

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202191413** (13) **A1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
**2021.09.28**

(22) Дата подачи заявки  
**2019.12.19**

(51) Int. Cl. *C21D 6/00* (2006.01)  
*C21D 8/02* (2006.01)  
*C21D 9/08* (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**

(86) **PCT/EP2019/086385**

(87) **WO 2020/127789 2020.06.25**

(71) Заявитель:  
**ФЁСТАЛЬПИНЕ БЁЛЕР  
ЭДЕЛЬШТАЛЬ ГМБХ & КО КГ;  
ФЁСТАЛЬПИНЕ БЁЛЕР БЛЕХЕ  
ГМБХ & КО КГ (AT)**

(72) Изобретатель:

**Кеплингер Андреас, Флук Райнер,  
Вихитил Клеменс (AT)**

(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)**

---

(57) Супераустенитный материал, состоящий из сплава со следующими компонентами, где все значения элементов выражены в мас.%; углерод (C): 0,01-0,50; кремний (Si): <0,5; марганец (Mn): 0,1-5,0; фосфор (P): <0,05; сера (S): <0,005; железо (Fe): остальное; хром (Cr): 23,0-33,0; молибден (Mo): 2,0-5,0; никель (Ni): 10,0-20,0; ванадий (V): <0,5; вольфрам (W): <0,5; медь (Cu): 0,50-5,0; кобальт (Co): <5,0; титан (Ti): <0,1; алюминий (Al): <0,2; ниобий (Nb): <0,1; бор (B): <0,01; азот (N): 0,40-0,90.

---

**A1**

**202191413**

**202191413**

**A1**

## Супераустенитный материал

Изобретение относится к супераустенитному материалу и способу его получения.

Материал такого 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 или в сернокислотных условиях.

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 пластичностью, которая должна быть коррозионностойкой, особенно в средах с высокой концентрацией хлоридов; эта сталь должна содержать от 0,6 до 1,4 масс.% азота и от 17 до 24 масс.% 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 чистых сталей CrMnN с высоким содержанием азота.

Известные супераустениты 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 и особенно пригоден для коррозионной среды с серной кислотой.

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

Другой целью изобретения является создание способа получения материала.

Цели достигают с помощью признаков пункта 18 формулы изобретения. В зависимых пунктах формулы изобретения раскрыты предпочтительные воплощения.

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

Согласно изобретению, материал предназначен для применения в судостроении и в конструкциях химических заводов или в сочетании того и другого, в данном случае, в частности, в системах десульфурации дымовых газов морских судов. Его также можно использовать во всех других областях, где ожидается коррозия, в частности, из-за серной кислоты или кислого газа. В связи с этим материал имеет полностью аустенитную структуру даже после возможной холодной штамповки. После деформационного упрочнения предел текучести должен составлять  $R_{p0,2} > 1000$  МПа.

Сплав согласно изобретению, в частности, включает следующие элементы (все значения выражены в масс.%):

Элементы	Предпочтительно	Более предпочтительно
Углерод (C) 0,01 - 0,50	0,01 - 0,30	0,01 - 0,10
Кремний (Si) < 0,5	< 0,5	< 0,5
Марганец (Mn) 0,1 - 5,0	0,5 - 4,0	1,0 - 4,0
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 - 33,0	24,0 - 30,0	26,0 - 29,0
Молибден (Mo)	2,0 - 5,0	3,0 - 5,0 3,5 - 4,5
Никель (Ni) 10,0 - 20,0	14,0 - 19,0	15,0 - 18,0
Ванадий (V) < 0,5	< 0,3	ниже уровня обнаружения
Вольфрам (W) < 0,5	< 0,1	ниже уровня обнаружения
Медь (Cu) 0,5 - 5,0	0,75 - 3,5	1,0 - 2,0
Кобальт (Co) < 5,0	< 0,5	ниже уровня обнаружения
Титан (Ti) < 0,1	< 0,05	ниже уровня обнаружения
Алюминий (Al)	< 0,2	< 0,1 < 0,1
Ниобий (Nb) < 0,1	< 0,025	ниже уровня обнаружения
Бор (B) < 0,01	< 0,005	< 0,005
Азот (N) 0,40 - 0,90	0,40 - 0,70	0,45 - 0,60

В таком сплаве синергетическим образом и неожиданно сочетаются положительные свойства различных известных марок стали.

По существу, сталь согласно изобретению должна существовать в состоянии без осажденных фаз, поскольку осажденные фазы отрицательно влияют на ударную вязкость и коррозионную стойкость. В сплаве согласно изобретению содержание углерода конкретно ограничено до 0,50%. При этом в сплав намеренно добавлена медь.

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 вообще не могут быть добавлены в сплав без ЭПШД (электрошлаковый переплав под давлением), см. фиг. 4.

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 (масс.%). 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 0,50%. 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 0,25%, предпочтительно от 0,01 до 0,10%.

Кремний обеспечивают в концентрациях 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 0,4%.

Марганец присутствует в концентрациях 0,1-5%. По сравнению с материалами согласно предшествующему уровню техники это чрезвычайно низкое значение. До настоящего времени предполагалось, что для высокой растворимости азота требуются концентрации марганца более 19%, предпочтительно более 20%. В случае сплава по настоящему изобретению неожиданно оказалось, что даже при очень 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 0,1; 0,5; 1,0; 2,0 или 2,5%. Верхним пределом для марганца можно выбрать 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 или 5,0%.

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 33%. До настоящего времени предполагалось, что концентрации выше 23% 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 коррозионному растрескиванию под напряжением оптимальным образом. Нижним пределом для хрома можно выбрать 23, 24, 25 или 26%. Верхним пределом для хрома можно выбрать 28, 29, 30, 31 или 32%.

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 5,0% молибдена. Также оказалось, что концентрации  $Mo > 5\%$  и особенно  $> 6\%$  приводит к сильной ликвации, что увеличивает подверженность к осаждению сигма фазы, что, в свою очередь, снижает коррозионную стойкость. Нижним пределом для молибдена можно выбрать 2,0; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 3,0; 3,2; 3,3; 3,4 или 3,5%. Верхним пределом для молибдена можно выбрать 4,4; 4,5; 4,6; 4,7; 4,8; 4,9, или 5,0%.

Согласно изобретению, вольфрам присутствует в концентрациях менее 0,5% и способствует повышению 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 20%, что обеспечивает высокую стойкость к коррозионному растрескиванию под напряжением в средах, содержащих хлорид. Нижним пределом для никеля можно выбрать 10, 11, 12, 13, 14 или 15%. Верхним пределом для никеля можно выбрать 17, 18 или 19%.

Общеизвестно, что добавление в сплав  $Cu > 0,5\%$  приводит к увеличению стойкости к серной кислоте изделий из аустенитной нержавеющей стали. В то же время в литературе также отмечено, что в первую очередь, в высоколегированных сталях с высоким содержанием азота  $Cu$  увеличивает склонность к выделению нежелательной вторичной фазы  $Cr_2N$ , что значительно снижает коррозионные свойства. Согласно изобретению, может быть получена структура, не содержащая  $Cr_2N$ , несмотря на концентрации  $Cu > ,5$ , предпочтительно  $> 1,0$  и высокие концентрации  $N > 0,40\%$ . Однако этот эффект достигает насыщения после определенного количества. Согласно изобретению, верхним пределом меди выбирают  $< 5\%$ , предпочтительно  $< 3\%$  или  $< 2,5\%$ , в частности,  $< 2\%$ . Нижним пределом меди можно выбрать 0,6; 0,7; 0,8; 0,1; 1 или 1,1%. Одной из областей применения, в частности, является очистка дымовых газов, в частности, например, на морских судах. При этих концентрациях, с одной стороны, может быть достигнута хорошая стойкость к серным кислотам, а также к коррозии кислыми газами, а с другой стороны, можно с помощью всего сплава в целом предотвратить выделение нитридов хрома, как уже отмечено выше.

Кобальт может присутствовать в концентрации вплоть до 5%, 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 0,40 до 0,90% включен для обеспечения высокой прочности. Азот также вносит вклад в коррозионную стойкость и является мощным промотором аустенита, поэтому предпочтительны концентрации более 0,40%. 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 0,40 или 0,45%. Верхним пределом для азота можно выбрать 0,90; 0,80; 0,70; 0,65 или 0,60%.

Согласно общему уровню техники (V.G. Gavriljuk and 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 хром-марганец-молибденовый аустенит достигает концентрации азота от 0,5 до 1%.

Согласно изобретению преимуществом является то, что, вопреки всем ожиданиям, высокие концентрации азота достигаются без необходимости увеличения содержания азота под действием давления, которое обычно требуется для достижения таких концентраций.

В результате способ согласно изобретению также является недорогим, поскольку нет необходимости в дорогостоящем увеличении содержания азота под действием давления, что также позволяет исключить связанный с ним процесс переплава.

Более того, в качестве дополнительных компонентов сплава могут содержаться бор, алюминий и сера, но они являются только возможными. Настоящий стальной сплав не обязательно содержит компоненты 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 снижает ударную вязкость и исторически использовался 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 чертежах:

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 прочностные образцы по примерам, отмеченным на фиг. 3, перед возможным деформационным упрочнением.

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:

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

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

Затем, при необходимости, выполняют стадии холодной штамповки, на которых происходит деформационное упрочнение, за которыми следует механическая обработка, которая, в частности, может представлять собой токарную обработку, фрезерование или шлифование.

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 (ВИП) 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 операций стадии. 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.

Супераустенитный материал в соответствии с изобретением может быть получен не только с помощью описанных технологических процессов (и 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 соответственно 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, and Medovar из «On restricting aspects in the production of non-magnetic Cr-Mn-N-alloy steels, Saller, 2005». В Medovar указаны разные температуры. Однако ясно, что высокие значения азота намного превышают теоретически ожидаемые значения.

Это еще более удивительно, поскольку в отношении сплава согласно изобретению был выбран путь, который фактически не оправдывает ожидание высокой растворимости азота, особенно потому, что содержание марганца, которое очень положительно влияет 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 штамповки присутствует полностью аустенитная структура, 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 ( $R_m$ ) 2000 МПа. Таким образом, на последней стадии производства можно достичь высокого деформационного упрочнения посредством холодной прокатки или других процессов холодной штамповки с высокими скоростями деформации.

Типичными областями применения материалов согласно изобретению являются судостроение и строительство химических заводов или их комбинация, в данном случае, в частности, в системах десульфурации дымовых газов морских судов, а также во всех других областях, в которых особенно ожидается коррозия серной кислотой.

Особенно в тех случаях, когда 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 масс.%, а также с неизбежными примесями:

Элементы

Углерод (C) 0,01 - 0,50

Кремний (Si) < 0,5

Марганец (Mn) 0,1 - 5,0

Фосфор (P) < 0,05

Сера (S) < 0,005

Железо (Fe) остальное

Хром (Cr) 23,0 - 33,0

Молибден (Mo) 2,0 - 5,0

Nickel (Ni) 10,0 - 20,0

Ванадий (V) < 0,5

Вольфрам (W) < 0,5

Медь (Cu) 0,50 - 5,0

Кобальт (Co) < 5,0

Титан (Ti) < 0,1

Алюминий (Al) < 0,2

Ниобий (Nb) < 0,1

Бор (B) < 0,01

Азот (N) 0,40 - 0,90.

2. Супераустенитный материал по п. 1, отличающийся тем, что сплав состоит из следующих элементов, а также неизбежных примесей, где все значения выражены в масс. %:

Элементы

Углерод (C) 0,01 - 0,30

Кремний (Si) < 0,5

Марганец (Mn) 0,5 - 4,0

Фосфор (P) < 0,05

Сера (S) < 0,005

Железо (Fe) остальное

Хром (Cr) 24,0 - 30,0

Молибден (Mo)	3,0 - 5,0
Никель (Ni)	14,0 - 19,0
Ванадий (V)	< 0,3
Вольфрам (W)	< 0,1
Медь (Cu)	0,75 - 3,5
Кобальт (Co)	< 0,5
Титан (Ti)	< 0,05
Алюминий (Al)	< 0,1
Ниобий (Nb)	< 0,025
Бор (B)	< 0,005
Азот (N)	0,40 - 0,70.

3. Супераустенитный материал по п.1 или п.2, отличающийся тем, что сплав состоит из следующих элементов, а также неизбежных примесей, где все значения выражены в масс. %:

Элементы

Углерод (C)	0,01 - 0,10
Кремний (Si)	< 0,5
Марганец (Mn)	1,0 - 4,0
Фосфор (P)	< 0,05
Сера (S)	< 0,005
Железо (Fe)	остальное
Хром (Cr)	26,0 - 29,0
Молибден (Mo)	3,5 - 4,5
Никель (Ni)	15,0 - 18,0
Ванадий (V)	ниже уровня обнаружения
Вольфрам (W)	ниже уровня обнаружения
Медь (Cu)	1,0 - 2,0
Кобальт (Co)	ниже уровня обнаружения
Титан (Ti)	ниже уровня обнаружения
Алюминий (Al)	< 0,1
Ниобий (Nb)	ниже уровня обнаружения
Бор (B)	< 0,005
Азот (N)	0,45 - 0,60.

4. Материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что он получен посредством вторичной металлургической обработки расплавленного металла, литья с получением блоков, горячей штамповки, возможно холодной штамповки, и при необходимости, дополнительной механической обработки.

5. Материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что он имеет предел текучести  $R_{p0,2} > 500$  МПа.

6. Материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что работа удара стержня с надрезом при комнатной температуре в продольном направлении  $A_v$  составляет  $> 300$  Дж.

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

8. Материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что содержание марганца имеет верхний предел, составляющий 3,0%, 3,5%, 4,0%, 4,5% или 5,0%, и нижний предел, составляющий 0,1%, 0,5%, 1,0%, 2,0% или 2,5%.

9. Материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что содержание хрома имеет верхний предел, составляющий 28%, 29%, 29,8 или 31,5%, и нижний предел, составляющий 23,2%, 24%, 25% или 26%.

10. Материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что содержание молибдена имеет верхний предел, составляющий 4,4; 4,5; 4,6; 4,7; 4,8; 4,9 или 5,0%, и нижний предел, составляющий 2,05%, 2,1%, 2,2%, 2,3%, 2,4%, 2,5%, 3,0%, 3,2%, 3,3%, 3,4% или 3,5%.

11. Материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что содержание никеля имеет верхний предел, составляющий 16,8%, 17%, 18%, или 19%, и нижний предел, составляющий 10,2%, 11%, 12%, 13%, 14% или 15%.

12. Материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что содержание азота имеет верхний предел, составляющий 0,60%, 0,65%, 0,70%, 0,75%, 0,80%, 0,85% или 0,88%, и нижний предел, составляющий 0,46%, 0,50% или 0,55%.

13. Материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что кобальт присутствует при содержании  $< 5\%$ ,  $< 1\%$ ,  $< 0,5\%$ ,  $< 0,4\%$ ,  $< 0,3\%$ ,  $< 0,2\%$ ,  $< 0,1\%$  или ниже уровня обнаружения.

14. Материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что содержание меди имеет верхний предел, составляющий 5%, 4,5%, 4,0%, 3,5%, 3,0%, 2,5%, или 2%, и нижний предел, составляющий 0,60%, 0,70%, 0,80%, 0,90%, 1,0 % или 1,1 %.

15. Материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что вольфрам присутствует в количестве  $< 0,5\%$ ,  $< 0,3\%$ ,  $< 0,2\%$ ,  $< 0,1\%$  или ниже уровня обнаружения.

16. Способ получения материала по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что сплав, состоит из следующих элементов, а также неизбежных примесей, где все значения выражены в масс. %:

Элементы

Углерод (C) 0,01 - 0,50

Кремний (Si)  $< 0,5$

Марганец (Mn) 0,1 - 5,0

Фосфор (P)  $< 0,05$

Сера (S)  $< 0,005$

Железо (Fe) остальное

Хром (Cr) 23,0 - 33,0

Молибден (Mo) 2,0 - 5,0

Никель (Ni) 10,0 - 20,0

Ванадий (V)  $< 0,5$

Вольфрам (W)  $< 0,5$

Медь (Cu) 0,50 - 5,0

Кобальт (Co)  $< 5,0$

Титан (Ti)  $< 0,1$

Алюминий (Al)  $< 0,2$

Ниобий (Nb)	< 0,1
Бор (В)	< 0,01
Азот (N)	0,40 - 0,90

расплавляют и затем подвергают вторичной металлургической обработке, после чего полученный сплав отливают с получением блоков и оставляют для затвердевания, и немедленно после этого нагревают и подвергают горячей штамповке, при этом продукты, в частности, подвергают дополнительной холодной штамповке и последующей механической обработке.

17. Способ получения материала по п.16, отличающийся тем, что сплав состоит из следующих элементов, а также неизбежных примесей, где все значения выражены в масс. %:

Элементы	
Углерод (С)	0,01 - 0,30
Кремний (Si)	< 0,5
Марганец (Mn)	0,5 - 4,0
Фосфор (Р)	< 0,05
Сера (S)	< 0,005
Железо (Fe)	остальное
Хром (Cr)	24,0 - 30,0
Молибден (Mo)	3,0 - 5,0
Никель (Ni)	14,0 - 19,0
Ванадий (V)	< 0,3
Вольфрам (W)	< 0,1
Медь (Cu)	0,75 - 3,5
Кобальт (Co)	< 0,5
Титан (Ti)	< 0,05
Алюминий (Al)	< 0,1
Ниобий (Nb)	< 0,025
Бор (В)	< 0,005
Азот (N)	0,40 - 0,70.

18. Способ получения материала по п.16 или п.17, отличающийся тем, что сплав состоит из следующих элементов, а также неизбежных примесей, где все значения выражены в масс. %:

## Элементы

Углерод (C) 0,01 - 0,10

Кремний (Si) < 0,5

Марганец (Mn) 1,0 - 4,0

Фосфор (P) < 0,05

Сера (S) < 0,005

Железо (Fe) остальное

Хром (Cr) 26,0 - 29,0

Молибден (Mo) 3,5 - 4,5

Никель (Ni) 15,0 - 18,0

Ванадий (V) ниже уровня обнаружения

Вольфрам (W) ниже уровня обнаружения

Медь (Cu) 1,0 - 2,0

Кобальт (Co) ниже уровня обнаружения

Титан (Ti) ниже уровня обнаружения

Алюминий (Al) < 0,1

Ниобий (Nb) ниже уровня обнаружения

Бор (B) < 0,005

Азот (N) 0,45 - 0,60.

19. Способ по любому из пп.16-18, отличающийся тем, что горячую деформацию выполняют за несколько операций стадии.

20. Способ по любому из пп.16-19, отличающийся тем, что между операциями стадии горячей деформации продукт повторно нагревают, и после последней операции стадии горячей деформации, при необходимости, проводят отжиг на твердый раствор.

21. Способ по любому из пп.16-20, отличающийся тем, что после последней операции стадии горячей деформации и возможного отжига на твердый раствор выполняют стадию холодной штамповки, чтобы достичь прочности на растяжение  $R_m > 1000$  МПа, и в частности,  $R_m > 2000$  МПа

22. Применение материала по любому из пп.1-15, в частности, полученного способом по любому из пп.16-21 для систем и компонентов систем, которые подвергаются

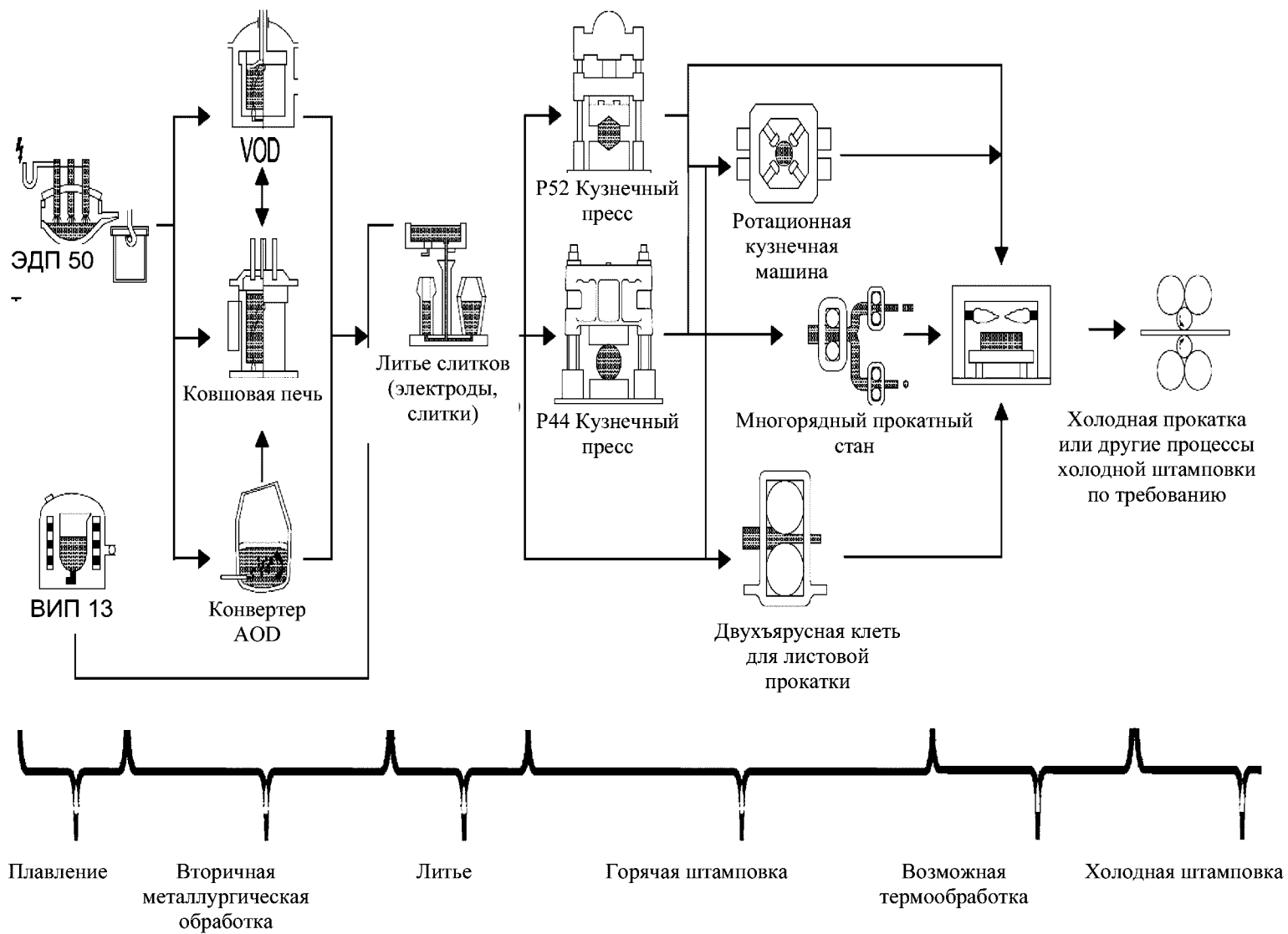


коррозии серной кислотой, в частности, в системах удаления серной кислоты из отходящих газов.

Элементы сплава	Интервал состава	Предпочтительный	Более предпочтительный
Углерод (C)	0,01 - 0,50	0,01 - 0,30	0,01 - 0,10
Кремний (Si)	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Марганец (Mn)	0,1 - 5,0	0,5 - 4,0	1,0 - 4,0
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 - 33,0	24,0 - 30,0	26,0 - 29,0
Молибден (Mo)	2,0 - 5,0	3,0 - 5,0	3,5 - 4,5
Никель (Ni)	10,0 - 20,0	14,0 - 19,0	15,0 - 18,0
Ванадий (V)	< 0,5	< 0,3	ниже предела обнаружения
Вольфрам (W)	< 0,5	< 0,1	ниже предела обнаружения
Медь(Cu)	0,5 - 5,0	0,75 - 3,5	1,0 - 2,0
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)	0,40 - 0,90	0,40- 0,70	0,45 - 0,60

Все значения выражены в масс.%

**Фиг. 1**



Фиг. 2

Примеры по изобретению															<b>N растворимость [%N]</b>							
	Химический состав (массовые проценты) / остальное Fe														Давление	Stein	Satir	Kowanda	Medovar при температуре:			
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W *	Cu	Co *	Ti*	Al*	Nb *	N	МПа				1550° C	1525°С	1500°С	1450°С
А	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
В	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
С	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)

3/4

**Фиг. 3**

Механические свойства сплавов по фиг. 3  
перед возможным деформационным упрочнением

Примеры согласно изобретению	Прочность, МПа	
	$R_m$	$R_{p0.2}$
A	905	505
B	960	560
C	915	515

**Фиг. 4**