

Т.В. Селиверстова, В.Ю. Селиверстов

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ БЛОКА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК ИЗ СТАЛИ Р18Л В ОБОЛОЧКОВОЙ ФОРМЕ

Аннотация. Представлены результаты компьютерного моделирования герметизации блока отливок цилиндрической формы из стали Р18Л, получаемых по действующей технологии в формах литья по выплавляемым моделям. Показана возможность использования газодинамического воздействия на затвердевающий металл при условии изменения конструкции блока.

Введение. Как известно, специальные способы литья позволяют резко снизить трудозатраты и металлоемкость получаемых отливок, способствуют достижению более высоких физико-механических характеристик и эксплуатационных свойств литого металла. Наряду с дальнейшим усовершенствованием специальных способов гравитационного литья (кокили, керамические, оболочковые, графитовые и др.), проводится разработка новых эффективных методов воздействия на кристаллизующийся металл, к числу которых можно отнести технологию газодинамического воздействия на расплав в форме ЛВМ.

Анализ предыдущих публикаций и постановка задачи. При реализации данной технологии в течение всего процесса затвердевания на жидкий металл оказывается воздействие за счет создания регулируемого газового давления в герметизированной системе отливка-устройство для ввода газа. Процесс предполагает в качестве необходимого условия осуществления наличие на поверхности рабочей полости литейной формы слоя затвердевшего металла к моменту подачи газа в систему отливка-устройство для подачи газа [1 - 3]. Толщина этого увеличивающегося во времени слоя должна обеспечивать по своим прочностным характеристикам герметичность системы отливка-устройство для ввода газа, находящейся под нарастающим давлением, вплоть до полного затвердевания отливки. При осуществлении

газодинамического воздействия на протяжении всего процесса затвердения необходимо поддерживать максимально возможный уровень газового давления, величина которого, в свою очередь, будет обуславливаться прочностными характеристиками образующегося на поверхности отливки герметизирующего затвердевшего слоя металла. По мере увеличения толщины затвердевшего слоя его прочность будет расти, что дает возможность повышать давление [4, 5]. Результаты ранее проведенных работ показали эффективность данного метода активного физического воздействия на затвердевающий в литейной форме металл при изготовлении отливок как в кокиле [6 - 8], так и в керамической оболочковой форме ЛВМ [9]. При этом наибольшая эффективность метода может быть достигнута путем создания таких теплофизических условий затвердевания отливки, которые предполагают герметизацию системы отливка-устройство для ввода газа за счет равномерного формирования на всей поверхности отливки затвердевшего слоя. Кроме того, эффективность зависит от возможности встраивания технологии в действующий технологический процесс без значительных его корректировок, дополнительного оборудования и персонала. Учитывая также разнообразие конфигуративных особенностей отливок, получаемых литьем по выплавляемым моделям, актуальной задачей является оценка пригодности конструкции блока, используемого по действующей технологии и разработка рациональной конструкции блока ЛВМ с точки зрения возможности реализации процесса газодинамического воздействия.

Целью работы является определение условий герметизации блока цилиндрических отливок из сплава Р18Л, затвердевающих в форме ЛВМ, для осуществления газодинамического воздействия на расплав.

Результаты исследований. Схема блока отливок, изготавливаемых по традиционной технологии ЛВМ, представлена на рис.1. Отливки цилиндрической формы из сплава Р18Л (табл.1) изготавливаются в восьмислойных оболочковых формах. Материал – кристаллический кварц.

Химический состав стали

Содержание элементов, %							
C	Cr	W	V	Mo	S	P	Fe
0,75	4,7	18,5	1,17	0,17	0,03	0,02	ост.

Для определения термовременных параметров процесса герметизации блока отливок и получения численного решения задачи расчета процесса затвердевания использовали метод конечных элементов в программной реализации системой компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП) «Полигон». При моделировании методами конечных элементов выделяются следующие основные этапы: препроцессинг, расчет и постпроцессинг. Препроцессинг включает в себя построение твердотельной модели объекта и построение конечно-элементной модели объекта. Расчет созданной конечноэлементной модели блока отливок осуществляли в соответствии с алгоритмом теплового расчета, реализованным в программе. На этапе постпроцессинга происходила обработка результатов расчета и их интерпретация в терминах предметной области.

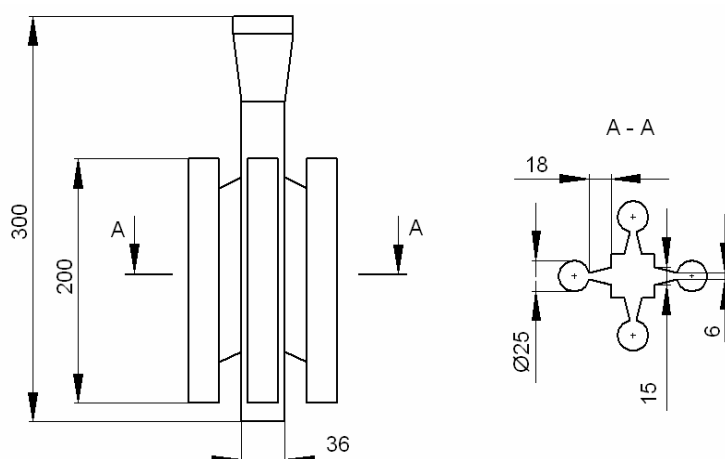


Рисунок 1 - Схема блока, изготавливаемого по действующей технологии

Для проведения моделирования были выбраны исходные параметры и свойства материалов отливки и литейной формы, основные из которых представлены в табл. 2.

Таблица 2

Исходные данные для проведения моделирования
в СКМ ЛП «Полигон»

Параметры	Значение
Теплофизические свойства быстрорежущей стали Р18Л	
Плотность, кг/м ³	8800
Теплоемкость, Дж/кг К	460
Теплопроводность, Вт/мК	27
Скрытая теплота кристаллизации, кДж/кг	260
Температурный интервал кристаллизации, °С	1310 – 1380
Теплофизические свойства материала формы	
Объемная теплоемкость, кДж/м ³ К	2100
Теплопроводность, Вт/мК	0,52
Параметры теплообмена (коэффициент теплопередачи на границе), Вт/(м²·К)	
Отливка – Форма	4000
Форма – Отливка	4000
Отливка – Среда	200
Форма – Среда	180
Начальные температуры отливки и формы, °С	
Отливка	1450
Форма	900

На рис. 2 представлены визуализированные результаты теплового расчета процесса затвердевания блока отливок, изготавливаемых по действующей технологии.

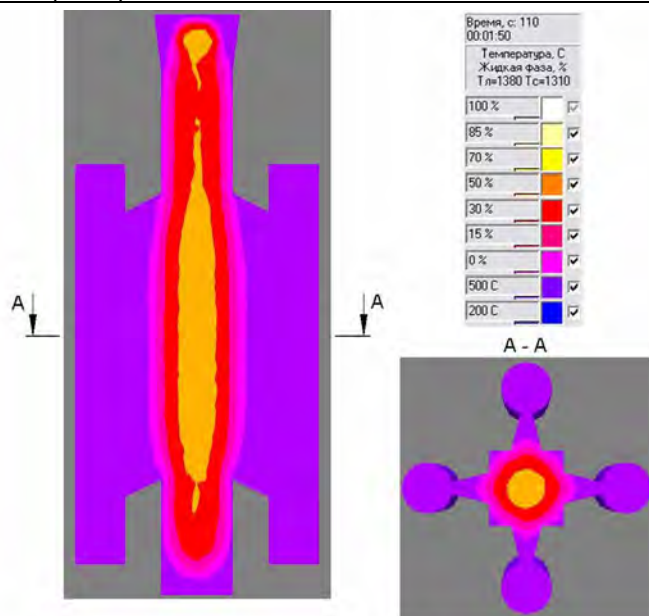


Рисунок 2 - Визуализированные результаты теплового расчета процесса затвердевания блока отливок на 110 – й секунде:
вертикальный разрез и горизонтальное сечение

Приведенные данные свидетельствуют о том, что к моменту формирования затвердевшего слоя на поверхности стояка, отливки оказываются полностью затвердевшими. Данная конструкция блока не обеспечивает условия реализации варианта технологии газодинамического воздействия, основанного на соответствии толщины затвердевшего слоя создаваемому давлению в системе отливка-устройство для ввода газа. При действующей конструкции блока ЛВМ возможно использовать только прочностные свойства материала литейной формы. Соответственно, реализация технологии газодинамического воздействия возможна в диапазоне давлений 0,1 – 0,3 МПа.

Измененная конструкция блока отливок представлена на рис. 3. Была изменена форма и размеры стояка, питателей, а также утеплены отдельные части формы за счет нанесения дополнительных слоев огнеупорной оболочки. На рис. 4 представлены результаты теплового расчета процесса затвердевания блока измененной конструкции.

Из рисунка видно, что на поверхности блока практически равномерно образуется герметизирующий слой затвердевшего металла.

СКМ ЛП «Полигон» позволяет получить данные о процессе затвердевания в любой точке отливки при установке в соответствующих местах виртуальных термодатчиков. На рисунке 5 представлена схема расположения виртуальных термодатчиков, находящихся в горизонтальном сечении блока на расстоянии 1,5 мм от поверхности отливки, а также соответствующие кривые охлаждения.

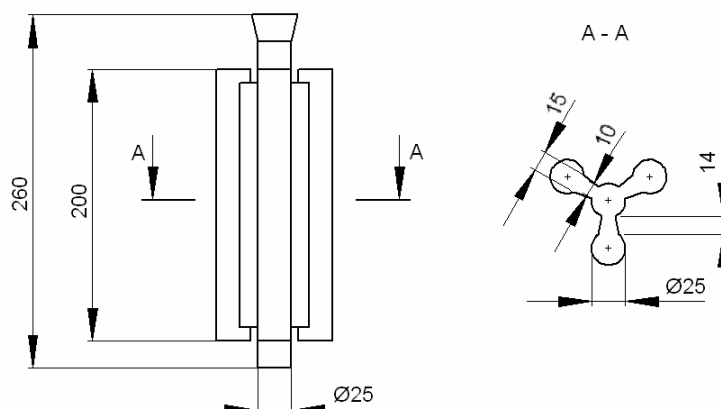


Рисунок 3 - Схема блока измененной конструкции

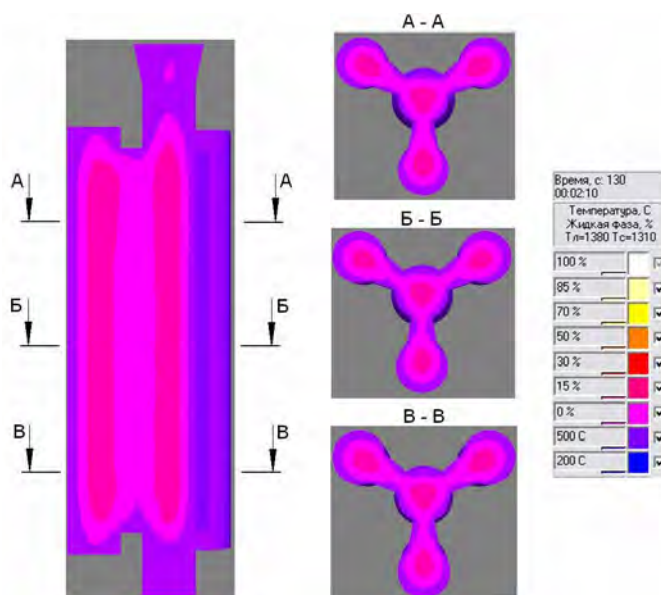


Рисунок 4 - Визуализированные результаты теплового расчета процесса затвердевания блока отливок измененной конструкции на 130 – й секунде:

вертикальный разрез и горизонтальные сечения

Полученные результаты компьютерного моделирования процесса затвердевания рассматриваемого блока отливок позволяют утверждать, что через 130 секунд после окончания заливки на всей поверхности формы образуется твёрдый слой металла, т.е. блок отливок оказывается полностью герметичным за счет формирования равномерной корки. Это дает возможность осуществлять газодинамическое воздействие вплоть до полного затвердевания отливок.

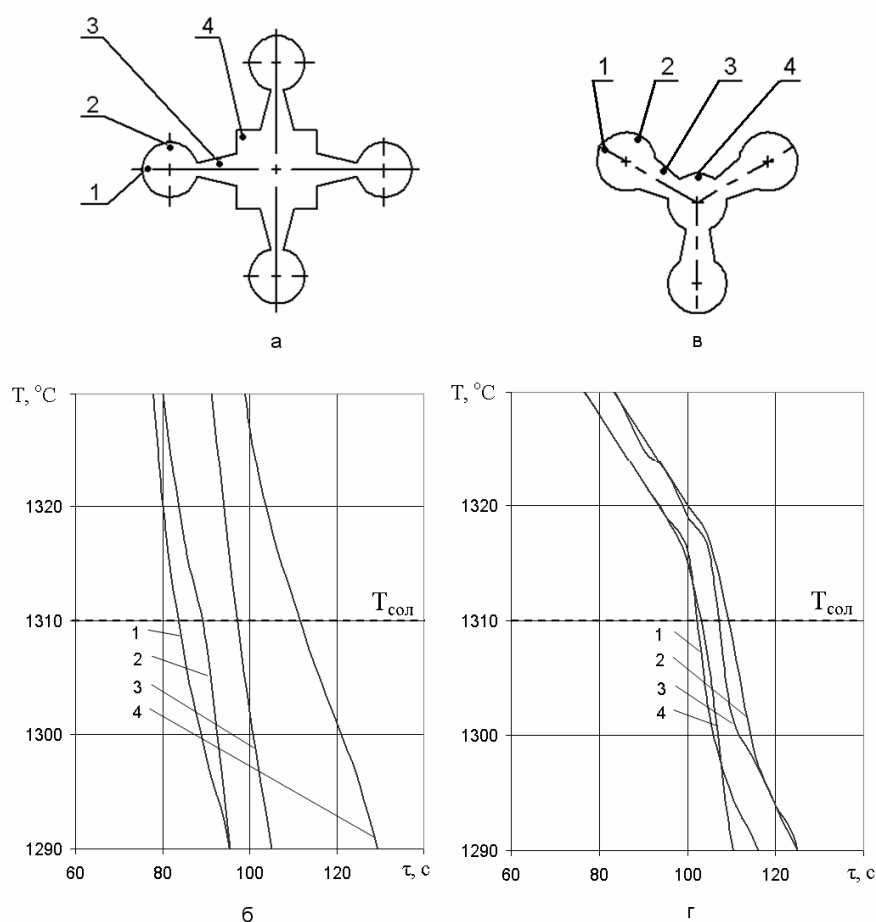


Рисунок 5 - Схема размещения виртуальных термодатчиков в сечении блоков и кривые охлаждения отливок в соответствующих местах: по действующей технологии (а, б), измененной конструкции (в, г)

Плотность температурных кривых, полученных в варианте измененной конструкции блока отливок, показывает, что на различных участках поверхности блока герметизирующая корка формируется практически одновременно, в отличие от действующей конструкции,

где зафиксирована значительная разница во времени формирования герметизирующего слоя затвердевшего металла одной толщины.

Выводы:

1. Проведено моделирование в СКМ ЛП «Полигон» процесса герметизации блока цилиндрических отливок из стали Р18Л, изготавливаемых по действующей технологии в форме ЛВМ. Установлено, что к моменту формирования затвердевшего слоя на поверхности стояка, отливки оказываются полностью затвердевшими. Данная конструкция блока не обеспечивает условия реализации варианта технологии газодинамического воздействия, основанного на соответствии толщины затвердевшего слоя создаваемому давлению в системе отливка-устройство для ввода газа.

2. Расчеты показали, что при действующей конструкции блока ЛВМ возможно использовать только прочностные свойства материала литейной формы. Соответственно, реализация технологии газодинамического воздействия возможна в диапазоне давлений 0,1 – 0,3 МПа.

3. Установлена возможность изменения конструкции блока отливок, что позволит, согласно результатам проведенного моделирования, осуществлять «полноценное» газодинамическое воздействие на затвердевающий расплав в литейной форме. Установлено также, что процесс герметизации блока при этом закончится через ~ 130 секунд формированием затвердевшей поверхностной корки толщиной 1 - 2,5 мм, что дает возможность в дальнейшем увеличивать давление в системе отливка-устройство для ввода газа в соответствии с кинетикой увеличения слоя вплоть до полного затвердевания отливок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Декларацийний патент, Україна МПК (2006) В22D 18/00 Спосіб отримання виливків/ Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., Доценко Ю.В. № 28858 заявл. 03.08.2007, опубл. 25.12.2007 Бюл. № 21.
2. Декларацийний патент, Україна МПК (2006) В22D 18/00 Пристрій для отримання виливків/ Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., До-

ценко Ю.В. № 28859 заявл. 03.08.2007, опубл. 25.12.2007 Бюл. № 21.

3. Селиверстов В.Ю. Технология газодинамического воздействия на расплав в литейной форме – один из перспективных способов повышения качества металла отливок // Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. 2007. – Том 10. – С. 25 – 35.
4. Селиверстов В.Ю. Особенности определения технологических параметров газодинамического воздействия на расплав в литейной форме // Системні технології: Регіональний міжвузівський збірник наукових праць / МОН України. Національна металургійна академія України. Вип. 4 (63): Системні технології обробки інформації. Системне моделювання технологічних процесів – Дніпропетровськ: ДНВП «Системні технології», 2009. – С. 91-98.
5. Селиверстов В.Ю., Михайловская Т.В. Методика расчета параметров газодинамического воздействия на затвердевающий металл в литейной форме// Системні технології: Регіональний міжвузівський збірник наукових праць / МОН України. Національна металургійна академія України. Вип. 3 (68): Інформаційні технології в процесах одержання матеріалів із заданими властивостями. Інтелектуальні інформаційно-управляючі системи – Дніпропетровськ: НМетАУ, кафедра Інформаційних технологій і систем, 2010. – С. 186-192.
6. Селиверстов В.Ю., Михайловская Т.В., Доценко Ю.В., Мушенков Ю.А. Влияние газодинамического воздействия на распределение сульфидных включений в цилиндрической отливке из углеродистой стали, затвердевающей в кокиле // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2009. - №5. - С. 40 – 43.
7. Селівьорстов В.Ю., Хричиков В.Є., Куцова В.З., Носко О.А., Доценко Ю.В., Куц П.Д. Особливості структуроутворення литої вуглецевої сталі при газодинамічному впливі // Теорія і практика металургії. – 2009. - № 5-6. – С. 80-85.
8. Селівьорстов В.Ю. Дослідження газодинамічного впливу на властивості литої вуглецевої сталі // Теорія і практика металургії. – 2007. - № 4-5. – С. 22 - 25.
9. Селівьорстов В.Ю., Куц П.Д. Використання технології газодинамічного впливу на розплав при литті по витоплюваним моделям // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ» - 2010. - № 4 – С. 89 – 94.

СОДЕРЖАНИЕ

Волковский О.С., Ковылин Е.Р. Анализ современных подходов к задаче автоматической генерации текста на естественном языке	3
Шулькевич Т.В., Селін Ю.М. Проблеми прогнозування негативних процесів різної природи	12
Данилов В.Я., Слюсар А.В., Гусев О.А. Вейвлет аналіз рядів валютних котирувань	20
Худяков О.Ю., Бойко М.М., Полякова Н.В., Петренко В.І., Ващенко С.В., Баюл К.В. Розробка рекомендацій щодо підвищення ефективності огрудкування агломераційних шихт	27
Егоров А.П., Зворыкин В.Б., Михалев А.И., Кузьменко М.Ю., Балакин В.Ф. Моделирование многосвязных систем управления скоростным режимом прокатки на непрерывном мелкосортном стане	36
Strelkovskaya L.A. Ship management internal combustion engines with regard to its technical state based theory of fuzzy sets	45
Кучеренко А.Е. Аппроксимация момента инерции и поиск оптимальной формы Сечения стержня	54
Танцура Т.О., Коробочка О.М., Білоус О.І. Системні дослідження напружень в матеріалі шліфувального круга	61
Швачка А.И., Бородулин А.В., Чернецкий Е.В., Олейник О.Ю., Довгопольный Я.А. Применение информационных технологий в теплоэнергетической модели домы и повышение ее энергоэффективности	68
Узлов К.І., Мовчан О.В., Михайлова К.І. Обґрунтування вибору раціонального профілю прокату та ефективного матеріалу для виготовлення обв'язки вантажних вагонів	76
Nechyporenko Alina S. Method of biomedical time series processing for pathology classification	85
Скалозуб В.В., Паник Л.А. О построении обобщенных моделей планирования неоднородных транспортных потоков	94

Тимошенко М.А. Аналіз сучасних методів автоматизованого керування процесами збагачення залізної руди.....	102
Сіманенков А.Л., Рожков С.О. Аналіз використання ПІДД ² Д ³ -регуляторів в суднових енергетичних установках.....	114
Бубликов Ю.А., Поляков Г.А., Подгорный С.Н., Селегей С.Н., Селегей А.Н. Анализ технологических особенностей и способов легирования стали азотом	124
Barsuk R.V., Ryadno O.A. Construction of the choice function of the preference solutions for the pellet burner.....	139
Селиверстова Т.В., Селиверстов В.Ю. Компьютерное моделирование затвердевания блока цилиндрических заготовок из стали P18Л в оболочковой форме.....	148