

УДК 672.1

М. А. Фесенко, Е. В. Фесенко

Национальный технический университет Украины, г. Киев

fesenkoma@mail.ru

Научный руководитель – канд. техн. наук, доц. *М. М. Ямишинский*

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ДВУХСЛОЙНЫХ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОЙ ЗАЛИВКЕ ПОЛОСТИ ФОРМЫ РАЗНОМОДИФИЦИРОВАННЫМИ РАСПЛАВАМИ

АННОТАЦИЯ

В работе подтверждена реализация нового технологического процесса получения двухслойных отливок с дифференцированной структурой и свойствами, обеспечивающего формирование рабочего слоя из твердого износостойкого белого чугуна и монтажной части – из вязкого ударостойкого высокопрочного чугуна с шаровидным графитом с применением технологии внутриформенного модифицирования исходного расплава, выплавленного в одном агрегате. Изучены процессы структурообразования в рабочей, монтажной и переходной зоне двухслойных отливок в литом состоянии и после низкотемпературного графитизирующего отжига.

Ключевые слова: чугун, структура, двухслойные отливки, шаровидный графит

ABSTRACT

The work is confirmed by the implementation of a new technological process of producing dual-layer castings with differentiated structure and properties, ensuring the formation of the working layer of hard wear-resistant white cast iron and assembly parts - from a viscous shock-resistant high-strength nodular cast iron using the technology of inmold inoculation of the initial melt, melted into a single unit. The processes of structure formation in the work, mounting and the transition zone dual-layer cast in the cast state and after low temperature annealing graphitizing.

Keywords: cast iron, structure, two-layer castings, spherical graphite

На карьерных и горно-обогатительных работах, в металлургии и теплоэнергетике, в промышленном и гражданском строительстве эксплуатируется большое количество механизированного оборудования для добычи, измельчения, размола и транспортировки сырья и полуфабрикатов. Главной причиной их преждевременного выхода из строя является абразивный износ отдельных частей базовых рабочих органов: поверхности валков и опорных роликов прокатных станов, щек и молотков дробилок,

бронифутеровочных плит, мелющих тел, метательных лопаток дробеметных аппаратов, склизов бункеров сыпучих материалов, базовых и корпусных деталей станков, лезвий зубов ковша экскаватора, ножей разрыхлителей землечерпалок.

К химическому составу, микроструктуре и механическим свойствам сплава рабочих органов (поверхностей) подобных деталей предъявляются особые требования износостойкости: повышенное содержание хрома или марганца, наличие твердых карбидов в крепкой перлитной, аустенитной или мартенситной металлической матрицы, максимальная твердость, высокая коррозионная стойкость. В то же время к химическому составу, микроструктуре и механическим свойствам сплава в другой части детали, которая не контактирует с абразивом, выдвигаются противоположные требования: мягкая вязко-пластичная ударостойкая ферритная или аустенитная металлическая матрица, высокая обрабатываемость резанием.

В промышленности достаточно широко используют детали с сочетанием в отдельных частях твердого износостойкого белого чугуна с карбидами железа в составе ледебуритной эвтектики и сравнительно мягкого, но хрупкого серого чугуна с пластинчатым графитом. Сочетание белого и серого чугунов в одной детали целесообразно, если она работает в условиях безударно-абразивного износа. Для изделий, работающих в условиях ударно-абразивного износа, более экономически и технически оправданным, и, как следствие, перспективным является сочетание в одной детали износостойкого белого чугуна с ударостойким вязким высокопрочным чугуном с шаровидным графитом ферритного класса.

На сегодняшний день производство чугунных деталей с дифференцированными свойствами осуществляется различными способами. Наибольший интерес представляют способы, основанные на методах литья из жидкого металла. Чаще всего их получают путем последовательной заливки общей литейной формы чугунами разного химического состава.

Использование двух плавильных агрегатов для синхронной выплавки различных чугунов или проведения дополнительных операций обработки расплавов, модифицирующими и легирующими добавками в ковшах, связано с определенными организационно-технологическими трудностями, которые усложняют и удорожают большинство способов.

В работе исследуется новый технологический процесс получения двухслойных отливок, который реализуется путем заливки литейной формы исходным серым чугуном эвтектического состава через общий стояк и каналы разветвленной литниковой системы, которая обеспечивает подвод расплава к отливке через питатели с двух сторон и предусматривает возможность одновременной внутриформенной обработки в одной реакционной камере карбидообразующим и в другой сфероидизирующим модификаторами. В случае не смешивания разномодифицированных

чугунов при заливке форм одна часть отливки кристаллизуется из износостойкого твердого белого чугуна, а другая из мягкого ударостойкого ферритного чугуна с шаровидным графитом (рис. 1).

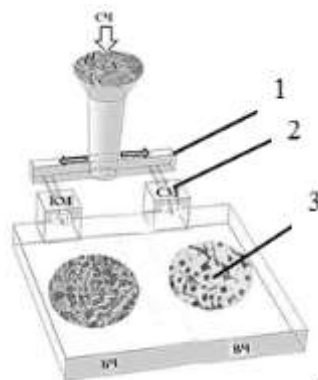


Рис. 1. Схема исследуемого технологического процесса получения двухслойных отливок: СЧ – серый чугун; ВЧ – высокопрочный чугун; БЧ – белый чугун; КМ – карбидообразующий модификатор; СМ – сфероидизирующий модификатор
1 – реакция камера; 2 – питатель; 3 – отливка

Объектом исследования выбрали отливку типа горизонтальной плиты массой 10 кг и размерами 240×240×25 мм (рис. 2).



Рис. 2. Общий вид экспериментальной отливки

Исходный чугун эвтектического состава выплавляли в индукционной тигельной электропечи марки ИЧТ-006 с кислой футеровкой на шихте, состоящей из доменного чушкового чугуна и стального лома (Ст. 3). Сухие песчано-глинистые литейные формы заливали открытым ручным ковшом конического типа при температуре расплава $1380\pm 10^\circ\text{C}$, $1420\pm 10^\circ\text{C}$ и $1480\pm 10^\circ\text{C}$.

В качестве сфероидизирующего модификатора (СМ) для внутриформенной обработки базового чугуна с целью получения структуры и свойств высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) использовали ферросилиций-магниевый сплав марки ФСМг7, карбидообразующего модификатора (КМ) для получения структуры и свойств белого чугуна (БЧ) – никель-магниевый сплав марки НМг19. Количество модификаторов с размерами частиц 1,0...5,0 мм, помещаемых в проточные кубические реакционные камеры размером 40×40×40 мм во всех экспериментах составляло 2,0 % от массы обрабатываемого чугуна.

Несмотря на простоту идеи в первых экспериментах нового процесса не зависимо от температуры заливки расплава вместо ожидаемой дифференциации структуры и свойств в двухслойных отливках получали монолитную структуру по всему сечению. Гидродинамическое перемешивание разномодифицированных потоков при заливке форм жидким металлом и дальнейшее конвективно-диффузное перераспределения в жидко-твердом сплаве элементов-модификаторов из одной зоны в другую приводило к усреднению структуры и свойств чугуна по всему объему отливки.

Поэтому, на следующем этапе исследований для предотвращения взаимного гидродинамического и конвективного перемешивания разномодифицированных чугунов в рабочую полость формы вдоль оси симметрии перед сборкой и ее заливкой исходным жидким чугуном была установлена разделительная механическая перегородка из оцинкованной листовой стали ГОСТ 14918-80 (рис. 3).



Рис. 3. Общий вид литейной формы перед сборкой и заливкой исходным расплавом

Для эксперимента заготовили прямоугольные перегородки толщиной 0,5, 1,0 и 1,3 мм. Все остальные условия эксперимента копировали предыдущие.

Так при заливке чугуна при температуре 1380 ± 10 °С и 1420 ± 10 °С стальные пластины из оцинкованной стали надежно сваривалась с модифицированными чугунами в отливке и обеспечивали дифференциацию структуры и свойств в левой части из твердого белого чугуна (твердостью 420...440 НВ) и в правой части из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (твердостью 220...260 НВ). При более высокой температуре заливки 1480 ± 10 °С пластины растворялись в объеме отливки, что приводило к формированию однородной структурой по сечению отливки.

При осмотре изломов двухслойных отливок (рис. 4, а) с дифференцированной структурой с использованием металлографического микроскопа, образцов вырезанных из отливок, где пластины контактировали с чугунами, зафиксировали увеличение конечной толщины перегородки, точнее, светло-серой линии между разномодифицированными чугунами. Увеличение толщины объясняется тем, что после заливки расплава в процессе взаимодействия разделительной перегородки из оцинкованной стали с белым и высокопрочным чугунами в литейной форме

часть углерода из прилегающего слоя успевае́т продифундировать в стальную перегородку (рис. 4, *в*). Обезуглероженная часть образует структуру подобную белосердечному ковкому чугу́ну. В свою очередь вытесненный углерод, формирует карбидную сетку (микротвердостью 6200 МПа) (рис. 4, *в*) вокруг продуктов распада аустенита (микротвердостью 2750 МПа), при этом ферритная структура разделительной перегородки (рис. 4, *д*) трансформируются в типичную структуру заэвтектоидной стали (рис. 4, *е*).

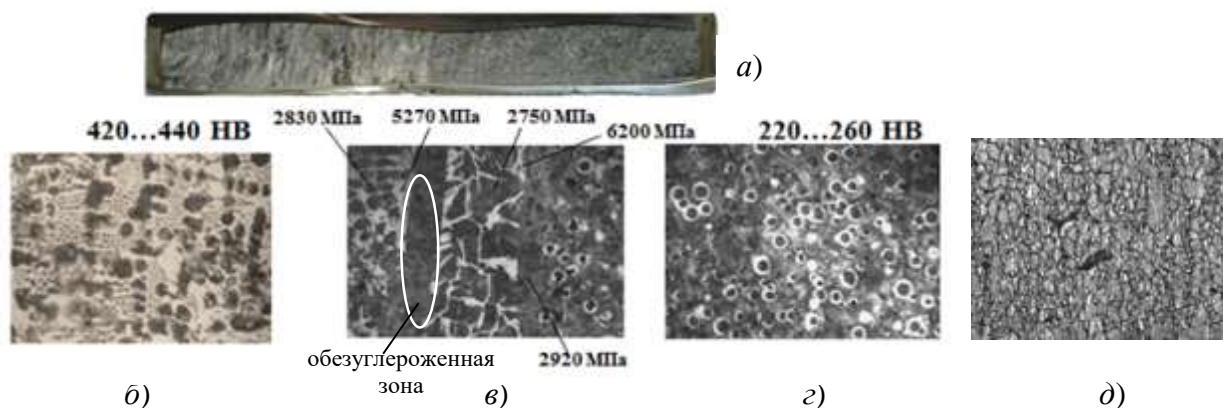


Рис. 4. Излом двухслойной отливки (*а*), микроструктура ($\times 100$) левой (*б*), правой (*г*) и переходной зоны с остатком стальной пластины (*в*), микроструктура ($\times 100$) стальной перегородки, из оцинкованной стали перед установкой в литейную форму (*д*)

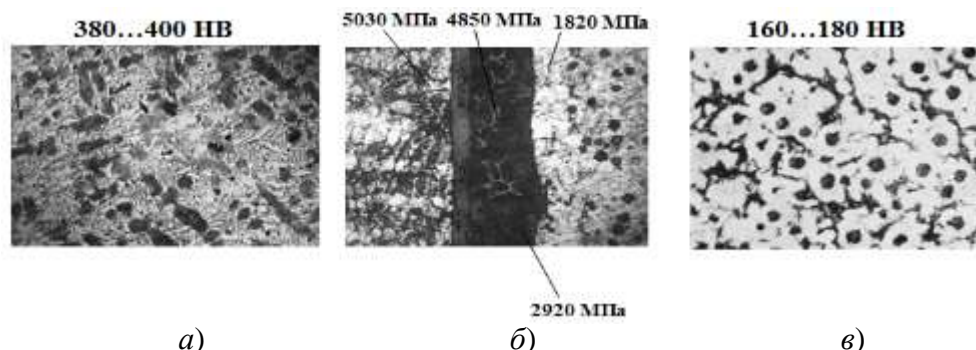


Рис. 5. Микроструктура ($\times 100$) левой (*а*), правой (*в*) и переходной зоны (*б*) двухслойной отливки после графитизирующего отжига

Для увеличения ферритной составляющей и вязкости в части отливки из высокопрочного чугуна ее подвергали низкотемпературному графитизирующему отжигу, после которого микроструктура состояла из графита шаровидной формы в преимущественно ферритной матрице (рис. 5, *в*), в части отливки из белого чугуна структура оставалась перлитоцементитной (рис. 5, *а*). В зоне контакта чугунов со стальной перегородкой оставалась структура заэвтектоидной стали (рис. 5, *б*). Разница твердости двух частей отливки увеличилась до 200 НВ. Такая переходная зона выдерживает механические нагрузки (400...450 МПа).

Таким образом, на основании проведенных исследований в работе подтверждена реализация нового технологического процесса получения двухслойных отливок с дифференцированными структурой и свойствами, обеспечивающего формирование рабочего слоя из твердого износостойкого белого чугуна и монтажной части из вязкого ударостойкого высокопрочного чугуна с шаровидным графитом с применением технологии внутрiformенного модифицирования исходного расплава, выплавленного в одном агрегате. Изучены процессы структурообразования в рабочей, монтажной и переходной зоне двухслойных отливок в литом состоянии и после низкотемпературного графитизирующего отжига. Данные результаты установили, что между разномодифицированными чугунами и стальной перегородкой обеспечивается плотное соединение, которое выдерживает механические нагрузки при эксплуатации отливок.