



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1382869** **A1**

(51) 4 C 22 C 38/18, 38/38

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4156366/31-02

(22) 25.11.86

(46) 23.03.88. Бюл. № 11

(71) Институт электросварки им. Е.О.Патона

(72) С.В.Егорова, Ю.А.Стеренбоген, А.В.Юрчишин, Е.Н.Солина, А.И.Кренделева, М.С.Скудицкий, Г.А.Сальников, Г.И.Бублик, Ю.В.Липухин, Д.А.Литвиненко, И.К.Дранковский, В.Г.Дьяков и А.Н.Бочаров

(53) 669.15-194 (088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР № 657081, кл. С 22 С 30/16, 1977.

Сталь 09Г2С. ГОСТ 5220-79.

(54) СТАЛЬ ДЛЯ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

(57) Изобретение относится к металлургии, конкретнее к низколегирован-

ным конструкционным сталям повышенной прочности. Цель изобретения - повышение ударной вязкости. Сталь преимущественно для сварных конструкций толщиной до 80 мм содержит, мас. %: углерод 0,05-0,12; кремний 0,17-0,60; марганец 0,46-2,40; хром 0,1-2,3; цериий 0,003-0,08; алюминий 0,04-0,08; кальций 0,003-0,05; железо - остальное. При этом количество одного из двух элементов - марганца или хрома составляет не менее 1,8 мас. %, а содержание другого определяется по зависимости  $Mn = 2,2 - 0,7 Cr(2,3 - Cr) + 3C$ . Для сварных конструкций толщиной более 80 мм сталь при содержании марганца 1,8-2,4 мас. % содержит 1 - 1,5 мас. % хрома. 2 з.п. ф-лы., 2 табл.

(19) **SU** (11) **1382869** **A1**

Изобретение относится к металлургии, а именно к низколегированным конструкциям сталей повышенной прочности с высокой стойкостью против перегрева при сварке, предназначенных для изготовления сосудов и аппаратов, эксплуатируемых в химической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, нефтяной, газовой и других отраслях промышленности при отрицательных рабочих температурах.

Целью изобретения является повышение ударной вязкости.

В качестве примесей сталь может содержать никель и медь в количестве не более 0,3 мас.%, а также серу и фосфор в количестве не более 0,03 мас.% каждого элемента.

При содержании в стали марганца в количестве 0,46-2,4 мас.% и хрома 0,1-2,3 мас.% для сварных конструкций толщиной до 80 мм количество одного из двух элементов должно составлять не менее 1,8 мас.%, а содержание другого определяют по зависимости

$$Mn = 2,2 - 0,7 Cr - 0,7 Cr(2,3 - Cr) + 3C.$$

При этом в стали одновременно увеличивается ударная вязкость феррита, измельчается вторичная структура участка перегрева, в значительной степени подавляется образование видманштеттовой структуры и ферритных оторочек по границам зерен, что обеспечивает повышение ударной вязкости металла в зоне термического влияния при электрошлаковой сварке.

Сталь опытных составов выплавляют в электропечи объемом 8 т. Слитки прокатывают на лист толщиной 10-80 и 81-140 мм и сваривают электрошлаковым способом проволокой св - 10Г2С на стандартных режимах. Сварные соединения подвергают отпуску при 560°C. Испытывают основной металл (после нормализации 920°C и отпуска 650°C) на растяжение и ударный изгиб (на образцах с круглым надрезом Менаже) при температурах (+20)-(-90)°C, участок перегрева - на ударный изгиб при температурах (-20)-(-70)°C. За критическую температуру хрупкости принимают температуру, при которой КСЧ одного или нескольких образцов составляет < 20 Дж/см². Структуру металла участка перегрева исследуют с помощью оптического микроскопа на

шлифах, травленных в 5%-ном растворе азотной кислоты, и электроных микроскопов. Склонность сталей к росту зерна оценивают по величине бывших аустенитных зерен в участке перегрева.

Химический состав сталей приведен в табл. 1; результаты испытаний механических свойств и ударной вязкости сталей, прокатанных на толщину 60 и 85 мм, а также ударной вязкости металла зоны термического влияния сварных соединений этих сталей, выполненных электрошлаковой сваркой без последующей нормализации, - в табл. 2.

Предлагаемая сталь обладает высокой ударной вязкостью при испытаниях вплоть до -90°C, а ее сварные соединения, выполненные электрошлаковой сваркой без последующей нормализации, обладают ударной вязкостью выше, требуемой стандартами ( $\geq 30$  Дж/см²), при температуре испытаний вплоть до -70°C.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Сталь для сварных конструкций, содержащая углерод, кремний, марганец, хром и железо, отличающаяся тем, что, с целью повышения ударной вязкости, она дополнительно содержит церий, алюминий и кальций при следующем соотношении компонентов, мас. %:

|          |            |
|----------|------------|
| Углерод  | 0,05-0,12  |
| Кремний  | 0,17-0,60  |
| Марганец | 0,46-2,40  |
| Хром     | 0,10-2,30  |
| Церий    | 0,003-0,08 |
| Алюминий | 0,04-0,08  |
| Кальций  | 0,003-0,05 |
| Железо   | Остальное  |

2. Сталь по п.1, преимущественно для сварных конструкций толщиной до 80 мм, отличающаяся тем, что при содержании марганца или хрома не менее 1,8 мас.% содержание второго компонента определяется по зависимости

$$Mn = 2,2 - 0,7 Cr - 0,7 Cr(2,3 - Cr) + 3C.$$

3. Сталь по п.1, преимущественно для сварных конструкций толщиной более 80 мм, отличающаяся тем, что при содержании марганца 1,8-2,4 мас.% содержание хрома составляет 1...1,5 мас.%.

Т а б л и ц а 1

| Плавка    | Содержание компонентов, мас. % |      |      |      |       |      |       |
|-----------|--------------------------------|------|------|------|-------|------|-------|
|           | C                              | Si   | Mn   | Cr   | Ce    | Al   | Ca    |
| 1         | 0,05                           | 0,17 | 2,10 | 0,10 | 0,003 | 0,04 | 0,003 |
| 2         | 0,08                           | 0,27 | 1,97 | 0,25 | 0,03  | 0,06 | 0,01  |
| 3         | 0,12                           | 0,60 | 1,84 | 0,35 | 0,08  | 0,08 | 0,05  |
| 4         | 0,12                           | 0,37 | 0,66 | 1,7  | 0,03  | 0,07 | 0,006 |
| 5         | 0,05                           | 0,20 | 0,46 | 1,8  | 0,003 | 0,04 | 0,003 |
| 6         | 0,08                           | 0,35 | 0,74 | 2,0  | 0,03  | 0,05 | 0,02  |
| 7         | 0,12                           | 0,60 | 0,95 | 2,3  | 0,08  | 0,08 | 0,05  |
| 8         | 0,05                           | 0,17 | 1,8  | 1,0  | 0,003 | 0,04 | 0,003 |
| 9         | 0,08                           | 0,50 | 2,0  | 1,2  | 0,03  | 0,05 | 0,02  |
| 10        | 0,12                           | 0,26 | 2,4  | 1,5  | 0,08  | 0,08 | 0,04  |
| Известная |                                |      |      |      |       |      |       |
| 11        | 0,07                           | 0,52 | 1,55 | 0,15 | Нет   | Нет  | Нет   |

Т а б л и ц а 2

| Плавка | Толщина, мм | Механические свойства стали |                  |              | Минимальные значения KCU, Дж/см <sup>2</sup> , стали при температуре |       |       | Минимальное значение KCU, Дж/см <sup>2</sup> , зоны термического влияния при температуре |       |       |
|--------|-------------|-----------------------------|------------------|--------------|--|-------|-------|--|-------|-------|
|        |             | $\sigma_T$ , МПа            | $\sigma_B$ , МПа | $\delta$ , % | +20°С  | -70°С | -90°С | -20°С  | -40°С | -70°С |
|        |             |                             |                  |              |  |       |       |  |       |       |
| 1      | 60          | 350                         | 490              | 33           | 200  | 72    | 70    | 90   | 68    | 52    |
|        | 85          | 310                         | 482              | 29           | 138  | 65    | 56    | 50   | 33    | 15    |
| 2      | 60          | 383                         | 520              | 31           | 185  | 70    | 65    | 82   | 65    | 45    |
|        | 85          | 324                         | 490              | 30           | 130  | 53    | 52    | 52   | 32    | 17    |
| 3      | 60          | 415                         | 580              | 25,5         | 135  | 95    | 70    | 75   | 57    | 40    |
|        | 85          | 326                         | 490              | 28           | 165  | 63    | 57    | 49   | 30    | 18    |
| 4      | 60          | 380                         | 560              | 25           | 120  | 52    | 30    | 30   | 24    | 11    |
| 5      | 60          | 360                         | 500              | 33           | 150  | 70    | 55    | 88   | 70    | 50    |

Продолжение табл. 2

| Плавка    | Толщина, мм | Механические свойства стали |                           |              | Минимальные значения КСВ, Дж/см <sup>2</sup> , стали при температуре |       |       | Минимальное значение КСВ, Дж/см <sup>2</sup> , зоны термического влияния при температуре |       |       |
|-----------|-------------|-----------------------------|---------------------------|--------------|--|-------|-------|--|-------|-------|
|           |             | $\sigma_{\text{т}}$ , МПа   | $\sigma_{\text{в}}$ , МПа | $\delta$ , % | +20°C  | -70°C | -90°C | -20°C  | -40°C | -70°C |
|           |             |                             |                           |              |  |       |       |  |       |       |
| 6         | 60          | 380                         | 515                       | 30           | 180  | 83    | 74    | 85   | 67    | 43    |
| 7         | 60          | 410                         | 570                       | 26           | 132  | 68    | 65    | 77   | 53    | 41    |
| 8         | 85          | 347                         | 483                       | 30           | 176  | 74    | 64    | 80   | 55    | 47    |
| 9         | 85          | 380                         | 515                       | 29           | 170  | 70    | 62    | 73   | 57    | 37    |
| 10        | 85          | 400                         | 578                       | 28           | 166  | 67    | 59    | 65   | 48    | 31    |
| Известная |             |                             |                           |              |  |       |       |  |       |       |
| 11        | 60          | 311                         | 492                       | 34           | 130  | 73    | 23    | 27   | 20    | 15    |
| 12        | 85          | 290                         | 460                       | 35           | 100  | 39    | 15    | 20   | 15    | 10    |

Составитель С.Деркачева

Редактор Н.Гуныко

Техред М.Ходанич

Корректор И. Ордейи

Заказ 1264/23

Тираж 594

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д.4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г.Ужгород, ул.Проектная,4