

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **7512**

(13) **С1**

(46) **2005.12.30**

(51)<sup>7</sup> **С 22С 38/02, 38/04,  
38/12**

(54)

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СТАЛЬ**

(21) Номер заявки: а 20030096

(22) 2003.02.06

(43) 2004.09.30

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

(72) Авторы: Федулов Владимир Николаевич; Ливенцев Владимир Евгеньевич (ВУ)

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

(56) RU 2041968 С1, 1995.

RU 2042730 С1, 1995.

RU 2051984 С1, 1996.

SU 1696566 А1, 1991.

(57)

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

углерод	0,35-0,45
марганец	0,70-1,00
кремний	1,80-3,00
молибден	2,00-4,00
ванадий	0,35-0,50
железо	остальное.

Изобретение относится к области металлургии, в частности к инструментальным сталям, используемым для изготовления рабочих частей пресс-форм литья под давлением алюминиевых сплавов.

Известна сталь 60С2А [1] состава (мас. %): углерод - 0,58-0,63, марганец - 0,60-0,90, кремний - 1,50-2,00, хром - не более 0,30, никель - не более 0,25, медь - не более 0,20, сера - не более 0,025, фосфор - не более 0,025, остальное - железо.

Данная сталь имеет низкую прокаливаемость в больших сечениях и низкую теплостойкость при температуре выше 300 °С.

Наиболее близкой к предлагаемому изобретению по технической сущности и достигаемому эффекту является сталь 78ГМФС [2] состава (мас. %): углерод - 0,70-0,85, марганец - 0,30-0,56, кремний - 0,50-0,80, молибден 0,20-0,50, ванадий 0,02-0,12, остальное - железо.

Указанная сталь обладает недостаточной прокаливаемостью, а теплостойкость ее начинает снижаться при температуре 450 °С.

Задачей, решаемой предлагаемым изобретением является дальнейшее повышение прокаливаемости и повышение теплостойкости и разгаростойкости при температуре до 620 °С, что необходимо для рабочих частей пресс-форм литья под давлением алюминиевых сплавов.

# ВУ 7512 С1 2005.12.30

Решение задачи достигается тем, что инструментальная сталь, содержащая углерод, марганец, кремний, молибден, ванадий и железо, отличающаяся тем, что она содержит компоненты в следующем соотношении, мас. %:

углерод	0,35-0,45,
марганец	0,70-1,00,
кремний	1,80-3,00,
молибден	2,00-4,00,
ванадий	0,35-0,50,
железо	остальное.

По сравнению с прототипом снижение содержания углерода, увеличение содержания молибдена, повышение содержания кремния и ванадия способствует повышению теплостойкости стали, так как она в сталях с карбидным упрочнением определяется [3] главным образом свойствами перлитной основы. Одновременно повышение температуры нагрева под закалку до температуры 1020 °С вместо 860 °С позволяют заметно снизить в структуре количество первичных карбидов типа  $M_6C$ , так как карбиды, содержащие молибден и кремний являются растворимыми при нагреве выше температуры нагрева  $AC_3$ , что в целом способствует повышению разгаростойкости: уменьшение количества первичных карбидов в структуре стали снижает вероятность возникновения термических напряжений между основой стали и карбидными включениями и соответственно уменьшается возможность появления разгарных трещин при контакте жидкого алюминия с поверхностью рабочих частей. Ванадий также способствует измельчению структуры и совместно с кремнием обеспечивают повышение вязкости и пластичности стали [4], а также обеспечивают устойчивость вторичных карбидов в перлите. Содержание кремния в стали в пределах 1,80-3,00 % значительно уменьшает возможность химического взаимодействия стали с алюминием, что уменьшает вероятность размыва поверхности рабочих частей прессформ при литье под давлением алюминиевых сплавов и увеличивает теплостойкость  $\alpha$ -раствора [5]. Для получения необходимых свойств допускается наличие следующих примесей: хром не более 0,25 %, никель не более 0,25 %, медь не более 0,20 %, сера и фосфор соответственно не более 0,25 %.

В общем случае закалка с температуры 1020 °С в масло новой стали обеспечивает получение твердости в пределах 57-59 HRC<sub>3</sub>, а проведение отпуска при температуре 550-580 °С в течение 1 ч обеспечивает твердость стали 50-52 HRC<sub>3</sub>.

В таблице 1 приведены примеры конкретного выполнения заявляемой инструментальной стали, аналога и прототипа, а также сталей, по химическому составу выходящих за рамки заявляемого. В таблице 2 приведены результаты определения механических свойств (твердость, ударная вязкость) и теплостойкости после нагрева при 620 °С в течение 4 ч.

Таблица 1

## Химический состав сталей

№ № п.п.	Содержание легирующих элементов, мас. %					Fe
	C	Mn	Si	Mo	V	
1 аналог	0,60	0,82	1,80	-	-	96,78
2 прототип	0,71	0,55	0,80	0,50	0,12	97,32
3	0,35	0,70	1,80	2,00	0,35	94,80
4	0,40	0,85	2,50	3,10	0,43	92,72
5	0,45	1,00	3,00	4,00	0,50	91,05
6	0,30	0,65	1,50	1,75	0,30	95,50
7	0,50	1,20	3,50	4,30	0,55	89,95

# ВУ 7512 С1 2005.12.30

Таблица 2

## Механические свойства сталей у образцов 15×15×60 мм (в числителе) и Ø 135×125 мм (в знаменателе)

№ № п.п.	Значение механических свойств после термического упрочнения: 1020 °С, масло + отпуск 560 °С, 1 ч.		
	После термического упрочнения		После дополнительной выдержки: 620 °С, 4 ч
	Твердость, HRC <sub>3</sub>	KCU, МДж/м <sup>2</sup>	Твердость, HRC <sub>3</sub>
1	34 – 35	0,20 – 0,23	25
	33 – 34	0,25 – 0,28	25
2	43 – 45	0,50 – 0,52	42
	43	0,52 – 0,54	41 – 42
3	50 – 51	0,40 – 0,42	47 – 48
	48 – 49	0,45 – 0,46	47 – 47,5
4	51,5 – 52	0,38	47 – 48,5
	48 – 49	0,42 – 0,45	47 – 48
5	52	0,35 – 0,37	48 – 49
	49 – 50	0,38 – 0,42	48
6	48 – 48,5	0,42 – 0,46	45 – 46
	46 – 47	0,45 – 0,50	45
7	52 – 52,5	0,25 – 0,27	49,5
	50	0,27 – 0,30	49

Для новой стали характерна значительное повышение твердости при сохранении ударной вязкости после проведения термического упрочнения по режиму: закалка (1020 °С, 1 ч) в масло + отпуск (560 °С, 1 ч), по сравнению с аналогом и прототипом. Одновременно рабочие части прессформы для литья алюминиевых сплавов из новой стали при проведении сравнительных испытаний со сталью 4Х5МФС показали стойкость в 1,5 раза выше.

Таким образом, показано, что механические и эксплуатационные свойства стали предлагаемого состава выше, чем у аналога и прототипа, а также у большинства сталей, используемых для изготовления рабочих частей прессформ литья алюминиевых сплавов.

### Источники информации:

1. Марочник стали и сплавов / Под ред. В.Г. Сорокина. - М.: Металлургия, 1989. - С. 347.
2. Патент RU 2041968 С1 // Бюл. № 24, 2000.
3. Ю.А. Геллер. Инструментальные стали. - М.: Металлургия, 1983. - С. 63-67.
4. Ю.А. Геллер. Инструментальные стали. - М.: Металлургия, 1983. - С. 67-71.
5. Ю.А. Геллер. Инструментальные стали. - М.: Металлургия, 1983. - С. 71-74.