



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 199 423** ⁽¹³⁾ **C2**

(51) МПК⁷ **B 23 H 7/08**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2000107192/02, 24.03.2000

(24) Дата начала действия патента: 24.03.2000

(30) Приоритет: 25.03.1999 DE 19913694.7

(46) Дата публикации: 27.02.2003

(56) Ссылки: EP 0733431 A1, 25.09.1996. DE 19635775 A1, 05.03.1998. SU 1769732 A3, 15.10.1992. SU 1713423 A3, 15.02.1992. RU 2008148 C1, 28.02.1994.

(98) Адрес для переписки:
103064, Москва, ул. Казакова, 16, НИИР
Канцелярия "Патентные поверенные Квашнин,
Сапельников и партнеры", Квашнину В.П.

(71) Заявитель:
БЕРКЕНХОФФ ГМБХ (DE)

(72) Изобретатель: БАРТЕЛЬ Бернд (DE),
НОЙЗЕР Бернд (DE)

(73) Патентообладатель:
БЕРКЕНХОФФ ГМБХ (DE)

(74) Патентный поверенный:
Квашнин Валерий Павлович

(54) ПРОВОЛОЧНЫЙ ЭЛЕКТРОД

(57)
Изобретение относится к проволочным электродам для электроэрозионной резки. Проволочный электрод для электроэрозионной резки содержит электропроводный и воспринимающий растягивающие усилия сердечник и покрытие, изнашивающееся при электроэрозионной обработке и состоящее из внутреннего слоя из однородного сплава, предназначенного для скоростного резания, и наружного слоя, предназначенного для чистовой обработки резанием с содержанием цинка более 80%,

при этом толщина наружного слоя покрытия составляет до одной пятой толщины слоя остальной части покрытия. Содержание цинка в наружном слое может составлять 100%, а содержание цинка во внутреннем слое от 37 до 60 мас.%. Раскрывается также способ изготовления электрода. Техническим результатом изобретения является возможность осуществления резания заготовок на высоких скоростях при получении поверхностей с тонкой чистовой обработкой. 2 с. и 15 з.п. ф-лы.

RU 2 1 9 9 4 2 3 C 2

RU 2 1 9 9 4 2 3 C 2



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 199 423** ⁽¹³⁾ **C2**

(51) Int. Cl.⁷ **B 23 H 7/08**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2000107192/02, 24.03.2000

(24) Effective date for property rights: 24.03.2000

(30) Priority: 25.03.1999 DE 19913694.7

(46) Date of publication: 27.02.2003

(98) Mail address:
103064, Moskva, ul. Kazakova, 16, NIIR
Kantsel'jarija "Patentnye poverennye
Kvashnin, Sapel'nikov i partnery", Kvashninu V.P.

(71) Applicant:
BERKENKhOFF GMBKh (DE)

(72) Inventor: BARTEL' Bernd (DE),
NOJZER Bernd (DE)

(73) Proprietor:
BERKENKhOFF GMBKh (DE)

(74) Representative:
Kvashnin Valerij Pavlovich

(54) **WIRE ELECTRODE**

(57) Abstract:

FIELD: wire electrodes for electro-erosion cutting. SUBSTANCE: wire electrode for electro-erosion cutting includes electrically conductive core sensing tension effort and coating to be worn at electric erosion working and having inner layer of uniform alloy designed for high-speed cutting and outer layer designed for finish cutting and containing zinc in

quantity exceeding 80%. Thickness of outer layer of coating may consist up to 1/5 of layer thickness of remaining part of coating. Zinc content in outer layer may be equal to 100% and zinc content in inner layer may be in range 37-60 mas. % of zinc. In description of invention method for making electrode is also given. EFFECT: possibility for high-speed cutting of blanks for receiving finely finished surfaces. 17 cl, 2 ex

RU 2 199 423 C2

RU 2 199 423 C2

Изобретение относится к проволочному электроду для электроэрозионной резки с электропроводным сердечником, по-существу воспринимающим растягивающие усилия, и с покрытием, содержащим по меньшей мере два слоя.

С помощью такого проволочного электрода заготовка может быть подвергнута электроэрозионной обработке или ее можно вырезать проволочным электродом такого типа. При этом резка почти всегда производится за счет одного основного прохода (скоростной проход) и одного или нескольких дополнительных проходов режущего инструмента (чистовой проход). Задача скоростного прохода заключается в том, чтобы вырезать контур из всего материала заготовки. Этот этап из-за массы подлежащего электроэрозионной обработке материала представляет собой самый затратный, с точки зрения затрат рабочего времени, этап резки. Для того, чтобы максимально сократить время обработки заготовки процесс резки осуществляют с очень высокой энергией разряда. Для этой цели наиболее всего пригодны проволоки с слоем в виде оболочки, изготовленной из материала с высоким содержанием цинка (Zn), которые сами по себе расходуются в относительно малой степени при электроэрозионной обработке. Одновременно электродная проволока для электроэрозионной обработки должна протягиваться через щель прохождения разряда с достаточной высокой скоростью, при которой слой покрытия не будет полностью расходоваться в щели прохождения разряда.

Тем самым достигается скоростное резание, однако резание в таком режиме имеет свой недостаток, заключающийся в том, что поверхности разрезанных или электроэрозионно обработанных заготовок не имеют достаточно высокого качества, необходимого для многих дальнейших применений. Кроме этого, разрядные процессы, обусловленные большой энергией, оставляют неровности на поверхностях резки. А так же за счет расхода электрода щель прохождения разряда получает коническую форму. Все это требует одного или нескольких дополнительных проходов обрабатываемого инструмента.

Во время дополнительных или чистовых проходов поверхность заготовки дополнительно подвергается обработке. При этом поверхность сглаживается, а погрешности необходимой формы контура удаляются. Все это достигается с минимальной энергией разряда, за счет чего достигается необходимое качество заготовки (параллельность, качество обработки поверхности, выдерживание заданных размеров). При этом число дополнительных проходов зависит прежде всего от того, к какому качеству обработки поверхности заготовки стремятся.

Разряды для электроэрозионной обработки заготовки возникают между проволокой электроэрозионного электрода и заготовкой в деионной камере. Так как в этой деионной камере между проволочным электродом и заготовкой может вообще возникнуть пробой, то для этого должен быть сконструирован проводящий канал, чтобы запустить собственный импульс. В качестве

конструкционного материала особенно предпочтительным оказался цинк. Он обеспечивает быстрое и надежное образование первых токопроводящих мостиков (перемычек) при очень незначительных энергиях разряда и соответственно электрических токах. А это как раз имеет большое значение при чистовых проходах. Благодаря этому покрытые цинком проволочные электроды нашли широкое применение. Материалом изготовления сердечника такого рода проволочных электродов могут быть традиционные материалы, предпочтительно это медь, латунь, сталь или биметаллические проволоки (сталь-медь). С этими покрытыми цинком электродами у прежних электроэрозионных (вырезных) станков (WEDM) с маломощными генераторами стало возможным увеличение производительности резания по сравнению с электродами без покрытия. Следующее преимущество заключается, в частности, в том, что уже при очень незначительных мощностях обеспечивается стабильность электроэрозионного процесса за счет очень легкой испаряемости цинка. А это, как уже было изложено выше, является предпосылкой для электроэрозионной обработки поверхностей с высокой степенью точности.

Дальнейшее усовершенствование генераторов сегодня сделало возможным получение всегда высокоэнергетического искрового разряда (искры). Таким образом, преимущество, заключающееся в легкой испаряемости цинка, превратилось в недостаток, так как цинк в процессе резки очень быстро стирается, и тем самым как раз при скоростном резании его уже нет в наличии для осуществления процесса электроэрозии.

Увеличение толщины цинкового покрытия электродной проволоки для выравнивания этого эрозионного износа оказалось неэффективным.

Для устранения этого недостатка можно было создать покрытый латунью проволочный электрод. Для такого типа проволочных электродов с латунным покрытием в качестве покрытия сердечника проволоки служил латунный сплав с высоким содержанием цинка. Этим усовершенствованием цинковое покрытие с его очень низкой температурой испарения и недостатком вследствие большого эрозионного износа было заменено покрытием из сплава с высоким содержанием цинка. Преимуществом этой замены стало то, что наружный слой покрытия имел повышенное сопротивление эрозионному износу по сравнению с покрытием из чистого цинка. Кроме того, толщина слоя этого латунного покрытия с высоким содержанием цинка может быть существенно больше, чем у слоя из чистого цинка. Благодаря такого рода электродам стала также возможной эксплуатация новых электроэрозионных (вырезных) станков с мощными генераторами для скоростного резания.

Однако у этих электродов по сравнению с электродами с цинковым покрытием имеется недостаток, состоящий в том, что качество поверхности заготовки, обработанной электроэрозионным способом, не имеет такого же высокого качества как поверхность

заготовки, обработанной электроэрозионным способом электродами с цинковым покрытием. Собственно говоря, при многократном дополнительном резании проволоками с диффундированными слоями покрытия не достигается такое качество обработки поверхности, которое получалось бы при обработке электродами с цинковым покрытием.

Поэтому в основу изобретения положена задача создать такой способ, а также проволочный электрод, которые позволили бы получать поверхности с тонкой чистовой обработкой на заготовках, т.е., с одной стороны, осуществлять чистовые проходы, а, с другой стороны, производить резание заготовки с высокой скоростью, другими словами по скоростному методу резания.

Поставленная задача решается признаками пунктов 1 или 13 формулы изобретения.

Заявляемый проволочный электрод, согласно изобретению, предназначен как для скоростного резания, так и для чистовой обработки при резании. При скоростном резании между заготовкой и проволочным электродом при искровом переходе течет ток высокого значения. При этом наружный слой покрытия изнашивается, так что этот слой оказывает только незначительное содействие скоростному проходу при резании. А вот стойкий внутренний слой принимает на себя основную нагрузку скоростного прохода резания. Если следует чистовой проход, то течет небольшой ток и расходуется только наружный слой, то есть слой с высоким содержанием цинка. Таким образом, проволочный электрод, согласно изобретению, является универсальным электродом, который пригоден как для скоростного прохода резания, так и для чистового прохода, и при обработке которым получают чисто обработанную поверхность заготовки. Таким образом, во время процесса обработки нет необходимости в смене электрода, т.к. одним и тем же электродом, изготовленным согласно изобретению, производятся как скоростные, так и чистовые проходы при обработке заготовки. Это, в свою очередь, дает экономию на времени простоя и переналадки, и нет необходимости каждый раз передвигать и снова юстировать заготовку.

Было бы предпочтительно, если бы наружный слой покрытия на 100% состоял бы из цинка (Zn).

Внутренний слой покрытия преимущественно содержал бы от 37 до 60 вес.% цинка.

Было бы предпочтительно, если бы цинк внутреннего слоя мог бы быть представлен в качестве латунного сплава, содержание цинка в котором находилось бы в пределах от 40 до 48 вес.%.

Разумно, чтобы внутренний слой имел бы преимущественно однородную β -и/или γ -структуру. В такой кубической объемно центрированной кристаллической решетке атомы цинка связаны таким образом, что они достаточно легко могут быть высвобождены из проволочного электрода для зажигания электрической дуги между заготовкой и проволочным электродом, но, с другой стороны, достаточно прочно удерживаются в решетке, чтобы ограничить

его расход.

Далее, также предпочтительно, если бы толщина внутреннего слоя покрытия составляла бы по меньшей мере 2,5 мкм (μm).

5 Наружный слой проволочного электрода имел бы преимущественно толщину от 0,5 до 5 мкм.

10 Согласно первому, особенно предпочтительному, примеру выполнения проволочного электрода его сердечник состоит из сплава CrZn 20 диаметром 0,25 мм, содержание цинка во внутреннем слое составляет 45 вес.% и толщина этого слоя 15-20 мкм, в то время как наружный слой имеет толщину 2-3 мкм. Проволочный электрод имеет предпочтительно предел прочности на растяжение по меньшей мере 800 Н/мм².

15 Согласно второму, также предпочтительному, примеру выполнения проволочного электрода его сердечник состоит из сплава CuZn 35, внутренний слой покрытия имеет содержание цинка 45 вес.% и толщину 10-15 мкм, а наружный слой имеет толщину 1-2 мкм. Согласно этому второму примеру выполнения проволочный электрод имеет преимущественно предел прочности на растяжение по меньшей мере 900 Н/мм². Проволочный электрод как в первом исполнении, так и во втором может иметь, согласно изобретению, удельную электрическую проводимость от 12-50 МОм/м.

20 Способ изготовления одного из вышеназванных проволочных электродов согласно изобретению может быть разделен согласно изобретению на следующие стадии:

25 на первой стадии на сердечник наносят внутренний слой покрытия. Это может быть (предпочтительно) осуществлено плакированием, гальванизацией, нанесением порошка или горячей металлизацией. Затем при необходимости в качестве второго этапа осуществляют диффузионный отжиг проволочного электрода. На следующем этапе после предыдущего этапа на внутренний слой покрытия наносят наружный слой. После чего осуществляют заключительное пластическое деформирование до заданного диаметра так, чтобы состав и структура покрытия оставались теми же самыми, причем нагрев проволочного электрода, следствием которого была бы значительная диффузия, не имеет места, т.е. отсутствует.

35 Диффузионный отжиг может предпочтительно проводиться непрерывным пропусканием проволочного электрода через печь кипящего слоя при нарастающей температуре от 350 до 600°C при времени отжига в течение около 2-х мин.

40 После диффузионного отжига проводят быстрое охлаждение с целью фиксации состояния, полученного при диффузионном отжиге.

45 Два предпочтительных примера выполнения описаны ниже более подробно.

50 Согласно изобретению в первом примере выполнения проволочный электрод имеет диаметр 0,25 мм, причем толщина наружного слоя покрытия составляет 2-3 мкм, а толщина внутреннего слоя составляет 15-20 мкм. Наружный слой представляет собой слой из чистого цинка, в то время как внутренний слой состоит из латуни с содержанием цинка 45 вес.%. Проволока этого электрода имеет

предел прочности на растяжение примерно 800 Н/мм², а ее удельная электрическая проводимость составляет 17 МОм/м.

Во втором примере выполнения проволочный электрод, согласно изобретению, имеет полный диаметр также 0,25 мм, причем толщина наружного слоя составляет 1-3 мкм, а толщина внутреннего слоя 10-15 мкм. Наружный слой также представляет собой слой чистого цинка, в то время как внутренний слой также, как и в первом примере выполнения, представляет собой латунный слой, содержание цинка в котором составляет 45 вес.%. Предел прочности на растяжение такой проволоки для проволочного электрода составляет примерно 900 Н/мм², при этом удельная электрическая проводимость составляет около 15 Ом/м.

Формула изобретения:

1. Проволочный электрод для электроэрозионной резки, содержащий электропроводный и воспринимающий растягивающие усилия сердечник и покрытие, изнашивающееся при электроэрозионной обработке и состоящее из двух слоев, отличающийся тем, что внутренний слой покрытия, предназначенный для скоростного резания, выполнен из однородного сплава, а наружный слой этого покрытия имеет состав, предназначенный для чистовой обработки резанием, с содержанием цинка более 80%, при этом толщина наружного слоя покрытия составляет до одной пятой толщины слоя остальной части покрытия.

2. Электрод по п.1, отличающийся тем, что содержание цинка в наружном слое составляет 100%.

3. Электрод по п.1 или 2, отличающийся тем, что содержание цинка во внутреннем слое составляет от 37 до 60 мас.% цинка.

4. Электрод по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что внутренний слой покрытия выполнен из латуни с содержанием цинка 40 - 48 мас.%.

5. Электрод по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что внутренний слой покрытия имеет однородную β и/или γ -структуру.

6. Электрод по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что внутренний слой покрытия имеет толщину по меньшей мере 2,5 мкм.

7. Электрод по любому из пп.1-6, отличающийся тем, что наружный слой покрытия имеет толщину от 0,5 до 5 мкм.

8. Электрод по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что сердечник выполнен

из сплава CuZn 20, внутренний слой покрытия содержит 45 мас.% цинка и имеет толщину слоя от 15 до 20 мкм, а наружный слой покрытия имеет толщину от 2 до 3 мкм.

9. Электрод по п.8, отличающийся тем, что имеет предел прочности на растяжение по меньшей мере 800 Н/мм².

10. Электрод по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что сердечник выполнен из сплава CuZn с содержанием цинка от 35 до 37 мас.%, внутренний слой покрытия содержит 45 мас.% цинка и имеет толщину от 10 до 15 мкм, а толщина наружного слоя покрытия составляет от 1 до 2 мкм.

11. Электрод по п.10, отличающийся тем, что имеет предел прочности на растяжение по меньшей мере 900 Н/мм².

12. Электрод по одному из пп. 8-11, отличающийся тем, что он имеет удельную электрическую проводимость от 12 до 50 МОм/м.

13. Способ изготовления проволочного электрода с сердечником и покрытием, состоящим из одного внутреннего и одного наружного слоев, отличающийся тем, что изготавливают электрод по любому из пп.1-12, при этом на первой стадии на сердечник проволочного электрода наносят внутренний слой покрытия, преимущественно плакированием, гальванизацией, нанесением порошка или горячей металлизацией, на последующей стадии наносят наружный слой на внутренний слой покрытия и в заключение проводят пластическую деформацию проволочного электрода до заданного диаметра без нагрева проволочного электрода, вызывающего значительную диффузию с сохранением по существу того же состава покрытия.

14. Способ по п.13, отличающийся тем, что после первой стадии проводят диффузионный отжиг.

15. Способ по п.14, отличающийся тем, что диффузионный отжиг проводят путем пропускания проволочного электрода непрерывно через печь кипящего слоя при нарастающей температуре от 350 до 600°С при выдерживании времени отжига около 2 мин.

16. Способ по любому из пп.14-15, отличающийся тем, что после диффузионного отжига осуществляют быстрое охлаждение электрода для фиксации полученной структуры.

17. Способ по п.16, отличающийся тем, что структура внутреннего слоя покрытия представляет собой структуру из фаз $\alpha+\beta$, или из фазы β , или из фазы γ , или из фаз $\beta+\gamma$.