



(51) МПК
B22F 10/64 (2021.01)
B22F 10/28 (2021.01)
C21D 6/02 (2006.01)
B23K 20/12 (2006.01)
B33Y 10/00 (2015.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B22F 10/64 (2023.05); *B23K 20/12* (2023.05); *B23K 20/128* (2023.05); *B33Y 10/00* (2023.05)

(21)(22) Заявка: 2023111495, 03.05.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
03.05.2023

Дата регистрации:
23.10.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.05.2023

(45) Опубликовано: 23.10.2023 Бюл. № 30

Адрес для переписки:

308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, НИУ
"БелГУ", Цурикова Наталья Дмитриевна

(72) Автор(ы):

Малофеев Сергей Сергеевич (RU),
 Высоцкий Игорь Васильевич (RU),
 Мионов Сергей Юрьевич (RU),
 Тагиров Дамир Вагизович (RU),
 Кайбышев Рустам Оскарович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Белгородский государственный
 национальный исследовательский
 университет" (НИУ "БелГУ") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2706272 C1, 15.11.2019. RU 109033
 U1, 10.10.2011. WO 2014120991 A1, 07.08.2014.
 WO 2019004857 A1, 03.01.2019. RU 2699881 C2,
 11.09.2019.

(54) Способ изготовления цельного инструмента для сварки трением с перемешиванием с помощью аддитивных технологий

(57) Реферат:

Изобретение относится к области аддитивных технологий, в частности к изготовлению инструмента для сварки трением с перемешиванием. Для изготовления инструмента используют мелкодисперсный порошок мартенситной хромоникелевой нержавеющей стали марки 17-4PH со средним размером порошинок от 5 до 50 мкм. 3D-печать инструмента осуществляют на установке ProX

DMP 200 путем селективного лазерного спекания в атмосфере инертного газа. Полученный инструмент подвергают отпуску при температуре 400-600°C в течение от 0,5 часа до 3 часов. Технический результат заключается в получении цельного инструмента, выполненного с необходимой геометрической точностью и обладающего высокой твердостью. 2 ил.



Фиг. 1

RU 2805731 C1

RU 2805731 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B22F 10/64 (2021.01)
B22F 10/28 (2021.01)
C21D 6/02 (2006.01)
B23K 20/12 (2006.01)
B33Y 10/00 (2015.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

B22F 10/64 (2023.05); B23K 20/12 (2023.05); B23K 20/128 (2023.05); B33Y 10/00 (2023.05)

(21)(22) Application: **2023111495, 03.05.2023**

(24) Effective date for property rights:
03.05.2023

Registration date:
23.10.2023

Priority:

(22) Date of filing: **03.05.2023**

(45) Date of publication: **23.10.2023 Bull. № 30**

Mail address:

**308015, g. Belgorod, ul. Pobedy, 85, NIU "BelGU",
Tsurikova Natalya Dmitrievna**

(72) Inventor(s):

**Malofeev Sergei Sergeevich (RU),
Vysotskii Igor Vasilevich (RU),
Mironov Sergei Iurevich (RU),
Tagirov Damir Vagizovich (RU),
Kaibyshev Rustam Oskarovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia "Belgorodskii gosudarstvennyi
natsionalnyi issledovatel'skii universitet" (NIU
"BelGU") (RU)**

(54) **METHOD FOR MANUFACTURING ONE-PIECE TOOL FOR FRICTION STIR WELDING USING ADDITIVE TECHNIQUES**

(57) Abstract:

FIELD: additive techniques.

SUBSTANCE: manufacture of tools for friction stir welding. For the manufacture of tools, finely dispersed powder of martensitic chromium-nickel stainless steel grade 17-4PH with an average particle size of 5 to 50 microns is used. 3D printing of the tool is carried out on a ProX DMP 200 unit using selective laser sintering

in an inert gas atmosphere. The resulting tool is tempered at a temperature of 400-600°C for 0.5 hour to 3 hours.

EFFECT: obtaining a solid tool made with the required geometric accuracy and having high hardness.
1 cl, 2 dwg

RU 2 805 731 C 1

RU 2 805 731 C 1



Фиг. 1

RU 2805731 C1

RU 2805731 C1

Настоящее изобретение относится к области сварки трением с перемешиванием, в частности, к области сварки трением с перемешиванием алюминиевых сплавов.

Из уровня техники известен инструмент для сварки трением с перемешиванием алюминиевых сплавов, изготавливаемый из штамповой стали с исходной твердостью не более 25 HRC. Обработку заготовки проводят на токарном станке с использованием твердосплавных резцов до требуемых размеров с припуском от 0,2 до 0,5 мм с последующей термической обработкой, заключающейся в закалке с последующим отпуском при температуре не ниже 500°C на получение пика вторичной твердости и последующим доведением размеров инструмента до требуемых за счет снятия припуска операцией точения с использованием резцов с эльборовыми вставками или любого другого инструмента, предназначенного для обработки высокопрочных материалов (RU № 2647043 C2, публ. 13.03.2018).

Недостатком данного способа является относительно низкая технологичность метода из-за использования твердосплавных резцов при первичной токарной обработке инструмента и дорогостоящих резцов с эльборовыми вставками при доведении размеров инструмента после термообработки (закалка и отпуск) до требуемых.

Известен инструмент для сварки трением с перемешиванием алюминиевых сплавов, содержащий установочную часть в виде конуса Морзе и исполнительный блок в виде заплечника и штыря, отличающийся тем, что инструмент выполнен составным из держателя и исполнительного блока в виде заплечника и штыря, образующими единую деталь, на рабочем конце держателя выполнен цилиндрический канал, в котором установлен исполнительный блок, на противоположном конце держателя выполнен конус Морзе, причем исполнительный блок фиксируется в держателе стопорным винтом и штифтом (RU № 45955 U1, публ. 10.06.2005).

Инструмент для сварки трением с перемешиванием алюминиевых сплавов, содержащий держатель и исполнительный блок в виде заплечика и штыря, отличающийся тем, что на рабочем конце держателя выполнена полость, в которой размещена цанга со штырем, установленным соосно цанге и зафиксированным в цанге двумя штифтами, при этом цанга закреплена в держателе накидной гайкой, навинчиваемой по резьбе на рабочий конец держателя, причем на торце накидной гайки, обращенном к зоне сварки, выполнен заплечик (RU № 109033 U1, публ. 10.10.2011).

Недостатком данных изобретений является составной характер инструмента и большое количество деталей, требующих токарно-фрезерной обработки с высокой точностью для исключения люфтов и биений инструмента в процессе сварки трением с перемешиванием, которые негативным образом влияют на установку сварки трением с перемешиванием, усиливая нагрузку на подшипники и увеличивая их износ.

Известен метод селективного лазерного спекания на установке ProX DMP 200 (т. е. 3D-печати) (<https://3dtoday.ru/3d-printers/3d-systems/prox-dmp-200>), который основан на послойном спекании мелкодисперсного металлического порошка мартенситной хромоникелевой нержавеющей стали марки 17-4PH со средним размером порошинок от 5 до 50 мкм, при котором порошинки частично оплавляются лазером и соединяются между собой (спекаются) в среде инертного газа, исключая окисление порошка в процессе нагрева и оплавления. Высокий теплоотвод во время процесса способствует быстрому охлаждению материала и формированию различных фаз: мартенсит, аустенит и δ-феррит.

Недостатком данного метода является низкая твердость готовых изделий, которая не превышает 28-30 HRC.

Задачей предлагаемого изобретения является изготовление цельного инструмента

для сварки трением с перемешиванием алюминиевых сплавов из порошка мартенситной хромоникелевой нержавеющей стали с помощью аддитивных технологий методом послойного селективного лазерного спекания с твердостью не менее 35 HRC.

Технический результат заключается в получении инструмента для сварки трением с перемешиванием достаточной твердости в виде цельной детали выполненной с 5 необходимой геометрической точностью которая присуща методу послойного селективного лазерного спекания с исключением последующей токарно-фрезерной обработки, т.е. исключение использования дорогостоящего обрабатываемого инструмента, снижение времени изготовления.

10 Поставленная задача решается с помощью аддитивных технологий способом 3D-печати на установке ProX DMP 200 по технологии селективного лазерного спекания в атмосфере инертного газа согласно заданным геометрическим размерам с использованием мелкодисперсного порошка мартенситной хромоникелевой нержавеющей стали марки 17-4PH со средним размером порошинок от 5 до 50 мкм 15 получают цельный инструмент, причем инструмент дополнительно подвергают отпуску при температуре от 400°C – 600°C в течение от 0,5 часа до 3 часов.

Это позволяет повысить твердость инструмента с целью увеличения его ресурса и стабилизации свойств при повышенной температуре.

Преимущество изобретения заключается в том, что получаемый инструмент может 20 обладать разнообразной конструкцией, который технически очень сложно или невозможно получить токарной обработкой с твердостью не менее 35 HRC.

Изобретение поясняется фотографиями.

Фиг. 1 и Фиг. 1а - изображен общий вид инструмента для сварки трением с перемешиванием, изготовленный предлагаемым способом 3D-печати с последующим 25 отпуском

Фиг. 2 – изображены инструменты для сварки трением с перемешиванием, изготовленные способом 3D-печати с последующим отпуском с различной конфигурацией пина.

Осуществление изобретения.

30 Конструкция инструмента была разработана с помощью программного обеспечения 3DXpert™ (Фиг. 1, Фиг. 1а). Диаметр заплечиков инструмента равен 14,5 мм. На контактной поверхности заплечиков сделаны три спиральные канавки глубиной 0,5 мм и шириной 1 мм, обеспечивающие доставку материала соединяемых деталей к пину. Пин выполнен в виде усеченного конуса с тремя вогнутыми секторами. Диаметр у 35 основания 6,5 мм, у вершины – 5 мм. Высота пина составила 4,7 мм. На выпуклых и вогнутых частях пина расположена резьба М5. Программным комплексом конструкция инструмента разбивалась на слои в 30 мкм. В качестве материала был использован мелкодисперсный порошок мартенситной хромоникелевой нержавеющей стали марки 17-4PH со средним размером порошинок от 5 до 50 мкм, из которого на установке для 40 3D-печати металлом ProX DMP 200 по технологии селективного лазерного спекания в атмосфере осушенного азота был изготовлен инструмент для сварки трением с перемешиванием. На рабочий стол скребком наносился порошок мартенситной хромоникелевой нержавеющей стали слоем 90 мкм и прикатывался валком до толщины 30 мкм. Затем лучом лазера с выходной мощностью излучения 120 Вт порошок спекался 45 согласно геометрическим размерам инструмента соответствующего слоя. Параметры процесса обеспечили твердость инструмента сразу после печати 28-30 HRC.

Металлографические исследования показали, что материал инструмента состоял из смеси аустенита, мартенсита и δ-феррита. Инструмент был подвергнут отпуску при

482±2°C в течение 1 часа. В результате твердость инструмента составила 37 HRC.

Апробация инструмента, изготовленного с помощью аддитивных технологий методом послойного селективного лазерного спекания с последующей термической обработкой, осуществлялась на алюминиевых листах сплава AA6061. Листы были расположены
5 встык. Была изготовлена серия сварных соединений со следующими параметрами: скорость вращения инструмента варьировалась от 500 до 1100 об/ми, скорость подачи инструмента изменялась от 100 до 760 мм/мин. Сразу после процесса сварные соединения были подвергнуты послесварочной термической обработке. Механические испытания на одноосное растяжение данных соединений показали, что коэффициент полученных
10 сварных соединений составил не менее 90%. Это свидетельствует о хорошей перемешивающей способности инструмента. Всего было выполнено не менее 10 м швов без разрушения и видимого износа, что демонстрирует высокие эксплуатационные характеристики инструмента.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет изготавливать инструмент для
15 сварки трением с перемешиванием достаточной твердости в виде цельной детали, выполненной с необходимой геометрической точностью, различной конфигурацией пина (Фиг. 2) с исключением последующей токарно-фрезерной обработки.

(57) Формула изобретения

20 Способ изготовления цельного инструмента для сварки трением с перемешиванием с помощью аддитивных технологий, включающий 3D-печать инструмента на установке ProX DMP 200 по технологии селективного лазерного спекания в атмосфере инертного газа согласно заданным геометрическим размерам с использованием мелкодисперсного порошка мартенситной хромоникелевой нержавеющей стали марки 17-4PH со средним
25 размером порошинок от 5 до 50 мкм, отличающийся тем, что дополнительно инструмент подвергают отпуску при температуре от 400°C до 600°C в течение от 0,5 часа до 3 часов.

30

35

40

45

1



Фиг. 1



Фиг. 1а

2



Фиг. 2