

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., профессора Диброва И.А. на диссертационную работу Ларичева Николая Сергеевича «Исследование процесса образования пористости при затрудненной усадке и разработка методов расчета питающих систем фасонных отливок», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 – «Литейное производство»

Актуальность работы.

Требования герметичности, предъявляемые к корпусным отливкам различного назначения, накладывают ограничения на возможное наличие усадочных дефектов в теле отливки. Не технологичность их конструкции, заключающаяся в большом количестве изолированных тепловых узлов, наличии массивных приливов и переходов от тонких сечений стенок к толстым, обуславливает повышенную вероятность формирования дефектов в виде усадочных пор, раковин и трещин различного происхождения. Эти недостатки приходится исправлять технологическими решениями. Однако стандартные приемы получения плотных отливок, не смотря на проведенные расчеты, иногда не способны обеспечить исключение усадочных дефектов.

Анализ известных технологических решений, принципиально не отличающихся друг от друга у различных производителей позволяет предположить, что они не позволяют полностью решить проблему формирования и развития внутренних несплошностей.

Всё чаще, для проектирования новых технологических решений применяются методы компьютерного моделирования процессов заполнения формы и затвердевания отливки. Однако опыт применения специализированных программ свидетельствует о том, что проблему повышения плотности отливок не удается решить, применяя математические модели с заложенными в них модельными упрощениями. Причиной этого являются сделанные допущения о факторах, влияющих на процесс затвердевания отливки.

Одним из неучтенных факторов образования пористости в современных программах моделирования является наличие затрудненной усадки.

В современных расчетных методиках проектирования питающих систем отливок не учтено влияние затрудненной линейной усадки на образование внутренних несплошностей отливки. В результате, при отработке технологии на практике это может привести к появлению недопустимой усадочной пористости в условиях деформированного состояния отливки, которая может стать инициатором зарождения и развития горячих трещин.

В связи с этим, задача исследования влияния деформированного состояния отливки на образование усадочной пористости и разработка решений, обеспечивающих повышение плотности отливок, является актуальной.

Структура работы.

Диссертационная работа изложена на 142 страницах, состоит из введения, 4 глав, общих выводов, библиографического списка из 106 наименований российских и зарубежных источников, 19 таблиц и 52 рисунков.

Содержание работы.

Введение. Во введении автор обосновывает актуальность работы, определяет цель и формулирует основные научные положения, выносимые на защиту.

Первая глава. В первой главе приводится анализ классификации усадочных дефектов, факторов их образования, математических моделей и критериев формирования усадочной пористости.

При анализе классификации усадочных дефектов автор предлагает деление усадочных дефектов на три размерных уровня, каждому из которых соответствуют дефекты определенного размера и методы их контроля.

По результатам литературного обзора факторов образования пористости показано, что одним из факторов, который не учтен в современных пакетах программ математического моделирования, является деформированное состояние отливки, которое способно оказать значительное влияние на образование пористости. При этом на основании анализа математических моделей образования пористости автор делает вывод, что на сегодняшний день математическая модель образования пористости под действием плоского деформированного состояния, отсутствует.

Вторая глава. Во второй главе представлено теоретическое обоснование зависимостей процессов, происходящих при затвердевании, от деформированного состояния.

При рассмотрении малого объема двухфазной зоны, находящегося в условиях плоского деформированного состояния, автор получил выражение изменения доли твердой фазы в зависимости от величины деформации. Применительно к тепловому узлу, в котором происходит локализации деформаций, в формулу введен коэффициент локализации деформации, позволяющий связать геометрию отливки с возникающими в ней деформациями. Отличием от случая одноосного деформированного состояния является то, что действующее значение деформации считается как алгебраическая сумма деформаций по двум осям.

В связи со значительным влиянием процессов фильтрации на образование усадочной пористости в отливке, далее автор рассматривает фильтра-

ционное течение расплава в двухфазной зоне. Выразив скорость течения из уравнения неразрывности, и расписав усредненное массовое течение по трем осям, была получена зависимость скорости фильтрационного течения от степени затруднения линейной усадки.

Полученное выражение было использовано для определения потерь давления в двухфазной зоне. Достигая критического значения перепада давления, фильтрационное течение останавливается, что является достаточным условием для формирования пористости. В результате ряда преобразований получено, что вклад деформации в падение давления может значительно превышать вклад усадки, и его не учет может привести к серьезным ошибкам при проектировании технологии литья.

На основании полученного выражения перепада давления по ширине двухфазной зоны, предложен критерий пористости, учитывающий действие затрудненной усадки.

В конце главы приводится описание математической модели, в которой учтено действие затрудненной усадки. Представлен алгоритм расчета процесса затвердевания.

Третья глава. В третьей главе приводится методика проведения экспериментального исследования влияния затрудненной усадки на величину усредненной пористости: разработка пробы, выбор материалов, технологических параметров, методов контроля и оценки результатов.

Исследование выполнено на пробах типа «брус»-«скоба» для одноосного деформированного состояния и типа «иерусалимский крест» для плоского деформированного состояния.

В результате определены зависимости величины пористости от коэффициента локализации деформации в тепловом узле для алюминиевого сплава АК7ч и стали 20ГЛ.

Четвертая глава. В четвертой главе предложена корректировка расчетов прибылей по методам Пржибыла и Василевского-Назаратина. Выполнена проверка методами компьютерного моделирования для проб из стали 20ГЛ и натурным экспериментом для сплава АК7ч. Для упрощения расчета геометрии скорректированных прибылей предложены номограммы

В связи с тем, что при затвердевании фасонных отливок в зоне действия затрудненной усадки может находиться несколько тепловых узлов, разработана методика расчета коэффициентов локализации деформации по тепловым узлам. Рассмотрены основные схемы расположения тепловых узлов друг относительно друга и получены выражения для определения искомым коэффициентов.

На основании методики распределения деформации по тепловым узлам обоснован способ борьбы с усадочными дефектами путем создания дополнительных тепловых узлов в зоне затрудненной усадки. В результате предложенный способ позволяет получить годную отливку, и дополнительно уменьшить суммарный объем применяемых прибылей.

Представлены примеры расчетов отливок «балка надрессорная» и «рама боковая». Показано, что введение критерия вклада деформации в образование пористости позволяет определить вероятные места образования усадочных дефектов, а применение разработанной методики расчета прибылей – устранить дефекты из тела отливки.

Автореферат диссертации Ларичева Н.С. в полной мере отражает содержание диссертации и удовлетворяет требованиям по оформлению.

Тематика диссертации Ларичева Н.С., ее содержание и основные полученные результаты соответствуют требованиям паспорта научной специальности 05.16.04 – Литейное производство.

Научная новизна. Основные положения научной новизны достаточно четко сформулированы автором в диссертации и автореферате, являются по своей сути новыми научными положениями. Они включают в себя:

1. установлена зависимость фильтрационных процессов от степени затруднения линейной усадки. Предложено уточнение математической модели образования усадочной пористости, учитывающее действие фактора затрудненной усадки.

2. экспериментально установлена зависимость величины пористости от степени затруднения свободной линейной усадки при затвердевании сплава в литейной форме.

3. на основании уточненной математической модели образования пористости разработан критерий пористости, позволяющий прогнозировать возможность формирования усадочной пористости при изменении ее деформированного состояния.

Практическая ценность результатов работы состоит в следующем:

– разработана методика определения коэффициентов локализации деформации в тепловых узлах фасонных отливок, позволяющая повысить точность расчетов питающих систем для отливок с несколькими тепловыми узлами в зоне действия затрудненной усадки;

– разработана методика расчета питающих систем отливок с учетом влияния затрудненной усадки на образование пористости для фасонных отливок, применение которой дает возможность повысить качество отливок за счет уменьшения количества усадочных дефектов в отливке;

- разработаны номограммы для определения размеров прибылей, использование которых позволяет сократить трудоемкость расчета прибылей;
- внедрение результатов диссертационной работы на «Воронежском механическом заводе» – филиале АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»;
- разработанные математические модели и методические указания к практическим занятиям, используются в учебном процессе на кафедре «Литейные технологии» ФГБОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Достоверность научных положений диссертации, выводов и практических рекомендаций подтверждается высоким методическим уровнем проведения исследований, публикациями автора, результатами успешного опробования новой технологии литья на заводе.

По диссертации имеются следующие **замечания**:

1. В диссертации экспериментальное исследование выполнено только на песчано-глинистых смесях, при этом не рассмотрены другие варианты формовочных материалов.
2. На стр. 69 автор говорит о выборе материалов отливок-проб без подробного анализа выбора.
3. Не смотря на приведенные на стр. 104-106 номограммы для определения диаметров прибылей, в дальнейших примерах расчеты прибылей выполнены без их применения.
4. На стр. 125 в табл. 4.6 приведены результаты моделирования работы прибылей, рассчитанных по стандартным методикам и разработанной. При этом усадочный дефект в нижнем тепловом узле не устранен.

Заключение.

Диссертация Ларичева Н.С. является самостоятельным и полностью завершенным научным исследованием, направленным на решение актуальной задачи совершенствования технологии литья крупногабаритных корпусных отливок.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, имеет большое практическое значение, ее результаты успешно опробованы в промышленности.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации, основные результаты исследований и разработок опубликованы в печати.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденным

Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Ларичев Николай Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.04 «Литейное производство».

Президент Российской ассоциации литейщиков, заместитель генерального директора ОАО «НИИЛИТМАШ»
Доктор технических наук, профессор

Дибров И.А.

Специальность: 05.16.04 «Литейное производство»

Место работы: Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт литейных машин, материалов и технологий»

Адрес: 123557, г. Москва, Пресненский вал, д. 14

Должность: заместитель генерального директора

Телефон: +7 (903) 673-35-85

e-mail: ia.dibrov80@yandex.ru

