



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 017 858** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК⁵ **C 22 C 38/46**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 4821586/02, 23.05.1990

(46) Дата публикации: 15.08.1994

(56) Ссылки: Заявка Японии N 60-230365, ул. С 22С 38/46, 1985.

(71) Заявитель:

Институт электросварки им.Е.О.Патона

(72) Изобретатель: Егорова С.В.,
Юрчишин А.В., Кренделева А.И., Барвинко
А.Ю., Поживанов М.А., Шекула Г.В., Сахно
В.А., Зисман Е.И., Ларин А.С., Пикман
Б.А., Дружинин Ю.В., Масленников В.А.

(73) Патентообладатель:

Егорова Светлана Васильевна,
Юрчишин Александр Витальевич,
Кренделева Алиса Ивановна,
Барвинко Андрей Юрьевич,
Поживанов Михаил Александрович

(73) Патентообладатель (прод.):

Шекула Григорий Викторович, Сахно Валерий Александрович, Зисман Евгений Иосифович, Ларин Александр Семенович, Пикман Борис Абрамович, Дружинин Юрий Васильевич, Масленников Виталий Александрович

(54) СПЛАВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

(57) Реферат:

Изобретение относится к металлургии, в частности к высокопрочному хорошо свариваемому процессами с высокими погонными энергиями, хладостойкому сплаву, используемому в сварных конструкциях, к которым предъявляются повышенные требования. Цель изобретения - повышение хладостойкости сплава и зоны термического влияния сварных соединений до (-) 70°C, стойкости против образования горячих и холодных трещин в зоне термического влияния. Сплав дополнительно содержит церий при следующем соотношении

компонентов, мас. %: углерод 0,14 - 0,18; кремний 0,20 - 0,40; марганец 0,70 - 1,00; хром 0,60 - 0,90; никель 2,10 - 2,40; молибден 0,40 - 0,60; ванадий 0,05 - 0,10; алюминий 0,045 - 0,08; азот 0,01 - 0,02; сера 0,004 - 0,011; фосфор 0,011 - 0,15; церий 0,003 - 0,030; железо - остальное, при этом выполняется следующее соотношение: церий- $142 \cdot 10^{-7}$ [(сера+никель)/(0,013 - сера)]. Сплав рекомендуется для грузовых автомобилей, подъемно-транспортных машин, горных машин, резервуаров, работающих под давлением, напорных трубопроводов. 2 табл.

RU 2 017 858 C1

RU 2 017 858 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 017 858** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.⁵ **C 22 C 38/46**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 4821586/02, 23.05.1990

(46) Date of publication: 15.08.1994

(71) Applicant:
INSTITUT EHLEKTROSVARKI IM.E.O.PATONA

(72) Inventor: EGOVA S.V.,
JURCHISHIN A.V., KRENDELEVA
A.I., BARVINKO A.JU., POZHIVANOV
M.A., SHEKULA G.V., SAKHNO V.A., ZISMAN
E.I., LARIN A.S., PIKMAN B.A., DRUZHININ
JU.V., MASLENNIKOV V.A.

(73) Proprietor:
EGOROVA SVETLANA VASIL'EVNA,
JURCHISHIN ALEKSANDR VITAL'EVICH,
KRENDELEVA ALISA IVANOVNA,
BARVINKO ANDREJ JUR'EVICH,
POZHIVANOV MIKHAIL ALEKSANDROVICH

(73) Proprietor (cont.):
SHEKULA GRIGORIY VIKTOROVICH, SAKHNO VALERIY ALEKSANDROVICH, ZISMAN EVGENIY
IOSIFOVICH, LARIN ALEKSANDR SEMENOVICH, PIKMAN BORIS ABRAMOVICH, DRUZHININ JURIJ
VASIL'EVICH, MASLENNIKOV VITALIJ ALEKSANDROVICH

(54) IRON-BASE ALLOY

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy. SUBSTANCE: alloy has additionally cerium at the following ratio of components, wt. -% : carbon 0.14-0.18; silicon 0.2-0.4; manganese 0.7-1.0; chrome 0.6-0.9; nickel 2.1-2.4; molybdenum 0.4-0.6; vanadium 0.05-0.10; aluminium 0.045-0.08; nitrogen 0.01-0.02; sulfur 0.004-0.011; phosphorus 0.011-0.15; cerium 0.003-0.03,

and iron - the rest. Ratio: cerium = $142 \times 10^{-7} \frac{[(\text{sulfur} + \text{nickel}) / (0.013 - \text{sulfur})]}$. Alloy can be used for trucks, hoisting and transport and mining machines, reservoirs working under pressure, pressure pipelines. EFFECT: enhanced cold-resistance of alloy, resistance against hot and cold cracks. 2 tbl

RU 2 017 858 C1

RU 2 017 858 C1

Изобретение относится к металлургии, а именно высокопрочным хорошо свариваемым и хладостойким сплавам, используемым в сварных конструкциях, к которым предъявляются повышенные требования, таких как грузовые автомобили, подъемно-транспортные машины, горные машины, резервуары, работающие под давлением, напорные трубопроводы и др.

Известна штамповая сталь с карбонитридным упрочнением, обладающая хорошей износостойкостью, теплостойкостью, пластичностью и ударной вязкостью, следующего состава, мас. %: С 0,4-0,7 Si 0,1-0,4 Mn 0,4-1,0 Cr 0,4-1,2 Ni 1,2-2,0 Mo 0,1-0,6 V 0,1-0,7 Al 0,005-0,05 N 0,02-0,1 Ca 0,005-0,02 Fe и примеси Остальное.

После закалки 920°C в масле и отпуска при 550°C сталь имеет при температуре испытаний 20°C $\sigma_T = 1530$ МПа, $\sigma_B = 1630$ МПа, KCU = 39 Дж/см²; при температуре испытаний 600°C $\sigma_T = 640$ МПа, $\sigma_B = 720$ МПа, KCU = 125 Дж/см², твердость HRC 46. Высокий уровень пластичности и ударной вязкости обеспечивается введением кальция. Сталь используется для изготовления штампов без применения процесса сварки. Сталь принадлежит к классу трудносвариваемых сталей.

Известна сталь для электродов, используемых при электрошлаковой сварке (ЭШС) деталей большого сечения высокопрочных Cr-Ni-Mo-V сталей, следующего состава, мас. %: С 0,05-0,5 Si 0,01-0,5 Mn 0,2-0,8 Cr 0,02-5 Ni 0,02-8 Mo 0,1-0,8 V 0,01-0,8 Ce 0,06-3,7 Fe и примеси Остальное. Использование стали в виде электродной проволоки при ЭШС с использованием флюса с CaO обеспечивает образование в металле шва сплошных окисьюсульфидных соединений церия благоприятной глобулярной формы. Сталь позволяет получить на высокопрочных сталях однородные по структуре и свойствам сварные соединения и существенно упростить технологию изготовления изделий большого сечения за счет снижения температуры подогрева при сварке и уменьшения степени улова заготовок.

Недостатком стали является высокое содержание легирующих элементов хрома, никеля и молибдена, а также церия. При этом получение столь высокого содержания церия (до 3,7 мас. %) в стали трудно осуществимо, а сталь при прокатке не технологична.

Известна Mn-Cr-Ni-Mo-V сталь, содержащая, мас. %: С 0,15-0,25 Si < 0,1 Mn 0,5-1,7 Cr 0,15-0,45 Ni 1,5-3,0 Mo 0,45-0,7 Al < 0,01 V < 0,01

Fe и примеси Остальное

Известна также высокопрочная улучшенная мелкозернистая строительная сталь германского производства StE 960 по стандарту ДИН 170010, содержащая, мас. % : С ≅ 0,18 Si ≅ 0,50 Mn ≅ 1,3 P ≅ 0,025 S ≅ 0,020 Cr ≅ 0,80 Mo ≅ 0,60 Ni ≅ 2,0 V ≅ 0,1

Fe Остальное Сталь толщиной ≅ 50 мм в улучшенном состоянии (после закалки и отпуска) обладает $\sigma_T \geq 960$ МПа, $\sigma_B = 1000-1130$ МПа, $\delta_5 \geq 15\%$; KCU₄₀ ≥ 27 Дж/см².

Две последние известные стали и их сварные соединения обладают высокой хладостойкостью при испытании образцов с

острым надрезом только до температуры испытаний от -40 до -50°C. Ударная вязкость при температуре -70°C составляет 15-20 Дж/см². Наиболее близкой к предлагаемому сплаву по технической сущности и достигаемому эффекту является вязкая и прочная Mn-Cr-Ni-Mo сталь, с небольшим количеством азота и карбидообразующих элементов V и Al следующего состава, мас. % : С 0,13-0,3 Si < 0,1 Mn 0,6-2 P ≅ 0,01 Cr 0,4-2 Ni 0,2-2,5 Mo 0,1-0,5 V 0,05-0,15 Al 0,005-0,04 N 0,005-0,015 причем (Ni + 2Mn + 2Cr) = 4-8. В стали для повышения прочности, вязкости и удешевления по сравнению со штатной 3,5% Ni-Mo-V-Cr сталью содержится повышенное содержание Mn при одновременном пониженном содержании Ni, а также регламентируется суммарное содержание Ni, Cr и Mn соотношением (Ni + 2Mn + 2Cr) = 4-8 и предельно допустимые содержания Si, P и Mo для предотвращения отпускной хрупкости.

Недостатками стали - прототипа являются неудовлетворительная хладостойкость стали, зоны термического влияния сварных соединений при температурах ниже -50°C и низкая стойкость против образования горячих и холодных трещин в зоне термического влияния.

При сварочном перегреве в зоне термического влияния этой стали по границам зерен образуются карбидные и окисьюсульфидные выделения, резко увеличивающие хрупкость металла. Границы зерен загрязняются также пленочными сульфидными включениями, легкоплавкими никельсодержащими эвтектиками, способствующими образованию в зоне термического влияния горячих и холодных трещин.

Целью изобретения является повышение хладостойкости сплава и зоны термического влияния сварных соединений до -70 °C, а также повышение стойкости против образования горячих и холодных трещин в зоне термического влияния.

Поставленная цель достигается тем, что сплав, содержащий углерод, кремний, марганец, хром, никель, молибден, ванадий, алюминий, азот, серу, фосфор и железо, дополнительно содержит церий при следующем соотношении компонентов, мас. % : С 0,14-0,18 Si 0,20-0,40 Mn 0,70-1,0 Cr 0,6-0,9 Ni 2,1-2,4 Mo 0,4-0,6 V 0,05-0,10 Al 0,045-0,08 N 0,01-0,02 Cl 0,003-0,30 S 0,004-0,011 P 0,011-0,015 Fe Остальное при этом содержание церия зависит от содержания серы и никеля и определяется по формуле

$$Cl = 142 \cdot 10^{-7} \left(\frac{S + Ni}{0,013 - S} \right), \text{ где } S -$$

содержание серы, мас. %;

Ni - содержание никеля, мас. %.

При разработке свариваемых высокопрочных сплавов и сталей стремятся к получению металла с наиболее измельченной структурой при минимальном легировании и содержании углерода.

Содержание углерода в предлагаемом сплаве 0,14-0,18 мас. % способствует получению высокого комплекса свойств: пластичности, вязкости и свариваемости. При меньших, чем 0,14 мас. %, содержаниях углерода не обеспечивается

прокаливаемость сплава, при содержании более 0,18 мас.% ухудшается свариваемость.

Достаточная прокаливаемость сплава обеспечивается одновременным легированием марганцем 0,7-1,0 мас.%, хромом 0,6-0,9 мас.%, молибденом 0,4-0,6 мас.% и никелем 2,1-2,4 мас.%.

Разупрочняемость сплава при высоком отпуске эффективно задерживаются 0,4-0,6 мас. % молибдена и 0,07-0,11 мас. % ванадия. Азот в количестве 0,01-0,02 мас. % при содержании ванадия 0,05-0,10 мас.% и алюминия 0,045-0,08 мас. % образует мелкодисперсные труднорастворимые нитриды, способствующие измельчению зерна стали и участка перегрева при сварке и уменьшению склонности к старению после механической деформации, что особенно важно для свариваемых сталей. В результате формируется мелкозернистая структура, обеспечивающая высокую хладостойкость сплава и зоны термического влияния при сварке.

Содержание церия 0,003-0,30 мас.% обеспечивает торможение роста зерна в сплаве и на участке перегрева зоны термического влияния, улучшает вид, форму и распределение неметаллических включений. При введении церия в указанных пределах образуются микро- и субмикроскопические оксисульфидные включения церия овальной или глобулярной формы, формируется упорядоченная дислокационная структура, благоприятно перераспределяются практически все примеси, границы зерен очищаются, резко уменьшается загрязненность металла пленочными сульфидными включениями, что способствует повышению ударной вязкости стали и зоны термического влияния при сварке.

При содержании церия менее 0,003 мас.% торможения роста зерна не происходит, наблюдается недопустимая загрязненность границ пленочными сульфидными включениями, что обуславливает снижение ударной вязкости стали и зоны термического влияния при сварке. При введении церия в количестве более 0,030 мас.% сплав загрязняется скоплениями оксисульфидов церия, что снижает качество листа, ведет к его расслоениям при прокатке и образованию трещин при сварке.

При этом церий оказывает оптимальное воздействие, если его количество взято в зависимости от содержания серы и никеля по формуле

$$Cl = 142 \cdot 10^{-7} \left(\frac{S + Ni}{0,013 - S} \right). \text{ Например, при}$$

$S = 0,0075$ мас.% и $Ni = 2,25$ мас. % содержащем $Se = 0,0055$ мас.%.

Вследствие микролегирования церием сплав может содержать по сравнению с прототипом повышенное количество кремния в пределах 0,2-0,4 мас.% без ухудшения хладостойкости. Указанные пределы содержания кремния обычные для низколегированных сталей. Такой сплав более технологичен при выплавке, чем сплав с более низким содержанием кремния.

Сплавы опытных составов выплавляли в индукционной печи емкостью 50 кг. Слитки прокатывали на листы толщиной 20 и 50 мм. Листы толщиной 20 мм подвергали закалке от 920°C и отпуску 610-615°C и сваривали

дуговым способом в защитном газе (80 мас.% $Ar + 20$ мас.% CO_2). Время охлаждения зоны термического влияния сварных соединений в интервале температур от 800 до 500°C составляло при дуговой сварке 20 с. Листы толщиной 50 мм сваривали электрошлаковым способом в состоянии после прокатки, затем сварные соединения подвергали закалке от 920°C и отпуску 610-615°C. Испытывали сплав на растяжение при 20 °C и ударный изгиб при температурах от -40 до -70°C. Участок нагрева зоны термического влияния испытывали на ударный изгиб при температурах от -40 до -70°C. Ударные образцы имели острый надрез (Шарпи). Изучали сварные соединения на наличие холодных трещин и горячих трещин-надрывов в зоне термического влияния методами ультразвуковой дефектоскопии, металлографических исследований макроструктуры сварных соединений в нескольких сечениях.

Примеры исполнения сплава приведены в табл. 1 и 2.

Выплавляли и испытывали три плавки сплава в соответствии с изобретением (табл. 1, составы 1-3), две плавки, состоящие из тех же компонентов, но в процентном отношении выходящих за пределы, установленные изобретением (табл. 1, составы 4 и 5), а также известную сталь-прототип (табл. 1, составы 6 и 7).

Результаты испытаний механических свойств и ударной вязкости сплавов, выплавленных в соответствии с табл. 1 и прокатанных на толщину 20 и 50 мм, а также ударной вязкости зоны термического влияния сварных соединений этих сплавов, выполненных двумя способами сварки, приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, предлагаемый сплав в соответствии с изобретением и сварные соединения обладают высокой ударной вязкостью при испытании образцов с острым надрезом (Шарпи) до -70°C. Запредельные составы сплава имеют более низкие значения ударной вязкости, чем заявляемые. Трещины горячие и холодные наблюдались только в сплаве запредельного состава 5 и в стали-прототипе (составы 6 и 7). При сварке остальных составов сплава какие-либо трещины отсутствовали.

Результаты испытаний позволяют сделать вывод о правильности выбранных пределов содержания компонентов сплава и предложенной зависимости.

Формула изобретения:

СПЛАВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА, преимущественно свариваемый процессами с высокими погонными энергиями, содержащий углерод, кремний, марганец, хром, никель, молибден, ванадий, алюминий, азот, серу, фосфор и железо, отличающийся тем, что, с целью повышения хладостойкости сплава и зоны термического влияния сварных соединений до температуры -70°C, стойкости против образования горячих и холодных трещин в зоне термического влияния, он дополнительно содержит церий при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Углерод 0,14 - 0,18
 Кремний 0,20 - 0,40
 Марганец 0,70 - 1,00

Хром 0,60 - 0,90
Никель 2,10 - 2,40
Молибден 0,40 - 0,60
Ванадий 0,05 - 0,10
Алюминий 0,045 - 0,08
Азот 0,01 - 0,02
Сера 0,004 - 0,011

Фосфор 0,011 - 0,015
Церий 0,003 - 0,030
Железо Остальное
при этом выполняется следующее
соотношение:
Церий = $142 \cdot 10^{-7} \left(\frac{\text{сера} + \text{никель}}{0,013 - \text{сера}} \right)$

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

-5-

RU 2017858 C1

RU 2017858 C1

Таблица 1

Сос- тав	Содержание элементов, мас. %											
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Al	N	Cl	S	P
1	0,14	0,2	0,7	0,6	2,1	0,4	0,05	0,045	0,01	0,003	0,004	0,011
2	0,16	0,3	0,85	0,75	2,25	0,5	0,075	0,062	0,015	0,0055	0,0075	0,013
3	0,18	0,4	1,0	0,9	2,4	0,6	0,10	0,080	0,02	0,033	0,011	0,015
4	0,13	0,1	0,6	0,5	2,0	0,3	0,04	0,040	0,009	0,0028	0,003	0,010
5	0,19	0,5	1,1	1,0	2,5	0,7	0,11	0,09	0,03	0,0372	0,012	0,016
6	0,21	0,10	1,3	1,2	1,3	0,3	0,1	0,02	0,007	Нет	При- мель 0,020	0,01
7	0,14	0,10	0,7	0,6	2,1	0,4	0,05	0,04	0,01	То же	То же	0,01

RU 2017858 C1

RU 2017858 C1

Таблица 2

Состав	Толщина, мм	Механические свойства			Способ сварки	Минимальные значения КСV, Дж/см ² при -40°C		Минимальные значения КСV, Дж/см ² при -70°C		Наличие трещины
		σ _т , МПа	σ _в , МПа	σ _б , %		Основной металл	Металл зоны термического влияния	Основной металл	Металл зоны термического влияния	
1	20	960	1100	15	Дуговая в защитном газе	45	41	38	35	Нет
2	50	950	1070	15	Электрошлаковая Дуговая в защитном газе	40	35	35	32	То же
	20	980	1150	14,5		38	33	32	30	Нет
3	50	967	1130	14	Электрошлаковая Дуговая в защитном газе	36	31	30	28	То же
	30	1000	1180	14		35	30	28	27	Нет
4	50	985	1169	14	Электрошлаковая Дуговая в защитном газе	33	29	26	24	То же
	20	950	1050	17		34	29	25	23	Нет
5	50	935	1037	17	Электрошлаковая Дуговая в защитном газе	32	27	24	21	То же
	20	1100	1190	13		32	28	26	24	Есть
6	50	1080	1150	13	Электрошлаковая Дуговая в защитном газе	30	26	24	22	То же
	20	970	1140	14		19	17	17	15	Есть
7	50	950	1120	13	Электрошлаковая Дуговая в защитном газе	17	15	15	13	То же
	20	955	1100	14		21	20	19	17	Есть
	50	950	1070	14	Электрошлаковая	19	17	16	14	То же