

УДК 621.74

Фесенко А. Н., Фесенко М. А., Дегтярев С. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК МЕТОДОМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ЛИТЬЯ

Одним из направлений снижения себестоимости выпускаемой продукции при сохранении высоких эксплуатационных показателей, надежности и долговечности оборудования, машин и механизмов является применение вместо монометаллических биметаллических и многослойных изделий с дифференцированной структурой и свойствами в отдельных частях, слоях или зонах. Одним из эффективных и выгодных способов получения таких деталей и заготовок, в первую очередь, имеющих форму тел вращения, является центробежное литье.

Чаще всего такие заготовки получают путем последовательной, с необходимым временным интервалом, заливки во вращающуюся вокруг горизонтальной, вертикальной или наклонной оси форму (изложницу) заданных доз разных по химическому составу металлических расплавов (сталь – чугун, чугун – бронза, легированный чугун – серый или высокопрочный чугун и др.).

В этом случае для получения биметаллических или многослойных изделий с дифференцированной структурой и свойствами требуется выплавка в отдельных плавильных агрегатах двух или более разнородных сплавов или же выплавка базового сплава, с последующей дополнительной предварительной обработкой части расплава в миксере, в ковше, на желобе, в струе и т. д. перед заливкой в форму [1, 2], что является существенным недостатком технологии, усложняет и удорожает процесс изготовления отливки.

Поэтому, на сегодняшний день представляют определенный интерес технологии, предусматривающие возможность получения биметаллических и многослойных изделий из одного базового расплава, выплавленного в одном плавильном агрегате.

На кафедре технологии и оборудования литейного производства Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск) совместно с сотрудниками кафедры литейного производства черных и цветных металлов Национального технического университета Украины «КПИ» (г. Киев) предложены ряд способов получения отливок с дифференцированной структурой и свойствами из одного базового расплава при использовании технологии внутриформенного модифицирования [3]. Данные способы или их разновидности могут быть применены и при изготовлении отливок с дифференцированной структурой и свойствами методом центробежного литья.

Однако информация, касающаяся такой технологии получения отливок с дифференцированной структурой и свойствами из одного базового расплава методом центробежного литья в современной периодической литературе практически отсутствует.

Целью данной работы является исследование процесса получения отливок с дифференцированной структурой и свойствами методом центробежного литья из одного базового расплава.

В представленной работе предложен, разработан и исследован способ изготовления двухслойных чугуновых отливок (заготовок) с дифференцированной структурой и свойствами в разных слоях отливки из одного базового расплава методом центробежного литья.

В предложенном способе получение из одного базового расплава двухслойных центробежнолитых изделий с дифференцированной структурой и свойствами чугуна в различных слоях обеспечивается за счет дифференцированной внутриформенной обработки отдельных порций расплава разными по функциональному назначению и воздействию на расплав модифицирующими, легирующими или другими добавками, размещенными в проточных реакционных камерах автономных литниковых систем при заливке порции расплава в литейную форму или изложницу центробежной машины.

Для реализации предложенного способа была спроектирована и изготовлена шпиндельная установка центробежного литья с горизонтальной осью вращения изложницы.

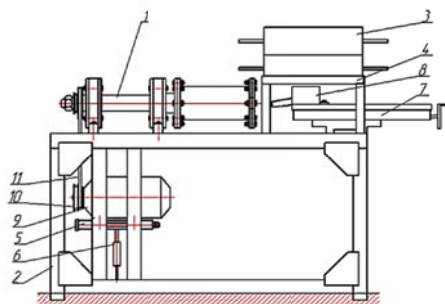
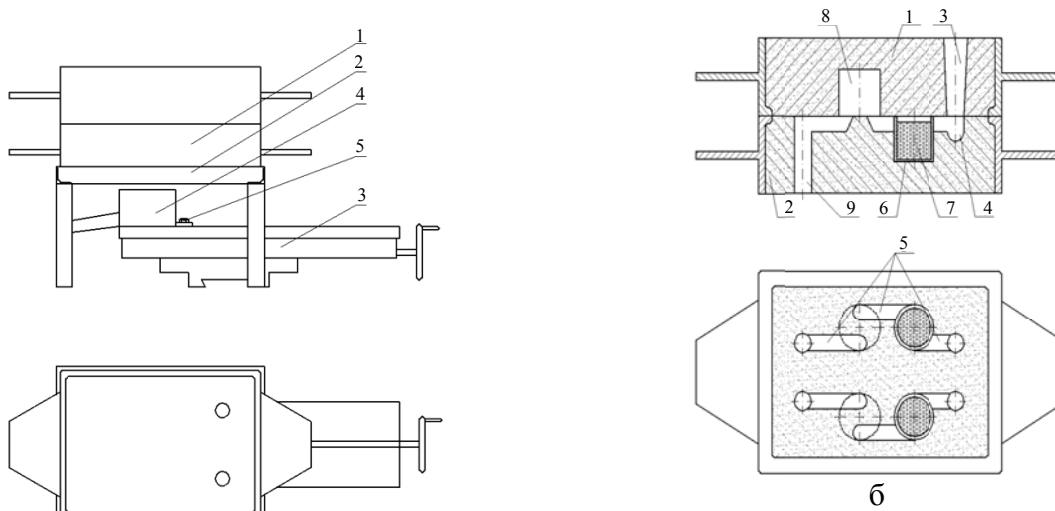


Рис. 1. Схема центробежной машины:

1 – центробежное устройство; 2 – рама; 3 – разовая форма; 4 – рама заливочного устройства; 5 – подмоторная плита; 6 – натяжное устройство; 7 – станина; 8 – заливочная чаша; 9 – двигатель; 10 – ведущий шкив; 11 – клиновой ремень

Отличительной особенностью конструкции спроектированной установки является наличие заливочно-модифицирующего модуля, представляющего собой разовую или полупостоянную литейную форму, которая располагается перед вращающейся изложницей над перемещающимся вдоль продольной оси изложницы заливочным желобом и обеспечивает возможность в процессе заливки проводить обработку исходного базового расплава внутри литейной формы разными по функциональному назначению и воздействию на структуру и свойства металла легирующими, модифицирующими или другими добавками, помещаемыми в проточные реакционные камеры автономных литниковых систем литейной формы (рис. 2).



а
1 – разовая форма; 2 – рама заливочного устройства; 3 – станина; 4 – заливочная чаша; 5 – болт

б
1 – верхняя полуформа; 2 – нижняя полуформа; 3 – стояк; 4 – зумпф; 5 – горизонтальные каналы; 6 – пенополистироловая оболочка; 7 – модификатор; 8 – центробежный шлакоуловитель; 9 – вертикальный питатель

Рис. 2. Схема заливочно-модифицирующего устройства (а) и разовой литейной формы для модифицирования (б)

Количество автономных литниковых систем определяется количеством слоев с дифференцированной структурой и свойствами, которые необходимо получить в центробежно-литом изделии. При этом во всех или в части автономных литниковых систем литейной формы предусмотрены промежуточные проточные реакционные камеры, в которых на пути движения расплава при заливке размещаются модифицирующие, легирующие или другие добавки для внутриформенной обработки порции расплава, движущегося через соответствующую литниковую систему, а затем по желобу во вращающуюся изложницу (рис. 2).

По предложенному способу на установке проведены серии экспериментов для изготовления из одного базового расплава чугуна центробежнолитых двухслойных втулок с дифференцированной структурой и свойствами металла в наружном и внутреннем слоях.

В первой серии экспериментов использовали в качестве базового расплава чугун эвтектического состава, склонный к кристаллизации с выделением свободного графита в соответствии со стабильной диаграммой состояния железо – углерод (серый чугун). При этом первая порция заливаемого в изложницу расплава чугуна модифицировалась карбидостабилизирующей добавкой, расположенной в реакционной камере первой литниковой системы, а вторая – сфероидизирующей добавкой, расположенной в реакционной камере второй литниковой системы заливочно-модифицирующего блока (модуля) (рис. 3, а).

Во второй серии экспериментов использовали в качестве базового расплава чугун доэвтектического состава, склонный к кристаллизации с отбелом в соответствии с метастабильной диаграммой состояния железо-цементит (белый чугун). При этом первая порция чугуна, с которого формировался наружный слой отливки, заливалась через первую литниковую систему без какой-либо обработки, а вторая порция для формирования внутреннего слоя отливки модифицировалась сфероидизирующим модификатором VL63(M), расположенным в проточной реакционной камере второй литниковой системы (рис. 3, б).

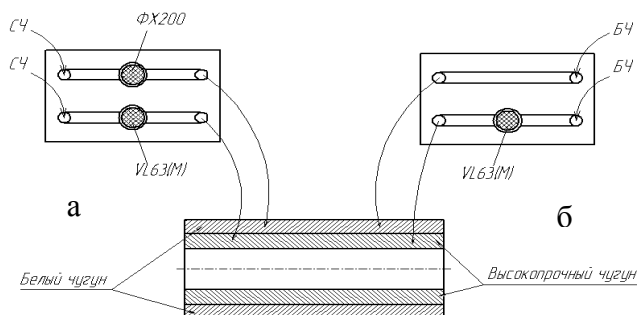


Рис. 3. Технологические варианты получения из базового серого (а) и белого (б) чугунов центробежнолитой двухслойной отливки

Исходный серый и белый чугун выплавляли в индукционной тигельной электропечи ИСТ-006 на шихте, состоящей из чушковых литейных чугунов ЛЗ, Л4 и лома углеродистой стали 35Л и заливали с помощью поворотного ковша во вращающуюся со скоростью 1000 об/мин изложницу с выдержкой между этапами заливки 0, 30 и 60 секунд при температуре 1420...1450 °С.

В качестве карбидостабилизирующей добавки применяли феррохром марки ФХ200, а в качестве сфероидизирующего модификатора – ферросилициймагниевою лигатуру VL63(M) производства Германии. Модифицирующие добавки с размером частиц 1,0...2,5 мм в количестве 2,0 % от массы обрабатываемого чугуна размещались внутри специальной оболочки, изготовленной из пенополистирола [4], которая вставлялась в разовую литейную форму, выполненную из песчано-глинистой смеси, при ее сборке.

Учитывая результаты ранее проведенных нами исследований, для повышения эффективности процесса внутриформенной обработки расплава и достижения высокой степени усвоения модифицирующих элементов в исследованиях применялись проточные реакционные камеры нижнего расположения с центробежным подводом и отводом расплава (центробежные реакционные камеры) [5].

Эффективность способа получения двухслойных отливок оценивалась по характеру литой структуры и твердости чугуна в опытных отливках. Оценку литой структуры производили по характеру и цвету макроизлома, по характеру металлической матрицы и включений графита. Структура чугуна изучалась в соответствии с ГОСТ3443-87 под оптическим микроскопом марки МИМ-8М на нетравленных металлографических шлифах, а также на микрошлифах после их химического (в 4 %-м растворе азотной кислоты в этиловом спирте) травления.

Для получения микрошлифов механическим способом вырезались образцы из середины отливки. Твердость определялась по методу Бринеля на приборе модели ТШ-2 в соответствии с требованиями ГОСТ 9012-59.



Рис. 4. Биметаллическая центробежнолитая чугунная отливка

В результате экспериментов были получены пустотельные цилиндрические отливки из чугуна длиной 250 мм и наружным диаметром 100 мм (рис. 4).

Как показали проведенные исследования, при изготовлении экспериментальных отливок в случае использования в качестве исходного серого чугуна дифференциация структуры и свойств в отливках обеспечивается в случае выдержки в течение 30 и 60 секунд между этапами заливки порций расплава. При этом наружный слой отливки кристаллизовался с отбелом с перлито-цементитной структурой Ц25 – Цп6000. Твердость чугуна в наружном слое составляла 380...390 НВ. Внутренний слой отливки кристаллизовался со светло-серым изломом с перлито-ферритной структурой (П55Ф45) и графитовыми включениями правильной (ШГф5), неправильной (ШГф4) шаровидной и вермикулярной (ВГф1) формы, с твердостью 280...290 НВ (рис. 5).

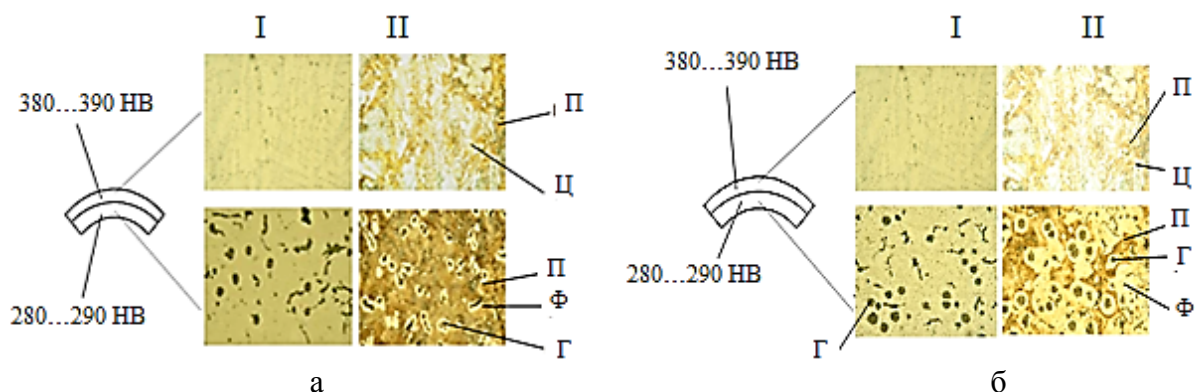


Рис. 5. Микроструктура центробежнолитой отливки из базового серого чугуна с выдержкой между этапами заливки 30 с (а) и 60 с (б) ($\times 100$):

I – не травленный; II – после химического травления; П – перлит; Ц – цементит; Г – графит; Ф – феррит

При этом установлено, что с увеличением времени выдержки между этапами заливки исходного расплава увеличивается толщина наружного слоя (рис. 6).

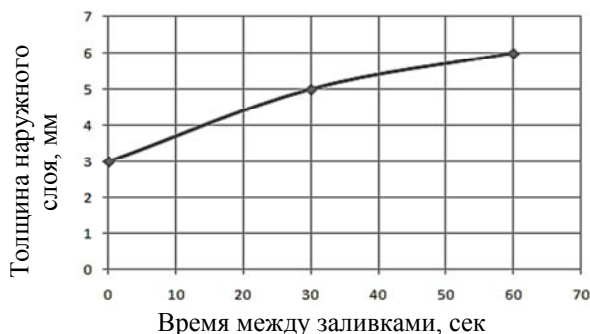


Рис. 6. Влияние времени выдержки между заливками на толщину наружного слоя чугунных отливок

При изготовлении экспериментальных отливок в случае использования в качестве исходного белого чугуна дифференциация структуры и свойств в отливках также обеспечивается в случае выдержки между этапами заливки порций расплава в 30 и 60 секунд. При этом наружный слой отливки кристаллизовался с отбелом с перлитно-цементитной структурой Ц25 – Цп6000. Твердость чугуна в наружном слое в отливках составляла 410...420 НВ. Внутренний слой отливки кристаллизовался с серым изломом из высокопрочного феррито-перлитного чугуна с вермикулярным графитом не равномерно расположенными графитовыми включениями около 98 % (ВГф2 – ВГр3 – ВГ98 – П85 (Ф15)), с твердостью 270...280 НВ.

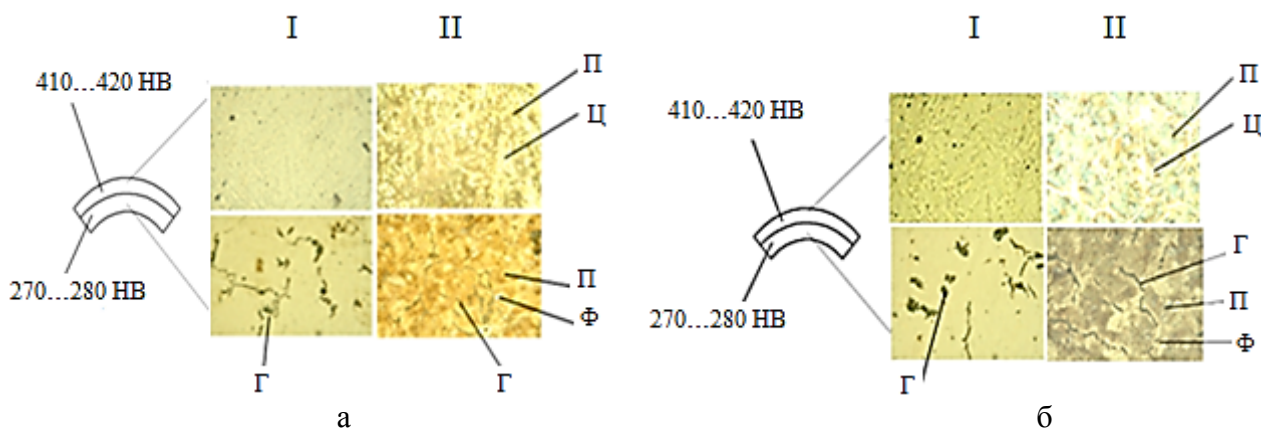


Рис. 6. Микроструктура центробежнолитой отливки из базового белого чугуна с выдержкой между этапами заливки 30 с (а) и 60 с (б) ($\times 100$):

I – не травленный; II – после химического травления; П – перлит; Ц – цементит; Г – графит; Ф – феррит

ВЫВОДЫ

Таким образом, в работе предложен и опробован новый способ получения из одного исходного базового расплава чугуна отливок с дифференцированной структурой и свойствами в разных слоях методом центробежного литья. По разработанной технологии на сконструированной установке центробежного литья с горизонтальной осью вращения получены двухслойные отливки с наружным слоем из белого чугуна с перлитно-цементитной структурой и внутренним слоем из высокопрочного чугуна с шаровидным или вермикулярным графитом с перлитно-ферритной металлической основой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лакадемонский А. В. Биметаллические отливки / А. В. Лакадемонский. – М. : Машиностроение, 1958. – 185 с.
2. Костенко Г. Д. Теплофизические особенности процессов получения биметаллических отливок на основе сплавов железа / Г. Д. Костенко, Е. Л. Бречко, О. А. Пеликан [и др.] // Литейное производство. – 2003. – № 9. – С. 19.
3. Фесенко М. А. Внутриформенное модифицирование для получения чугуновых отливок с дифференцированной структурой и свойствами / М. А. Фесенко, А. М. Фесенко, В. А. Косячков // Литейное производство. – 2010. – № 1. – С. 7–13.
4. Пат. України № 13646 U, 7B22D27/00. Спосіб обробки рідкого металу в ливарній формі // Фесенко А. М., Фесенко М. А. – Заявл. 03.10.2005 ; опубл. 17.04.2006, Бюл. № 5.
5. Фесенко М. А. Исследование процессов внутриформенной обработки чугуна методами физического моделирования / М. А. Фесенко, В. А. Косячков, А. Н. Фесенко // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2006. – № 3 (5). – С. 7–14.

Статья поступила в редакцию 02.10.2011 г.