



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 064 522** <sup>(13)</sup> **C1**

(51) МПК<sup>6</sup> **C 22 C 38/12**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 93039618/02, 02.08.1993

(46) Дата публикации: 27.07.1996

(56) Ссылки: ТИ-309-СМ2-3-92.

(71) Заявитель:

Карагандинский металлургический комбинат  
(KZ)

(72) Изобретатель: Цымбал Виктор Павлович[KZ],  
Иванцов Олег Викторович[KZ], Добромилов  
Александр Александрович[KZ]

(73) Патентообладатель:

Карагандинский металлургический комбинат  
(KZ)

(54) СТАЛЬ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области черной металлургии, в частности, к составу стали и может быть использовано при производстве высокопрочной стержневой арматуры периодического профиля, а также для изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций. Технический эффект изобретения состоит в повышении прочности и ударной вязкости стали при минусовых температурах. Сталь, содержащая

углерод, марганец, кремний, дополнительно содержит алюминий, германий, ванадий, барий, при следующем соотношении компонентов, %: углерод 0,28 - 0,37, марганец 0,7 - 1,3, кремний 0,5 -1, алюминий 0,005 - 0,05, германий 0,0005 - 0,002, ванадий 0,005 - 0,05, барий 0,001 - 0,02, железо - остальное, при условии, что отношение ванадия к германию составляет 10 ... 25. 2 табл.

RU 2 0 6 4 5 2 2 C 1

RU 2 0 6 4 5 2 2 C 1



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 064 522** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) Int. Cl.<sup>6</sup> **C 22 C 38/12**

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 93039618/02, 02.08.1993

(46) Date of publication: 27.07.1996

(71) Applicant:  
Karagandinskij metallurgicheskij kombinat (KZ)

(72) Inventor: Tymbal Viktor Pavlovich[KZ],  
Ivantsov Oleg Viktorovich[KZ], Dobromilov  
Aleksandr Aleksandrovich[KZ]

(73) Proprietor:  
Karagandinskij metallurgicheskij kombinat (KZ)

(54) STEEL

(57) Abstract:

FIELD: ferrous metallurgy; particularly, steel composition used for production of high-strength reinforcement of die-rolled section and also for production of prestressing ferroconcrete structures. SUBSTANCE: steel contains the following components, %: carbon, 0.28-0.37; manganese,

0.7-1.3; silicon, 0.5-1; aluminium, 0.005-0.05; germanium, 0.005-0.002; vanadium, 0.005-0.05; barium, 0.001-0.02; iron, the balance, at the condition than ratio of vanadium to germanium equals to 10:25. EFFECT: higher strength and impact elasticity at subzero temperatures. 1 tbl

RU 2 0 6 4 5 2 2 C 1

RU 2 0 6 4 5 2 2 C 1

Изобретение относится к области черной металлургии, в частности, к составу стали и может быть использовано при производстве высокопрочной стержневой арматуры периодического профиля, а также для изготовления предвременно напряженных железобетонных конструкций.

Известна сталь следующего химического состава, вес

углерод 0,18 0,26  
марганец 1,4 1,8  
кремний 0,4 0,7  
хром 1,3 1,8  
азот 0,01 0,03  
алюминий 0,005 0,05  
титан 0,003 0,3  
бор 0,001 0,008  
железо остальное /1/.

Недостатком известной стали являются невысокие прочностные свойства, особенно в больших сечениях, дефицитных в строительстве.

Наиболее близкой по технической сущности и достигаемому результату является сталь следующего химического состава, вес

углерод 0,30 0,35  
марганец 0,80 1,00  
кремний 0,60 0,80  
железо остальное /2/.

Из этого металла в основном производится прокат периодических профилей арматурной стали от N 10 до N 40. Недостатком известной стали является невысокая прочность, пластичность, а также ударная вязкость металла при минусовых температурах. Так, например, при производстве на стане "400" крупных периодических профилей арматурной стали N 32, 36, 40 необходимый уровень механических свойств, регламентируемый ГОСТ 5781 82, не обеспечивается на значительном объеме металла. По данным многолетних наблюдений средний выход годного по механическим свойствам проката составляет 91% 78% 68% (соответственно профили N 32, 36, 40). Кроме того, наблюдается значительная нестабильность механических свойств проката по длине раскатов, а также от плавки к плавке, что вызвано значительной структурной неоднородностью зерна по диаметру и длине проката. Невысокие значения ударной вязкости при минусовых температурах объясняются неблагоприятной формой неметаллических включений, состоящих из сульфидов и силикосульфидов, имеющих строчечное расположение, что повышает устойчивость металла против отпуска.

Цель изобретения повышение прочности и ударной вязкости стали при минусовых температурах.

Поставленная цель достигается тем, что сталь, содержащая углерод, марганец, кремний, дополнительно содержит алюминий, германий, ванадий, барий при следующем соотношении компонентов, мас.

углерод 0,28 0,37  
марганец 0,70 1,30  
кремний 0,50 1,00  
алюминий 0,065 0,05  
германий 0,0005 0,002  
ванадий 0,005 0,05  
барий 0,001 0,02  
железо остальное.

С целью получения оптимальной структуры литого и катаного металла отношения содержания в стали ванадия к германию поддерживают в пределах 10.25.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемая сталь отличается от прототипа одновременным введением в ее состав германия, ванадия и бария. Это позволяет сделать вывод, что заявляемая сталь соответствует критерию "Новизна".

Введение в состав заявляемой стали германия, ванадия, бария в указанных пределах приводит к следующим положительным результатам в процессе кристаллизации металла и дальнейших переделах его на готовый прокат: германий, обладая высоким сродством к кислороду, вступает с ним во взаимодействие (имеется ввиду кислород, растворенный в жидком металле) на ранней стадии кристаллизации слитка. При этом образуется пять различных окислов германия, имеющих дисперсную структуру с размером частиц в основном менее 3000<sup>o</sup>. Эти дисперсные окислы

являются центром кристаллизации. Они ускоряют скорость кристаллизации, в результате чего образуется мелкодендритная структура краевой зоны слитка (сляба), снижается рост дендритов. В процессе дальнейшей кристаллизации в объеме металла окислы германия также способствуют образованию равномерной, мелкозернистой структуры металлической матрицы.

Превышение содержания германия выше заявляемых пределов приводит к получению чрезмерно мелкозернистой структуры металла, что снижает пластичность проката и тем самым не обеспечивает повышения прочности. Кроме того, повышается себестоимость стали. Снижение содержания германия менее заявляемых пределов не обеспечивает их достаточного модифицирующего воздействия и получение равномерной структуры металлургической матрицы. Тем самым не обеспечивается повышение механических характеристик по прочности и ударной вязкости при минусовых температурах.

Введение в состав заявляемой стали ванадия в предлагаемых пределах совместно с алюминием позволяет связать азот и углерод в карбонитриды, что приводит к снижению склонности к деформационному старению, повышению ударной вязкости при минусовых температурах и обеспечивает при меньших содержания алюминия в стали значительное повышение прочности готового проката. При снижении содержания ванадия менее заявляемых пределов наблюдается неравномерность распределения по телу зерна карбонитридов и повышение доли крупных нитридов алюминия, что приводит к снижению прочности и ударной вязкости. Повышение содержания ванадия более заявляемых пределов снижает ударную вязкость за счет образования большого количества карбонитридов, упрочняющих сталь по механизму дисперсионного твердения, увеличивает склонность к деформационному старению и приводит к снижению значений ударной вязкости при минусовых температурах.

Как показали исследования, модифицирующее действие ванадия

проявляется при относительно низких концентрациях в присутствии в стали германия. Причем процесс растянут во времени: если германий измельчает зерно на ранних стадиях кристаллизации слитка, то действие ванадия проявляется на поздних стадиях. Причем, окислы германия являются зародышами, на которых впоследствии происходит выделение карбонитридов, имеющих дисперсную форму и равномерно распространенных по матрице металла, что устраняет структурную неоднородность и, в конечном счете, повышает механические свойства проката.

Анализ известных составов сталей показал, что некоторые, введенные в заявленную сталь, элементы известны, например, германий /3/, ванадий /4/. Однако, их использование в этих сталях при раздельном введении не обеспечивает сталям такие свойства, которые они проявляют в заявленной стали при совместном введении ванадия и германия в заявленном соотношении в пределах 10.25, а именно повышение прочности и ударной вязкости при минусовых температурах. При значениях этого соотношения ниже нижнего предела не обеспечивается повышение прочности и ударной вязкости при минусовых температурах. При значении этого соотношения выше верхнего предела хотя и достигается мелкозернистая структура и, в соответствии с этим, повышение прочности проката, но при этом снижается пластичность и ударная вязкость.

При введении бария в заявляемых пределах 0,001 0,02% в фазовом составе неметаллических включений снижается количество глинозема и шпинелей и повышается количество силикатов, что благоприятно влияет на повышение сопротивления знакопеременным нагрузкам. Барий способствует образованию силикосулфидов глобулярной формы на более поздних стадиях кристаллизации стали в объеме слитка и обеспечивает более равномерное распределение неметаллических включений как по сечению, так и по длине проката.

Модифицирующее действие бария усиливается в присутствии германия. Окислы германия являются зародышами, на которых впоследствии происходит выделение сульфидов и силикосулфидов.

Образование точечных неметаллических включений сульфидов и силикосулфидов глобулярной формы, равномерно распределенных в объеме металла, которые практически не дробятся в деформированном металле, предотвращает образование строчек сульфидов, что позволяет повысить значение ударной вязкости готового проката при минусовых температурах и его прочность.

При содержании бария более 0,02% в период кристаллизации образуются относительно крупные включения сульфидов и силикосулфидов, которые деформируются в процессе прокатки металла с образованием строчечных включений, что приводит к нарушению структурной однородности проката и, как следствие, снижению значений ударной вязкости при минусовых температурах и прочности металла. При содержании бария меньше нижнего предела не обеспечивается его модифицирующее

действие в части глобуляризации неметаллических включений и не достигается эффект по повышению ударной вязкости и прочности.

Увеличение содержания углерода сверх заявляемых пределов несколько повышает прочность готового проката, но приводит к ухудшению свариваемости металла при прокатке, а значит к увеличению его расхода. При содержании углерода менее заявляемых пределов снижается прочность металла и увеличивается его склонность к росту зерна. При повышении содержания марганца более 1,30% разнотерность структуры готового проката увеличивается, что ухудшает его свойства, а при содержании марганца менее 0,70% уменьшается ее свариваемость и прочность за счет понижения значений углеродного эквивалента.

Содержание кремния в заявляемых пределах обеспечивает благоприятную структуру литого металла. Его снижение менее заданных пределов не обеспечивает высоких значений ударной вязкости при минусовых температурах за счет развития процессов разнотерности металла, а повышение выше заданных пределов не обеспечивает дополнительного прироста служебных свойств готового проката и, в то же время, приводит к удорожанию стали за счет увеличения расхода ферросилиция на раскисление.

Дополнительный анализ известной стали /5/, имеющей состав, вес, углерод 0,17 0,28 кремний 0,80 1,40 марганец 0,60 1,30 титан 0,01 0,10 кальций 0,004 0,010 барий 0,002 0,02 азот 0,044 0,02 железо остальное дает следующие выводы:

Эта сталь имеет довольно высокие значения ударной вязкости при минусовых температурах, но в то же время низкую прочность, не превышающую 60 кг/мм<sup>2</sup>, в то время как у заявляемой стали она имеет значение 75 90,0 кг/мм<sup>2</sup>.

Таким образом, совокупность признаков в заявляемой стали придает ей новые положительные свойства, выражающиеся в значительном повышении прочности и ударной вязкости готового проката при минусовых температурах, в связи с чем считаем, что признаки заявки на изобретение соответствуют критерию "Изобретательский уровень".

Сущность данного изобретения заключается в том, что в состав заявляемой стали одновременно введены германий, ванадий и барий при отношении ванадия к германию 10.25, что приводит к значительному улучшению служебных характеристик готового проката.

В подтверждение вышеизложенного в таблице 1 приведены оптимальные значения состава заявляемой стали (варианты I III), варианты IV и V вне заявляемых пределов, а также сталь по прототипу и соответствующие им значения пределов прочности и ударной вязкости при -60 °С периодического профиля N 32.

Как видно из таблицы, использование стали в заявляемых пределах содержания

элементов позволяет получить высокие значения предела прочности и ударной вязкости при минусовых температурах, превышающие значения прототипа соответственно на 12,5 кг/т (20% абс.) и 20 Дж/см<sup>2</sup> (44%).

При производстве стали с содержанием германия, ванадия и бария менее заявляемых пределов значительно снижаются прочность и ударная вязкость (см. вариант IV табл. 1), а при повышении содержания этих элементов более заявляемых пределов (вариант V, табл.1) прочность и ударная вязкость практически не возрастают, а для дополнительного легирования необходим повышенный расход легирующих материалов, имеющих высокую стоимость. Для экспериментальной оценки заявляемого состава стали была проведена серия опытных плавов, при выплавке которых изменяли содержание элементов в различных пределах предлагаемого состава, включая и заграничные содержания элементов, а также согласно прототипу (табл. 2). Сталь выплавляли в 100 мартеновских печах, работающих скрап-процессом. Германий вводили с природнолегированным чугуном, ванадий частично с ванадий-содержащим металлломом, частично с чугуном, а также с раскислителями. Раскисление металла произвели в ковше силикомарганцем и ферросилицием. Барий вводили в ковш в виде силикобария.

Разливку металла производили на горизонтальной машине непрерывного литья заготовок (ГМНЛЗ) на сортовые заготовки сечением 145x145x1700 мм. Прокатку заготовок производили на среднесортном стане "400" на периодический профиль типоразмеров N 32, 36, 40 по ГОСТ 5781 82. Металл испытывали на прочность и ударную вязкость при -60 °С, исследовали микро и макроструктуру готового проката, рассматривали структурную неоднородность по сечению образцов, балл и морфологию

неметаллических включений. Из приведенных в таблице 2 данных следует, что использование стали в предлагаемых пределах заявляемых элементов и отношении ванадия к германию равно 10.25 (варианты 1 б), позволяет значительно повысить предел прочности и ударную вязкость при минусовых температурах в сравнении с прототипом на 20 и 44% соответственно.

Анализ микроструктуры готового проката подтверждает отсутствие структурной неоднородности по сечению образцов заявляемой стали, что приводит к значительной стабилизации механических свойств металла в сравнении с прототипом.

Таким образом, предлагаемая сталь имеет признаки существенной новизны, выражающиеся в значительном повышении прочностных характеристик (на 12,5 - 28,5 кг/мм<sup>2</sup>) и ударной вязкости при минусовых температурах (на 20 29 Дж/см<sup>2</sup>) готового проката. Это позволяет расширить область применения стали, повысить долговечность изделий, особенно при производстве арматурной стали и снизить расход металла за счет использования проката меньших диаметров, но обладающего повышенными свойствами.

#### Формула изобретения:

Сталь, содержащая углерод, марганец, кремний, железо, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит алюминий, германий, ванадий и барий при следующем соотношении компонентов, мас.

Углерод 0,28 0,37  
 Марганец 0,70 1,30  
 Кремний 0,50 1,00  
 Алюминий 0,005 0,05  
 Германий 0,0005 0,002  
 Ванадий 0,005 0,05  
 Барий 0,001 0,02  
 Железо Остальное

при условии, что отношение ванадия к германию составляет 10 25.

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60

Таблица I

Показатели	Размерность	Составы сталей					Прототип
		I	II	III	IV	V	
Углерод	%	0,28	0,32	0,36	0,26	0,40	0,33
Марганец	%	0,75	1,00	1,25	8,60	1,45	0,90
Кремний	%	0,55	0,75	0,96	0,40	1,2	0,70
Алюминий	%	0,007	0,027	0,045	0,003	0,07	-
Германий	%	0,0005	0,001	0,002	0,0004	0,004	-
Ванадий	%	0,007	0,025	0,044	0,003	0,08	-
Барий	%	0,002	0,01	0,02	0,0008	0,025	-
Отношение ванадия к германию	-	14	25	22	7,5	32	-
Предел прочности	кг/мм <sup>2</sup>	75	80	90	65	92	62,5
Ударная вязкость при температуре 60°C	Дж/см <sup>2</sup>	65	69	72	50	73	45

Таблица 2

Показатели	Размер- ность	Составы сталей										Про- тип		
		I	2	3	4	5	6	7	8	9	10		II	Ik
Углерод	%	0,28	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,20	0,23	0,25	0,39	0,41	0,43	0,33
Марганец	%	0,72	0,80	0,90	0,99	1,15	1,28	0,70	0,60	0,55	1,25	1,45	1,50	0,90
Кремний	%	0,50	0,55	0,65	0,74	0,88	0,98	0,45	0,40	0,45	1,10	1,15	1,25	0,70
Алюминий	%	0,005	0,008	0,01	0,02	0,04	0,048	0,005	0,004	0,005	0,06	0,07	0,08	-
Германий	%	0,0005	0,0007	0,001	0,0013	0,0016	0,0019	0,0005	0,0004	0,0004	0,0025	0,003	0,0034	-
Ванадий	%	0,006	0,0098	0,015	0,025	0,032	0,048	0,004	0,003	0,003	0,06	0,08	0,10	-
Барий	%	0,002	0,005	0,008	0,01	0,014	0,019	0,001	0,0015	0,002	0,03	0,035	0,04	-
Отношение ванадия к германию	-	Ik	14	15	19	20	25	8	7,5	7,5	24	27	29	-
Предел прочности	кг/мм <sup>2</sup>	75	77	80	82	88	91	57	60	64	92	93	94	62,5
Ударная вязкость при температуре -60°C	Дж/см <sup>2</sup>	65	68	70	72	73	74	40	43	45	75	74	73	45