

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9862

(13) С1

(46) 2007.10.30

(51) МПК (2006)
С 22С 35/00

(54) МОДИФИКАТОР ДЛЯ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА

(21) Номер заявки: а 20050998

(22) 2005.10.19

(43) 2007.06.30

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

(72) Авторы: Бестужев Николай Иванович; Бестужев Артем Николаевич; Крутилин Александр Николаевич; Трибушевский Владимир Леонидович; Римошевский Сергей Леонидович (ВУ)

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

(56) Перечень основных видов продукции, выпускаемой ОАО «НИИМ». Челябинск, 2004.

SU 1708909 A1, 1992.

SU 1062293 A, 1983.

EP 357521 A1, 1990.

US 4432793, 1984.

EP 410360 A1, 1991.

EP 816522 A1, 1998.

SU 1745127 A3, 1992.

SU 785373, 1980.

SU 1520131 A1, 1989.

SU 1705387 A1, 1992.

(57)

Модификатор для высокохромистого чугуна, содержащий кремний, алюминий, кальций, магний, редкоземельные металлы цериевой группы и железо, отличающийся тем, что дополнительно содержит висмут при следующем соотношении компонентов, мас. %:

кремний	25,0-60,0
алюминий	0,1-1,5
кальций	0,1-1,5
магний	1,0-10,0
редкоземельные металлы цериевой группы	0,1-5,0
висмут	1,0-20,0
железо	остальное.

Изобретение относится к литейному производству, а именно к области модифицирования высокохромистых чугунов (ВХЧ) для отливок, работающих в условиях интенсивного ударно-абразивного износа, и может быть широко использовано в литейном производстве машиностроительных предприятий.

В практике литейного производства известны модификаторы на основе сплавов железо-кремний, содержащие активные элементы, такие как алюминий, кальций, редкоземельные металлы, магний, барий, стронций, цирконий и т.д. [1, 2].

Данные модификаторы отличаются достаточно сложным химическим составом, который обеспечивает определенные технологические свойства - хорошая растворимость в расплаве жидкого чугуна, высокое усвоение ингредиентов, повышают предел прочности при растяжении чугунов с шаровидным графитом. Однако использование этих модификаторов в качестве присадок для обработки расплавов ВХЧ нецелесообразно, так как в их

ВУ 9862 С1 2007.10.30

составе отсутствуют элементы, активно воздействующие на процесс кристаллизации карбидов - основной структурной составляющей, которая определяет эксплуатационные свойства литых деталей из высокохромистых чугунов, работающих в условиях абразивного и ударно-абразивного износа.

Наиболее близким по химическому составу к заявляемому является железо-кремний-магний модификатор марки ФСМг7 [3], имеющий состав, мас. %:

магний	6,5-8,5
кальций	0,2-1,0
редкоземельные металлы цериевой группы	0,3-1,0
алюминий	1,0-1,5
кремний	45,0-55,0
железо	остальное.

Данный модификатор широко используется в практике литейного производства при получении отливок из чугуна с шаровидным графитом, в том числе и на ведущих предприятиях Республики Беларусь. Вместе с тем использование его при изготовлении отливок из ВХЧ при ударно-абразивном износе нецелесообразно, ввиду отсутствия в его составе химических элементов, активно воздействующих на процесс структурообразования в высокохромистых чугунах, а именно на кристаллизацию карбидной фазы, ее количество и морфологию.

Задача, решаемая изобретением, заключается в повышении износо- и ударостойкости ВХЧ в условиях интенсивных ударно-абразивных нагрузок.

Решение поставленной задачи достигается тем, что модификатор, содержащий кремний, алюминий, кальций, магний, редкоземельные металлы цериевой группы и железо, дополнительно содержит висмут, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

кремний	25,0-60,0
алюминий	0,1-1,5
кальций	0,1-1,5
магний	1,0-10,0
редкоземельные металлы цериевой группы	0,1-5,0
висмут	1,0-20,0
железо	остальное.

Эксплуатационные свойства высокохромистых чугунов при ударно-абразивном износе во многом определяются количеством, размерами и характером распределения карбидной фазы. Оптимальная структура ВХЧ должна иметь максимальное количество мелких равномерно распределенных включений карбидов (Cr_7C_3) в относительно вязкой металлической матрице. Небольшое количество карбидной фазы приводит к повышенному износу. Напротив, укрупнение размеров карбидной фазы приводит к их интенсивному разрушению (растрескиванию) и выкрашиванию. В обоих случаях резко снижается эксплуатационная стойкость литых деталей (например дробеметных лопаток, мелящих шаров), работающих при ударно-абразивном износе. Ввод в состав модификатора для ВХЧ поверхностно-активного элемента, например висмута, позволяет получать микроструктуру чугуна с мелкодисперсными карбидами хрома, равномерно распределенными в металлической матрице. Достигается этот эффект за счет адсорбции висмута на поверхности включений карбидов при первичной кристаллизации высокохромистых чугунов, что препятствует диффузионному росту карбидов и коагуляции мелких карбидных включений в крупные. Использование в составе вставки для модифицирования ВХЧ отсева железо-кремний-магний-магний лигатуры (марок ФСМг2-ФСМг9) позволяет усилить благоприятное воздействие висмута на микроструктуру чугуна за счет высокого его усвоения - предотвращения его угара и испарения, а также равномерного распределения висмута в объеме расплава высокохромистого чугуна. Наличие магния в составе модификатора приводит к

ВУ 9862 С1 2007.10.30

заметному барботажу расплава при его вводе в высокохромистый чугун, при этом висмут равномерно распределяется по всему объему.

Содержание кремния в заявляемых пределах обеспечивает минимальную температуру плавления модификатора, а также повышение углеродного эквивалента ВХЧ, что стимулирует увеличение количества карбидной фазы.

Превышение верхнего предела ухудшает растворимость модифицирующей вставки, а также увеличивает ее расход для достижения требуемого содержания висмута. Содержание кремния ниже нижнего предела ухудшает растворимость модифицирующей вставки.

Содержание алюминия в заявляемых пределах приводит к раскислению и десульфурации расплава высокохромистого чугуна, образовавшиеся при этом включения окиси алюминия играют роль дополнительных центров кристаллизации, что измельчает структуру высокохромистых чугунов. Нижний предел установлен исходя из необходимости достижения определенного значения инокулирующего эффекта, превышение верхнего предела не увеличивает эффекта модифицирования и может привести к излишнему содержанию неметаллических включений (Al_2O_3), что может ухудшить ударостойкость ВХЧ.

Кальций в заявляемых пределах в составе вставки выполняет ту же роль, что и алюминий. Превышение верхнего предела содержания кальция ухудшает растворимость вставки ввиду ее шлакования (образуются высокоосновные высокотемпературные шлаки).

Магний в заявляемых пределах образует дополнительные центры кристаллизации за счет образования оксидов и окисульфидов магния, а также вызывает барботаж расплава ВХЧ и в следствие этого равномерное распределение центров кристаллизации и висмута по всему объему обрабатываемого расплава. Нижний предел магния установлен для достижения определенного эффекта, превышение верхнего предела приводит к значительному пирроэффекту и выбросам жидкого чугуна при проведении операции модифицирования, снижению усвоения модификатора.

Редкоземельные металлы цериевой группы - известный компонент, активно действующий на величину зерна в высокохромистых чугунах, значительно уменьшая его величину, что повышает ударостойкость ВХЧ. Нижний предел установлен исходя из достижения достаточного уровня измельчения зерна. Превышение верхнего предела значительно удорожает вставку для модифицирования, при этом не увеличивается достигаемый эффект от ввода редкоземельных металлов цериевой группы.

Висмут в выбранных пределах активно препятствует диффузионному росту и коагуляции карбидных включений, способствует измельчению и равномерному распределению их в металлической матрице, т.е. обеспечивает оптимальную структуру ВХЧ для достижения максимальных физико-механических и эксплуатационных свойств отливок, работающих в условиях интенсивного ударно-абразивного износа. Содержание висмута ниже нижнего предела не позволяет получить требуемый эффект, превышение выше верхнего предела удорожает вставку для модифицирования, при этом не усиливается достигаемый эффект измельчения карбидов хрома, а возможное вытеснение избыточного количества висмута на границы зерна может привести к обратному эффекту - снижению ударных характеристик высокохромистых чугунов, за счет разрушения их по ослабленным границам зерна, что резко снижает эксплуатационные свойства ВХЧ при ударных нагрузках.

Пример конкретного выполнения:

Исходный расплав высокохромистого чугуна заэвтектического состава ($C=3,7\%$; $Si=1,2\%$; $Cr=17,5\%$; $Mn=1,0\%$; $P=0,08\%$) выплавлялся в индукционной тигельной печи емкостью 60 кг. Заэвтектический состав выбран по причине того, что ВХЧ заэвтектического состава характеризуется наличием в их структуре крупных первичных карбидов хрома, что отрицательно сказывается на ударо- и износостойкости таких чугунов.

Обработка расплава чугуна проводилась при 1450-1460 °С модификаторами предлагаемого и известного состава в литейной форме (вставка помещалась в разъем литейной формы в зумпф стояка), при расходе последних 0,3 % от веса обрабатываемого состава.

ВУ 9862 С1 2007.10.30

Модификатор для обработки высокохромистого чугуна может изготавливаться как методом сплавления ингредиентов (железо-кремний-магниевого лигатур и металлического висмута), так и методом прессования исходных материалов. В конкретном случае модификатор изготавливался в виде вставки для модифицирования ВХЧ методом прессования порошкообразных ингредиентов.

Химические составы прессованных вставок предлагаемого состава приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ состава	Химический состав, мас. %						
	Si	Al	Ca	Mg	редкоземельные металлы	Bi	Fe
1	15,0	0,05	0,05	0,5	0,05	0,5	83,85
2	25,0	0,1	0,1	1,0	0,1	1,0	72,7
3	42,0	0,8	0,8	5,0	2,6	11,0	37,8
4	60,0	1,5	1,5	10,0	5,0	20,0	2,0
5	42,0	0,8	0,8	12,0	5,5	25,0	13,9
прототип	50,0	0,8	0,8	7,5	0,8	-	40,1

После проведения операции модифицирования методом кокильного литья получили отливки в виде шаров Ø40 мм для проведения испытаний на ударостойкость и в виде цилиндров для испытаний на износостойкость.

Стандартных методов испытаний на ударостойкость материалов не существует, поэтому методика сравнительных испытаний состояла в следующем: шар диаметром 40 мм подвергался ударным нагрузкам (груз весом 100 Н свободно падал на испытуемый образец с высоты 0,5 м), критерием ударостойкости было количество ударов до полного разрушения образца.

Испытания на износ проводились следующим образом: образец из испытуемого сплава диаметром 6,53 мм осуществляет возвратно-поступательное движение с одновременным вращением вокруг продольной оси (20 об/мин). Нагрузка нормальная к оси образца и составляет 60,2 Н, путь трения 12,8 м, контртело - карбид кремния SiC, трение осуществляется по сухому.

Результаты сравнительных испытаний образцов на износо- и ударостойкость приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ состава	Характеристики удароизносостойкости		
	ударостойкость, количество ударов, шт	износостойкость	
		износ, мг	относительная износостойкость*
1	4	80,2	1,04
2	6	75,3	1,1
3	22	62,5	1,33
4	29	60,1	1,37
5	30	61,0	1,367
прототип	2	83,4	1,0

* за 1,0 принята относительная износостойкость образца из ВХЧ, модифицированного вставкой известного состава, относительная износостойкость остальных образцов рассчитывалась как частное I_0/I_i , где I_0 - износ исходного образца (мг), I_i - износ образцов модифицированных вставками предлагаемого состава.

Заметно, что оптимальным сочетанием ударостойкости и износостойкости характеризуется образец № 3, обработанный модифицирующей вставкой предлагаемого химического состава со средним содержанием ингредиентов, при переходе на состав с содержанием

ВУ 9862 С1 2007.10.30

ингредиентов на верхнем уровне несколько повышаются эксплуатационные свойства ВХЧ, а превышение верхнего уровня приводит уже к некоторому снижению износостойкости.

Источники информации:

1. А.С. СССР 1275057, МПК С 22С 35/10 // Бюл. № 45. - 1986.07.12.
2. А.С. СССР 1081230, МПК С 22С 35/10 // Бюл. № 13. - 1984.03.23.
3. ТУ РФ 14-5-248-01. Разработчик ОАО "НИИМ" - С. 3.