число специалистов и расходуются весьма значительные средства.

Согласно представленным здесь результатам трех работ ведущих ученых в области исследования структур, наиболее важной проблемой в изучении турбулентного пограничного слоя является проблема квазипериодических выбросов жидкости из пристенной области течения «берстинга» (механизмы «берстинга», его связь с крупномасштабными структурами и т.д.). Поэтому последняя часть монографии посвящена рассмотрению искусственно созданных гидродинамических образований, моделирующих то или иное событие, связанное с «берстингом».

Для исследователей на современном этапе характерно, что они стремятся ввести дополнительные, по сравнению с плоским течением, элементы, например, градиенты продольного давления, шероховатость, рифление, многозвенные полимеры в жидкостях и т. д., для того, чтобы выявить связь «берстинга» с внешними структурами, более отчетливо понять, механизмы его протекания, т.е. *исследования становятся междисциплинарными. В* такой постановке задача сводится к поиску таких условий проведения эксперимента, при которых можно было бы проще всего понять изучаемое явление. Рассматривая область развитого турбулентного течения в пограничном слое, нельзя забывать об областях, предшествующих ей в течении около пластины, а именно ламинарной и переходной. В связи с этим возникает целый ряд проблем, таких как восприимчивость, развитие возмущений и ламинарной области, сценарии перехода, зависящие от условий вблизи передней кромки пластины и т. д., которые успешно решаются рядом отечественных исследователей.

В ряде работ рассмотрен переход течения при турбулентном набегающем потоке, при этом показано, что переход в пограничном слое начинается, минуя стадию возбуждения волн Толлмина-Шлихтинга. Интересные результаты получены по взаимодействию внешней турбулентности с возмущениями на нелинейной стадии развития в допереходной области.

Сравнительно давно развиваются волновые представления о явлениях, происходящих в допереходной области. Этот подход успешно развивается рядом исследователей Новосибирской школы. Результатом этих исследований явились работы, в которых предложена резонансная модель перехода. Эта модель заключается в том, что в допереходной области последовательно возбуждаются три типа резонанса: гармонический, параметрический и трехволновой, которые, благодаря взаимному действию, распространяются в пространстве волновых чисел и, тем самым, вовлекают другие масштабы в динамику, связанную с развитием возмущений. Допереходная область интересна еще тем, что в ней в ламинарном режиме можно моделировать некоторые процессы, протекающие в области развитой турбулентности. Ряд результатов, представленных в монографии, получен сравнительно давно и может показаться устаревшим. Это касается прежде всего представлений, связанных с «берстингом» и структур, появляющихся в процессе его протекания. Заметим здесь, что существенных изменений в этих представлениях к настоящему времени не произошло. Более того, оказалось, что эти представления продолжают получать подтверждение или уточняться в работах последнего времени.

Кинга предназначена для широкого круга читателей (студентов, аспирантов и преподавателей), интересующихся современными проблемами описания турбулентных течений. Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (Проект № 14-11-00709).

ЛИТЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПРИМЕРАХ И ЗАДАЧАХ (учебное пособие)

Чернышов Е.А., Паньшин В.И.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, e-mail: nil_st@nntu.nnov.ru

Литейное производство – это сложный и трудоемкий процесс, сущность которого заключается в получении жидкого расплава необходимого состава и качества и заливки его в заранее приготовленную форму. В процессе перехода металла из жидкого состояния в твердое происходит кристаллизация и затвердевание и последующее охлаждение металла, формируются физико-механические и служебные свойства и дефекты отливок. Поэтому решение вопросов повышения качества отливок начинается на стадии проектирования конструкции детали и технологического процесса литья. На этой стадии формируются основные затраты на изделие. Отсюда видно как важна консолидация творческих усилий конструктора детали и технолога литейщика.

Конструктор, назначая марку сплава и проектируя конструкцию детали, уделяет внимание конструктивной прочности, условиям работы, требованиям технологии механической обработки и ее внешнему виду. Инженер-литейщик, изучая спроектированную деталь, обращает внимание на другие вопросы: пытается анализировать литейные свойства сплава; условия формирования отливки в процессе теплопередачи, кристаллизации, затвердевания и охлаждения; сложность конфигурации и толщину стенок отливки; наличие выступов, впадин и горячих узлов; возможность обеспечения направленного или одновременного затвердевания. Другими словами, технолог-литейщик оценивает возможность получения детали тем способом литья,

который обеспечивает необходимое качество и минимальные затраты. После этого он может предложить конструктору внести необходимые изменения в конструкцию детали еще на стадии ее проектирования. К сожалению, это не всегда удается, так как на практике технолог часто имеет дело с уже готовыми чертежами, поступившими в технологическое бюро литейного цеха. И тогда технолог-литейщик обязан учесть все эти особенности при проектировании литейной технологии, используя в первую очередь, основные принципы и положения теории и технологии литейного производства. Кроме профессиональных знаний инженер-литейщик должен иметь достаточно широкий кругозор в области естественных наук: физики и химии (в процесс плавки и формирования поверхности отливки), физической химии, сопротивления материалов, теплообмена и теплопередачи, реологии и др.

За последние годы освоено и разработано много различных технологических процессов литья, однако основным способом получения отливок остается литье в песчаные формы. Именно поэтому в данном учебном пособии вопросы проектирования литейной технологии рассматриваются применительно к этому способу литья.

Пособие состоит из 7 глав и приложения. В первой главе приводятся основные сведения о литейной форме и формовочных материалах, основных технологических операциях изготовления литейной формы. Особое внимание уделено составам и свойствам формовочных и стержневых смесей. Дано краткое описание прогрессивных способов формообразования.

Вторая глава посвящена основным принципам проектирования литейной технологии и сопровождается большим количеством графического материала, поясняющего правила изображения и выполнения элементов литейной формы в соответствии с существующими стандартами. Приведены примеры и рекомендации технологического исполнения деталей, и особенности проектирования.

В третьей главе приведены общие сведения о прибылях, направленности затвердевания и радиусе питания, правилах установки прибылей и методика их расчета, которая подкреплена конкретными примерами.

Основные принципы проектирования литниковых систем рассмотрены в четвертой главе, в которой указаны требования к месту подвода металла к отливке, к литниковым системам и анализ ее отдельных элементов. Приведены оптимальные температурные режимы заливки форм и методика расчета заливки металла из поворотного и стопорного ковшей.

Проблема повышения качества отливок, снижения брака и дефектов всегда находятся в центре внимания литейщиков, а в настоящее время от решения этих вопросов зависит конкурентоспособность литейной продукции. Поэтому пятая глава содержит краткие сведения о классификации дефектов, возможных причинах возникновения и мерах по их предупреждению и исправлению.

Шестая глава посвящена наиболее важному этапу процесса проектирования литейной технологии: анализу технологичности отливки. В начале главы приводятся примеры улучшения конструкции детали с целью получения ее методом литья, а затем даны задачи по оценке технологичности отдельных деталей.

В начале седьмой главы показаны правила нанесения технологических указаний на чертеж детали: положение отливки в форме при заливке, плоскость разъема модели и формы, величины припуска на механическую обработку и технологического напуска, необходимые сведения об изготовлении и установке стержней, прибылей и холодильников, места подвода и размеров сечений отдельных элементов литниковой системы и др. В заключительной части этой главы студентам предлагаются примеры и задания для самостоятельной разработки литейной технологии отливок разнообразных по массе, конфигурации и виду сплава.

Расчеты продолжительности затвердевания и охлаждения отливки в разовой форме, силы, действующие на верхнюю полуформу, теплофизические свойства металлов, формовочных и стержневых смесей, необходимые сведения для определения величины припуска на механическую обработку приведены в приложении.

По окончании каждой главы приводятся контрольные вопросы для лучшего усвоения материала.

Отличительной особенностью настоящего издания является наличие большого количества примеров и задач, схем и рисунков и ценных подробностей практической стороны проектирования литейной технологии. По мнению авторов до настоящего времени учебной литературы с такой постановкой вопросов и методикой их изложения в центральных издательствах не выходило.

Учебное пособие адресовано прежде всего студентам для более глубокого освоения теоретических курсов и приобретения практических навыков при выполнении курсового и дипломного проектирования, бакалаврской выпускной работы и магистерской диссертации. Оно может быть полезно и преподавателям машиностроительных и металлургических специальностей. В то же время авторы надеются, что данное учебное пособие может быть использовано дипломированными специалистами, недавно покинувшими стены высших учебных заведений и не имеющих достаточного опыта и навыков в проектировании литейных технологий. Помочь студентам и выпускникам приобрести необходимые навыки, закрепить и дополнить на практике теоретические знания – главная цель настоящего пособия.

При его написании авторы обобщили литературные данные и использовали свой производственный и педагогический опыт по вопросам, изложенным в настоящем издании.

Учебное пособие посвящено памяти одного из основоположников теории и практики литейного производства профессора, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации Антона Абрамовича Рыжикова, внесшего большой вклад в теорию и технологию литейного производства.

Учебное пособие имеет гриф «Допущено учебно-методическим образованием в области металлургии для студентов высших учебных заведений», выпущено в издательстве «Машиностроение», М. 2011. – 288 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА (учебное пособие)

Чернышов Е.А., Евлампиев А.А.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, e-mail: nil_st@nntu.nnov.ru

Литые детали используют во всех отраслях машиностроительного комплекса, поэтому от их качества во многом зависят технические и эксплуатационные характеристики машин и механизмов. Бесспорным преимуществом литья является максимальное приближение размеров получаемой отливки к размерам готовой детали, что резко сокращает отходы металла в стружку, а следовательно, повышает коэффициент использования металла.

В настоящее время в литейных цехах основную массу отливок изготавливают в разовых песчаных формах с присущими этому способу дефектами отливок, влияющими на качество и себестоимость литья и экологическими проблемами. В связи с этим изучение всех аспектов получения отливок в песчаных формах остается актуальным.

Отличительной особенностью настоящего издания является то, что известные сведения дополнены собственными разработками и исследованиями, касающимися причин и механизма возникновения отдельных видов дефектов. Показана связь между свойствами формы, природой материала и условиями протекания процессов разрушения поверхностного слоя при термодинамическом нагружении в процессе заливки. Предложены меры по решению проблем повышения качества отливок.

Пособие состоит из девяти глав и приложения методически изложенных в следующей последовательности.

В первой главе приведены основные принципы и этапы проектирования технологии изготовления отливок в песчаных формах с учетом современных способов изготовления форм и стержней из холоднотвердеющих смесей.

Во второй главе довольно подробно изложены вопросы, касающиеся классификации и выбора материала для изготовления модельной оснастки в зависимости от технологии изготовления литейной формы и принципов конструирования и эксплуатации модельного комплекта.

В третьей главе дана расширенная классификация литниковых систем с введением новых эффективных конструкций улавливания засоров и шлаков в процессе заливки. Рассмотрены вопросы динамики движения расплава в форме и функции литниковой системы. Подробно изложены общие требования к литниковым системам и рекомендации по их конструированию и фильтрационному рафинированию Представлены расчеты литниковых систем для различных случаев заливки металла из ковша, а также методика расчета литниковой системы при получении высокопрочного чугуна в разовой форме.

Четвертая глава содержит подробный анализ усадочных явлений в отливках, принципы организации питания отливок в процессе затвердевания и показана причинная связь возникновения характерных дефектов. Рассмотрены вопросы возникновения усадочных раковин, химической неоднородности металла отливок, механизм образования трещин и коробления. Представлена классификация прибылей, пути их унификации, методика расчета прибылей при изготовлении отливок из стали и чугуна и способы повышения эффективности их работы.

Пятая глава посвящена эрозионным процессам, происходящим в литейной форме, во время заливки и охлаждения сплава. Впервые показана связь эрозионных превращений и эрозионная стойкость литейной формы на различных связующих с возникновением характерных дефектов и мер по их предупреждению.

Шестая глава содержит сведения о причинах возникновения дефектов поверхности отливок, мерах по их предупреждению, перспективах применения неорганических связующих, особенностях литейной формы с точки зрения термостойкости и газотворной способности.

В седьмой главе рассмотрены процессы газообразования в форме и механизм возникновения дефектов этого типа.

В восьмой главе приведен материал, посвященный вопросам применения на практике эффективных технологий для получения качественных отливок. Даны примеры типовых технологий изготовления отливок из черных сплавов различной массы и серийности.

В заключительной главе рассмотрены перспективы развития технологии изготовления песчаной формы и меры по стабилизации технологических процессов.

В приложении приведены справочные данные по экологии производства отливок в песчаных формах. Для лучшего закрепления