхности в виде свободного порошка смеси. Предлагаемый способ до 200°C выводит влагу из офлюсованных слоев, а затем при 300-350°C плотно закрепляет, что многократно экспериментально подтверждено. В отличие от прототипа в процессе наплавки композиционного припоя вначале расплавляется флюс, находящийся на рабочей
40 поверхности фрезы, далее подают в зону наплавки одновременно сухую смесь того же состава флюса, что и ранее, и расплавляют прутки композиционного припоя вместе с флюсом. При газопламенной наплавке покрытие абразивного слоя на рабочую поверхность фрезы имеет значительные преимущества перед способом прототипа, т.к. рабочая поверхность постоянно находится в наклонном состоянии, припой контактирует только с
45 сухим флюсом, что способствует уменьшению порообразованию, получению более качественных плотных слоев покрытия. И наиболее отличительным признаком предлагаемого способа является заполнение образующих пор в расплаве, а затем и в охлаждении покрытия расплавленным флюсом. Т.е. сначала флюс, сухая смесь борной кислоты и бура, флюсует расплав припоя, не давая ему окисляться, а затем упрочняет
50 его дополнительно, заполняя поры, да и трещины (если они появились) тугоплавким стеклоприпоем, каковым является расплав флюса. Впервые флюс становится необходимым для покрытия и не играет отрицательной роли, как ранее (и в прототипе в том числе).

Этот отличительный признак был выявлен неожиданно, в то время, когда понадобилось приготовить образцы для металлографического исследования. Для резки с охлаждением понадобилась электроэрозионная резка. Но она не смогла быть осуществлена из-за того, что стеклоприпой не электропроводен и изолировал весь образец. Поскольку на буровой в скважине присутствует жидкость, то на абразивный инструмент воздействуют блуждающие электрические токи. В результате образования гальванических пар в абразивном покрытии инструмент разрушается. Предлагаемый способ позволяет за счет образования стеклоприпоя не только повысить трещиностойкость, увеличить прочность и стойкость инструмента, но и уберечь от губительного электрохимического воздействия. Таким образом, заявленный способ соответствует критериям \новизна\ и \существенные отличия\.

Он имеет практическое применение. Предполагается его применять в ООО \БИТТЕХНИКА\ и других организациях при изготовлении бурового режущего инструмента различного назначения и типа. Металлографические исследования подтвердили получение покрытий предлагаемым способом высокого качества.

Предлагаемый способ нанесения покрытия наплавкой припоя на поверхность конструкционной стали реализован следующим образом.

Для изготовления абразивного инструмента типа фреза используют корпус фрезы с площадками, установленными под углом к оси корпуса, являющимися после наплавки абразивного покрытия на них, т.е. режущими кромками. Корпус выполнен из стали марки 40 по ГОСТ 1050-74. Поверхность будущих режущих кромок офрезеруют на глубину, рассчитанную исходя из заданной высоты режущей части фрезы. Поверхность при этом становится шероховатой. Шероховатость регулируется режимом фрезерования. После фрезерования поверхность кромок тщательно промывают органическим растворителем, преимущественно ацетоном как более быстро и без следа испаряемым растворителем, добиваясь не только того, чтобы очистить и обезжирить поверхность, а и освободить от засорения и замасливания поры и капилляры на ней. Заранее готовят флюс для офлюсовывания поверхности кромок. Для этого известным способом готовят насыщенный водный раствор смеси борной кислоты, взятой в количестве 30 объемн.%, с бурой, взятой в количестве 70 объемн.%, как оптимальный состав, проявляющий максимальную активность, обладающий отличными изолирующими свойствами. Воду над кристаллами сливают, а густую часть смеси наносят (кисточкой, шпателем и т.д.) на поверхность кромок в несколько слоев. После того, как нанесли первый слой, который проник в поры и капилляры и равномерно распределился по всей поверхности, нагревают корпус фрезы до 300-350°C для испарения воды и плотного закрепления флюсового покрытия на поверхности кромок. Затем наносят слои флюса до тех, пока не получим достаточной (~0,5 толщины высоты покрытия абразивным припоем) массы флюса, определяемой экспериментально, продолжая нагрев при этой же температуре, пока не закончится испарение воды и не образуется не гигроскопичный пористый слой флюса на первом плотном слое флюса. Берут готовый припой, содержащий наполнитель - частицы твердого сплава (ВК-8) -30-40 объемн.% и связку (МНКоМц-49-9-02-02) 60-70 объемн.%, в виде композиционного припоя и в форме прутка. Под заданным углом к поверхности кромок фрезы устанавливают прутки и дозатор флюса. Дозатор флюса - это устройство, представляющее собой емкость с отводом в виде трубки, но из тугоплавкого материала (например вольфрама) в той части, где она находится вблизи пламени горелки.

Трубка имеет кран для переключения и прекращения поступления флюса в зону наплавки или заглушку в емкости в переходной части к трубе. Флюс, находящийся в емкости, готовится предварительно. Состав флюса - борная кислота - 30 объемн.% и бура - 70 объемн.%. Смесь компонентов высушивают при температуре 200°C (вся вода из борной кислоты уходит при 100-150°C, а из буры - при 200°C). Емкость герметично закрыта, и флюс в зону наплавки к расплаву припоя поступает сухим и не создает условий для порообразования в покрытии и на границе с поверхностью кромок. После подачи струи газа из ацетиленово-кислородной горелки композиционный припой с торца расплавляется и покрывает поверхность кромок, на которой газовая струя одновременно

расплавляет слои флюса, защищающие от окисления ее. Подаваемый из дозатора флюс способствует лучшей растекаемости припоя, улучшает смачиваемость связкой поверхности частиц твердого сплава, что очень важно для получения прочных адгезионных связей между компонентами и получению высококачественного покрытия, обладающего

улучшенными эксплуатационными свойствами. В процессе наплавки покрытия идет и процесс испарения компонентов связки, газообразование. Поэтому несмотря на то, что способ решает проблему порообразования из-за присутствия воды в зоне наплавки, остается проблема порообразования как результат химической реакции и испарения более легкоплавкой составляющей. Эта проблема решается способом следующим образом.

Образующиеся поры заполняются расплавленным флюсом того же состава. За счет этого покрытие становится сплошным и с адгезионным упрочнением стенок пор со стеклообразным тугоплавким припоем внутри них (каковым является флюс после расплавления смеси). Таким образом получаем рабочую поверхность режущего инструмента с улучшенными эксплуатационными свойствами (см. табл.1).

Табл.1

№п/п, способ	Состав композиции, %		Средний износ фрезы, г	Средняя масса фрезеруемого образца	Удельная производительность
	Твердый сплав (ВК-8)	Связка МНСоМц-49-9-0,2-0,2			
1 (прототип известного)	60	40	1,03	34,4	33,39
	70	30	1,3	52,88	40,68
2 (предлагаемый)	60	40	0,8	45,4	56,75
	70	30	0,8	60,7	76,87

Эксперимент проводили при использовании прутка (композиционный припой) состава МНСоМц-49-9-02-02 (Cu - 49%; Ni - 9%; Co - 0,2%; Mn - 0,2%, остальные - Zn). Частицы твердого сплава брали 0,5-5 мм. Фрезеруемый образец изготовлен из стали 40. Параметры фрезерования: частота вращения $1,6 \text{ с}^{-1}$, осевая нагрузка - 7,5 МПа, промывочная жидкость - вода. Интервал времени для всех опытов одинаков и равен 1 часу. За показатели фрезерования были приняты объем металла фрезеруемого объекта и износ в единицу времени, а также удельная производительность.

Результаты исследования (см. табл.) показали, что по сравнению с известным предлагаемый способ нанесения покрытия припоем поверхности конструкционной стали позволяет получить режущий инструмент, обладающий способностью более эффективно и производительно осуществлять объем фрезеруемого материала (в 1,2-1,5 раза), а износ самого покрытия уменьшить (в 1,5-1,6 раз). Эффективность флюса предлагаемого состава увеличилась многократно в связи с использованием смеси буры и борной кислоты. Найден оптимальный вариант в процентном отношении использования смеси, т.к. бура начинает активизироваться после 900°C и дает хрупкое стекло или остается в виде порошка на стенках пор. Использование борной кислоты в большем количестве провоцирует ее \(\text{работать}\) как кислота, что не допустимо при наплавке, т.к. она разрушающе действует на частицы твердого сплава, так и на связку (припой). При оптимальном соотношении (как предложено в способе) действие флюса и во время предварительного нанесения его на поверхность стали и в процессе наплавки носит восстановительный характер. Об этом свидетельствует высокое качество границы наплавки, блестящая поверхность покрытия и блестящая поверхность пор (наблюдаемая в изломе образца).

Заполнение расплавленным флюсом пор дает новое решение при использовании флюса. До предлагаемого способа флюс необходимо было убирать после пайки, наплавки - они разрушали покрытие и сталь, на которую наплавляли припой. Предлагаемый способ позволил флюсу работать как стеклоприпой в ослабленных местах покрытия (в порах), который обладает следующими ценными качествами. Покрытие представляет собой композиционный материал, содержащий припой металлический, частицы твердого сплава и стеклоприпой, усиливающий всю систему в целом (смачиваемость, адгезия, трещиностойкость, износостойкость повышаются). Рост и развитие образовавшихся трещин в процессе эксплуатации режущего инструмента сдерживает стеклоприпой как вязкая

составляющая композиции, поскольку резание связано с повышением температуры в зоне резания.

Источники информации

1. С.В.Лашко, Н.Ф.Лашко. Пайка металлов. М.: Машиностроение, 1988 г. (стр. 28-30, 46-160) (аналог).

2. Г.П.Фетисов. Сварка и пайка в авиационной промышленности. М.: Машиностроение, 1983 г., с.148-181 (прототип).

3. Справочник машиностроителя (в 6 т.) (под ред. Э.А.Сатя), т.5, кн.1, М., 1964 г., с.295 (аналог).

Формула изобретения

Способ нанесения покрытия наплавкой припоя на поверхность конструкционной стали, включающий механическую обработку, обезжиривание поверхности, газопламенную наплавку припоя в присутствии флюса и охлаждение, отличающийся тем, что механическую обработку проводят фрезерованием, обезжиривание осуществляют органическим растворителем, перед наплавкой припоя наносят слоями флюс в виде насыщенного водного раствора смеси борной кислоты 30 об.% и буры 70 об.%, в процессе нанесения нагревают флюс до температуры 300-350°C до полного испарения воды с образованием плотного слоя флюса на поверхности стали и последующего пористого слоя флюса, а наплавку припоя проводят на офлюсованную поверхность стали с одновременной подачей в зону наплавки флюса из предварительно обезвоженной смеси борной кислоты 30 об.% и буры 70 об.% с обеспечением заполнения расплавленным флюсом образующихся в покрытии пор.