



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 13 05 81
(21) PV 3570-81
(89) 954497, SU

(40) Zveřejněno 13 01 84
(45) Vydáno 15 01 85

(11) **230 670**
B1

(51) Int. Cl.¹
C 22 C 38/60

(75)

Autor vynálezu

DOLBENKO JEVGENIJ TICHONOVIC, ASTAFJEV ANATOLIJ ALEXANDROVIC,
KARK GRIGORIJ SEMENOVIC, NEČAJEV VLADIMIR ALEXANDROVIC,
MARKOV SERGEJ IVANOVIC, SAVUKOV VLADIMIR PAVLOVIC, MOSKVA,
SOBOLEV VALENTIN VASILJEVIC, SOBOLEV JURIJ VASILJEVIC,
RIVKIN SEMEN JOSIFOVIC, LENINGRAD, POPOV NIKOLAJ IVANOVIC, MOSKVA,
BOBKOV VALERIJ VASILJEVIC, BALAŠICHA, KOLPIŠON EDUARD JULJEVIC, LENINGRAD, (SU)

(54)

Ocel

Cílem vynálezu je zvýšení odolnosti oceli vůči křehnutí po technologickém popouštění, při zajištění vysoké úrovně mechanických vlastností, po normalizaci při popouštění za vysokých teplot, součástí velkých rozměrů tlakových nádob s tloušťkou stěny 200 až 300 mm.

Ocel obsahuje uhlík, křemík, mangan, nikl, molybden, vanad, hliník, dusík, fosfor a železo.

Podstatou vynálezu je to, že ocel obsahuje jako přísadu cer a antimon při následujícím vzájemném poměru složek v % hmotnostních:
uhlík 0,08 až 0,14, křemík 0,10 až 0,37,
mangan 0,8 až 1,4, nikl 2,3 až 2,7,
molybden 0,5 až 0,7, vanad 0,03 až 0,07,
hliník 0,02 až 0,07, dusík 0,005 až 0,012, fosfor 0,003 až 0,012, cer 0,03 až 0,12, antimon 0,001 až 0,006,
zbytek tvoří železo, přičemž celkový obsah antimonu a fosforu odpovídá vztahu:

$$\frac{Sb + P}{Mn} < \frac{0,011}{0,2}$$

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

Заявлено: 16.07.79

Заявка 2797061/22-02

МКИ² C22 C 38/60

Авторы изобретения: Е.Т.Долбенко, А.А.Астафьев,
Г.С.Карк, В.А.Нечаев, С.И.Марков,
В.П.Савуков, В.В.Соболев, Ю.В.Соболев,
С.И.Ривкин, Н.И.Попов, В.В.Бобков и
Э.Ю.Колпишон

Заявитель: Научно-производственное объединение по
технологии машиностроения "ЦНИИТМАШ",
Производственное объединение "Ижорский завод"
им.А.А.Жданова

Название изобретения: СТАЛЬ

Изобретение относится к области металлургии, в частности, к сталям, которые могут быть использованы в энергомашиностроении для изготовления сварных конструкций, работающих под давлением, например, парогенераторов и компенсаторов объема атомных энергоблоков, мощностью до 2 млн.кВт.

Известна сталь, применяемая для изготовления сосудов давления атомной энергоустановки, содержащая в вес. %:

углерода	-	0,08-0,11
кремния	-	0,17-0,37
марганца	-	0,6 -1,4
никеля	-	1,7 -2,7
молибдена	-	0,35-0,6
ванадия	-	0,03-0,07
алюминия	-	0,02-0,07
азота	-	0,005-0,012
железо	-	остальное.

Сталь может содержать примеси, в вес. %: хрома до 0,3, меди до 0,2, серы до 0,02, фосфора до 0,018.(I).

Для получения требуемого уровня механических свойств в указанных крупногабаритных изделиях известная сталь подвергается обычно термической обработке, заключающейся в закалке в воду с последующим высоким отпуском. Однако для таких массивных изделий, как элементы корпусов парогенераторов, компенсаторов объема и других сосудов давления с толщиной стенки 200-300 мм, указанная термическая обработка вследствие быстрого охлаждения в воде при закалке может привести к возникновению остаточных напряжений, развитие микротрещин и коробления. Поэтому оптимальной для таких изделий является термообработка, заключающаяся в нормализации с охлаждением на воздухе и последующим высоким отпуском. Такая обработка не приводит к трещинообразованию и короблению. Однако известная сталь позволяет получать требуемый высокий уровень механических свойств после такой термообработки только при концентрации никеля в ней, близкой к верхнему пределу марочного состава, поскольку при более низком содержании никеля прокаливаемость стали в сечениях 200-300 мм недостаточна для достижения требуемых свойств при небольших скоростях охлаждения, характерных для нормализации изделий такого сечения на воздухе. Недостатком указанных сталей является то, что повышение содержания никеля в них до уровня, близкого к верхнему пределу марочного состава, существенно повышает склонность к охрупчиванию изделий в процессе медленного охлаждения при дополнительных технологических (послесварочных, ремонтных) отпусках. Вследствие этого известные стали с высоким содержанием никеля при проведении нормализации с высоким отпуском не обеспечивают сочетания высокого уровня механических свойств и стойкости к охрупчиванию при технологических отпусках. При концентрации никеля на нижнем пределе высокой стойкости к охрупчи-

ванию соответствует недостаточный уровень механических свойств, получаемых после нормализации и высокого отпуска.

Целью данного изобретения является повышение стойкости стали к охрупчиванию в процессе технологических отпусков при обеспечении высокого уровня механических свойств после нормализации с высоким отпуском крупногабаритных элементов сосудов давления с толщиной стенки 200-300 мм.

Эта цель достигается тем, что предлагаемая сталь дополнительно содержит церий и сурьму при следующем соотношении компонентов, в вес. %:

углерод- 0,08-0,14
кремний - 0,10-0,37
марганец - 0,8-1,4
никель - 2,3-2,7
молибден- 0,50-0,7
ванадий- 0,03-0,07
алюминий- 0,02-0,07
азот - 0,005-0,012
фосфор - 0,003-0,012
церий- 0,03-0,12
сурьма- 0,001-0,006
железо- остальное.

При этом суммарное содержание сурьмы и фосфора связано с концентрацией марганца в стали следующим соотношением:

$$(Sb + P) < \frac{0,011}{Mn - 0,2}$$

Сталь может содержать примеси в вес. %:

хром - до 0,2
медь - до 0,2
сера - до 0,015.

Предлагаемая сталь дополнительно содержит церий в количестве (0,05-0,12) вес. %, что снижает ее склонность

к охрупчиванию при технологических отпусках вследствие связывания церием в химические соединения, то есть удаления из твердого раствора вредных примесей, сегрегация которых по границам зерен является непосредственной причиной охрупчивания, усиливающегося при высокой концентрации никеля.

Наличие сурьмы в количестве (0,001-0,006) вес.% в предлагаемой стали при верхнем пределе концентрации фосфора, не превышающем 0,012 вес.%, также способствует повышению стойкости стали к охрупчиванию при технологических отпусках.

В таблице 1 приведен состав предлагаемой стали трех плавов.

В таблице 2 приведены свойства предлагаемой и известной сталей после однократной нормализации с высоким отпуском. Как видно из таблицы 2, предлагаемая сталь при одинаковом с известной сталью высоком уровне механических свойств обладает значительно меньшей склонностью к охрупчиванию в процессе медленного охлаждения после дополнительных отпусков. Так, критическая температура хрупкости известной стали повышается в результате охрупчивания, обусловленного охлаждением стали после дополнительного высокого отпуска со скоростью $10^{\circ}/\text{ч}$, на $30-50^{\circ}$, в то время как для предлагаемой стали величина ΔT_k составляет лишь $10-20^{\circ}$. При скорости охлаждения $5^{\circ}/\text{ч}$ эта разница еще больше: ΔT_k составляет $40-70^{\circ}$ для известной стали и лишь $20-30^{\circ}$ для предлагаемой стали.

Таблица I
Химический состав предлагаемой стали

Состав	C	Mn	Si	Ni	Mo	V	Al
I	0,08	0,80	0,10	2,3	0,50	0,03	0,02
2	0,10	1,13	0,28	2,5	0,63	0,06	0,04
3	0,14	1,40	0,37	2,7	0,70	0,07	0,07

продолжение таблицы I

	N	P	Ce	Sb	Sb+P	0,011(Mn-0,2)
I	0,005	0,012	0,03	0,006	0,018	0,0183
2	0,009	0,010	0,08	0,002	0,012	0,0122
3	0,012	0,008	0,12	0,001	0,009	0,0092

Таблица 2

Свойства предлагаемой и известной стали

Сталь	Сечение поковки, мм	Режим термической обработки	Температура испытания, °C
I	2	3	4
предлагаемая		Нормализация от <i>первичной</i>	
Состав I	300	920+ отпуск при 650°C	20
Состав 2	300	то же	20
			350

продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Состав 3	300	Нормализация от 920° + отпуск при 650°C	20
Известная	300	то же	20
		-"-	350

механические свойства					Тк, °C
$\sigma_{0,2}$	σ_b	δ	ψ	a_{H}^{IV}	охлаждение после отпуска в воде
кгс/мм ²	кгс/мм ²	%	%	кгс.м см	
5	6	7	8	9	10
<u>37,1</u>	<u>56,9</u>	<u>23,8</u>	<u>68,2</u>	<u>5,0</u>	-20
38,6	60,8	25,4	71,0	18,2	-25
<u>33,3</u>	<u>51,0</u>	<u>22,2</u>	<u>66,4</u>	<u>12,9</u>	
35,2	54,1	24,8	67,8	20,5	
<u>39,5</u>	<u>60,2</u>	<u>19,2</u>	<u>61,8</u>	<u>6,0</u>	-25
40,8	61,5	21,2	63,1	20,8	-30
<u>36,8</u>	<u>47,0</u>	<u>18,5</u>	<u>59,6</u>	<u>13,5</u>	
38,0	48,4	20,8	61,9	22,4	
<u>46,2</u>	<u>66,0</u>	<u>16,3</u>	<u>55,0</u>	<u>7,5</u>	-30
48,3	67,4	19,2	58,3	22,8	-35
<u>43,7</u>	<u>59,1</u>	<u>15,0</u>	<u>52,4</u>	<u>13,4</u>	
45,1	60,8	21,0	54,0	23,7	

продолжение таблицы 2

5	6	7	8	9	10
<u>35</u>	<u>55</u>	<u>16</u>	<u>55</u>	<u>4,0</u>	<u>-10</u>
45	65	25	70	20,0	+15
<u>30</u>	<u>50</u>	<u>14</u>	<u>50</u>	<u>12</u>	
43	57	22	65	21	

$\Delta T_k (^{\circ}\text{C})$ после дополнительного
отпуска при 650 $^{\circ}\text{C}$

$V_{охл} = 5^{\circ}/\text{ч}$ $V_{охл} = 10^{\circ}/\text{ч}$

II	I2
<u>20</u>	<u>10</u>
25	15
<u>25</u>	<u>15</u>
30	20
<u>25</u>	<u>15</u>
30	20
<u>40</u>	<u>30</u>
70	50

П р и м е ч а н и е : для предлагаемой стали в чис-
лителе и знаменателе даны соответственно минимальное
и максимальное значения свойств, определенные по ре-
зультатам испытаний различных образцов данного соста-
ва; для известной стали в числителе и знаменателе даны,
соответственно, минимальное и максимальное значения
свойств, определенные по результатам испытаний образ-

- 8 -

цов с предельными концентрациями компонентов в пределах шарочного состава.

Формула изобретения

1. Сталь, содержащая углерод, кремний, марганец, никель, молибден, ванадий, алюминий, азот, фосфор и железо, отличающаяся тем, что с целью повышения стойкости к охрупчиванию в процессе технологических отпусков при сохранении уровня механических свойств крупногабаритных элементов сосудов давления с толщиной стенки 200-300 мм, она дополнительно содержит церий и сурьму, при следующем соотношении компонентов в вес. %:

углерод - 0,08-0,14

кремний - 0,10-0,37

марганец - 0,8-1,4

никель - 2,3-2,7

молибден - 0,5-0,7

ванадий - 0,03-0,07

алюминий - 0,02-0,07

азот - 0,005-0,012

фосфор - 0,003-0,012

церий - 0,03-0,12

сурьма - 0,001-0,006

железо - остальное.

2. Сталь по п.1, отличающийся тем, что суммарное содержание сурьмы и фосфора удовлетворяет соотношению:

$$(Sb + P) < \frac{0,011}{Mn - 0,2}$$

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе:

1. Авторское свидетельство СССР № 554702, кл. C22 C 38/12, 1978.

АННОТАЦИЯ

Предлагаемое изобретение относится к области металлургии, в частности - к области создания сталей.

Целью изобретения является повышение стойкости стали к охрупчиванию в процессе технологических отпусков при обеспечении высокого уровня механических свойств после нормализации с высоким отпуском крупногабаритных элементов сосудов давления с толщиной стенки 200-300 мм.

Сталь содержит углерод, кремний, марганец, никель, молибден, ванадий, алюминий, азот, фосфор и железо.

Новым является то, что сталь дополнительно содержит церий и сурьму при следующем соотношении компонентов в вес. %:

углерод	0,08-0,14
кремний	0,10-0,37
марганец	0,8 -1,4
никель	2,3 -2,7
молибден	0,5 -0,7
ванадий	0,03-0,07
алюминий	0,02-0,07
азот	0,005-0,012
фосфор	0,003-0,012
церий	0,03-0,12
сурьма	0,001-0,006
железо	остальное,

при этом суммарное содержание сурьмы и фосфора удовлетворяет соотношению:

$$(Sb + P) < \frac{0,011}{Mn - 0,2}$$

Předmět vynálezu

1. Ocel obsahující uhlík, křemík, mangan, nikl, molybden, vanad, hliník, dusík, fosfor a železo, vyznačující se tím, že za účelem zvýšení odolnosti vůči křehnutí po technologickém popouštění, při zachování úroveň mechanických vlastností součástí velkých rozměrů tlakových nádob, s tloušťkou stěny 200 až 300 mm jako přísadu obsahuje cer a antimon při následujícím poměru složek v % hmotnostních

uhlík	0,08 až 0,15 %
křemík	0,10 až 0,37 %
mangan	0,8 až 1,4 %
nikl	2,3 až 2,7 %
molybden	0,5 až 0,7 %
vanad	0,03 až 0,07 %
hliník	0,02 až 0,07 %
dusík	0,005 až 0,012 %
fosfor	0,003 až 0,012 %
cer	0,03 až 0,12 %
antimon	0,001 až 0,006 %
železo	zbytek.

2. Ocel podle bodu 1, vyznačující se tím, že celkový obsah antimonu a fosforu odpovídá vztahu

$$\frac{\text{Sb} + \text{P}}{\text{Mn} - 0,2} = \frac{0,011}{0,2}$$

Uznáno vynálezem na základě výsledků expertizy, provedené Státním výborem pro vynálezy a objevy SSSR, Moskva, (SU)