

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043020**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.04.19

(21) Номер заявки
202191412

(22) Дата подачи заявки
2019.12.19

(51) Int. Cl. **C21D 6/00** (2006.01)
C21D 7/02 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01)
C22C 38/42 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01)
C22C 38/46 (2006.01)
C22C 38/48 (2006.01)
C22C 38/50 (2006.01)
C22C 38/52 (2006.01)
C22C 38/54 (2006.01)
C22C 38/58 (2006.01)
C22C 1/04 (2006.01)
C21D 7/10 (2006.01)

(54) СУПЕРАУСТЕНИТНЫЙ МАТЕРИАЛ

(31) **10 2018 133 255.6**

(32) **2018.12.20**

(33) **DE**

(43) **2021.09.28**

(86) **PCT/EP2019/086384**

(87) **WO 2020/127788 2020.06.25**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ФЁСТАЛЬПИНЕ БЁЛЕР
ЭДЕЛЬШТАЛЬ ГМБХ & КО КГ (АТ)**

(72) Изобретатель:

Флух Райнер, Кеплингер Андреас (АТ)

(74) Представитель:

**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)**

(56) EP-A2-1577414
JP-A-H09279315
US-B2-9803267
EP-A2-2794949
DE-C1-3837457

(57) Супераустенитный материал, состоящий из сплава со следующими компонентами, где все значения выражены в мас.% (элементы): углерод (C): 0,01-0,25; кремний (Si): <0,5; марганец (Mn): 3,0-8,0; фосфор (P): <0,05; сера (S): <0,005; железо (Fe): остальное; хром (Cr): 24,0-30,0; молибден (Mo): 2,0-4,0; никель (Ni): 12,0-16,0; ванадий (V): <0,5; вольфрам (W): <0,5; медь (Cu): <0,5; кобальт (Co): <5,0; титан (Ti): <0,1; алюминий (Al): <0,2; ниобий (Nb): <0,1; бор (B): <0,01; азот (N): 0,50-0,90, причем указанный материал получен посредством вторичной металлургической обработки расплавленного металла, литья с получением блоков, горячей штамповки сразу после литья и холодной штамповки, причем после стадии холодной штамповки, выполненной после стадии горячей штамповки, ударная работа стержня с надрезом при комнатной температуре в продольном направлении A_v составляет >300 Дж, а значение прочности на растяжение R_m >2000 МПа.

B1**043020****043020****B1**

Изобретение относится к супераустенитному материалу и способу его получения.

Материал этого типа используют, например, в конструкциях химических установок, в морских условиях или в технологиях добычи нефти и газа.

Одно из требований к материалам этого типа состоит в том, что они также должны противостоять коррозии, в частности коррозии в средах с высокими концентрациями хлоридов.

Такие материалы известны, например, из CN 107876562 A, CN 104195446 A или DE 4342188.

В EP 1069202 A1 раскрыта парамагнитная коррозионностойкая аустенитная сталь с высоким пределом текучести, прочностью и ударной вязкостью, которая должна быть коррозионностойкой, особенно в средах с высокой концентрацией хлоридов; эта сталь должна содержать от 0,6 до 1,4 мас.% азота и от 17 до 24 мас.% хрома, а также марганец и азот.

В WO 02/02837 A1 раскрыт коррозионностойкий материал для использования в средах с высокой концентрацией хлоридов в нефтепромысловых технологиях. В данном случае это хромоникельмолибденовый супераустенит, который имеет сравнительно низкие концентрации азота, но очень высокие концентрации хрома и очень высокие концентрации никеля.

По сравнению с ранее указанными хромомарганцево-азотными сталями эти хромоникельмолибденовые стали обычно обладают еще лучшими коррозионными свойствами.

В общем хромомарганцево-азотные стали представляют собой довольно недорогой состав сплава, который тем не менее предлагает выдающееся сочетание прочности, ударной вязкости и коррозионной стойкости. Вышеуказанные хромоникельмолибденовые стали обеспечивают значительно более высокую коррозионную стойкость, чем хромомарганцево-азотные стали, но влекут за собой значительно более высокие затраты из-за очень высокого содержания никеля.

Характерные значения коррозионной стойкости включают, среди прочего, так называемое значение $PREN_{16}$; также принято определять так называемое число точечного эквивалента с помощью MARC; супераустенит идентифицируется как имеющий $PREN_{16} \alpha > 42$, где

$$PREN = \% Cr + 3,3 \times \% Mo + 16 \times \% N$$

Известная формула MARC для описания сопротивления точечной коррозии для сталей этого типа следующая:

$$MARC = \% Cr + 3,3 \times \% Mo + 20 \times \% N + 20 \times \% C - 0,25 \times \% Ni - 0,5 \times \% Mn$$

Сопоставимые марки стали также используют в качестве сталей для судостроения для подводных лодок; в данном случае это хромоникельмарганцево азотные стали, которые также легированы ниобием для стабилизации углерода, но это снижает ударную вязкость, определяемую при испытании образца с надрезом. В основном эти стали содержат меньше марганца и, как следствие, имеют относительно хорошую коррозионную стойкость, но они еще не достигают прочности марок для утяжеленных буровых труб.

Известные супераустенитные стали обычно имеют концентрацию молибдена $> 4\%$ для достижения высокой коррозионной стойкости. Но молибден увеличивает склонность к ликвации и таким образом вызывает повышенную восприимчивость к осаждению (особенно сигма- или хи-фаз), что приводит к тому, что эти сплавы требуют гомогенизационного отжига, а при значениях выше 6% молибдена требуется переплав для уменьшения ликвации.

Целью изобретения является получение супераустенитного, высокопрочного и ударновязкого материала, который может быть получен сравнительно простым и недорогим способом.

Цели достигают с помощью материала, имеющего признаки п.1 формулы изобретения. Предпочтительные воплощения раскрыты в зависимых пунктах формулы изобретения.

Другой целью изобретения является создание способа получения материала.

Цели достигают с помощью признаков п.13 формулы изобретения. В зависимых пунктах формулы изобретения раскрыты предпочтительные воплощения.

Когда ниже приведены значения в процентах, они всегда выражены в мас.% (в процентах по массе).

Согласно изобретению материал предназначен для использования в производстве измерительных приборов и, в частности, в часовой промышленности, в частности, в корпусах для высокочувствительных измерительных устройств и для приводов с несущей винт осью, насосов, гибких труб, проводов, в химической промышленности, строительстве заводов и очистных сооружений для морской воды, и материалы должны иметь полностью аустенитную структуру даже после возможной холодной штамповки; и после деформационного упрочнения предел текучести составлять $R_{p0,2} > 1000$ МПа.

Сплав согласно изобретению, в частности, содержит следующие элементы:

Элементы	Предпочтительно	Более предпочтительно
Углерод (C)	0,01 - 0,25	0,01 - 0,20
Кремний (Si)	< 0,5	< 0,5
Марганец (Mn)	3,0 - 8,0	4,0 - 7,0
Фосфор (P)	< 0,05	< 0,05
Сера (S)	< 0,005	< 0,005
Железо (Fe)	остальное	остальное
Хром (Cr)	23,0 - 30,0	24,0 - 28,0
Молибден (Mo)	2,0 - 4,0	2,5 - 3,5
Никель (Ni)	10,0 - 16,0	12,0 - 15,5
Ванадий (V)	< 0,5	< 0,3
Вольфрам (W)	< 0,5	< 0,1
Медь (Cu)	< 0,5	< 0,15
Кобальт (Co)	< 5,0	< 0,5
Титан (Ti)	< 0,1	< 0,05
Алюминий (Al)	< 0,2	< 0,1
Ниобий (Nb)	< 0,1	< 0,025
Бор (B)	< 0,01	< 0,005
Азот (N)	0,50 - 0,90	0,52 - 0,85

В таком сплаве неожиданным образом сочетаются положительные свойства различных известных марок стали.

По существу сталь согласно изобретению должна существовать в состоянии без осажженных фаз, поскольку осажженные фазы отрицательно влияют на ударную вязкость и коррозионную стойкость.

После стадии горячей штамповки, которой был подвергнут литой блок, предел текучести составляет $R_{p0,2} > 450$ МПа и может легко достигать значений > 500 МПа; работа удара стержня с надрезом при 20°C превышает 350 Дж и даже достигает значений до 440 Дж.

После деформационного упрочнения предел текучести достоверно составляет $R_{p0,2} > 1000$ МПа, и опыт показал, что достигаются значения до 1100 МПа; после деформационного упрочнения работа удара стержня с надрезом при 20°C достоверно превышает 80 Дж, и опыт показывает, что достигают значений 200 Дж.

Работу удара стержня с надрезом определяли в соответствии с DIN EN ISO 148-1.

Это выдающееся сочетание прочности и ударной вязкости было недостижимо ранее и также не ожидалось, и его достигают благодаря особому состоянию легирования согласно изобретению, которое дает этот синергетический эффект.

Согласно изобретению можно достичь значений произведения прочности на разрыв R_m на ударную вязкость KV стержня с надрезом, которые превышают 100000 МПа·Дж, предпочтительно > 200000 МПа·Дж и особенно предпочтительно > 300000 МПа·Дж.

Совершенно неожиданно было обнаружено, что для сплава согласно изобретению может быть установлено очень высокое значение азота, что очень хорошо для прочности; эти значения азота неожиданно выше, чем те, которые указаны как возможные в технической литературе. Согласно эмпирическим методам, высокие концентрации азота сплава по настоящему изобретению были вообще невозможны.

Соответствующие элементы подробно описаны ниже в сочетании с другими компонентами сплава, где это уместно. Все указания, относящиеся к составу сплава, выражены в процентах по массе (мас.%). Верхний и нижний пределы отдельных элементов сплава можно свободно комбинировать друг с другом в пределах формулы изобретения.

Углерод может присутствовать в стальном сплаве согласно изобретению в концентрациях вплоть до 0,25%. Углерод является промотором аустенита и обладает благоприятным действием в отношении высоких значений механических характеристик. Что касается предотвращения осаждения карбида, содержание углерода должно быть установлено в пределах от 0,01 до 0,20 мас.%, предпочтительно от 0,01 до 0,10 мас.%.

Кремний обеспечивают в концентрации вплоть до 0,5%, и в основном он служит для раскисления стали. Указанный верхний предел надежно предотвращает образование интерметаллических фаз. Поскольку кремний также является промотором феррита, в этом отношении верхний предел также выбирают в диапазоне безопасности. В частности, кремний может быть представлен в концентрациях от 0,1 до 0,3 мас.%.

Марганец присутствует в концентрациях 3-8 мас.%. По сравнению с материалами согласно предше-

ствующему уровню техники это чрезвычайно низкое значение. До настоящего времени предполагалось, что для высокой растворимости азота требуются концентрации марганца более 19 мас.%, предпочтительно более 20 мас.%. В случае сплава по настоящему изобретению неожиданно оказалось, что даже при низких концентрациях марганца согласно изобретению достигается растворимость азота, которая выше, чем это возможно согласно преобладающему мнению среди экспертов. Кроме того, до настоящего времени предполагалось, что хорошая коррозионная стойкость сопровождается очень высокими концентрациями марганца, но в соответствии с изобретением оказалось, что из-за необъяснимых синергетических эффектов в этом явно нет необходимости для сплава по настоящему изобретению. Нижним пределом для марганца можно выбрать 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 или 5,0%. Верхним пределом для марганца можно выбрать 6,0; 6,5; 7,0; 7,5 или 8,0%.

В концентрациях 17% и более хром оказывается необходимым для более высокой коррозионной стойкости. Согласно изобретению, хром присутствует в концентрации не менее 23% и не более 30%. До настоящего времени предполагалось, что концентрации выше 24 мас.% оказывают неблагоприятное влияние на магнитную проницаемость, поскольку хром является одним из стабилизирующих феррит элементов. Напротив, в сплаве согласно изобретению было определено, что даже очень высокие концентрации хрома, превышающие 23%, не влияют отрицательно на магнитную проницаемость в настоящем сплаве, а вместо этого, как известно, влияют на стойкость к точечной коррозии и коррозии под напряжением оптимальным образом. Нижним пределом для хрома можно выбрать 23, 24, 25 или 26%. Верхним пределом для хрома можно выбрать 28, 29 или 30.

Молибден представляет собой элемент, который вносит значительный вклад в коррозионную стойкость в целом и в стойкость к точечной коррозии в частности; эффект молибдена усиливается никелем. Согласно изобретению добавляют от 2,0 до 4,0 мас.% молибдена. Нижним пределом для молибдена можно выбрать 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4 или 2,5%. Верхним пределом для молибдена можно выбрать 3,5; 3,6; 3,7; 3,8; 3,9 или 4,0%. Более высокие концентрации молибдена приводят к тому, что ЭШП становится абсолютно необходимым, чтобы предотвратить возникновение ликвации. Операции переплава являются очень сложными и дорогостоящими. По этой причине маршрутов ЭПШД или ЭПШ согласно изобретению следует избегать.

Согласно изобретению, вольфрам присутствует в концентрациях менее 0,5% и вносит вклад в повышение коррозионной стойкости. Верхним пределом для вольфрама можно выбрать 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1% или ниже уровня обнаружения (т.е. без любого преднамеренного добавления в сплав).

Согласно изобретению, никель присутствует в концентрациях от 10 до 16%, что обеспечивает высокую стойкость к коррозионному растрескиванию под напряжением в средах, содержащих хлорид. Нижним пределом для никеля можно выбрать 10, 11, 12 или 13%. Верхним пределом для никеля можно выбрать 15, 15,5 или 16%.

Хотя согласно литературным данным, добавление меди к сплаву оказывается полезным для стойкости в серной кислоте, согласно изобретению оказалось, что при значениях $>0,5\%$ медь увеличивает склонность к выделению нитридов хрома, что имеет отрицательное влияние на коррозионные свойства. Согласно изобретению, верхний предел для меди установлен $<0,5\%$, предпочтительно менее 0,15% и наиболее предпочтительно ниже уровня обнаружения.

Кобальт может присутствовать в концентрации вплоть до 5 мас.%, в частности, чтобы заменить никель. Верхним пределом для кобальта можно выбрать 5; 3; 1; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1% или ниже уровня обнаружения (т.е. без какого-либо намеренного добавления в сплав).

Азот в концентрациях от 0,50 до 0,90 мас.% включен для обеспечения высокой прочности. Азот также вносит вклад в коррозионную стойкость и является мощным промотором аустенита, поэтому предпочтительны концентрации более 0,50 мас.%, в частности концентрации более 0,52 мас.% являются предпочтительными. Во избежание азотсодержащих осадков, в частности нитрида хрома, верхний предел азота составляет 0,90%; оказалось, что несмотря на очень низкое содержание марганца в отличие от известных сплавов могут быть достигнуты такие высокие концентрации азота в сплаве. Из-за хорошей растворимости азота, с одной стороны, и недостатков, которые возникают в результате более высоких концентраций азота, в частности, выше 0,90%, увеличение содержания азота под давлением как часть маршрута ЭПШД фактически исключено. Этот маршрут также не нужен благодаря низкому содержанию молибдена в соответствии с изобретением, которое компенсируется с помощью хрома и азота. Особенно предпочтительно, если отношение азота к углероду больше 15. Нижним пределом для азота можно выбрать 0,50; 0,52; 0,54; 0,60 или 0,65%. Верхним пределом для азота можно выбрать 0,80; 0,85 или 0,90%.

Согласно общему уровню техники (V.G. Gavriliuk, H. Berns, "High Nitrogen Steels", p. 264, 1999), аустенитные стали CrNiMn(Mo), которые плавятся при атмосферном давлении, как и стали по изобретению, достигают концентрации азота от 0,2 до 0,5%. Только хроммарганецмолибденовый аустенит достигает концентрации азота от 0,5 до 1%.

Согласно изобретению преимуществом является то, что все же достигают высоких концентраций азота и не требуется увеличения содержания азота под действием давления.

Более того, в качестве дополнительных компонентов сплава могут содержаться бор, алюминий и сера, но они являются только возможными. Настоящий стальной сплав не обязательно содержит компо-

ненты сплава ванадий и титан. Хотя эти элементы действительно вносят положительный вклад в растворимость азота, высокая растворимость азота в соответствии с изобретением может быть обеспечена даже при их отсутствии.

Сплав согласно изобретению не должен содержать ниобий, поскольку он может образовывать осадки, которые снижают ударную вязкость. Исторически ниобий использовали только для связывания углерода, что не является необходимым для сплава согласно изобретению. Концентрации вплоть до 0,1% ниобия по-прежнему допустимы, но они не должны превышать концентрации неизбежных примесей.

Изобретение поясняется на примерах с использованием чертежей.

На фиг. 1 представлена таблица с элементами сплава.

На фиг. 2 показано очень схематическое изображение производственного маршрута и его альтернативных вариантов.

На фиг. 3 представлена таблица с тремя различными сплавами в рамках концепции согласно изобретению и получаемыми фактическими значениями содержания азота по сравнению с теоретической растворимостью азота для такого сплава в соответствии с преобладающим направлением научной мысли.

На фиг. 4 показаны механические свойства образцов по примерам, отмеченным на фиг. 3.

На фиг. 5 показаны сплавы согласно изобретению и области их применения.

Компоненты расплавляют в атмосферных условиях, а затем подвергают вторичной металлургической обработке. Затем отливают блоки, которые сразу после этого подвергают горячей штамповке. В контексте изобретения "сразу после" означает, что не проводят дополнительный процесс переплава, такой как электрошлаковый переплав (ЭШП) или электрошлаковый переплав под давлением (ЭШПД).

Согласно изобретению является преимуществом, если используют следующее соотношение:

$$\text{MARC}_{\text{opt}}: 40 < \text{мас. \% Cr} + 3,3 \times \text{мас. \% Mo} + 20 \times \text{мас. \% C} + 20 \times \text{мас. \% N} - 0,5 \times \text{мас. \% Mn}$$

Формула MARC оптимизирована таким образом, поскольку было обнаружено, что обычное удаление никеля не применимо к системе согласно изобретению и требуется предел 40.

Затем при необходимости выполняют стадии холодной штамповки, при которых происходит деформационное упрочнение, за которым следует механическая обработка, которая, в частности, может быть токарной обработкой, фрезерованием или поверхностной зачисткой.

Согласно одному воплощению горячую штамповку осуществляют за несколько операций стадии.

Согласно еще одному воплощению между операциями стадии горячей штамповки продукт повторно нагревают и после последней операции стадии горячей штамповки, если требуется, осуществляют отжиг на твердый раствор.

Согласно еще одному воплощению после последней операции стадии горячей штамповки и возможного отжига на твердый раствор выполняют стадию холодной штамповки, чтобы достичь, в частности, производства прочности на разрыв R_m на ударную вязкость KV стержня с надрезом более 100000 МПа·Дж.

На фиг. 2 показаны примеры возможных технологических маршрутов для производства состава сплава согласно изобретению. Один из возможных маршрутов описан ниже в качестве примера. В установке вакуумной индукционной плавки (ВИЛ) расплавленный металл одновременно проходит плавку и вторичную металлургическую обработку. Затем расплавленный металл разливают в изложницы, и в них он затвердевает с получением блоков. Затем блоки подвергают горячей штамповке в несколько стадий. Например, их предварительно подвергают ковке на ротационной кузнечно-прессовой машине и доводят до окончательных размеров на многорядном прокатном стане или прокатывают в лист в двухвалковых прокатных клетях. В зависимости от требований также можно выполнять стадию термообработки.

Для дополнительного увеличения прочности также можно выполнять стадию холодной штамповки посредством волочения проволоки.

Супераустенитный материал в соответствии с изобретением может быть получен не только с помощью описанных технологических процессов (в частности, показанных на фиг. 2), преимущественные свойства сплава в соответствии с изобретением также могут быть достигнуты с помощью производственного маршрута с использованием порошковой металлургии.

На фиг. 3 показаны три различных варианта составов сплавов согласно изобретению с соответствующими измеренными значениями азота, которые были получены способом согласно изобретению в связи со сплавами согласно изобретению. Эти очень высокие концентрации азота контрастируют с растворимостью азота, указанной в столбцах справа согласно Stein, Satir, Kowandar, Medovar из "On restricting aspects in the production of non-magnetic Cr-Mn-N-alloy steels", Sailer, 2005. В Medovar указаны разные температуры. Однако ясно, что высокие значения азота намного превышают теоретически ожидаемые значения.

На фиг. 4 три сплава с фиг. 3 получены с использованием способа в соответствии с изобретением и подверглись деформационному упрочнению.

После этого деформационного упрочнения во всех трех материалах $R_{p0,2}$ составлял приблизительно 1000 МПа, а предел прочности на разрыв R_m каждого из них составлял от 1100 до 1250 МПа. Кроме того, работа удара стержня с надрезом была в выдающемся диапазоне от 270 Дж до даже более 300 Дж

(сплав С - 329,5 Дж).

Таким образом, удалось достичь выдающегося сочетания прочности и вязкости; во всех трех примерах произведение $R_m \cdot KV$ составляло более 300000 МПа·Дж.

Это еще более удивительно, поскольку в отношении сплава согласно изобретению был выбран маршрут, который фактически не оправдывает ожидание высокой растворимости азота, особенно потому что содержание марганца, который имеет очень положительное влияние на растворимость азота, резко уменьшено по сравнению с известными соответствующими сплавами.

Таким образом, изобретение имеет то преимущество, что получают аустенитный высокопрочный материал с повышенной коррозионной стойкостью и низким содержанием никеля, который одновременно демонстрирует высокую прочность и парамагнитные свойства. Даже после холодной деформации материал является полностью аустенитным, т.е. не содержащим образованный в результате деформации мартенсит, так что можно было успешно объединить положительные свойства недорогой CrMnNi стали с выдающимися антикоррозийными свойствами CrNiMo стали.

Одним особенным признаком изобретения является то, что из-за высокого содержания азота скорость деформационного упрочнения выше, чем в других супераустенитах, чтобы, таким образом, можно было достичь предела прочности на разрыв (R_m) 2500 МПа. Таким образом, на последней стадии производства можно достичь высокого деформационного упрочнения посредством операций холодной прокатки или других процессов холодной штамповки с высокими скоростями деформации.

Типичными областями применения материалов согласно изобретению являются судостроение, в частности строительство подводных лодок, строительство химических заводов, очистные сооружения для морской воды, бумажная промышленность, винты и болты, гибкие трубы, так называемые кабельные линии, инструменты для заканчивания скважины, пружины, клапаны, гибкие подводные кабели, осевые приводы и насосы. В связи с этим в зависимости от области применения могут быть сделаны небольшие корректировки сплава, которые показаны на фиг. 5.

В частности, в таких областях применения, как винты и болты, гибкие трубы, кабельные линии, гибкие подводные кабели и т.д., в которых требуется очень высокая прочность, прочность может быть увеличена еще больше посредством холодной деформации, как описано выше.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Супераустенитный материал, состоящий из сплава со следующими элементами сплава, где все значения выражены в мас.%, а также с неизбежными примесями: углерод (C): 0,01-0,25; кремний (Si): <0,5; марганец (Mn): 3,0-8,0; фосфор (P): <0,05; сера (S): <0,005; железо (Fe): остальное; хром (Cr): 24,0-30,0; молибден (Mo): 2,0-4,0; никель (Ni): 12,0-16,0; ванадий (V): <0,5; вольфрам (W): <0,5; медь (Cu): <0,5; кобальт (Co): <5,0; титан (Ti): <0,1; алюминий (Al): <0,2; ниобий (Nb): <0,1; бор (B): <0,01; азот (N): 0,50-0,90,

причем указанный материал получен посредством вторичной металлургической обработки расплавленного металла, литья с получением блоков, горячей штамповки сразу после литья и холодной штамповки, и

причем после стадии холодной штамповки, выполненной после стадии горячей штамповки, ударная работа стержня с надрезом при комнатной температуре в продольном направлении A_v составляет >300 Дж, а значение прочности на растяжение $R_m > 2000$ МПа.

2. Материал по п.1, отличающийся тем, что сплав состоит из следующих элементов, а также неизбежных примесей, где все значения выражены в мас.%. углерод (C): 0,01-0,20, предпочтительно 0,01-0,1; кремний (Si): <0,5; марганец (Mn): 4,0-7,0, предпочтительно 5,0-6,0; фосфор (P): <0,05; сера (S): <0,005; железо (Fe): остальное; хром (Cr): 24,0-28,0, предпочтительно 26,0-28,0; молибден (Mo): 2,5-3,5; никель (Ni): 12,0-15,5, предпочтительно 13,0-15,0; ванадий (V): <0,3, предпочтительно ниже уровня обнаружения; вольфрам (W): <0,1, предпочтительно ниже уровня обнаружения; медь (Cu): <0,15, предпочтительно ниже уровня обнаружения; кобальт (Co): <0,5, предпочтительно ниже уровня обнаружения; титан (Ti): <0,05, предпочтительно ниже уровня обнаружения; алюминий (Al): <0,1; ниобий (Nb): <0,025, предпочтительно ниже уровня обнаружения; бор (B): <0,005; азот (N): 0,52-0,80, предпочтительно 0,54-0,80.

3. Материал по п.1 или 2, отличающийся тем, что после стадии горячей штамповки он имеет предел текучести $R_{p0,2} > 500$ МПа.

4. Материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что после холодной штамповки материал является полностью аустенитным, т.е. не содержащим образованный в результате деформации мартенсит.

5. Материал по п.1, отличающийся тем, что содержание марганца имеет верхний предел, составляющий 6,0, 6,5, 7,0, 7,5 или 7,9%, и нижний предел, составляющий 3,1, 3,5, 4,0, 4,5 или 5,0%.

6. Материал по п.1, отличающийся тем, что содержание хрома имеет верхний предел, составляющий 28, 29 или 29,8%, и нижний предел, составляющий 24, 25 или 26%.

7. Материал по п.1, отличающийся тем, что содержание молибдена имеет верхний предел, состав-

ляющий 3,5, 3,6, 3,7, 3,8, 3,9 или 3,95%, и нижний предел, составляющий 2,05, 2,1, 2,2, 2,3, 2,4 или 2,5%.

8. Материал по п.1, отличающийся тем, что содержание никеля имеет верхний предел, составляющий 15, 15,5 или 15,8%, и нижний предел, составляющий 12 или 13%.

9. Материал по п.1, отличающийся тем, что содержание азота имеет верхний предел, составляющий 0,80, 0,85 или 0,88%, и нижний предел, составляющий 0,51, 0,52 или 55%.

10. Материал по п.1, отличающийся тем, что кобальт присутствует в количестве <5, <1, <0,5, <0,4, <0,3, <0,2, <0,1% или ниже предела обнаружения.

11. Материал по п.1, отличающийся тем, что медь присутствует в количестве <0,3, <0,1% или ниже предела обнаружения.

12. Материал по п.1, отличающийся тем, что вольфрам присутствует в количестве <0,5, <0,3, <0,2, <0,1% или ниже предела обнаружения.

13. Способ получения материала по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что сплав, состоящий из следующих элементов, а также неизбежных примесей, где все значения выражены в мас.%; углерод (C): 0,01-0,25; кремний (Si): <0,5; марганец (Mn): 3,0-8,0; фосфор (P): <0,05; сера (S): <0,005; железо (Fe): остальное; хром (Cr): 24,0-30,0; молибден (Mo): 2,0-4,0; никель (Ni): 12,0-16,0; ванадий (V): <0,5; вольфрам (W): <0,5; медь (Cu): <0,5; кобальт (Co): <5,0; титан (Ti): <0,1; алюминий (Al): <0,2; ниобий (Nb): <0,1; бор (B): <0,01; азот (N): 0,50-0,90, расплавляют и затем подвергают вторичной металлургической обработке, после чего полученный сплав отливают с получением блоков и оставляют для затвердевания, немедленно после этого нагревают и подвергают горячей штамповке, при этом продукты подвергают дополнительной холодной штамповке, причем после стадии холодной штамповки, выполненной после стадии горячей штамповки, ударная работа стержня с надрезом при комнатной температуре в продольном направлении A_v составляет >300 Дж, а значение прочности на растяжение R_m >2000 МПа.

14. Способ по п.13, отличающийся тем, что сплав состоит из следующих элементов, а также неизбежных примесей, где все значения выражены в мас.%; углерод (C): 0,01-0,20, предпочтительно 0,01-0,1; кремний (Si): <0,5; марганец (Mn): 4,0-7,0, предпочтительно 5,0-6,0; фосфор (P): <0,05; сера (S): <0,005; железо (Fe): остальное; хром (Cr): 24,0-28,0, предпочтительно 26,0-28,0; молибден (Mo): 2,5-3,5; никель (Ni): 12,0-15,5, предпочтительно 13,0-15,0; ванадий (V): <0,3, предпочтительно ниже уровня обнаружения; вольфрам (W): <0,1, предпочтительно ниже уровня обнаружения; медь (Cu): <0,15, предпочтительно ниже уровня обнаружения; кобальт (Co): <0,5, предпочтительно ниже уровня обнаружения; титан (Ti): <0,05, предпочтительно ниже уровня обнаружения; алюминий (Al): <0,1; ниобий (Nb): <0,025, предпочтительно ниже уровня обнаружения; бор (B): <0,005; азот (N): 0,52-0,80, предпочтительно 0,54-0,80.

15. Способ по п.13 или 14, отличающийся тем, что продукты, полученные после дополнительной холодной штамповки, подвергают последующей механической обработке.

16. Способ по любому из пп.13-15, отличающийся тем, что горячую штамповку осуществляют за несколько операций стадии.

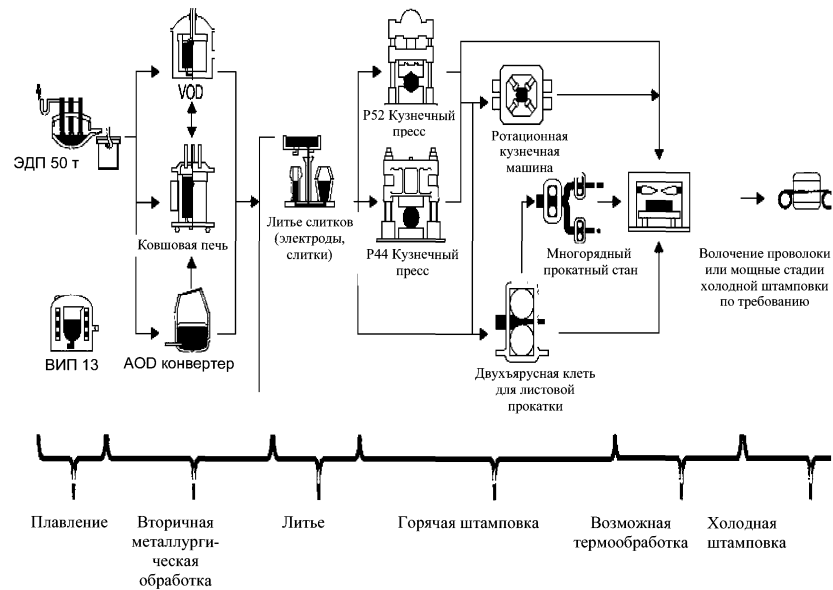
17. Способ по любому из пп.13-16, отличающийся тем, что между операциями стадии горячей штамповки продукт повторно нагревают и после последней операции стадии горячей штамповки, если требуется, осуществляют отжиг на твердый раствор.

18. Способ по любому из пп.13-17, отличающийся тем, что после последней операции стадии горячей штамповки и возможного отжига на твердый раствор выполняют стадию холодной штамповки, чтобы достичь, в частности, произведения прочности на разрыв R_m на ударную вязкость KV стержня с надрезом более 100000 МПа·Дж.

Элементы сплава	Интервал состава	Предпочтительный	Более предпочтительный
Углерод (C)	0,01 - 0,25	0,01 - 0,20	0,01 - 0,10
Кремний (Si)	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Марганец (Mn)	3,0 - 8,0	4,0 - 7,0	5,0 - 6,0
Фосфор (P)	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Сера (S)	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Железо (Fe)	остальное	остальное	остальное
Хром (Cr)	23,0 - 30,0	24,0 - 28,0	26,0 - 28,0
Молибден (Mo)	2,0 - 4,0	2,5 - 3,5	2,5 - 3,5
Никель (Ni)	10,0 - 16,0	12,0 - 15,5	13,0 - 15,0
Ванадий (V)	< 0,5	< 0,3	ниже предела обнаружения
Вольфрам (W)	< 0,5	< 0,1	ниже предела обнаружения
Медь (Cu)	< 0,5	< 0,15	< 1,0
Кобальт(Co)	< 5,0	< 0,5	ниже предела обнаружения
Титан (Ti)	< 0,1	< 0,05	ниже предела обнаружения
Алюминий (Al)	< 0,2	< 0,1	< 0,1
Ниобий (Nb)	< 0,1	< 0,025	ниже предела обнаружения
Бор (B)	< 0,01	< 0,005	< 0,005
Азот (N)	0,50 - 0,90	0,52- 0,85	0,54 - 0,80

Все значения выражены в мас. %

Фиг. 1



Фиг. 2

Примеры по изобретению	Химический состав (массовые проценты) / остальное Fe														N растворимость [%N]							
															Давление	Stein	Satir	Kowanda	Medovar at temperature:			
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W*	Cu	Co*	Ti*	Al*	Nb*	N	МПа				1550°C	1525°C	1500°C
A	0.01	0.4	5.0	23.01	3.1	15.98	0.05	0	0.15	0	0	0	0	0.51	1.00	0.36	0.30	0.34	0.34	0.35	0.36	0.39
B	0.01	0.4	5.0	27	3.1	14	0.05	0	0.10	0	0	0	0	0.7	1.00	0.61	0.41	0.65	0.47	0.49	0.51	0.56
C	0.01	0.4	5.0	24	3.1	14	0.05	0	0.10	0	0	0	0	0.55	1.00	0.44	0.34	0.45	0.38	0.40	0.41	0.45

* значения находятся ниже уровня обнаружения

Фактическое значение N

Расчетные значения N согласно различным методам (Источник: On Restricting Aspects in the Production of Nonmagnetic Cr-Mn-N-Alloyed Steels, Saller, 2005)

Фиг. 3

Механические свойства сплавов по фиг. 3, полученные согласно изобретению после деформационного упрочнения

Сплав	R _{p0,2} , МПа	R _m , МПа	A ₄ , %	Ударная вязкость по Шарпи образца с V-образным надрезом	R _m ·KV МПа·Дж
A	969	1111	30	271	301303
B	1171	1231	27	290	357236
C	1124	1207	26	329	370588

Фиг. 4

	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Mo (%)	Ni (%)	Nb (%)	N (%)	Применение
LL	0,010	0*	3,00	23,0	2,50	14,00	0*	0,50	Судостроение, строительство химических заводов
UL	0,030	0,50	6,00	25,0	3,50	16,00	0,10	0,60	
LL	0,010	0*	4,00	23,50	3,00	12,00	0*	0,50	Осевые приводы, насосы, очистные сооружения для морской воды
UL	0,030	0,50	7,00	26,00	4,00	15,00	0,10	0,70	
LL	0,010	0*	5,00	26,00	3,00	11,00	0*	0,50	Гибкие трубы, кабельные линии, свинты и болты, инструменты для заканчивания скважины
UL	0,050	0,50	8,00	30,00	4,00	14,50	0,10	0,90	

LL = Нижний предел

UL = Верхний предел

* значения находятся ниже уровня обнаружения, т.е. элементы намерено не добавлены в сплав

Фиг. 5



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2