



(51) МПК
C22C 33/02 (2006.01)
B22F 1/00 (2006.01)
B22F 3/12 (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2010131154/02**, **18.12.2008**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.12.2008

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
27.12.2007 SE 0702893-9
27.12.2007 US 61/017,033

(43) Дата публикации заявки: **10.02.2012** Бюл. № 4

(45) Опубликовано: **20.08.2013** Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 6027544 A**, **22.02.2000**. **RU 2216433 C2**, **20.11.2003**. **JP 58-130249 A**, **03.08.1983**. **JP 59-035602 A**, **27.02.1984**.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: **27.07.2010**

(86) Заявка РСТ:
SE 2008/051510 (18.12.2008)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2009/085000 (09.07.2009)

Адрес для переписки:

**129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3,
 ООО "Юридическая фирма Городисский и
 Партнеры", пат.пов. А.В.Мицу, рег.№ 364**

(72) Автор(ы):

**БЕНГТССОН Свен (SE),
 ЛАРССОН Анна (SE)**

(73) Патентообладатель(и):

ХЕГАНЕС АБ (ПАБЛ) (SE)

(54) НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЙ СТАЛЬНОЙ ПОРОШОК

(57) Реферат:

Изобретение относится к порошковой металлургии, в частности к получению спеченных изделий на основе железа из порошковой композиции, содержащей распыленный водой предварительно легированный стальной порошок. Распыленный водой предварительно легированный стальной порошок содержит, мас. %: 0,2-1,5 Cr; 0,05-0,4 V; 0,09-0,6 Mn; менее 0,1 Mo; менее 0,1 Ni; менее 0,2 Cu; менее 0,1 S; менее 0,25 O; менее 0,5 неизбежных примесей, железо - остальное. Порошковая

композиция для получения спеченных деталей содержит стальной порошок, смешанный с 0,35-1,0 мас. % графита, 0,05-2,0 мас. % смазочных веществ, необязательно с примешанной медью в количестве до 4 мас. % и необязательно с твердофазными материалами и агентами, улучшающими обрабатываемость.

Композицию прессуют при давлении 400-2000 МПа, спекают при 1000-1400°C и при необходимости подвергают горячей ковке при температуре выше 500°C или термообработке. 4 н. и 13 з.п. ф-лы, 2 табл., 1 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C22C 33/02 (2006.01)
B22F 1/00 (2006.01)
B22F 3/12 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2010131154/02, 18.12.2008**

(24) Effective date for property rights:
18.12.2008

Priority:

(30) Convention priority:
27.12.2007 SE 0702893-9
27.12.2007 US 61/017,033

(43) Application published: **10.02.2012 Bull. 4**

(45) Date of publication: **20.08.2013 Bull. 23**

(85) Commencement of national phase: **27.07.2010**

(86) PCT application:
SE 2008/051510 (18.12.2008)

(87) PCT publication:
WO 2009/085000 (09.07.2009)

Mail address:

129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. A.V.Mitsu, reg.№ 364

(72) Inventor(s):

BENGTSSON Sven (SE),
LARSSON Anna (SE)

(73) Proprietor(s):

KhEGANES AB (PABL) (SE)

(54) LOW-ALLOY STEEL POWDER

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: pre-alloyed steel powder sprayed with water contains the following, wt %: 0.2-1.5 Cr; 0.05-0.4 V; 0.09-0.6 Mn; 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 impurities and iron is the rest. Powder composition for obtaining sintered parts contains steel powder mixed with 0.35-1.0 wt % of graphite, 0.05-2.0 wt % of lubricating

substances, optionally with copper additive in the quantity of up to 4 wt %, and optionally with solid-phase materials and agents improving processibility. The composition is pressed at the pressure of 400-2000 MPa, sintered at 1000-1400°C, and when required, subject to hot forging at the temperature of more than 500°C or heat treatment.

EFFECT: improving operating characteristics.

17 cl, 2 tbl, 1 ex

Область изобретения

Настоящее изобретение относится к низколегированному порошку на основе железа, а также порошковой композиции, содержащей этот порошок и другие добавки, и к ковanej порошковой детали, изготовленной из порошковой композиции. Порошок и порошковая композиция предназначены для экономически эффективного производства кованных порошковых комплектующих деталей, таких как шатуны.

Использование металлических изделий, изготовленных спрессованием и спеканием металлических порошковых композиций, становится все более широко распространенным в разных отраслях промышленности. Производится ряд различных изделий варьирующейся формы и толщины, и требования к качеству постоянно возрастают одновременно с желанием снизить затраты. Поскольку детали конечной формы или почти конечной формы, требующие минимума механической обработки для достижения конечной формы, получают спрессованием и спеканием железных порошковых композиций в сочетании с высокой степенью утилизации материала, этот метод обладает большими преимуществами по сравнению с обычными методами формования металлических деталей, такими как литье, или обработка прутковой заготовки на станке, или ковка.

Однако одной проблемой, связанной с методом спрессования и спекания, является то, что спеченная деталь содержит некоторое количество пор, снижающих прочность детали. В основном имеются два пути преодоления отрицательного влияния на механические свойства, вызванного пористостью компонента. 1) Прочность спеченной детали может быть повышена вводом легирующих элементов, таких как углерод, медь, никель, молибден и подобные. 2) Пористость спеченной детали может быть уменьшена повышением прессуемости порошковой композиции и/или повышением давления спрессования для более высокой плотности спрессованной заготовки или повышением усадки компонента во время спекания. На практике применяют сочетание упрочнения компонента путем добавления легирующих элементов и минимизации пористости.

Ковка порошка включает быстрое уплотнение спеченной заготовки с использованием ковочного удара. Результатом является полностью плотная деталь конечной формы или почти конечной формы, пригодная для применений, требующих отличных рабочих характеристик. Обычно порошковые кованные изделия изготавливали из порошка железа, смешанного с медью и графитом. Предложенные материалы других типов включают порошок железа, легированного никелем и молибденом и небольшими количествами марганца для улучшения способности железа к упрочнению без развития стабильных оксидов. Также обычно добавляют агенты, улучшающие обрабатываемость, такие как MnS.

Углерод в готовой детали будет повышать прочность и твердость. Медь плавится до того, как достигается температура спекания, увеличивая таким образом скорость диффузии и ускоряя образование участков спекания. Добавление меди будет повышать прочность, твердость и способности к упрочнению.

Шатуны для двигателей внутреннего сгорания успешно изготавливали способом ковки порошка. При изготовлении шатунов с использованием ковки порошка нижнюю головку спрессованной и спеченной детали обычно подвергали операции частичного надрезания. Отверстия и резьбовые нарезки для болтов нижней головки делали обработкой на станках. Важным качеством шатуна в двигателе внутреннего сгорания является высокий предел текучести при сжатии, поскольку такой шатун подвергается нагрузкам сжатия в три раза большим, чем нагрузки растяжения.

Другим важным свойством материала является его обрабатываемость на станке, поскольку отверстия и резьбовые нарезки должны быть сделаны на станках для того, чтобы присоединить нижние головки после установки на место. Однако изготовление шатуна является областью применения с очень большим объемом, сильно зависящим от цены, с жесткими требованиями к рабочей характеристике, конструкции и долговечности. Поэтому крайне желательны материалы или способы, которые обеспечат низкие затраты.

Документы US 3901661, US 4069044, US 4266974, US 5605559, US 6348080 и WO 03/106079 описывают порошки, содержащие молибден. Когда для изготовления пресованных и спеченных деталей использовали порошок, предварительно легированный молибденом, в спеченной детали легко образовывался бейнит. В частности, при использовании порошков, имеющих низкое содержание молибдена, образовавшийся бейнит является крупнозернистым, ухудшая обрабатываемость на станках, что является особо проблематичным для шатунов, где желательна хорошая обрабатываемость. К тому же молибден в качестве легирующего материала очень дорог.

Однако в US 5605559 была получена микроструктура мелкозернистого перлита с легированным Мо порошком путем поддержания очень низкого содержания Mn. Было показано, что Мо улучшает прочность стали путем упрочнения при образовании твердого раствора и упрочнения дисперсными частицами карбида Мо и подобного. Однако, когда содержание Мо меньше, чем примерно 0,1% масс., его влияние невелико. Mn улучшает прочность прошедшего термическую обработку материала за счет повышения его способности к упрочнению. Однако, когда содержание Mn превышает примерно 0,08% масс., на поверхности легированных стальных порошков образуется оксид, так что прессуемость снижается, а способность к упрочнению повышается за пределы желаемого уровня. Следовательно, образуется крупнозернистая поверхностная бейнитная структура, и прочность понижается. Однако поддержание низкого содержания Mn может оказаться дорогим, в особенности при использовании в производстве дешевого стального лома, поскольку стальной лом часто содержит 0,1% масс. и более Mn. Таким образом, полученный согласно этим рекомендациям порошок будет сравнительно дорогим из-за низкого содержания Mn и стоимости Мо.

US 2003/0033904, US 2003/0196511 и US 2006/086204 описывают порошки, используемые для изготовления порошковых кованных шатунов. Порошки содержат предварительно легированные порошки на основе железа, содержащие марганец и серу, смешанные с медным порошком и графитом. US 2006/086204 описывает шатун, изготовленный из смеси железного порошка, графита, сульфида марганца и медного порошка. Наиболее высокая величина предела текучести при сжатии, 775 МПа, была получена для материала, имеющего 3% масс. Си и 0,7% масс. графита. Соответствующее значение твердости составляло 34,7 HRC (по шкале Роквелла), что соответствует примерно 340 HV1. Снижение содержания меди и углерода будет также приводить к пониженному пределу текучести при сжатии и твердости.

Целью изобретения является предложить легированный порошок на основе железа, пригодный для изготовления порошковых кованных деталей, таких как шатуны, практически не содержащий дорогих легирующих элементов, таких как молибден и никель.

Следующая цель изобретения - предложить низколегированный стальной порошок, пригодный для изготовления порошковых кованных деталей, имеющих главным

образом перлитно-ферритную структуру.

Другой целью изобретения является предложить порошок, способный образовывать порошковые кованные детали, имеющие высокий предел текучести при сжатии (CYS), выше 820 МПа, в сочетании с твердостью самое большее 380 HV1, предпочтительно ниже 360 HV1, что позволяет порошковой кованой детали легко обрабатываться на станках, будучи еще достаточно прочной.

Другой целью изобретения является предложить порошковую кованую деталь, предпочтительно шатун, имеющую вышеупомянутые свойства.

По меньшей мере одна из этих целей достигается посредством:

распыленного водой низколегированного стального порошка, который включает (в % масс.): 0,2-1,5% Cr; 0,05-0,4% V; 0,09-0,6% Mn; менее 0,1% Mo; менее 0,1% Ni; менее 0,2% Cu; менее 0,1% C; менее 0,25% O; менее 0,5% неизбежных примесей, где

остальное по балансу представляет железо; композиции на основе стального порошка, имеющего в % масс. от композиции: 0,35-1,0% C в форме графита, 0,05-2% смазочного вещества, необязательно 0-4% Cu в форме медного порошка и, необязательно, твердофазные материалы и агенты, улучшающие обрабатываемость;

способа изготовления спеченной и необязательно кованой порошковой детали, включающего стадии

а) приготовления композиции стального порошка на основе железа, указанной выше;

б) прессовки композиции под давлением между 400 и 2000 МПа;

в) спекания полученной свежеспрессованной детали в восстановительной атмосфере при температуре между 1000 и 1400°C; и

д) необязательноковки горячей детали при температуре выше 500°C или термообработки полученной спеченной детали;

детали, изготовленной из композиции.

Стальной порошок имеет низкие и заданные содержания хрома, марганца и ванадия и практически не содержит молибден и никель, и было показано, что он способен обеспечить изготовление детали, которая имеет предел текучести при сжатии выше 820 МПа в сочетании с величиной твердости ниже 380 HV1.

Подробное описание изобретения

Приготовление легированного стального порошка на основе железа

Стальной порошок готовили путем распыления водой (атомизации) расплава стали, содержащего заданные количества легирующих элементов. Распыленный порошок далее подвергали процессу восстановительного отжига, такому, который описан в US 6027544; введенным в описание настоящей ссылкой. Размер частиц стального порошка может быть любым до тех пор, пока это совместимо с процессами прессовки и спекания иликовки порошка. Примером подходящего размера частиц является размер частиц известного порошка ABC100.30, доступного от Högabás AB, Швеция, имеющего около 10% масс. частиц размером выше 150 мкм и около 20% масс. частиц размером ниже 45 мкм.

Содержимое стального порошка

Хром служит для того, чтобы упрочнить матрицу посредством упрочнения при образовании твердого раствора. Кроме того, хром будет повышать способность к упрочнению, стойкость к окислению и сопротивление истиранию спеченной детали. Содержание хрома выше 1,5% масс. будет, однако, снижать прессуемость стального порошка и делать образование ферритно-перлитной микроструктуры более

затруднительным. Предпочтительно с точки зрения прессуемости верхний предел содержания составляет примерно 1,2% масс.

Марганец, как и хром, будет повышать прочность, твердость и способность к упрочнению стального порошка. Кроме того, если содержание марганца является
5 слишком низким, невозможно использовать дешевый возвратный лом, если только не проведена специальная обработка для восстановления во время изготовления стали, что увеличивает затраты. Поэтому содержание марганца должно быть не ниже 0,09% масс., и предпочтительно выше 0,1% масс., еще более предпочтительно выше 0,15%
10 масс. Содержание Mn выше 0,6% масс будет увеличивать образование марганецсодержащих включений в стальном порошке и будет также оказывать отрицательное влияние на прессуемость вследствие упрочнения за счет образования твердого раствора и повышенной твердости феррита.

Однако наличие высокого содержания и марганца, и хрома делает более трудным и
15 дорогим снижение содержания кислорода до низкого уровня путем отжига. Поэтому согласно одному осуществлению содержание марганца составляет самое большее 0,3% масс, когда содержание хрома составляет более 0,6% масс.

При наличии более низкого содержания хрома нижний предел содержания
20 марганца может быть задан несколько более высоким для того, чтобы повысить прочность, твердость и способность к упрочнению стального порошка. Так, согласно другому осуществлению, содержание Mn находится между 0,2 и 0,6% масс., когда содержание хрома находится между 0,2 и 0,6% масс.

Ванадий повышает прочность за счет дисперсионного упрочнения. Ванадий также
25 обладает понижающим размер зерна воздействием и считается в этом контексте вносящим вклад в образование желаемой мелкозернистой перлитно-ферритной микроструктуры. При содержании ванадия выше 0,4% масс размер выкристаллизовавшихся образований карбида и нитрида ванадия возрастает, тем
30 самым ухудшая характеристики порошка. Содержание ниже 0,05% масс будет оказывать незначительное воздействие на желаемые свойства.

В одном осуществлении содержание ванадия составляет 0,05-0,20% масс.,
содержание хрома составляет 0,2-0,6% масс. и содержание марганца составляет 0,2-
35 0,6% масс. Наличие низкого содержания ванадия и хрома обеспечивает низкую стоимость порошка.

Кислород составляет предпочтительно самое большее 0,25% масс., слишком
высокое содержание кислорода ухудшает прочность спеченной и, необязательно,
кованой детали и ухудшает прессуемость порошка. По этим причинам O
40 предпочтительно составляет самое большее 0,18% масс.

Никеля должно быть меньше, чем 0,1% масс., а меди меньше 0,2% масс.

Молибдена должно быть меньше, чем 0,1% масс. для того, чтобы предотвратить
образование бейнита, а также сохранять низкую стоимость, поскольку молибден
является очень дорогим легирующим элементом.

Углерода в стальном порошке должно быть самое большее 0,1% масс., а азота -
45 самое большее 0,1% масс. Более высокое содержание будет недопустимо снижать прессуемость порошка.

Суммарное количество неизбежных примесей, таких как фосфор, кремний,
50 алюминий и подобное, должно быть меньше, чем 0,5% масс., предпочтительно меньше 0,3% масс., для того, чтобы не ухудшать прессуемость стального порошка или не действовать как предшественники вредных включений.

Состав порошка

Перед прессованием стальной порошок на основе железа смешивают с графитом и смазочными материалами, необязательно, с медным порошком и, необязательно, с твердофазными материалами и агентами, улучшающими способность к механической обработке.

5 Для того, чтобы улучшить прочность и твердость спеченной детали, в матрицу вводят углерод. Углерод, С, добавляют в виде графита в количестве между 0,35 и 1,0% от массы композиции. Количество С, меньшее чем 0,35% масс., будет приводить к слишком низкой прочности, а количество С выше 1,0% масс будет приводить к
10 избыточному образованию карбидов, приводя к высокой твердости и ухудшая свойство механической обрабатываемости. Если после спекания иликовки деталь должна быть подвергнута термической обработке согласно способу термической обработки, включающему цементацию, количество добавленного графита может быть
15 ниже, чем 0,35% масс. Смазочные материалы добавляют в композицию для того, чтобы облегчить прессование и извлечение прессованной детали. Добавление менее чем 0,05% от массы композиции смазочных материалов будет оказывать незначительный эффект, а добавление выше 2% от массы композиции приведет в результате к слишком низкой плотности спрессованного объекта. Смазочные
20 материалы могут быть выбраны из группы стеаратов металлов, восков, жирных кислот и их производных, олигомеров, полимеров и других органических веществ, имеющих смазывающий эффект.

Медь, Си, является обычно используемым легирующим элементом в методах порошковой металлургии. Си улучшает прочность и твердость путем упрочнения за
25 счет образования твердого раствора. Си также облегчает образование участков спекания во время спекания, поскольку медь плавится до того, как будет достигнута температура спекания, обеспечивая так называемое жидкофазное спекание, которое является более быстрым, чем спекание в твердом состоянии. В частности, когда
30 имеется более низкое содержание Сг в стальном порошке на основе железа, между 0,2 и 0,6% масс., порошок предпочтительно смешивают с Си или диффузионно соединяют с Си предпочтительно в количестве 2-4% масс. Си для того, чтобы компенсировать пониженное влияние Сг, т.е. чтобы достичь предел текучести при сжатии (CYS) выше 820 МПа, более предпочтительно количество Си составляет 2,5-4% масс. Однако
35 порошок может быть или может не быть смешан с Си или диффузионно связан с Си, когда количество Сг выше 0,6% масс.

Могут быть добавлены другие вещества и твердофазные материалы и улучшающие механическую обрабатываемость агенты, такие как MnS, MoS₂, CaF₂, различные виды минералов и подобное.

40 Спекание

Порошковую композицию на основе железа переносят в форму и подвергают прессованию под давлением около 400-2000 МПа до плотности свежеспрессованной
45 детали выше, чем примерно 6,75 г/см³. Полученную деталь далее подвергают спеканию в восстановительной атмосфере при температуре около 1000-1400°C, предпочтительно между примерно 1100 и 1300°C.

Обработка после спекания

50 Спеченная деталь может быть подвергнута операцииковки для того, чтобы достичь полной плотности. Операцияковки может быть проведена или сразу после операции спекания, когда температура детали составляет примерно 500-1400°C, или после охлаждения спеченной детали; тогда остывшую деталь повторно нагревают до температуры примерно 500-1400°C перед операциейковки.

Спеченная или ковая деталь может быть также подвергнута процессу упрочнения для получения желаемой микроструктуры путем термической обработки при регулируемой скорости охлаждения. Процесс упрочнения может включать известные процессы, такие как цементация, азотирование, высокочастотная закалка и подобное.

5 В случае, когда термическая обработка включает науглероживание, количество добавленного графита может быть меньше, чем 0,35%.

Могут быть использованы другие типы обработки после спекания, такие как поверхностная прокатка или дробеструйное упрочнение, которые вводят

10 уплотняющие остаточные напряжения, улучшающие усталостную долговечность.

Свойства готовой детали

В отличие от ферритно-перлитной структуры, получаемой, когда спеченные детали основаны на технике ПМ (порошковой металлургии) и, в особенности, на ковке порошка обычно используемой системы железо-медь-углерод,

15 легированный стальной порошок согласно настоящему изобретению разработан для получения более тонкой (мелкозернистой) ферритно-перлитной структуры.

Без желания быть связанными какой-либо конкретной теорией, считается, что эта более тонкая ферритно-перлитная структура способствует более высокому пределу текучести при сжатии по сравнению с материалами, полученными из системы железо-медь-углерод, при таком же уровне твердости. Требование повышенного предела текучести при сжатии было особо четко сформулировано для шатунов, таких как

20 порошковые кованые шатуны. В то же время должно быть возможно обрабатывать материал шатуна на станках экономичным образом, поэтому твердость материала не

25 должна повышаться. Настоящее изобретение предлагает новый материал, имеющий повышенный предел текучести при сжатии, выше 820 МПа, в сочетании со значением твердости ниже 380 HV1, предпочтительно ниже 360 HV1.

Примеры

30 Различные предварительно легированные стальные порошки на основе железа были получены распылением водой расплавов стали. Полученные сырые порошки далее отжигали в восстановительной атмосфере, затем следовал процесс мягкого измельчения для того, чтобы разрушить лепешку спекшегося порошка. Размеры частиц порошков были менее 150 мкм. Таблица 1 показывает химический состав

35 различных порошков.

Таблица 1							
Порошок	Cr (%)	Mn (%)	V (%)	C (%)	O (%)	N (%)	S (%)
A	0,72	0,09	0,16	0,003	0,11	0,003	0,001
B	0,87	0,11	0,27	0,003	0,08	0,006	0,001
D	1,14	0,17	0,20	0,010	0,11	0,004	0,001
F	0,35	0,35	0,10	0,004	0,15	0,001	0,002
G	0,25	0,55	0,06	0,002	0,06	0,001	0,001
H	1,18	0,17	0,38	0,003	0,14	0,002	0,001
I	0,29	0,19	0,11	0,002	0,08	0,001	0,001
J	0,31	0,35	0,10	0,004	0,15	0,001	0,002
Ср.1	-	-	-	Н.Д.	Н.Д.	Н.Д.	Н.Д.
Ср.2	-	-	-	Н.Д.	Н.Д.	Н.Д.	Н.Д.
Ср.3	0,25	0,25	-	Н.Д.	Н.Д.	Н.Д.	Н.Д.

45 Таблица 1 показывает химический состав порошков А-J и сравнительных порошков Ср.1-3.

Полученные стальные порошки А-J смешивали с графитом 1651 от Asbury, США,

согласно количествам, указанным в таблице 2, и с 0,8% масс. Amide Wax PM, доступного от Höganäs AB, Швеция. К некоторым композициям добавляли медный порошок Cu-165 от A Cu Powder, США согласно количествам, указанным в таблице 2.

В качестве сравнительных композиций были приготовлены две композиции железо-медь-углерод, Ср. 1 и Ср. 2, на основе железного порошка АНС100.29, доступного от Höganäs AB, Швеция, и графита и меди такого же качества согласно количествам, указанным в таблице 2. Далее, к композициям Ср. 1 и Ср. 2, соответственно, добавляли 0,8% масс. Amide Wax PM, доступного от Höganäs AB, Швеция. Другая сравнительная композиция, Ср. 3, была приготовлена на основе порошка низколегированной Cr-Mn стали, содержащей 0,25% масс. и 0,25% масс. марганца, смешанного с медью и графитом такого же качества согласно количествам, указанным в таблице 2, и с 0,8% масс. Amide Wax PM в качестве смазочного материала.

Полученные порошковые композиции переносили в штамп и спрессовывали, чтобы получить свежеспрессованную деталь, при давлении прессования 490 МПа. Спрессованные заготовки деталей помещали в печь с температурой 1120°C и восстановительной атмосферой на примерно 40 минут. Спеченные и горячие детали вынимали из печи и немедленно после этого ковали в закрытой полости до полного уплотнения. После процессаковки деталям давали остыть на воздухе.

Кованые детали обрабатывали механически для приготовления образцов для оценки предела текучести при сжатии согласно ASTM E9-89с и испытывали на предел текучести при сжатии (CYS), согласно ASTM E9-89с.

Твердость, HV1, определяли для тех же деталей согласно EN ISO 6507-1, а химические анализы на содержание меди, углерода и кислорода проводили на образцах для оценки предела текучести при сжатии.

Следующая таблица 2 показывает количество графита, добавленного к композиции до изготовления испытываемых образцов. Она также показывает химические анализы испытываемых образцов на С, О и Cu. Проанализированные количества Cu в испытываемых образцах соответствуют количеству подмешанного в композицию Cu-порошка. Содержание Cu не определяли анализом для испытываемых образцов на основе композиций без подмешанной Cu. Таблица также показывает результаты испытаний образцов на предел текучести при сжатии и твердость. Порошковые композиции D1 и D2 состоят из порошка D, смешанного, соответственно, с 0,45 и 0,55% масс. графита. Порошковые композиции B1 и B2 состоят из порошка B, смешанного, соответственно, с 0,3 и 0,5% масс. графита.

Порошковая композиция	Добавленный графит (%)	Cu (%)	C (%)	O (%)	Предел текучести при сжатии (МПа)	Твердость HV1
A	0,6	Н.Д.	0,55	0,06	822	352
B1	0,5	Н.Д.	0,45	0,05	886	371
B2	0,3	Н.Д.	0,27	0,05	640	249
D1	0,45	Н.Д.	0,41	0,06	840	333
D2	0,55	Н.Д.	0,51	0,05	920	357
F	0,6	3,28	0,53	0,08	852	333
G	0,6	3,5	0,55	0,03	882	372
H	0,4	Н.Д.	0,35	0,09	883	350
I	0,6	Н.Д.	0,51	0,06	578	266
J	0,6	1,9	0,52	0,09	660	288
Ср.1	0,6	3,0	0,54	0,04	711	325
Ср.2	0,7	3,0	0,65	0,03	769	352

Ср.3	0,7	3,32	0,62	0,03	733	339
------	-----	------	------	------	-----	-----

Таблица 2 показывает количество добавленного графита и определенное анализом содержание С, О и Сu в приготовленных образцах, а также результаты испытаний на предел текучести при сжатии и HV1.

Все образцы, приготовленные из композиций А, В1, D1, D2, F, G и H, показывают достаточную величину предела текучести при сжатии, выше 820 МПа в сочетании с величиной твердости, ниже 380 HV1.

Образцы, приготовленные из композиций Ср. 1, 2 и 3, показывают слишком низкий предел текучести при сжатии, несмотря на относительно высокое содержание углерода и меди. Дальнейшее повышение содержания углерода и меди может дать достаточный предел текучести при сжатии, но прочность станет слишком высокой.

Образцы, приготовленные из композиций порошков I и J, показывают слишком низкий предел текучести при сжатии, композиция порошка I - из-за того, что не была добавлена медь, а композиция порошка J - из-за того, что содержание меди было слишком низким. Увеличение количества подмешанной меди будет повышать предел текучести при сжатии, в то же время сохраняя твердость ниже 380 HV1, как показано композициями F и G.

Образец, приготовленный из композиции В1, также показывает слишком низкий предел текучести при сжатии вследствие относительно низкого содержания углерода. Увеличение количества подмешанного графита будет повышать предел текучести при сжатии, в то же время сохраняя твердость ниже 380 HV1, как показано композицией В2.

Формула изобретения

1. Распыленный водой предварительно легированный стальной порошок на основе железа, который включает, мас. %:

- 0,2-1,5% Cr;
- 0,05-0,4% V;
- 0,09-0,6% Mn;
- менее 0,1% Mo;
- менее 0,1% Ni;
- менее 0,2% Cu;
- менее 0,1% C;
- менее 0,25% O;
- менее 0,5% неизбежных примесей,
- железо - остальное.

2. Порошок по п.1, в котором содержание Cr находится в интервале 0,2-1,2 мас. %.

3. Порошок по п.1, в котором содержание Mn составляет более 0,1 мас. %, предпочтительно более 0,15 мас. %.

4. Порошок по любому из пп.1-3, в котором содержание Cr находится в интервале 0,6-1,2 мас. %.

5. Порошок по п.4, в котором содержание Mn находится в интервале 0,1-0,3 мас. %.

6. Порошок по любому из пп.1-3, в котором содержание Cr находится в интервале 0,2-0,6 мас. %.

7. Порошок по п.6, в котором содержание Mn находится в интервале 0,2-0,6 мас. %.

8. Порошок по п.6, в котором содержание V ниже, чем 0,2 мас. %.

9. Порошок по п.7, в котором содержание V ниже, чем 0,2 мас. %.

10. Порошковая композиция на основе железа, включающая стальной порошок по

любому из пп.1-9, смешанный с 0,35-1,0 мас.% композиции графита, с 0,05-2,0 мас.% композиции смазочных веществ, необязательно с примешанной медью в количестве до 4 мас.% и необязательно с твердофазными материалами и агентами, улучшающими обрабатываемость.

5 11. Порошковая композиция по п.10, в которой в стальном порошке содержание Cr составляет 0,6-1,2 мас.%, содержание Mn составляет 0,1-0,3 мас.%, причем содержание примешанной меди в композиции равно нулю.

12. Порошковая композиция по п.10, в которой в стальном порошке содержание Cr 10 составляет 0,2-0,6 мас.%, содержание V составляет 0,05-0,2 мас.%, содержание Mn составляет 0,2-0,6 мас.%, причем композиция содержит примешанную Cu в количестве 2-4 мас.%.

13. Способ изготовления спеченной порошковой детали, включающий стадии:

- 15 а) приготовления порошковой композиции на основе железа, включающей стальной порошок, по любому из пп.10-12;
- б) прессования композиции под давлением между 400 и 2000 МПа;
- в) спекания полученной свежеспрессованной детали в восстановительной атмосфере при температуре между 1000 и 1400°C; и
- 20 д) при необходимостиковки горячей детали при температуре выше 500°C или термической обработки полученной спеченной детали.

14. Порошковая ковкая деталь, изготовленная из порошковой композиции на основе железа по любому из пп.10-12.

25 15. Деталь по п.14, причем деталь имеет в основном перлитно-ферритную микроструктуру.

16. Деталь по п.14 или 15, причем деталью является шатун.

17. Деталь по п.14, причем деталь имеет предел текучести при сжатии выше 820 МПа в сочетании с величиной твердости по Виккерсу самое большее 380 HV1.

30

35

40

45

50