

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 19743

(13) С1

(46) 2015.12.30

(51) МПК

C 22C 38/02 (2006.01)

C 22C 38/04 (2006.01)

C 22C 38/22 (2006.01)

C 22C 38/24 (2006.01)

(54)

## ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СТАЛЬ

(21) Номер заявки: а 20130079

(22) 2013.01.23

(43) 2014.08.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Автор: Федулов Владимир Николаевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) RU 2232201 С1, 2004.

ВУ 2555 С1, 1998.

SU 623903, 1978.

US 5207843 А, 1993.

JP 01104750 А, 1989.

EP 0395477 А1, 1990.

(57)

Инструментальная сталь, содержащая углерод, кремний, марганец, хром, вольфрам, молибден, ванадий и железо, отличающаяся тем, что содержит компоненты в следующем соотношении, мас. %:

|          |            |
|----------|------------|
| углерод  | 0,7-0,85   |
| кремний  | 0,8-1,2    |
| марганец | 0,6-0,9    |
| хром     | 3,5-4,5    |
| вольфрам | 1,8-2,5    |
| молибден | 1,5-2,0    |
| ванадий  | 0,4-0,8    |
| железо   | остальное. |

Изобретение относится к области металлургии, в частности к инструментальным сталям, используемым для изготовления резбонакатных роликов, когда их эксплуатация происходит под воздействием значительных деформаций сжатия на крепежных изделиях из легированных сталей.

Известна инструментальная сталь 5ХВ2С [1] состава (мас. %): углерод - 0,45-0,55, кремний - 0,8-1,1, марганец - 0,15-0,45, хром - 0,9-1,2, вольфрам - 1,8-2,3, молибден - 0,05-0,3, железо - остальное.

Данная сталь имеет после нагрева при 880 °С охлаждения в масло и отпуска при 150-250 °С недостаточную твердость, что часто приводит к повышенному износу инструмента при накатке резьбы из-за смятия кромок инструмента.

Наиболее близкой к предлагаемому изобретению по химическому составу и достигаемому эффекту является сталь 5ХВ2МФС [2] состава (мас. %): углерод - 0,5-0,6, кремний - 0,5-0,8, марганец - 0,4-0,6, хром - 1,0-1,3, вольфрам - 2,2-2,7, молибден - 0,35-0,5, ванадий - 0,1-0,2 и железо - остальное.

# ВУ 19743 С1 2015.12.30

Указанная сталь после закалки в масло с 900 °С и отпуска при 150-250 °С имеет все же недостаточную твердость, что приводит к смятию рабочих кромок режущих частей резбонакатных роликов при накатке резьбы на крепежных изделиях из легированных сталей.

Задачей, решаемой предлагаемым изобретением, является повышение твердости стали при сохранении требуемой ударной вязкости с целью повышения износостойкости инструмента в сложных условиях эксплуатации. Решение задачи достигается тем, что инструментальная сталь, содержащая в своем составе углерод, кремний, марганец, хром, вольфрам, молибден, ванадий и железо, содержит компоненты в следующем соотношении, мас. %:

|          |            |
|----------|------------|
| углерод  | 0,7-0,85   |
| кремний  | 0,8-1,2    |
| марганец | 0,6-0,9    |
| хром     | 3,5-4,5    |
| вольфрам | 1,8-2,5    |
| молибден | 1,5-2,0    |
| ванадий  | 0,4-0,8    |
| железо   | остальное. |

В табл. 1 приведены результаты выплавки апробированных сталей при проведении исследований, а в табл. 2 - механических свойства заготовок Ø60×100 мм сталей после термического упрочнения: закалка с предварительным нагревом 850 °С в течение 0,5 ч, затем подъем температуры до 1050 С, выдержка 1 ч, охлаждение в масле + отпуск всех этих сталей при температуре 160 и 250 °С в той же последовательности.

Таблица 1

| № п/п        | Содержание легирующих элементов, мас. % |      |      |      |      |      |      |       |
|--------------|---|------|------|------|------|------|------|-------|
|              | C                                       | Si   | Mn   | Cr   | W    | Mo   | V    | Fe    |
| 1 (прототип) | 0,55                                    | 0,65 | 0,53 | 1,06 | 2,2  | 0,4  | 0,15 | 94,46 |
| 2            | 0,80                                    | 1,0  | 0,76 | 4,08 | 1,8  | 1,5  | 0,8  | 89,26 |
| 3            | 0,85                                    | 0,9  | 0,6  | 4,5  | 2,2  | 1,8  | 0,4  | 88,75 |
| 4            | 0,70                                    | 1,2  | 0,90 | 3,5  | 2,5  | 2,0  | 0,61 | 88,59 |
| 5            | 0,65                                    | 1,35 | 0,96 | 4,73 | 2,7  | 2,16 | 0,9  | 86,55 |
| 6            | 0,9                                     | 0,7  | 0,56 | 3,05 | 1,65 | 1,27 | 0,3  | 91,57 |

Таблица 2

| № п/п | Значение механических свойств после отпуска     |  |   |
|-------|---|--|---|
|       | 160 °С, 2,5 ч                                   |  | 250 °С, 2 ч                                     |
|       | Твердость, HRC (замер твердости на поверхности) | Ударная вязкость KCU, МДж/м <sup>2</sup> | Твердость, HRC (замер твердости на поверхности) |
| 1     | 60-61   | 0,28-0,32                                | 54-55   |
| 2     | 62,5-63,5                                       | 0,34-0,38                                | 59  |
| 3     | 63-64   | 0,29-0,34                                | 59,5  |
| 4     | 62,5-63   | 0,38-0,40                                | 58-58,5   |
| 5     | 62  | 0,34-0,36                                | 57,5  |
| 6     | 64,5  | 0,30-0,32                                | 59,5  |

Видно из данных табл. 1 и 2, что легирование стали, взятой в качестве прототипа, дополнительным количеством углерода, кремния, марганца, молибдена и ванадия при небольшом снижении содержания вольфрама позволило повысить твердость при более высокой ударной вязкости, а следовательно, повысить износостойкость стали заявляемого состава и использовать ее для изготовления резбонакатного инструмента.

Проведенная корректировка химического состава инструментальной стали способствует получению после закалки и отпуска инструмента требуемой структуры, обеспечи-

## ВУ 19743 С1 2015.12.30

вающей выигрывает в износостойкости. Закалка с температурой нагрева 1050 °С (выдержка в течение 1,5 ч) и охлаждением в масле позволяют получить в поверхностном слое стали мелкозернистую структуру (заслуга присутствия ванадия), состоящую на достаточной глубине из тонкодисперсного теплостойкого мартенсита (заслуга легирования в нужных пропорциях стали углеродом, хромом, кремнием, вольфрамом, молибденом и ванадием) и равномерно распределенных износостойких первичных карбидов типа МС. После закалки в структуре имеется большее количество отпускостойчивых карбидов типа М<sub>6</sub>С и М<sub>3</sub>С<sub>7</sub> по сравнению с прототипом, легированных хромом, вольфрамом, молибденом и ванадием в большем количестве и более равномерно распределенных в пределах микроструктуры, а также до 8-10 % остаточного аустенита (за счет повышения содержания марганца), способствующего повышению ударной вязкости. Это все явилось результатом рационального введения в состав стали дополнительного количества углерода, хрома, кремния, ванадия, марганца и молибдена. Молибден в количестве 1,5-2 % при закалке устраняет выделение охрупчивающих структуру вторичных карбидов по границам зерен и способствует дополнительному легированию мартенсита хромом, а также образованию высоколегированных твердых карбидов. Отпуск в течение 2,5 ч при 160 °С стабилизирует закаленную структуру и сохраняет высокую твердость, теплостойкость и ударную вязкость за счет присутствия износостойких первичных и вторичных карбидов, остаточного аустенита и теплостойкого высоколегированного мартенсита отпуска. Отпуск при 250 °С в течение 2 ч из-за наличия значительного количества кремния в составе мартенсита способствует замедлению его распада, сохранению высокой твердости и повышению теплостойкости структуры стали в целом и тем самым способствует использованию инструмента во время проведения резьбонакатных работ.

Общим итогом создания заявляемого состава инструментальной стали явилось повышение стойкости инструмента, например, при резьбонакатке на изделиях из легированных сталей за счет повышения твердости и теплостойкости структуры при одновременном сохранении ударной вязкости на более высоком уровне. Проведение сравнительных испытаний показало, что стойкость инструмента из стали заявленного состава при таком испытании в 1,5-2 раза выше, чем у стали-прототипа.

Источники информации:

1. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. 5 изд. - М.: Металлургия, 1983. - С. 16.
2. Патент RU 2232201, МПК С22С 38/24, 2004.