

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **045745**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.12.21

(51) Int. Cl. **B24C 11/00** (2006.01)
B24C 1/04 (2006.01)

(21) Номер заявки
202291609

(22) Дата подачи заявки
2020.12.03

(54) **АБРАЗИВ ДЛЯ СТРУЙНОЙ РЕЗКИ**

(31) **10 2019 133 017.3**

(32) **2019.12.04**

(33) **DE**

(43) **2022.08.03**

(86) **PCT/EP2020/084384**

(87) **WO 2021/110800 2021.06.10**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ВУЛЬКАН ИНОКС ГМБХ (DE)

(72) Изобретатель:
Хидде Марк, Хан Андре (DE)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) EP-B1-2892690
Vulkan. "GRITTAL GH", 01 October
2015 (2015-10-01), Retrieved from the
Internet: https://www.vulkan-inox.de/index.php/en/Grittal-GH.html?file=files/theme_files/downloads/Datenblatt/Datenblatt%20GRITTAL%20GH%20EN.pdf, [retrieved on 2021-02-09], XP055773818, the whole document

US-A1-2006223422

US-A1-2018202049

WO-A1-2017150655

(57) Изобретением предлагается абразив для струйной резки, имеющий частицы из нержавеющей стали, причем нержавеющая сталь состоит из микроструктуры, имеющей по меньшей мере мартенсит в диапазоне от ≥ 20 вес.% до ≤ 100 вес.%, аустенит в диапазоне от > 0 вес.% до ≤ 50 вес.% и карбид хрома, нитрид хрома и/или их смеси совместно в диапазоне от ≥ 0 вес.% до ≤ 45 вес.%, относительно упомянутой микроструктуры, причем упомянутые доли выбраны так, что совместно они составляют ≤ 100 вес.% относительно упомянутой микроструктуры. Абразив для струйной резки имеет особенно хорошую долговременную прочность и возможность вторичного использования. Кроме этого, изобретением предлагается суспензия для струйной резки, содержащая, по меньшей мере, один предлагаемый абразив для струйной резки и суспендирующий агент, а также применение абразива для струйной резки изделия.

B1

045745

**045745
B1**

Изобретение относится к абразиву для струйной резки, суспензии для струйной резки, а также к применению абразива для струйной резки.

Струйная резка, сама по себе, известна и применяется для резки или рассечения различных материалов. Струйная резка не подлежит действию какого-либо технологического стандарта, однако, на основании принципа удаления материала обычно классифицируется согласно DIN 8200 под общим понятием струйная обработка, соответственно, струйное резание. Однако, в зависимости от требований, необходимо проводить различие между разными струйными системами, которые нельзя сравнивать с классическими струйными технологиями для обработки поверхности. Существенное различие состоит в скорости зерен для струйной обработки, которые направляют на поверхность. В случае классической обработки поверхности эта величина достигает 160 м/с; в случае струйной резки скорость абразива составляет ≥ 500 м/с и более. Кроме этого, существенное различие заключается в угле столкновения абразива с поверхностью обрабатываемого материала. В классических способах струйной обработки поверхности добиваются плоского угла, соответственно, менее 90° , чтобы, по возможности, избежать эффекта рикошета, а также разрушения при снятии микростружки с поверхности. При струйной резке, напротив, абразив направляют на поверхность под углом 90° , что ведет к удару, соответственно, ударному износу и, следовательно, эрозионному разрушению. Абразив для отделения материала должен отвечать существенно более высоким требованиям, чем в случае классических способов струйной обработки поверхности. В частности, они определяются высокой скоростью столкновения и связанной с ней ударной нагрузкой. Кроме этого, абразив должен непосредственно эродировать поверхность материала и почти не должен вызывать эффект рикошета. По сравнению с другими способами резки, такими как лазерная резка и плазменная резка, струйная резка представляет собой нетепловой способ резки. Особенно распространена, помимо сухой струйной резки, водоструйная резка, при которой воду под большим давлением через сопло направляют на материал, вызывая его эрозию. Для повышения производительности резки и улучшения качества разреза при сухой струйной резке и водоструйной резке в процесс резки может быть дополнительно введен абразив. Абразивы могут представлять собой различные материалы, предпочтительно, с большой твердостью.

В качестве основных применяемых абразивов в процесс обычно вводят гранат, оливиновый песок или корунд. Преимущество граната, оливинового песка или корунда заключается в том, что по своей природе они обладают высокой твердостью 6,5-9 единиц твердости по шкале Мооса, что соответствует, примерно, 1120-2060 HV (Vickers hardness, число твердости по Викерсу). Кроме этого, эти минералы, помимо прочего, имеют кубическую решетку с гексаоктаэдрической структурой. Это приводит к тому, что эти минералы имеют острую мелкокусковую/гранную форму, которая находит применение для снятия материала и для процесса резки с высокой производительностью.

Однако, из-за высокой твердости эти материалы очень хрупкие и восприимчивы к ударным и сжимающим нагрузкам, вследствие чего, например, гранат в случае применения очень быстро подвергается хрупкому разрушению и только при высоких издержках может быть использован повторно, соответственно, из-за разрушения происходят значительные потери. Вторичное использование граната возможно, обычно, в 2, самое большее, 3 циклах.

Таким образом, абразивы еще могут предоставить потенциал улучшения. При этом, потенциал улучшения может предоставляться, в частности, в долговременной прочности и вторичном использовании.

Следовательно, задачей настоящего изобретения предоставление улучшенного абразива для струйной резки.

Эта задача решена посредством абразива для струйной резки согласно п.1 формулы изобретения, а также посредством суспензии для струйной резки согласно п.10 формулы изобретения и применения абразива для струйной резки согласно п.11 формулы изобретения. Предпочтительные варианты осуществления изобретения приведены в зависимых пунктах формулы изобретения, описании, примерах или на фигурах, при этом дополнительные отличительные признаки, описанные или показанные в зависимых пунктах формулы изобретения или в описании, примерах или на фигурах, отдельно или в любом сочетании могут представлять собой предмет изобретения, если из контекста явно не следует обратное.

Изобретением предлагается абразив для струйной резки, имеющий частицы из нержавеющей стали, причем нержавеющая сталь состоит из структуры, которая имеет по меньшей мере:

мартенсит, в частности, в диапазоне от ≥ 20 вес.% до ≤ 100 вес.%,

аустенит в диапазоне от ≥ 0 вес.% до ≤ 50 вес.% и

карбид хрома, нитрид хрома и/или их смеси, в общей сложности в диапазоне от ≥ 0 вес.% до ≤ 45 вес.%,

относительно упомянутой структуры, причем указанные доли выбраны так, что вместе они составляют ≤ 100 вес.% относительно упомянутой структуры.

Под "абразивом" в контексте настоящего изобретения понимается добавляемый к средству для струйной резки вспомогательный материал для повышения производительности струйной резки.

Под "сталью" в контексте настоящего изобретения понимается материал, по большей части состоя-

щий из железа.

Понятие "нержавеющий" в контексте настоящего изобретения означает свойство по существу инертности в отношении реакций с окружающей средой и/или природной атмосферой. В частности, под нержавеющей сталью понимается сталь, которая при нормальных условиях по существу не вступает в реакции с окружающим воздухом и/или содержащейся в воздухе влагой.

Под "структурой" в контексте настоящего изобретения понимается микроструктура стали, то есть, в частности, состав стали из множества частичных объемов, из которых каждый в отношении своего состава и пространственного расположения его структурных единиц относительно наложенной на материал стационарной системы координат в первом приближении является гомогенным.

Под "мартенситом" в контексте настоящего изобретения понимается сталь с мартенситной структурой. Под этим в контексте настоящего изобретения понимается метастабильная модификация стали с тетрагонально деформированной объемноцентрированной решеткой, которая, в частности, возникает в ходе изготовления стали при охлаждении посредством понижения температуры мартенситного превращения и преобразования из аустенитной структуры.

Под "аустенитом" в контексте настоящего изобретения понимается сталь с аустенитной структурой. Под этим в контексте настоящего изобретения понимается метастабильная при комнатной температуре модификация стали, которая имеет кубическую гранецентрированную решетку и возникает при изготовлении стали при высоких температурах и сохраняется за счет неполного превращения в мартенсит при охлаждении/закалке. Поэтому, в контексте настоящего изобретения под аустенитом понимается, в частности, остаточный аустенит.

Под "карбидом хрома" в контексте настоящего изобретения понимаются продукты выделения в нержавеющей стали, которые состоят по существу из хрома и углерода. Под "нитридом хрома" в контексте настоящего изобретения понимаются продукты выделения в нержавеющей стали, которые состоят по существу из хрома и азота. Под смесями "карбида хрома" и "нитрида хрома" в контексте настоящего изобретения понимаются как смеси продуктов выделения из карбида хрома и продуктов выделения из нитрида хрома, так и продукты выделения из смесей карбида хрома и нитрида хрома.

Посредством описываемого абразива для струйной резки выгодным образом достигается то, что абразив по сравнению с известными абразивами имеет улучшенную долговременную прочность и возможность вторичного использования. Это, в частности, благоприятно для окружающей среды. Кроме этого, посредством данного абразива для струйной резки во время резки могут быть получены отличные срезы с хорошей скоростью резки. Несмотря на то, что абразив является металлическим, может достигаться то, что абразив не ржавеет.

Без связи с какой-либо теорией, мартенситная составляющая структуры служит для обеспечения высокой базовой твердости около 800 HV и достижения определенной хрупкости, которая при разламывании зерен дает острую гранную структуру, подобную гранату, и для достижения хорошей режущей стойкости и хорошего срезания. При этом, аустенит, карбид хрома и нитрид хрома могут в виде опции дополнительно улучшить свойства мартенсита.

Кроме этого, без связи с какой-либо теорией, аустенит является предпочтительным для нагрузки в процессе резки, так как благодаря его структурному состоянию в сочетании с другими структурными компонентами могут быть достигнуты дополнительные преимущества по сравнению с гранатами. Аустенит присутствует в метастабильном состоянии и при приложении нагрузки, возникающей в процессе резки из-за большого давления и деформации, может сначала упрочняться и, начиная с определенного предела упрочнения, превращаться во внутренне напряженный мартенсит. Аустенитная структура благодаря своей кубической гранецентрированной решетке является очень хорошо деформируемой, привносит с собой значительную вязкость и может в достаточной степени воспринимать и улавливать ударные нагрузки. Это ведет к тому, что если соответствующий изобретению абразив имеет аустенит и подвергается нагружению, абразив может лучше амортизировать ударные и сжимающие нагрузки благодаря имеющемуся остаточному аустениту. Вследствие этого, материал не становится непременно хрупким, а упрочняется далее до тех пор, пока остаточный аустенит не превратится в мартенсит, и тогда может переходить в охрупчивающееся состояние. Однако это имеет место, преимущественно, только после множества циклов повторного использования. Преимущественно, благодаря предпочтительно имеющемуся в виде опции аустениту может возникать легко и постоянно увеличивающееся за счет нагружения в ходе струйной резки упрочнение абразива, так что режущая стойкость в течение множества циклов остается постоянной, без ущерба для качества резания.

Кроме этого, без связи с какой-либо теорией, присутствующий в виде опции карбид хрома и/или нитрид хрома дополнительно улучшает долговечность, режущую стойкость и возможность вторичного использования абразива. За счет этих структурных компонентов может достигаться, в частности, дополнительно улучшенная износостойкость. Кроме этого, благодаря наличию карбида хрома и/или нитрида хрома может дополнительно улучшаться твердость абразива.

Благодаря коррозионной стойкости абразива может быть, преимущественно, получаться то, что при применении абразива в суспензии для струйной резки, не требует добавления к суспензии ингибитора коррозии. Тем самым, обеспечивается защита окружающей среды и упрощается переработка получаю-

шейся суспензии.

На описанный выше состав структуры, предпочтительно, можно влиять посредством химического состава нержавеющей стали и, в виде опции, путем термической обработки стали.

В одном из вариантов осуществления изобретения может предусматриваться, что мартенсит по меньшей мере частично включает промежуточную структуру. Таким образом, может предусматриваться, что под "мартенситом" также понимается смесь из мартенсита и промежуточной структуры. Под "промежуточной структурой" в контексте настоящего изобретения понимается также известная под названием "бейнит" структура, которая может возникать при охлаждении аустенита.

Предпочтительно, может предусматриваться, что доли описанной выше структуры выбраны так, что вместе они составляют 100 вес.% относительно указанной структуры.

Предпочтительно, может предусматриваться, что абразив, помимо частиц из нержавеющей стали, имеет другой абразив, например, металлический или минеральный абразив. За счет этого может преимущественно достигаться настройка режущих свойств и/или износостойких свойств.

Предпочтительно, может предусматриваться, что абразив для струйной резки имеет частицы из нержавеющей стали в диапазоне от ≥ 95 вес.% до ≤ 100 вес.% относительно общего веса абразива для струйной резки, особенно предпочтительно от ≥ 98 вес.% до ≤ 100 вес.%. Благодаря этому, преимущественно может достигаться то, что абразив имеет особенно однородные режущие свойства и/или износостойкие свойства.

Предпочтительно, может предусматриваться, что структура имеет карбид хрома, нитрид хрома и/или их смеси совместно в диапазоне от ≥ 3 вес.% до ≤ 35 вес.% относительно структуры, предпочтительно от ≥ 10 вес.% до ≤ 30 вес.%, в частности, от ≥ 24 вес.% до ≤ 28 вес.%.

За счет этого может преимущественно достигаться то, что абразив имеет еще более улучшенную износостойкость, соответственно, режущую стойкость. Далее, за счет этого может преимущественно достигаться то, что абразив имеет особенно высокую твердость. В частности, за счет карбида хрома, нитрида хрома и/или их смеси в указанных выше диапазонах может одновременно достигаться достаточно высокая твердость и достаточно хорошие износостойкие свойства, соответственно, режущая стойкость.

В одном предпочтительном осуществлении может предусматриваться, что структура имеет карбид хрома в диапазоне от ≥ 3 вес.% до ≤ 35 вес.% относительно структуры, предпочтительно от ≥ 10 вес.% до ≤ 30 вес.%, в частности от ≥ 24 вес.% до ≤ 28 вес.%. В другом альтернативном предпочтительном осуществлении может предусматриваться, что структура имеет нитрид хрома в диапазоне от ≥ 3 вес.% до ≤ 35 вес.% относительно структуры, предпочтительно от ≥ 10 вес.% до ≤ 30 вес.%, в частности, от ≥ 24 вес.% до ≤ 28 вес.%.

Предпочтительно, может предусматриваться, что структура имеет аустенит в диапазоне от ≥ 5 вес.% до ≤ 47 вес.% относительно структуры, предпочтительно от ≥ 15 вес.% до ≤ 40 вес.%, в частности, от ≥ 25 вес.% до ≤ 35 вес.%.

Благодаря этому, преимущественно, может достигаться то, что абразив имеет особенно благоприятные износостойкие свойства. В частности, за счет этого достигается, что абразив имеет достаточную ударную вязкость, чтобы быстро не разрушаться. Одновременно, благодаря указанному выше содержанию аустенита достигается то, что твердость абразива не подвергается чрезмерному негативному влиянию.

В одном предпочтительном варианте осуществления может предусматриваться, что структура имеет мартенсит в диапазоне от ≥ 15 вес.% до ≤ 75 вес.% относительно структуры, предпочтительно от ≥ 18 вес.% до ≤ 72 вес.%.

Предпочтительно, может предусматриваться, что упомянутая структура состоит из:
 мартенсита в диапазоне от ≥ 18 вес.% до ≤ 72 вес.%,
 аустенита в диапазоне от ≥ 5 вес.% до ≤ 47 вес.%, и
 карбида хрома, нитрида хрома и/или их смесей, в общей сложности в диапазоне от ≥ 3 вес.% до ≤ 35 вес.%,

относительно структуры, причем указанные доли выбираются так, что в общей сложности они составляют ≤ 100 вес.% относительно структуры.

Предпочтительно, может предусматриваться, что нержавеющая сталь представляет собой сплав, имеющий:

хром в диапазоне от ≥ 10 вес.% до ≤ 35 вес.%,
 молибден в диапазоне от ≥ 0 вес.% до ≤ 3 вес.%,
 никель в диапазоне от ≥ 0 вес.% до ≤ 1 вес.%,
 углерод в диапазоне от ≥ 0 вес.% до $\leq 2,5$ вес.%,
 азот в диапазоне от ≥ 0 вес.% до $\leq 2,5$ вес.%,
 примесные элементы в диапазоне от ≥ 0 вес.% до ≤ 1 вес.%, и
 остальное - железо,

относительно сплава, причем сплав содержит углерод и азот совместно в диапазоне от $\geq 0,2$ вес.%

до $\leq 2,5$ вес.% относительно сплава.

Благодаря этому может преимущественно достигаться то, что соответствующий изобретению состав структуры может особенно просто настраиваться. Например, может быть достигнуто, что соответствующий изобретению состав структуры достигается уже после охлаждения стального литья с описанным выше элементарным составом. Кроме этого, преимущественно может достигаться то, что состав структуры может дополнительно настраиваться посредством последующей термической обработки целесообразным образом внутри заявленного диапазона. В частности, может достигаться, что сталь с описанным выше составом получается путем литья и непосредственно после охлаждения и/или после термической обработки имеет соответствующий изобретению состав структуры. Следовательно, благодаря описанному выше составу стали может предпочтительным образом достигаться особенно хорошая возможность изготовления абразива.

Следует понимать, что в состав входят обычные загрязняющие примеси. Предпочтительно, может предусматриваться, что сплав состоит из описанных выше компонентов.

Предпочтительно, может предусматриваться, что сплав содержит углерод и азот совместно в диапазоне от $\geq 0,6$ вес.% до $\leq 2,5$ вес.% относительно сплава, предпочтительно от $\geq 0,8$ вес.% до $\leq 2,3$ вес.%, особенно предпочтительно от $\geq 1,2$ вес.% до $\leq 2,1$ вес.%, в частности, от $\geq 1,8$ вес.% до ≤ 2 вес.%.

За счет этого может быть достигнуто, что содержание карбида хрома, нитрида хрома и их смесей может просто удерживаться в предпочтительном диапазоне. Следовательно, может быть получен абразив, имеющий особенно хорошую износостойкость, соответственно, режущую стойкость при одновременно очень высокой твердости.

Предпочтительно, может предусматриваться, что сплав содержит хром в диапазоне от ≥ 15 вес.% до ≤ 33 вес.% относительно сплава, предпочтительно от ≥ 20 вес.% до ≤ 31 вес.%, в частности от ≥ 25 вес.% до ≤ 30 вес.%.

Посредством указанной выше доли хрома может достигаться то, что сталь является достаточная коррозионноустойчивой. Кроме этого, может быть достигнуто, что доля карбида хрома, нитрида хрома и их смесей может просто удерживаться в предпочтительном диапазоне. Следовательно, может быть, преимущественно, получен абразив, имеющий особенно хорошую износостойкость, соответственно, режущую стойкость при одновременно очень высокой твердости. Понятно, что нержавеющая сталь может содержать хром, углерод и/или азот без того, чтобы непременно содержать карбид хрома и/или нитрид хрома в смысле настоящего изобретения.

Предпочтительно, может предусматриваться, что нержавеющая сталь представляет собой сплав, имеющий:

хром в диапазоне от ≥ 10 вес.% до ≤ 35 вес.%,
 углерод в диапазоне от ≥ 0 вес.% до $\leq 2,5$ вес.%,
 азот в диапазоне от ≥ 0 вес.% до $\leq 2,5$ вес.%,
 примесные элементы в диапазоне от ≥ 0 вес.% до ≤ 1 вес.%, и
 остальное - железо,

относительно сплава, причем сплав содержит углерод и азот совместно в диапазоне от $\geq 0,2$ вес.% до $\leq 2,5$ вес.% относительно сплава.

Предпочтительно, может предусматриваться, что нержавеющая сталь представляет собой сплав, имеющий:

хром в диапазоне от ≥ 10 вес.% до ≤ 35 вес.%,
 углерод в диапазоне от ≥ 0 вес.% до $\leq 2,5$ вес.%,
 азот в диапазоне от ≥ 0 вес.% до $\leq 2,5$ вес.%,
 остальное - железо,

относительно сплава, причем сплав содержит углерод и азот совместно в диапазоне от $\geq 0,2$ вес.% до $\leq 2,5$ вес.% относительно сплава.

Предпочтительно, может предусматриваться, что нержавеющая сталь представляет собой сплав, имеющий:

хром в диапазоне от ≥ 10 вес.% до ≤ 35 вес.%,
 углерод в диапазоне от $\geq 0,2$ вес.% до $\leq 2,5$ вес.%,
 примесные элементы в диапазоне от ≥ 0 вес.% до ≤ 1 вес.%, и
 остальное - железо,
 относительно сплава.

Предпочтительно, может предусматриваться, что нержавеющая сталь представляет собой сплав, имеющий:

хром в диапазоне от ≥ 10 вес.% до ≤ 35 вес.%,
 углерод в диапазоне от $\geq 0,2$ вес.% до $\leq 2,5$ вес.%, и
 остальное - железо,
 относительно сплава.

В одном альтернативном предпочтительном варианте осуществления может предусматриваться, что нержавеющая сталь представляет собой сплав, имеющий:

хром в диапазоне от ≥ 10 вес.% до ≤ 35 вес.%,
 молибден в диапазоне от $\geq 0,5$ вес.% до $\leq 1,5$ вес.%,
 углерод в диапазоне от $\geq 1,1$ вес.% до $\leq 2,4$ вес.%,
 азот в диапазоне от $\geq 0,1$ вес.% до $\leq 0,4$ вес.%, и
 остальное - железо,

относительно сплава, причем сплав содержит углерод и азот совместно в диапазоне от $\geq 1,5$ вес.% до $\leq 2,5$ вес.% относительно сплава.

Предпочтительно, может предусматриваться, что нержавеющая сталь представляет собой сплав, имеющий:

хром в диапазоне от ≥ 10 вес.% до ≤ 35 вес.%,
 молибден в диапазоне от $\geq 0,5$ вес.% до $\leq 1,5$ вес.%,
 углерод в диапазоне от $\geq 1,5$ вес.% до $\leq 2,0$ вес.%,
 азот в диапазоне от $\geq 0,2$ вес.% до $\leq 0,3$ вес.%, и
 остальное - железо,

относительно сплава, причем сплав содержит углерод и азот совместно в диапазоне от $\geq 1,8$ вес.% до $\leq 2,2$ вес.% относительно сплава.

В одном альтернативном предпочтительном варианте осуществления может предусматриваться, что нержавеющая сталь представляет собой сплав, имеющий:

хром в диапазоне от ≥ 10 вес.% до ≤ 35 вес.%,
 углерод в диапазоне от $\geq 1,1$ вес.% до $\leq 2,4$ вес.%,
 азот в диапазоне от $\geq 0,1$ вес.% до $\leq 0,4$ вес.%, и
 остальное - железо,

относительно сплава, причем сплав содержит углерод и азот совместно в диапазоне от $\geq 1,5$ вес.% до $\leq 2,5$ вес.% относительно сплава.

Предпочтительно, может предусматриваться, что нержавеющая сталь представляет собой сплав, имеющий:

хром в диапазоне от ≥ 10 вес.% до ≤ 35 вес.%,
 углерод в диапазоне от $\geq 1,5$ вес.% до $\leq 2,0$ вес.%,
 азот в диапазоне от $\geq 0,2$ вес.% до $\leq 0,3$ вес.%, и
 остальное - железо,

относительно сплава, причем сплав содержит углерод и азот совместно в диапазоне от $\geq 1,8$ вес.% до $\leq 2,2$ вес.% относительно сплава.

В одном альтернативном предпочтительном варианте осуществления может предусматриваться, что нержавеющая сталь представляет собой сплав, имеющий:

хром в диапазоне от ≥ 10 вес.% до ≤ 35 вес.%,
 молибден в диапазоне от $\geq 0,5$ вес.% до $\leq 1,5$ вес.%,
 углерод в диапазоне от $\geq 1,0$ вес.% до $\leq 2,5$ вес.% и
 остальное - железо,
 относительно сплава.

Предпочтительно, может предусматриваться, что нержавеющая сталь представляет собой сплав, имеющий:

хром в диапазоне от ≥ 10 вес.% до ≤ 35 вес.%,
 молибден в диапазоне от $\geq 0,5$ вес.% до $\leq 1,5$ вес.%,
 углерод в диапазоне от $\geq 1,7$ вес.% до $\leq 2,2$ вес.% и
 остальное - железо,
 относительно сплава.

Предпочтительно, может предусматриваться, что частицы из нержавеющей стали имеют эквивалентный диаметр D_{90} в диапазоне от $\geq 0,01$ мм до ≤ 1 мм, предпочтительно от $\geq 0,05$ мм до $\leq 0,4$ мм, в частности от $\geq 0,09$ мм до $\leq 0,315$ мм, в качестве альтернативы, предпочтительно, от $\geq 0,01$ мм до $\leq 0,5$ мм, в частности от $\geq 0,01$ мм до $\leq 0,2$ мм.

Под "эквивалентным диаметром" в контексте настоящего изобретения понимается, что шар с таким же диаметром имеет аналогичные связанные с диаметром свойства. В частности, под эквивалентным диаметром понимается эквивалентный диаметр, определенный согласно DIN 66165-2:2016-08 путем просеивания. Под "эквивалентным диаметром D_{90} " в контексте настоящего изобретения понимается, что 90 вес.% образца имеют эквивалентный диаметр, который меньше или равен "эквивалентному диаметру D_{90} ".

За счет частиц в описанном выше диапазоне эквивалентного диаметра может преимущественно достигаться, что абразив может хорошо суспендироваться и может использоваться в особенно тонкой ре-

жущей струе. Кроме этого, благодаря такого рода частицам могут быть достигнуты особенно высокие срок службы и производительность резки.

Предпочтительно, может предусматриваться, что частицы из нержавеющей стали имеют твердость в диапазоне от ≥ 600 HV_{0,2} до ≤ 1000 HV_{0,2}, предпочтительно, от ≥ 700 HV_{0,2} до ≤ 900 HV_{0,2}, в частности, от ≥ 780 HV_{0,2} до ≤ 830 HV_{0,2}. В частности, твердость измерена согласно DIN EN ISO 6507-1:2018-07.

По сравнению с известными используемыми абразивами, предлагаемый абразив отличается вязкой основной матрицей с твердыми карбидами. Благодаря хорошим вязкостным свойствам, могут выдерживаться высокие ударные, соответственно, сжимающие нагрузки, которые возникают, в частности, при встрече абразива с водной струей высокого давления, а также при соударении абразива с поверхностью материала. Благодаря описанной выше твердости, а также наличию карбидов, может быть получен абразив с особенно высокой производительностью резки. Одновременно, благодаря этому может достигаться, что абразив в силу состава структуры предпочтительно в сравнении с абразивами с такой же твердостью разрушается только после множества циклов применения. Благодаря этому, преимущественно может достигаться особенно хорошая возможность вторичного использования абразива.

Предпочтительно, может предусматриваться, что абразив характеризуется насыпной плотностью в диапазоне от $\geq 3,5$ г/см³ до ≤ 5 г/см³, предпочтительно, от $\geq 3,6$ г/см³ до $\leq 4,0$ г/см³. В частности, насыпная плотность измерена согласно DIN ISO 697:1984-01.

Предпочтительно, может предусматриваться, что частицы выбраны из дробы, рубленой проволоки, крупнозернистый песка и их смесей, причем предпочтительно частицы представляют собой крупнозернистый песок.

При этом, в контексте настоящего изобретения под "дробью" понимаются по существу шарообразные частицы. Под "рубленой проволокой" в контексте настоящего изобретения понимаются по существу цилиндрические частицы. Кроме этого, под "крупнозернистым песком" понимаются по существу гранные и несимметричные частицы.

Благодаря описанным выше частицам обеспечивается особенно высокая производительность резки. Было обнаружено, что с помощью крупнозернистого песка может достигаться особенно высокой производительности резки абразивом.

Согласно изобретению, также предлагается суспензия для струйной резки, причем суспензия имеет по меньшей мере один описанный выше абразив для струйной резки и суспендирующий агент, предпочтительно, воду.

Предпочтительно, может предусматриваться, что суспензия имеет суспендирующий агент, в частности, воду и абразив в весовом соотношении суспендирующего агента к абразиву в диапазоне от большего или равного 9:1 до меньшего или равного 23:1, предпочтительно от большего или равного 11:1 до меньшего или равного 19:1, более предпочтительно от большего или равного 12:1 до меньшего или равного 16:1, особенно предпочтительно от большего или равного 13,5:1 до меньшего или равного 14,5:1.

Благодаря этому, преимущественно может достигаться, что скорость реза при струйной резке суспензией может особенно хорошо настраиваться и могут достигаться высокие производительности резки.

Предпочтительно, может предусматриваться, что суспензия не содержит ингибитор коррозии.

Благодаря этому, преимущественно может достигаться то, что позволяет экологичная переработка суспензии.

Предпочтительно, может предусматриваться, что суспензия содержит добавку, предпочтительно, добавку для стабилизации суспензии. Также, предпочтительно, может предусматриваться, что добавка включает в себя полимер, предпочтительно, гомополимер, особенно предпочтительно, крахмал.

В одном предпочтительном варианте осуществления изобретения может предусматриваться, что суспензия содержит воду в качестве суспендирующего агента и крахмал в качестве добавки, предпочтительно, в весовом соотношении воды к крахмалу в диапазоне от большего или равного 120:2 до меньшего или равного 120:0,5, например, 120:1.

Кроме этого, согласно изобретению предлагается применение описанного выше абразива для струйной резки изделия. Под этим следует понимать, что описанный выше абразив применяют для струйной резки, направляя его с высокой скоростью на разрезаемое изделие, причем изделие разрезается посредством микросрезания.

Предпочтительно, может предусматриваться, что абразив применяют в описанной выше суспензии с рабочим давлением в диапазоне от большего или равного 1000 бар до меньшего или равного 6000 бар, предпочтительно, от большего или равного 3000 бар до меньшего или равного 6000 бар.

За счет описанного выше рабочего давления может быть достигнута особенно высокая производительность резки. Неожиданным образом оказалось, что абразив при применении с рабочим давлением в указанном диапазоне, несмотря на свою высокую твердость, имеет особенно высокую возможность вторичного использования по сравнению с известными абразивами для струйной резки.

Предпочтительно, может предусматриваться, что абразив применяют со скоростью при соударении с изделием в диапазоне от большей или равной 500 м/с до меньшей или равной 600 м/с, предпочтительно от большей или равной 550 м/с до меньшей или равной 650 м/с.

Неожиданным образом оказалось, что при соударении с изделием с описанной выше скоростью описанный выше абразив обеспечивает хорошую производительность резки и одновременно позволяет хорошую возможность вторичного использования. В частности, оказалось, что при соударении с изделием с описанной выше скоростью абразив выдерживает высокие ударные, соответственно, сжимающие нагрузки, и его свойства и, в частности, размер зерна остаются стабильными в течение множества циклов без потери качества резания.

Другие преимущества и предпочтительные варианты осуществления соответствующего изобретению абразива для струйной резки наглядно представлены в примерах и на фигурах и разъясняются в следующем далее описании. При этом, следует учитывать, что примеры и фигуры носят только описательный характер и не подразумевают какого-либо ограничения изобретения.

Пример 1

Был изготовлен абразив для струйной резки. Он имел частицы из нержавеющей стали. Нержавеющая сталь состояла из структуры, имеющей 72 вес.% мартенсита, 25 вес.% аустенита и 3 вес.% карбида хрома. Нержавеющая сталь состояла из сплава, имеющего 0,8 вес.% углерода, 15 вес.% хрома, остальное - железо. Она имела твердость в диапазоне 600-740 HV. Абразив имел хорошие антиадгезионные свойства и хорошую вязкость. По сравнению с гранатом абразив из Примера 1 также имел хорошие износостойкие свойства, соответственно, хорошую режущую стойкость. Без связи с какой-либо теорией, хотя из-за высокой доли мартенсита могли достигаться хорошие режущие свойства, но износостойкие свойства были хуже, чем у абразивов с более высокой долей карбида хрома.

Пример 2

Был изготовлен абразив для струйной резки. Он имел частицы из нержавеющей стали. Нержавеющая сталь состояла из структуры, имеющей 44 вес.% мартенсита, 30 вес.% аустенита и 26 вес.% карбида хрома. Нержавеющая сталь состояла из сплава, имеющего 2 вес.% углерода, 30 вес.% хрома, остальное - железо. Она имела твердость 800 HV. Абразив имел хорошие антиадгезионные свойства и хорошую вязкость. По сравнению с гранатом и другими примерами, абразив из Примера 2 имел лучшие износостойкие свойства при очень хороших режущих свойствах.

Пример 3

Был изготовлен абразив для струйной резки. Он имел частицы из нержавеющей стали. Нержавеющая сталь состояла из структуры, имеющей 18 вес.% мартенсита, 47 вес.% аустенита и 35 вес.% карбида хрома. Нержавеющая сталь состояла из сплава, имеющего 2,5 вес.% углерода, 35 вес.% хрома, остальное - железо. Она имела твердость 800-850 HV. Абразив имел хорошие антиадгезионные свойства и хорошую вязкость. По сравнению с гранатом, абразив из Примера 3 имел также хорошие износостойкие свойства, соответственно, хорошую режущую стойкость. Без связи с какой-либо теорией, хотя из-за сравнительно высокой доли аустенита могли ожидать хорошие вязкостные свойства, они вряд ли могут компенсировать ухудшение вязкостных свойств из-за высокой доли карбида хрома, и поэтому в целом получились результаты хуже, чем в случае абразива из Примера 2.

Сравнительный пример

В сравнительном примере в качестве абразива использовали гранат.

Испытания на срок службы

Для сравнения свойств абразивы из Примера 2 и сравнительного примера были подвергнуты испытанию в отношении струйной резки. Предоставляли суспензию из каждого абразива, воды и крахмала и направляли струей на пластину толщиной 20 мм из стали V2A. Струйную обработку проводили при хорошем качестве резки со скоростью резания 25 мм/мин, толщиной образца 20 мм, шириной разреза 1,0 мм, введением свежих зерен 300 г/мин, длиной разреза 400 мм, расстоянием от сопла до поверхности образца 7 мм и давлением 3200 бар при расходе 3053 л/мин. Абразив улавливали и после каждого цикла подвергали ситовому фракционированию, так что получался фракционный состав, который отражает распределение эквивалентного диаметра. После этого абразив снова вводили в машину для струйной резки и использовали в следующем цикле.

Результаты испытания на срок службы представлены на фигурах и дополнительно пояснены ниже.

На фигурах показано:

фиг. 1 - фракционный состав в весовых процентах относительно числа циклов в испытании абразива из Примера 2 на срок службы в диапазоне от 0 до 20 циклов,

фиг. 2 - фракционный состав в весовых процентах относительно числа циклов в испытании абразива из Сравнительного примера на срок службы, и

фиг. 3 - фракционный состав в весовых процентах относительно числа циклов в испытании абразива из Примера 2 на срок службы в диапазоне от 0 до 40 циклов.

На фиг. 1-3 представлены результаты испытания на срок службы для Примера 2 и Сравнительного примера. Для Примера 2 соответствующие весовые содержания в % ситовых фракций за каждые 5 циклов приведены в виде гистограммы. Для Сравнительного примера соответствующие весовые содержания в % ситовых фракций приведено для первых 3 циклов. Размер ячеек сит, использованных для фракционирования при просеивании, приведен в миллиметрах. Кроме этого, для самых значительных фракций логарифмические кривые были адаптированы к результатам измерения и представлены в виде штрихо-

вых линий.

В Примере 2 и Сравнительном примере свежие зерна являются наибольшей фракцией с более чем 60 вес.% ситовой фракции с размером ячейки 0,21 мм.

Из фиг. 1 явствует, что фракция из ячейки 0,21 мм абразива из Примера 2 почти не уменьшается и даже после 20 циклов составляет около 55 вес.% ситовых фракций.

Сравнимое испытание на срок службы для граната из Сравнительного примера, показанное на фиг. 2, продемонстрировало, что уже после одного цикла фракция из ячейки 0,21 мм сократилась до менее 35 вес.%. После 3 циклов эта фракция составляла немногим более 10 вес.%, из-за чего этот абразив уже после 3 циклов нельзя было повторно использовать.

На фиг. 3 показано расширенное испытание на срок службы абразива из Примера 2. Можно видеть, что даже после 40 циклов фракция из ячейки 0,21 мм еще составляет большую часть, и абразив соответственно все еще может быть повторно использоваться.

В результате, соответствующие изобретению абразивы показывают значительно улучшенную по сравнению с известными абразивами долговременную прочность и возможность вторичного использования.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Абразив для струйной резки, имеющий частицы из нержавеющей стали, причем нержавеющая сталь состоит из микроструктуры, которая имеет по меньшей мере:

мартенсит в диапазоне от ≥ 20 вес.% до < 100 вес.%,

аустенит в диапазоне от > 0 вес.% до ≤ 50 вес.% и

карбид хрома, нитрид хрома и/или их смеси совместно в диапазоне от ≥ 0 вес.% до ≤ 45 вес.%,

относительно упомянутой микроструктуры, причем указанные доли выбраны так, что вместе они составляют ≤ 100 вес.% относительно упомянутой микроструктуры.

2. Абразив для струйной резки по п.1, причем упомянутая микроструктура имеет карбид хрома, нитрид хрома и/или их смеси совместно в диапазоне от ≥ 3 вес.% до ≤ 35 вес.% относительно упомянутой микроструктуры, предпочтительно от ≥ 10 вес.% до ≤ 30 вес.%, в частности от ≥ 24 вес.% до ≤ 28 вес.%.

3. Абразив для струйной резки по п.1 или 2, причем упомянутая микроструктура имеет аустенит в диапазоне от ≥ 5 вес.% до ≤ 47 вес.% относительно упомянутой микроструктуры, предпочтительно от ≥ 15 вес.% до ≤ 40 вес.%, в частности от ≥ 25 вес.% до ≤ 35 вес.%.

4. Абразив для струйной резки по одному из пп.1-3, причем нержавеющая сталь представляет собой сплав, имеющий:

хром в диапазоне от ≥ 10 вес.% до ≤ 35 вес.%,

молибден в диапазоне от ≥ 0 вес.% до ≤ 3 вес.%,

никель в диапазоне от ≥ 0 вес.% до ≤ 1 вес.%,

углерод в диапазоне от ≥ 0 вес.% до $\leq 2,5$ вес.%,

азот в диапазоне от ≥ 0 вес.% до $\leq 2,5$ вес.%,

примесные элементы в диапазоне от ≥ 0 вес.% до ≤ 1 вес.%, и

остальное - железо,

относительно упомянутого сплава, причем сплав имеет углерод и азот совместно в диапазоне от $\geq 0,2$ вес.% до $\leq 2,5$ вес.% относительно сплава.

5. Абразив для струйной резки по п.4, причем сплав имеет углерод и азот совместно в диапазоне от $\geq 0,6$ вес.% до $\leq 2,5$ вес.% относительно сплава, предпочтительно от $\geq 0,8$ вес.% до $\leq 2,3$ вес.%, особенно предпочтительно от $\geq 1,2$ вес.% до $\leq 2,1$ вес.%, в частности от $\geq 1,8$ вес.% до ≤ 2 вес.%.

6. Абразив для струйной резки по п.4 или 5, причем сплав имеет хром в диапазоне от ≥ 15 вес.% до ≤ 33 вес.% относительно сплава, предпочтительно от ≥ 20 вес.% до ≤ 31 вес.%, в частности от ≥ 25 вес.% до ≤ 30 вес.%.

7. Абразив для струйной резки по одному из пп.1-6, причем частицы из нержавеющей стали имеют эквивалентный диаметр D_{90} в диапазоне от $\geq 0,01$ мм до ≤ 1 мм, предпочтительно от $\geq 0,05$ мм до $\leq 0,4$ мм, в частности от $\geq 0,09$ мм до $\leq 0,315$ мм, в качестве альтернативы, предпочтительно, от $\geq 0,01$ мм до $\leq 0,5$ мм, в частности от $\geq 0,01$ мм до $\leq 0,2$ мм.

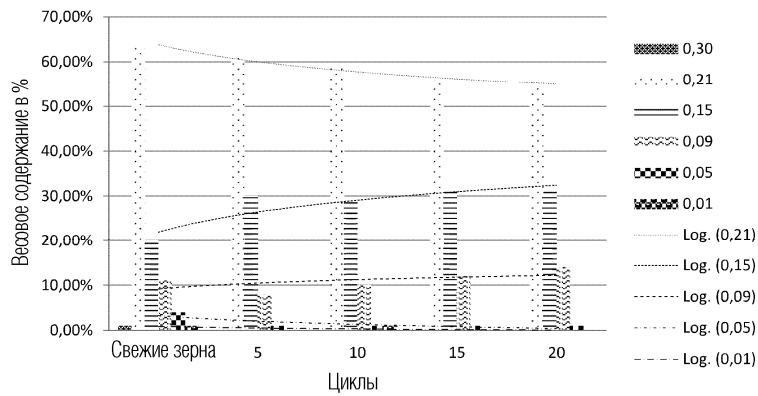
8. Абразив для струйной резки по одному из пп.1-7, причем частицы из нержавеющей стали имеют твердость в диапазоне от ≥ 600 HV_{0,2} до ≤ 1000 HV_{0,2}, предпочтительно от ≥ 700 HV_{0,2} до ≤ 900 HV_{0,2}, в частности от ≥ 780 HV_{0,2} до ≤ 830 HV_{0,2}.

9. Абразив для струйной резки по одному из пп.1-8, причем частицы выбраны из дроби, рубленой проволоки, крупнозернистого песка и их смесей, причем предпочтительно частицы представляют собой крупнозернистый песок.

10. Суспензия для струйной резки, содержащая, по меньшей мере, один абразив для струйной резки по одному из пп.1-9 и суспендирующий агент.

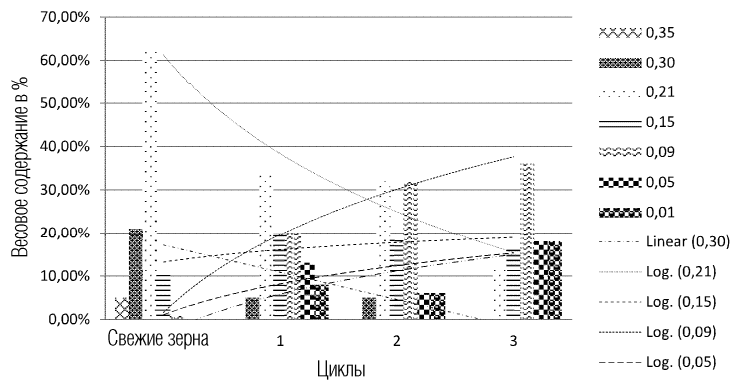
11. Применение абразива для струйной резки по одному из пп.1-9 для резки изделия.

Фракционный состав в зависимости от числа циклов
Пример 2



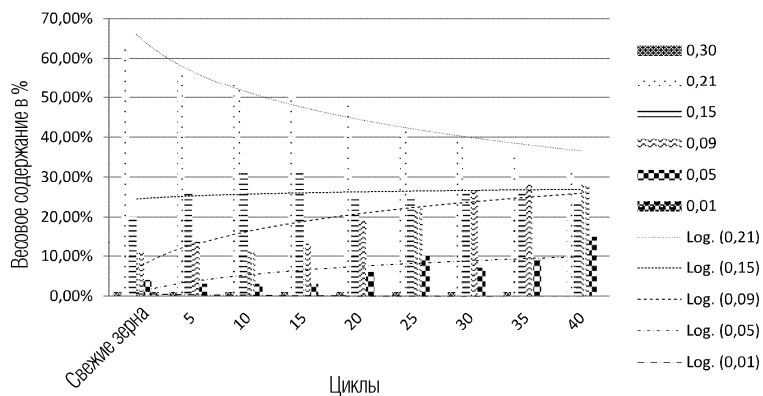
Фиг. 1

Фракционный состав в зависимости от числа циклов
Гранат



Фиг. 2

Фракционный состав в зависимости от числа циклов
Пример 2



Фиг. 3

