



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011142321/02, 15.03.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.03.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
20.03.2009 SE 0950180-0;
20.03.2009 US 61/161,838

(43) Дата публикации заявки: 27.04.2013 Бюл. № 23

(45) Опубликовано: 27.10.2014 Бюл. № 30

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 5571305 A, 05.11.1996. RU 2216433
C2, 20.11.2002. SU 1740481 A1, 15.06.1992. US
6332905 B1, 25.12.2001(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 20.10.2011(86) Заявка РСТ:
SE 2010/050282 (15.03.2010)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2010/107372 (23.09.2010)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр. 3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. С.Р.Абубакирову, рег.№ 931

(72) Автор(ы):

БЕНГТССОН,Свен (SE)

(73) Патентообладатель(и):

ХЕГАНЕС АКТИЕБОЛАГ (ПАБЛ) (SE)**(54) ЖЕЛЕЗО-ВАНАДИЕВЫЙ ПОРОШКОВЫЙ СПЛАВ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии, в частности к водораспыленному порошку, и может быть использовано для производства спеченных и при необходимости кованных деталей. Водораспыленный предварительно легированный стальной порошок, содержащий, мас. %: 0,05-0,4 V, 0,09-0,3 Mn, менее чем 0,1 Cr, менее чем 0,1 Mo, менее чем

0,1 Ni, менее чем 0,2 Cu, менее чем 0,1 C, менее чем 0,25 O, менее чем 0,5 неизбежных примесей, остальное железо. Полученные порошковые кованные детали имеют высокий предел текучести при сжатии с относительно низкой твердостью по Викерсу, хорошей обрабатываемостью резанием. 4 н. и 12 з.п.ф-лы, 3 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C22C 33/02 (2006.01)
B22F 9/08 (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2011142321/02, 15.03.2010

(24) Effective date for property rights:
15.03.2010

Priority:

(30) Convention priority:
20.03.2009 SE 0950180-0;
20.03.2009 US 61/161,838

(43) Application published: 27.04.2013 Bull. № 23

(45) Date of publication: 27.10.2014 Bull. № 30

(85) Commencement of national phase: 20.10.2011

(86) PCT application:
SE 2010/050282 (15.03.2010)

(87) PCT publication:
WO 2010/107372 (23.09.2010)

Mail address:

129090, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str. 3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. S.R.Abubakirovu, reg.N 931

(72) Inventor(s):
BENGTSSON,Sven (SE)

(73) Proprietor(s):
KhEGANES AKTIEBOLAG (PABL) (SE)

(54) **FERRUM-VANADIUM POWDERY ALLOY**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: water-sprayed, pre-alloyed steel powder, containing by wt %: 0.05-0.4 V, 0.09-0.3 Mn, less than 0.1 Cr, less than 0.1 Mo, less than 0.1 Ni, less than 0.2 Cu, less than 0.1 C, less than 0.25 O, less than

0.5 of inevitable admixtures, the rest is iron.

EFFECT: obtained powder forged details have high compression yield strength with relatively low Vickers hardness, good cutting performance.

16 cl, 3 tbl

RU 2 532 221 C2

RU 2 532 221 C2

Область изобретения

Настоящее изобретение относится к содержащему ванадий порошку на основе железа, практически не содержащему хрома, молибдена и никеля, а также к порошковой композиции, содержащей этот порошок и другие добавки, и к изготовленному из этой порошковой композиции порошковому кованому компоненту. Порошок и порошковая композиция предназначены для экономичного производства порошковых спеченных и альтернативно кованых деталей.

Предпосылки изобретения

В промышленности все более распространенным становится использование металлоизделий, производимых компактированием и спеканием металлических порошковых композиций. Производится ряд разнообразных изделий различной формы и толщины, и требования к их качеству постоянно растут при одновременном желании снизить стоимость. Так как компоненты окончательной формы или компоненты почти окончательной формы, требующие минимума обработки резанием для достижения конечной формы, получают прессованием и спеканием железных порошковых композиций в сочетании с высокой степенью использования материала, эта технология имеет огромное преимущество перед традиционными технологиями формования металлических деталей, такими как литье или обработка резанием из прутковой заготовки или поковок.

Одна проблема, связанная с методом прессования и спекания, однако, состоит в том, что спеченный компонент содержит определенное количество пор, уменьшающих прочность компонента. В основном, существуют два способа преодоления отрицательного воздействия на механические свойства, вызванного пористостью компонента: 1) прочность спеченного компонента можно увеличить введением легирующих элементов, таких как углерод, медь, никель, молибден и т.д.; 2) пористость спеченного компонента можно уменьшить повышением сжимаемости порошковой композиции и/или увеличением давления компактирования для более высокой плотности неспеченного материала, или увеличением усадки компонента во время спекания. На практике применяют сочетание упрочнения компонента добавлением легирующих элементов и минимизацией пористости.

Хром служит для упрочнения матрицы при закалке твердого раствора, повышает закаливаемость, стойкость к окислению и сопротивление истиранию спеченного изделия. Однако содержащие хром железные порошки могут оказаться трудноспекаемыми, так как для них часто требуются высокая температура и очень хорошо контролируемые атмосферы.

Настоящее изобретение относится к сплаву, не содержащему хрома, т.е. не имеющему преднамеренного содержания хрома. Это приводит к более низким требованиям к оборудованию печи для спекания и контролю атмосферы по сравнению со спеканием содержащих хром материалов.

Порошковая ковка включает в себя быстрое уплотнение спеченной заготовки с использованием ковочного удара. Результатом является полноплотная деталь окончательной формы или деталь почти окончательной формы, пригодная для высокоэффективных применений. Как правило, порошковые кованые изделия производили из железного порошка, смешанного с медью и графитом. Другие типы предложенных материалов включают железный порошок, предварительно легированный никелем и молибденом и небольшими количествами марганца для повышения закаливаемости железа без образования устойчивых оксидов. Также обычно добавляют повышающие обрабатываемость агенты, такие как MnS.

Углерод в готовом компоненте будет увеличивать прочность и твердость. Медь плавится перед достижением температуры спекания, увеличивая скорость диффузии и способствуя образованию «шеек» спекания. Добавление меди улучшит прочность, твердость и закаливаемость.

5 Шатуны для двигателей внутреннего сгорания успешно производили по технологии порошковойковки. При изготовлении шатунов с помощью порошковойковки большую головку компактированного и спеченного компонента обычно подвергают операции расщепления изломом. Отверстия и резьбы для болтов большой головки нарезают на станке. Важным свойством шатуна для двигателя внутреннего сгорания является
10 высокий предел текучести при сжатии, так как шатун подвергается сжимающим нагрузкам, в три раза превышающим растягивающие нагрузки. Другим важным свойством материала является надлежащая обрабатываемость резанием, потому что отверстия и резьбы необходимо нарезать на станке с тем, чтобы соединить расщепленные большие головки после установки. Однако производство шатунов
15 представляет собой крупномасштабное и ценочувствительное применение со строгими требованиями к эффективности, проектированию и долговечности. Следовательно, очень желательными являются материалы или способы, которые обеспечивают более низкие затраты.

US 3901661, US 4069044, US 4266974, US 5605559, US 6348080 и WO 03/106079
20 описывают содержащие молибден порошки. Когда предварительно легированный молибденом порошок используют для производства прессованных и спеченных деталей, в спеченной детали легко образуется бейнит. В частности, когда используют порошки с низкими содержаниями молибдена, образующийся бейнит является крупнозернистым, ухудшая обрабатываемость, что может представлять проблему, в частности, для
25 шатунов, где желательна хорошая обрабатываемость резанием. Кроме того, молибден является очень дорогостоящим в качестве легирующего элемента.

В US 5605559 была получена микроструктура мелкозернистого перлита при легированном молибденом порошке путем поддержания очень низкого содержания Mn. Однако поддержание очень низкого содержания Mn может оказаться очень
30 дорогостоящим, в частности, когда в производстве используют дешевый стальной лом, потому что стальной лом часто содержит Mn на уровне 0,1 мас.% и выше. Кроме того, Mo является дорогостоящим легирующим элементом. Таким образом, полученный порошок будет соответственно сравнительно дорогостоящим вследствие низкого содержания Mn и высокой стоимости Mo.

35 US 2003/0033904, US 2003/0196511 и US 2006/086204 описывают порошки, пригодные для производства порошковых кованных шатунов. Эти порошки содержат предварительно легированные, содержащие марганец и серу порошки на основе железа, смешанные с медным порошком и графитом. US 2006/086204 описывает шатун, сделанный из смеси железного порошка, графита, сульфида марганца и медного
40 порошка. Максимальное значение предела текучести при сжатии, 775 МПа, было получено для материала с 3 мас.% Cu и 0,7 мас.% графита. Соответствующее значение твердости составляло 34,7 HRC, что соответствует примерно 340 HV1. Уменьшение содержаний меди и углерода также приведет к сниженным пределу текучести при сжатии и твердости.

45 US 5571305 описывает порошок, имеющий превосходную обрабатываемость. Серу и хром активно используют в качестве легирующих элементов.

Задачи изобретения

Одна задача изобретения состоит в предложении легированного содержащего ванадий

порошка на основе железа, практически не содержащего хрома, молибдена и никеля и пригодного для производства непосредственно спеченных и необязательно кованных порошковых компонентов, таких как, например, шатуны.

5 Другая задача изобретения состоит в предложении порошка, пригодного для получения порошковых кованных компонентов, имеющих высокий предел текучести при сжатии, ПТС, в сочетании с относительно низкой твердостью по Виккерсу, что позволяет легко обрабатывать резанием непосредственно спеченную и необязательно кованую порошковую деталь, в то же время являющуюся достаточно прочной. Желательно отношение ПТС/твердость (HV1) выше 2,25, предпочтительно выше 2,30, 10 при наличии значения ПТС по меньшей мере 830 МПа и твердости HV1 не более 420.

Другая задача изобретения состоит в предложении порошковой спеченной и альтернативно кованой детали, предпочтительно шатуна, с вышеуказанными свойствами.

Сущность изобретения

15 По меньшей мере одна из этих задач решается следующим:

- водораспыленный низколегированный стальной порошок, который содержит, мас. %: 0,05-0,4 V, 0,09-0,3 Mn, менее чем 0,1 Cr, менее чем 0,1 Mo, менее чем 0,1 Ni, менее чем 0,2 Cu, менее чем 0,1 S, менее чем 0,25 O, менее чем 0,5 неизбежных примесей, а остальное составляет железо;

20 - композиция стального порошка на основе железа, основанная на этом стальном порошке, содержащая, в % от массы композиции: 0,35-1 C в виде графита и необязательно 0,05-2 смазки, и/или 1,5-4 Cu в виде медного порошка, и/или 1-4 Ni в виде никелевого порошка; и необязательно твердофазные материалы и повышающие обрабатываемость агенты;

25 - способ изготовления спеченного и необязательно кованого порошкового компонента, включающий следующие стадии:

а) приготавливают композицию стального порошка на основе железа указанного выше состава;

30 б) подвергают композицию компактированию между 400 и 2000 МПа с получением неспеченного компонента;

с) спекают полученный неспеченный компонент в восстановительной атмосфере при температуре между 1000 и 1400°C; и

д) необязательно куют нагретый компонент при температуре выше 500°C или подвергают полученный спеченный компонент термической обработке;

35 - компонент, изготовленный из такой композиции.

Стальной порошок имеет низкие и заданные содержания марганца и ванадия и практически не содержит хрома, молибдена и никеля и оказался пригодным для изготовления компонента, который имеет отношение предела текучести при сжатии к твердости выше 2,25, при этом имея значение ПТС по меньшей мере 830 МПа и 40 твердость HV1 не более 420.

Подробное описание изобретения

Приготовление легированного стального порошка на основе железа

Стальной порошок получают распылением водой расплава стали, содержащего заданные количества легирующих элементов. Распыленный порошок далее подвергают 45 процессу восстановительного отжига, такому как описанный в патенте США № 6027544, включенном сюда посредством ссылки. Размер частиц стального порошка может быть любым при условии, что он совместим с процессами прессования и спекания или порошковойковки. Пример пригодного размера частиц представляет собой размер

частиц известного порошка ABC 100.30, поставляемый фирмой Höganäs AB, Швеция, и имеющий примерно 10 мас.% крупнее 150 мкм и примерно 20 мас.% мельче 45 мкм.

Состав стального порошка

Марганец будет, как и хром, увеличивать прочность, твердость и закаливаемость стального порошка. Кроме того, если содержание марганца слишком низко, невозможно использовать дешевый вторичный лом, если только не осуществлять специальную обработку для его снижения в ходе производства стали, что увеличивает затраты. Более того, марганец может реагировать с некоторой частью присутствующего кислорода, тем самым уменьшая любое образование оксидов ванадия. Поэтому содержание марганца должно быть не ниже чем 0,09% по массе, предпочтительно не ниже чем 0,1 мас.%. Содержание марганца выше 0,3 мас.% может усиливать образование марганецсодержащих включений в стальном порошке и может также оказывать отрицательное воздействие на сжимаемость вследствие закалки твердого раствора и увеличенной твердости феррита; предпочтительно содержание марганца составляет не более 0,20 мас.%, предпочтительнее не более 0,15%.

Ванадий увеличивает прочность за счет дисперсионного упрочнения. Ванадий обладает также эффектом измельчения размера зерен и считается в данном контексте способствующим образованию желательной мелкозернистой перлитной/ферритной микроструктуры. При более высоком содержании ванадия размер выделений карбида и нитрида ванадия увеличивается, ухудшая тем самым характеристики порошка. Кроме того, более высокое содержание ванадия способствует захвату кислорода, увеличивая тем самым уровень кислорода в изготавливаемом из порошка компоненте. По этой причине ванадий должен составлять не более 0,4% по массе. Его содержание ниже 0,05% по массе будет оказывать незначительное воздействие на целевые свойства. Поэтому содержание ванадия должно составлять между 0,05% и 0,4% по массе, предпочтительно между 0,1% и 0,35% по массе, предпочтительнее между 0,25 до 0,35% по массе.

Содержание кислорода составляет не более 0,25 мас.%, слишком высокое содержание оксидов ухудшает прочность спеченного и необязательно ковального компонента, а также ухудшает сжимаемость порошка. По этим причинам кислород предпочтительно составляет не более 0,18 мас.%.
30

Никель должен составлять менее чем 0,1 мас.%, предпочтительно менее чем 0,05 мас.%, предпочтительнее менее чем 0,03 мас.%. Медь должна составлять менее чем 0,2 мас.%, предпочтительно менее чем 0,15 мас.%, предпочтительнее менее чем 0,1 мас.%. Хром должен составлять менее чем 0,1 мас.%, предпочтительно менее чем 0,05 мас.%, предпочтительнее менее чем 0,03 мас.%. Чтобы предотвратить образование бейнита, а также сохранить низкими затраты, поскольку молибден является очень дорогостоящим легирующим элементом, молибден должен составлять менее чем 0,1 мас.%, предпочтительно менее чем 0,05 мас.%, предпочтительнее менее чем 0,03 мас.%. Ни один из данных элементов (Ni, Cu, Cr, Mo) не является необходимым, но может быть допустимым ниже вышеуказанных уровней.
40

Углерод в стальном порошке должен составлять не более 0,1 мас.%, предпочтительно менее чем 0,05 мас.%, предпочтительнее менее чем 0,02 мас.%, наиболее предпочтительно менее чем 0,01 мас.%, а азот должен составлять не более 0,1 мас.%, предпочтительно менее чем 0,05 мас.%, предпочтительнее менее чем 0,02 мас.%, наиболее предпочтительно менее чем 0,01 мас.%. Более высокие содержания углерода и азота неприемлемо уменьшают сжимаемость порошка.
45

Помимо указанных выше элементов суммарное количество неизбежных примесей, таких как фосфор, кремний, алюминий, сера и так далее, должно составлять менее чем

0,5 мас.% с тем, чтобы они не ухудшили сжимаемость стального порошка или не действовали в качестве образователей вредных включений, предпочтительно менее чем 0,3 мас.%. Среди неизбежных примесей сера должна составлять менее чем 0,05 мас.%, предпочтительно менее чем 0,03 мас.%, а наиболее предпочтительно менее чем 0,02 мас.%, так как она могла бы образовывать FeS, который привел бы к изменению температуры плавления стали и таким образом нарушил процессковки. Кроме того, известно, что сера стабилизирует свободный графит в стали, что повлияло бы на ферритную/перлитную структуру спеченного компонента. Другие неизбежные примеси должны составлять каждая менее чем 0,10 мас.%, предпочтительно менее чем 0,05 мас.%, а наиболее предпочтительно менее чем 0,03 мас.%, чтобы они не ухудшали сжимаемость стального порошка или не действовали в качестве образователей вредных включений.

Порошковая композиция

Перед компактированием стальной порошок на основе железа смешивают с графитом и необязательно с медным порошком, и/или смазками, и/или никелевым порошком, а также необязательно с твердофазными материалами и повышающими обрабатываемость агентами.

Чтобы повысить прочность и твердость спеченного компонента, в матрицу вводят углерод. Углерод (C) добавляют в виде графита в количестве 0,35-1,0% от массы композиции, предпочтительно 0,5-0,8 мас.%. В количестве, составляющем менее чем 0,35 мас.%, C приведет к слишком низкой прочности, а в количестве более 1,0 мас.% C приведет к чрезмерному образованию карбидов, придавая слишком высокую твердость и ухудшая свойства обрабатываемости. По этой причине предпочтительное добавляемое количество карбида составляет 0,5-0,8 мас.%. Если после спекания иликовки компонент подлежит термообработке в соответствии с процессом термической обработки, включающим науглероживание, то количество добавляемого графита может составлять менее чем 0,35%.

Смазки добавляют к композиции для того, чтобы способствовать компактированию и выталкиванию компактированного компонента. Добавление смазок в количестве менее чем 0,05 мас.% от массы композиции произведет незначительный эффект, а добавление более 2 мас.% от массы композиции приведет к слишком низкой плотности компактированного изделия. Смазки можно выбирать из группы, в которую входят стеараты металлов, воски, жирные кислоты и их производные, олигомеры, полимеры и другие органические вещества, обладающие смазывающим эффектом.

Медь (Cu) обычно используют в качестве легирующего элемента в технологии порошковой металлургии. Cu будет повышать прочность и твердость посредством закалки твердого раствора. Медь будет также способствовать образованию «шеек» спекания во время спекания, потому что Cu плавится перед достижением температуры спекания, обеспечивая так называемое жидкофазное спекание, которое происходит быстрее, чем спекание в твердом состоянии. Порошок предпочтительно смешивают с Cu или диффузионно связывают с Cu, предпочтительно в количестве 1,5-4 мас.% Cu, предпочтительнее количество Cu составляет 2,5-3,5 мас.%.

Никель (Ni) обычно используют в качестве легирующего элемента в технологии порошковой металлургии. Ni увеличивает прочность и твердость, в то же время обеспечивая хорошую пластичность (ковкость). В отличие от меди никелевые порошки не плавятся во время спекания. Это делает необходимым использование более мелкодисперсных частиц при смешивании, так как более мелкодисперсные порошки обеспечивают лучшее распределение посредством твердофазной диффузии. Порошок

можно необязательно смешивать с Ni или диффузионно связывать с Ni, в таких случаях предпочтительно в количестве 1-4 мас. % Ni. Однако так как никель представляет собой дорогостоящий элемент, особенно в виде мелкодисперсного порошка, порошок не смешивают с Ni и не связывают диффузионно с Ni в предпочтительном варианте осуществления изобретения.

Можно добавлять другие вещества, такие как, например, твердофазные материалы и повышающие обрабатываемость агенты, такие как MnS, MoS₂, CaF₂, различные виды минералов и т.д.

Спекание

Порошковую композицию на основе железа переносят в пресс-форму и подвергают компактированию при давлении примерно 400-2000 МПа до плотности неспеченного материала выше примерно 6,75 г/см³. Полученный неспеченный компонент далее подвергают спеканию в восстановительной атмосфере при температуре примерно 1000-1400°C, предпочтительно между примерно 1100-1300°C.

Обработки после спекания

Спеченный компонент может быть подвергнут операцииковки для достижения полной плотности. Операциюковки можно осуществлять либо непосредственно после операции спекания, когда температура компонента составляет примерно 500-1400°C, либо после охлаждения спеченного компонента, причем охлажденный компонент затем повторно нагревают до температуры примерно 500-1400°C перед операциейковки.

Спеченный или кованый компонент можно также подвергать процессу закалки для получения желательной микроструктуры с помощью термообработки и контролируемой скорости охлаждения. Процесс закалки может включать в себя известные процессы, такие как цементация, азотирование, индукционная закалка и т. п. В том случае, когда термообработка включает в себя науглероживание, количество добавляемого графита может составлять менее чем 0,35%.

Можно использовать другие виды обработки после спекания, такие как поверхностная прокатка или дробеструйная нагартовка, что приводит к остаточным сжимающим напряжениям, продляющим усталостную долговечность.

Свойства конечного компонента

В отличие от ферритной/перлитной структуры, полученной при спекании компонентов на основании обычно используемых в порошковой металлургии систем железо-медь-углерод, а особенно для порошковойковки, легированный стальной порошок согласно настоящему изобретению предназначен для получения более тонкой ферритной/перлитной структуры.

Без ограничения какой-либо конкретной теорией, полагают, что эта более тонкая ферритная/перлитная структура способствует повышению предела текучести при сжатии по сравнению с материалами, полученными из системы железо-медь-углерод, при таком же уровне твердости. Требование повышенного предела текучести при сжатии является особенно выраженным для шатунов, в том числе кованых порошковых шатунов. В то же время должно быть возможно обработать резанием материалы шатунов экономичным образом, поэтому твердость материала должна быть относительно низкой. Настоящее изобретение предлагает новый низколегированный материал, имеющий высокий предел текучести при сжатии в сочетании с низким значением твердости, давая в результате отношение ПТС/HV1 выше 2,25, в то время имея значение ПТС по меньшей мере 830 МПа и твердость HV1 не более 420.

Кроме того, нежелательно слишком высокое содержание кислорода в компоненте, потому что это будет оказывать отрицательное воздействие на механические свойства.

Поэтому предпочтительно иметь содержание кислорода ниже 0,1 мас. %.

ПРИМЕРЫ

Предварительно легированные стальные порошки на основе железа получали распылением водой расплавов стали. Полученные исходные порошки затем отжигали в восстановительной атмосфере с последующим процессом аккуратного измельчения для разделения спеченного порошкового брикета. Размер частиц порошков составлял менее 150 мкм. Таблица 1 показывает химические составы различных порошков.

Порошок	Mn [масс. %]	V [масс. %]	C [масс. %]	O [масс. %]	N [масс. %]	S [масс. %]
A	0,09	0,14	0,004	0,11	0,006	0,001
B	0,11	0,05	0,003	0,13	0,001	0,003
C	0,13	0,20	0,004	0,18	0,002	0,004
D	0,09	0,46	0,002	0,19	0,002	0,001
F	0,12	0,28	0,005	0,20	0,007	0,003
G	0,17	0,20	0,004	0,17	0,003	0,004
Контр.	<0,01	<0,01	Нет данных	Нет данных	Нет данных	Нет данных

Таблица 1 показывает химический состав стальных порошков.

Полученные стальные порошки А-Г смешивали с графитом UF4 от фирмы Kropfmühl согласно количествам, указанным в таблице 2, и 0,8 мас. % амидного воска ПМ (Amide Wax PM), поставляемого фирмой Höganäs AB, Швеция. Медный порошок Cu-165 от фирмы A Cu Powder, США, добавляли согласно количествам, указанным в таблице 2.

В качестве контроля приготовили композицию железо-медь-углерод на основе железного порошка ASC 100.29, поставляемого фирмой Höganäs AB, Швеция, и таких же количеств графита и меди, соответствующих количествам, указанным в таблице 2. Кроме того, к Контр.1, Контр.2 и Контр.3 соответственно добавляли амидный воск ПМ, поставляемый фирмой Höganäs AB, Швеция.

Полученные порошковые композиции переносили в пресс-форму и компактировали с получением неспеченных компонентов при давлении компактирования 490 МПа. Компактированные неспеченные компоненты помещали в печь при температуре 1120°C в восстановительной атмосфере на приблизительно 40 мин. Спеченные и нагретые компоненты извлекали из печи и сразу после этого ковали в замкнутой полости до полной плотности. После процессаковки компонентам давали охладиться на воздухе при комнатной температуре.

Кованые компоненты обрабатывали резанием на станке до образцов для испытаний на предел текучести при сжатии согласно стандарту ASTM E9-89с и испытывали в отношении предела текучести при сжатии (ПТС) согласно стандарту ASTM E9-89с.

Твердость по Виккерсу (HV1) испытывали на тех же компонентах согласно стандарту EN ISO 6507-1, а химические анализы на медь, углерод и кислород проводили на образцах для испытаний на предел текучести при сжатии.

Следующая таблица 2 показывает количества графита, добавленные к композиции перед изготовлением образцов для испытаний. Она также показывает результаты химических анализов образцов для испытаний на С, Cu и О. Количество выявленной анализом Cu в образцах для испытаний соответствует количеству примешанного в композицию медного порошка. Данная таблица также показывает результаты испытаний образцов на ПТС и твердость.

Таблица 2

Порошковая композиция	Добавка графита [мас. %]	Cu [мас. %]	C [мас. %]	O [мас. %]	ПТС [МПа]	Твердость, HV1	Отношение ПТС/HV1
A1	0,6	3,0	0,5	0,02	891	374	2,38
A2	0,7	3,0	0,6	0,02	938	401	2,34
B1	0,6	3,0	0,5	0,05	700	266	2,63
B2	0,7	3,0	0,6	0,05	850	371	2,29
C1	0,6	3,0	0,5	0,03	900	355	2,53
C2	0,7	3,0	0,6	0,03	950	380	2,50
D1	0,6	3,0	0,5	0,14	Нет данных	Нет данных	Нет данных
D2	0,7	3,0	0,6	0,12	Нет данных	Нет данных	Нет данных
F1	0,6	3,0	0,5	0,04	1030	338	3,04
F2	0,7	3,0	0,6	0,06	1080	359	3,00
G1	0,6	3,0	0,5	0,07	872	368	2,37
G2	0,7	3,0	0,6	0,08	940	399	2,36
Контр.1	0,6	2,0	0,5	0,01	627	244	2,57
Контр.2	0,6	3,0	0,5	0,02	730	290	2,51
Контр.3	0,7	3,0	0,6	0,01	775	375	2,06

Таблица 2 показывает количество добавленного графита и проанализированное содержание C и Cu в полученных образцах, а также результаты испытаний на ПТС и твердость.

Образцы, приготовленные из всех композиций от A1 до F2, за исключением B1 и Контр.1-3, обеспечили достаточное значение ПТС, выше 830 МПа, в сочетании с отношением ПТС/HV1 выше 2,25 и твердостью HV1 менее чем 420. Образец B1 с 0,6 мас. % добавленного графита не обеспечил достаточного значения ПТС. Однако при увеличении количества добавленного графита до 0,7 мас. % значение ПТС становится выше 830 МПа, в то время как отношение ПТС/HV1 достигает более широкой цели (2,25), но оказывается ниже предпочтительного отношения (2,30). Поэтому можно сделать вывод, что нижний предел содержания ванадия составляет где-то около 0,05 мас. %. Однако предпочтительно иметь содержание ванадия выше 0,1 мас. %.

Для образцов D1 и D2 количество кислорода в конечных образцах составляет выше 0,1 мас. %, что нежелательно, потому что высокие уровни кислорода могут ухудшить механические свойства. Считается, что это вызвано содержанием ванадия выше 0,4 мас. %, так как ванадий имеет высокое сродство к кислороду. Поэтому содержания ванадия выше 0,4 мас. % нежелательны.

Как видно из таблицы, образцы F1 и F2 показывают очень хорошие результаты.

Образцы G1 и G2 демонстрируют, что даже если содержание марганца в 0,17 мас. % обеспечивает приемлемые результаты, предпочтительно соблюдать уровень ниже 0,15 мас. %, как в образцах C1 и C2, для которых результаты лучше.

Образцы, приготовленные из композиций Контр.1-3, обладают слишком низким пределом текучести при сжатии, несмотря на относительно высокое содержание углерода и меди. Дальнейшее увеличение содержания углерода и меди может обеспечить достаточный предел текучести при сжатии, но твердость станет слишком высокой, таким образом еще больше снижая отношение ПТС/HV1.

В другом примере порошковые композиции на основе порошка A и контрольного порошка, оба из таблицы 1, смешивали с графитом UF4 от фирмы Kropfmühl, 0,8 мас. % амидного воска ПМ, поставляемого фирмой Höganäs AB, Швеция, и необязательно медным порошком Cu-165 от фирмы A Cu Powder, США, согласно количествам, указанным в таблице 3. Контрольный порошок в таблице 1 представляет собой железный порошок ASC 100.29, поставляемый фирмой Höganäs AB, Швеция. Композиции A3, A4, Контр.4 и Контр.5 были без добавки медного порошка, а композиции A5, A6, Контр.6 и Контр.7 смешивали с 2 мас. % медного порошка.

Порошковая композиция	Добавка графита [мас. %]	Добавка Cu [мас. %]	ППР [МПа]	ПТ [МПа]
A3	0,5		415	324
A4	0,8		514	396
A5	0,5	2,0	558	462
A6	0,8	2,0	660	559
Контр.4	0,5		340	215
Контр.5	0,8		425	270
Контр.6	0,5	2,0	494	375
Контр.7	0,8	2,0	570	470

Полученные порошковые композиции переносили в пресс-форму и компактировали с получением неспеченных компонентов при давлении компактирования 600 МПа. Компактированные неспеченные компоненты помещали в печь при температуре 1120°C в восстановительной атмосфере на приблизительно 30 мин.

Образцы для испытаний приготовили согласно стандарту SS-EN ISO 2740, которые и испытывали согласно стандарту SS-EN 1002-1 на предел прочности при растяжении (ППР) и предел текучести (ПТ).

При сравнении результатов для Контр.4 и Контр.6 можно видеть, что значение ПТ на 160 МПа выше у Контр.6 по сравнению с Контр.4, что соответствует 80 МПа в расчете на добавленный % Cu. Если мы сравним композицию A3 и Контр.4, то можно видеть, что значение ПТ на 109 МПа выше у A3 по сравнению с Контр.4, что соответствует примерно 80 МПа в расчете на 0,1 мас. % добавленного V. Такой сильный эффект добавки V является неожиданным. Кроме того, это справедливо также для порошковых смесей с более высоким содержанием углерода (A4/Контр.5) и для смесей как с медью, так и с углеродом (A5/Контр.6 и A6/Контр.7).

Формула изобретения

1. Водораспыленный предварительно легированный стальной порошок, содержащий, мас. %:

V 0,05-0,4

Mn 0,09-0,3

Cr менее чем 0,1

Mo менее чем 0,1

Ni менее чем 0,1

Cu менее чем 0,2

C менее чем 0,1

O менее чем 0,25

неизбежных примесей менее чем 0,5

железо остальное

2. Порошок по п.1, отличающийся тем, что содержание V составляет 0,1-0,35 мас. %.

3. Порошок по п.2, отличающийся тем, что содержание V составляет 0,2-0,35 мас. %.

4. Порошок по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что содержание Mn составляет 0,09-0,2 мас. %.

5. Порошок по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что содержание примеси S составляет менее чем 0,05 мас. %.

6. Порошок по п. 4, отличающийся тем, что содержание примеси S составляет менее чем 0,05 мас. %.

7. Порошок по любому из пп. 1-3 или 6, отличающийся тем, что содержание Cr составляет менее чем 0,05 мас. %, содержание Ni составляет менее чем 0,05 мас. %,

содержание Mo составляет менее чем 0,05 мас.%, содержание Si составляет менее чем 0,15 мас.%, содержание примеси S составляет менее чем 0,03 мас.%, а суммарное количество случайных примесей составляет менее чем 0,3 мас.%.

5 8. Порошок по п. 4, отличающийся тем, что содержание Cr составляет менее чем 0,05 мас.%, содержание Ni составляет менее чем 0,05 мас.%, содержание Mo составляет менее чем 0,05 мас.%, содержание Si составляет менее чем 0,15 мас.%, содержание примеси S составляет менее чем 0,03 мас.%, а суммарное количество случайных примесей составляет менее чем 0,3 мас.%.

10 9. Порошок по п. 5, отличающийся тем, что содержание Cr составляет менее чем 0,05 мас.%, содержание Ni составляет менее чем 0,05 мас.%, содержание Mo составляет менее чем 0,05 мас.%, содержание Si составляет менее чем 0,15 мас.%, содержание примеси S составляет менее чем 0,03 мас.%, а суммарное количество случайных примесей составляет менее чем 0,3 мас.%.

15 10. Порошковая композиция на основе предварительно легированного стального порошка, характеризующаяся тем, что она содержит водораспыленный предварительно легированный стальной порошок по любому из пп. 1-9, смешанный с 0,35-1 мас.% графита и, необязательно, с 0,05-2 мас.% смазки, и/или с медью в количестве 1,5-4 мас.%, и/или с никелем в количестве 1-4 мас.%; и, необязательно, с твердофазными материалами и повышающими обрабатываемость агентами.

20 11. Способ изготовления спеченного компонента из предварительно легированного стального порошка, включающий следующие стадии:

- а) приготовление порошковой композиции по п.10;
- б) компактирование композиции при давлении между 400 и 2000 МПа;
- в) спекание полученного неспеченного компонента в восстановительной атмосфере
- 25 при температуре между 1000 и 1400°C;
- д) необязательно ковку при температуре выше 500°C или термическую обработку спеченного компонента.

12. Кованый компонент из предварительно легированного стального порошка, характеризующийся тем, что он изготовлен из порошковой композиции по п.10.

30 13. Компонент по п.12, отличающийся тем, что он имеет по существу перлитную/ферритную микроструктуру.

14. Компонент по п.12, отличающийся тем, что он представляет собой шатун.

15. Компонент по п.13, отличающийся тем, что он представляет собой шатун.

35 16. Компонент по любому из пп.12-15, отличающийся тем, что он имеет предел текучести при сжатии (ПТС) по меньшей мере 830 МПа, отношение между пределом текучести при сжатии (ПТС) и твердостью по Виккерсу (HV1), по меньшей мере, 2,25, причем при вычислении данного отношения предел текучести при сжатии выражен в МПа.

40

45