



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1313886 A1

(5) 4 С 22 С 35/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3949672/31-02  
(22) 04.09.85  
(46) 30.05.87. Бюл. № 20  
(71) Белорусский политехнический институт и Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт технологии машиностроения  
(72) А. А. Луданов, В. М. Михайловский, В. М. Королев, Ю. Л. Первозкин и Р. Н. Адамович  
(53) 669.13-98(088.8)  
(56) Авторское свидетельство СССР № 1081230, кл. С 22 С 35/00, 1984.  
Авторское свидетельство СССР № 533666, кл. С 22 С 35/00, 1975.  
(54) ЛИГАТУРА  
(57) Изобретение относится к литейному производству, а именно изысканию

новых составов лигатур для производства отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Целью изобретения является повышение степени усвоения сфероидизирующих и легирующих компонентов, стабилизация свойств в разностенных сечениях отливок и снижение себестоимости чугуна. Предложенная лигатура содержит, мас. %: кремний 10-25; магний 4-10; барий 4-8; марганец 25-45; углерод 2,0-4,5; стронций 1,5-4,5; церий 0,2-0,8; железо остальное. Предложенная лигатура обладает высоким сфероидизирующим эффектом и позволяет получить полностью перлитную структуру чугуна с пределом прочности более 650 МПа. 3 табл.

(19) SU (11) 1313886 A1

Изобретение относится к литейному производству, а именно к изысканию составов лигатур для производства отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

Цель изобретения - повышение степени усвоения сфероидизирующих и легирующих элементов, стабилизация свойств в разностенных сечениях отливок.

Предложенная лигатура содержит мас. %:

|          |           |
|----------|-----------|
| Церий    | 0,2-0,8   |
| Магний   | 4-10      |
| Кремний  | 10-25     |
| Барий    | 4-8       |
| Стронций | 1,5-4,5   |
| Углерод  | 2,0-4,5   |
| Марганец | 25-45     |
| Железо   | Остальное |

Обоснование выбранных пределов содержания ингредиентов (установлено экспериментально).

Церий способствует стабилизации шаровидной формы графита. При содержании церия в лигатуре менее 0,2% снижается сфероидизирующий эффект и графит вместо правильной шаровидной формы принимает компактную, а при содержании церия в лигатуре более 0,8% увеличивается склонность ВЧПГ к отбелу.

Магний - сфероидизатор графита и одновременно рафинирует расплав от вредных примесей: серы, кислорода, азота. Содержание магния ниже 4% не обеспечивает получение полностью шаровидной формы графита, при содержании Mg более 10%, снижается степень усвоения магния и ухудшаются условия модифицирования жидкого чугуна.

Стронций обеспечивает получение равномерных свойств в разностенных отливках с толщиной стенки от 10 до 40 мм, а также препятствует разложению эвтектоидного цементита перлита в массивных сечениях отливок, препятствуя ферритизации металлической основы, т.е. способствует нормализации последней. Критерием оценки однородности неметаллической основы по сечению отливки является твердость.

При содержании кремния в лигатуре менее 10% уменьшается эффективность графитизации чугуна, образуется структурно-свободный цементит, который не устраняется вторичным модифицированием, а при содержании бо-

лее 25% уменьшается удельный вес лигатуры, степень усвоения элементов и сфероидизации графита.

Содержание бария в лигатуре в количестве 4-8% обеспечивает получение отливок без отбела и является оптимальным. Кроме этого, барий совместно с церием и магнием усиливает эффект сфероидизации графита. Присутствие стронция в составе лигатуры обеспечивает получение одинаковых свойств в различных стенках отливки. Нижний предел выбран исходя из минимального количества для получения стабильных результатов в стенке толщиной 40 и 10 мм. Верхнее ограничение связано с некоторым ухудшением формы графитовых включений в массивных сечениях отливки.

Углерод в составе лигатуры способствует увеличению центров кристаллизации графитной фазы, что благоприятно сказывается на распределении и размерах графитных включений в металлической матрице, а также на снижении температуры плавления лигатуры. Содержание углерода в лигатуре менее 2% оказывает незначительное влияние на зарождение центров кристаллизации графита, а при содержании более 4,5% ухудшается степень усвоения углерода в лигатуре, резко увеличивается количество графитных включений, что отрицательно сказывается на прочностных свойствах чугуна.

Марганец является перлитизатором металлической матрицы. Содержание марганца в количестве 25-45% обеспечивает не только стабильную перлитную структуру, но и позволяет получать удельный вес лигатуры не менее 4,8 г/см<sup>3</sup>, чем обеспечивается активное взаимодействие между жидким металлом и лигатурой. При этом, нет необходимости в создании специальных способов ее ввода в жидкий чугун. Содержание марганца в лигатуре менее 25% снижает ее удельный вес и увеличивает склонность чугуна к ферритизации, а при содержании более 45% очень трудно корректировать химический состав ВЧПГ, в связи с наличием марганца в исходных литейных чугунах, а также повышенной склонностью чугуна к отбелу. Присутствие в лигатуре церия, магния, бария резко увеличивает ее десульфурисующую способность.

Пример. Лигатуру получают в индукционной печи ИСТ-0,06. В качестве шихтовых материалов используют церий в виде ферроцерия (ТУ 48-4-280-73), магний первичный Мг95 (ГОСТ 804-72); кремний в виде электрогенного ферросилиция ФС 75 (ГОСТ 1415-78), барий в виде ферросиликобария ФС 60 Ba 22 (ТУ 14-5-160-84), стронций в виде гексафторсиликата стронция (ТУ 6-08-3620-74), марганец в виде ферромарганца Мн1 (ГОСТ 4755-70). Содержание углерода доводят путем введения завалку мелкодробленого боя электродов. Железо доводится до заданных пределов завалкой в шихту литейного чугуна ЛК1 (ГОСТ 4832-79).

На дно тигеля индукционной печи засыпают мелкодробленый бой электродов и смешивают последний с гексафторсиликатом стронция ферроцерий, а затем все остальные компоненты шихты. Плавку ведут при 1250°C. В качестве покровного флюса для обеспечения невозгорания магния используют поваренную соль (NaCl). После расплавления шихты и доводки ее по химсоставу разливают по изложницам. Химический состав приведен в табл. 1.

К легкоокисляющимся элементам в предложенной лигатуре относят церий, магний, барий, являющиеся сфероидизаторами графита в чугуне. Легирующими элементами являются марганец и стронций, обеспечивающие в комплексе перлитную структуру металлической основы и равномерные свойства в разностенных отливках.

Для сравнения в известном сплаве легкоокисляющимися элементами являются магний, кальций, барий, РЗМ, а легирующими - медь и марганец.

Испытание известного сплава и предложенной лигатуры показывают, что предложенный состав обеспечивает усвоение ее чугуном при более низких температурах без образования тугоплавкого шлака, а свойства чугуна в различных сечениях отличаются незначительно. В то время, как известный сплав дает большой разброс значений механических свойств по сечениям различной толщины. Одновременно с этим

себестоимость предлагаемой лигатуры ниже себестоимости известного сплава.

Результаты механических испытаний чугунов с шаровидным графитом в литом состоянии, полученных при модифицировании с помощью известной и предлагаемой лигатур, а также степень усвоения сфероидизирующих и легирующих элементов расплавом чугуна представлены соответственно в табл. 2 и 3.

Таким образом, для получения ВЧШГ предложена лигатура на основе марганца с удельным весом 4,8-5,8 г/см<sup>3</sup> и температурой плавления 945-1050°C, которая не требует специальных способов ввода ее в жидкий чугун и имеет относительно низкую стоимость. При этом данная лигатура обладает высоким сфероидизирующим эффектом и позволяет получить полностью перлитную структуру чугуна с пределом прочности более 650 МПа. Предлагаемую лигатуру можно отнести к категории "тяжелых" лигатур. Однако, она может успешно использоваться и при внутрiformенном модифицировании, хотя наиболее предпочтительно с экономической точки зрения использовать ее для модифицирования в ковше. Целесообразно использовать данную лигатуру при выплавке высокопрочного чугуна с применением в шихте металлизированных железорудных окатышей.

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

Лигатура, преимущественно для получения чугунных отливок, содержащая кремний, магний, барий, марганец, углерод и железо, отличающаяся тем, что, с целью повышения степени усвоения сфероидизирующих и легирующих компонентов, стабилизации свойств в разностенных сечениях отливок, она дополнительно содержит стронций и церий при следующем соотношении компонентов, мас. %:

|          |           |
|----------|-----------|
| Кремний  | 10-20     |
| Магний   | 4-10      |
| Барий    | 4-8       |
| Марганец | 25-45     |
| Углерод  | 2,0-4,5   |
| Стронций | 1,5-4,5   |
| Церий    | 0,2-0,8   |
| Железо   | Остальное |

Таблица 1

| Лигатура     | Пределы содержания ингредиентов | Химический состав, % |      |     |     |      |      |      |     |           |     |           | Себестоимость 1 т, <sup>*</sup><br>руб |
|--------------|---------------------------------|----------------------|------|-----|-----|------|------|------|-----|-----------|-----|-----------|--|
|              |                                 | Cl                   | Mg   | Ca  | Ba  | Cu   | Mn   | C    | Sr  | Si        | РЗМ | Fe        |  |
| Известная    | Средний                         | -                    | 7,0  | 7,5 | 6,5 | 22,5 | 22,5 | 3,75 |     | Остальное | 4,5 | 8,0       | 1651                                   |
| Предлагаемая | Нижний                          | 0,2                  | 4,0  | -   | 4   | -    | 25   | 2,0  | 1,5 | 10,0      |     | Остальное | 752                                    |
|              | Средний                         | 0,5                  | 7,0  | -   | 6   | -    | 35   | 3,25 | 3,0 | 17,5      |     |           | 1169                                   |
|              | Верхний                         | 0,8                  | 10,0 | -   | 8   | -    | 45   | 4,5  | 4,5 | 25,0      |     |           | 1585                                   |

\* Расчеты себестоимости выполнены на основании прейскуранта цен № 02-01 "Оптовые цены на цветные металлы" и прейскуранта цен № 01-05 "Оптовые цены на чугун и ферросплавы".

| Лигатура              | Пределы содержания ингредиентов | Температура заливки, °С | Способ модифицирования                                |     |     |     |
|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|---|-----|-----|-----|
|                       |                                 |                         | В ковше   |     |     |     |
|                       |                                 |                         | Среднее значение твердости (НВ) образцов сечением, мм |     |     |     |
|                       |                                 |                         | 10  | 20  | 40  | 60  |
| Предлагаемая лигатура | Нижний                          | 1360                    | 226   | 220 | 215 | 208 |
|                       |                                 | 1410                    | 235   | 230 | 224 | 218 |
|                       | Средний                         | 1360                    | 248   | 245 | 240 | 233 |
|                       |                                 | 1410                    | 252   | 250 | 247 | 240 |
|                       | Верхний                         | 1360                    | 266   | 260 | 258 | 255 |
|                       |                                 | 1410                    | 269   | 265 | 263 | 259 |
| Известный сплав       |                                 | 1360                    | 272   | 269 | 268 | 258 |
|                       |                                 | 1410                    | 287   | 280 | 279 | 267 |

Т а б л и ц а 3

| Лигатура     | Пределы содержания ингредиентов | Температура заливки, °С | Способ модифицирования |           |                       |     |
|--------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------|-----------------------|-----|
|              |                                 |                         | В ковше                |           |                       |     |
|              |                                 |                         | Усвоение элементов     |           | Механические свойства |     |
|              |                                 |                         | Легкоокисляемые        | Остальные | МП                    | НВ  |
| Предлагаемая | Нижний                          | 1360                    | 46                     | 76        | 610                   | 220 |
|              |                                 | 1410                    | 39                     | 79        | 630                   | 230 |
|              | Средний                         | 1360                    | 43                     | 82        | 650                   | 245 |
|              |                                 | 1410                    | 36                     | 84        | 660                   | 250 |
|              | Верхний                         | 1360                    | 37                     | 87        | 710                   | 260 |
|              |                                 | 1410                    | 36                     | 85        | 710                   | 265 |
| *Известный   |                                 | 1360                    | 36                     | 82        | 630                   | 270 |
|              |                                 | 1410                    | 32                     | 80        | 660                   | 280 |

\* При обработке в ковше жидкого чугуна известным модификатором имеет место образование тугоплавкого шлака, в результате чего часть лигатуры "приварилась" к днищу ковша.