

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНБАССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ

«КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛИТЫХ ИЗДЕЛИЙ»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ для студентов заочной формы обучения специальности 7.05040201

Утверждено
на заседании каф. ТОЛП
Протокол № 12 от 4.12.12

Краматорск 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Общие указания	4
1 Программа курса и методические указания по его изучению	5
1.1 Тема 1. Усовершенствование конструкции литых деталей, как основной путь экономии металлов	5
1.2 Тема 2. Конструирование литых деталей с учетом требований технологии изготовления литейной формы	7
1.3 Тема 3. Конструирование стенок литых деталей	9
1.4 Тема 4. Конструирование отливок с учетом факторов кристаллизации и охлаждения сплава	11
1.5 Тема 5. Конструирование отливок с учетом требований технологии очистки и механической обработки литья	14
1.6 Тема 6. Особенности конструирования литых деталей из различных сплавов	15
1.7 Тема 7. Конструирование отливок, получаемых специальными способами литья	18
2 Примерный перечень практических работ	20
Рекомендуемая литература	34

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Настоящее методическое пособие составлено для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 7.050402 «Литейное производство», специальности 7.05040201 «Литейное производство черных и цветных металлов». Для студентов этой специальности курс «Конструирование литых изделий» является специальной дисциплиной.

Цель изучения курса – дать будущим специалистам знание основных принципов конструирования технологичных литых деталей, методов расчета конструктивных элементов отливок и их отдельных узлов в зависимости от применяемого сплава и технологии изготовления, научить находить оптимальные технологические решения при проектировании высококачественных отливок, подготовить студентов к самостоятельной разработке конструкции литых деталей.

Основная задача изучения дисциплины – научить будущего специалиста правильно выбирать и технически грамотно обосновывать предлагаемые технические решения при отработке конструкции литых деталей и придании им максимальной литейной технологичности.

Преподавание дисциплины базируется на знаниях, полученных в процессе усвоения курсов «Теоретические основы формообразования», «Проектирование и производство оснастки», «Специальные виды литья», «Основы теории плавки и производства отливок» и др.

Учебный процесс организуется следующим образом. В период установочной сессии студентам читаются вводные лекции, проводятся практические работы и выдаются задания на выполнение контрольной работы. Учебные занятия по курсу включают самостоятельную работу над учебно-методической литературой и выполнение контрольной работы.

Контрольная работа сдается на проверку в сроки, предусмотренные учебным графиком; практические занятия для студентов-заочников организуются в аудиториях академии и выполняются во время установочной сессии.

Студенты, получившие зачет по контрольной работе и выполнившие практические работы, допускаются к сдаче экзамена.

Настоящее издание содержит методические указания по изучению дисциплины, вопросы для самопроверки, примерный перечень практических работ, контрольные задания, список основной и дополнительной литературы.

Рекомендуется следующий порядок самостоятельной проработки тем курса:

- ознакомиться с содержанием темы и методическими указаниями, чтобы представить объем и последовательность изложения материала;
- прочесть соответствующие разделы в основном учебнике;
- для расширения представлений о рассматриваемом вопросе обратиться к дополнительной литературе.

Приступая к изучению каждой новой темы курса, рекомендуется, прежде всего, ознакомиться с соответствующим разделом настоящих указаний и четко представить себе объем темы и последовательность разбираемых в ней вопросов. После изучения методических указаний можно переходить к предварительному ознакомлению с материалом по учебнику.

Когда этот первый этап работы выполнен, следует перейти к детальному изучению материала учебника. Если после тщательного изучения темы по учебнику с использованием методических указаний останутся неясные места, нужно обратиться за консультацией к преподавателю.

Чтобы легче запомнить и усвоить материал, рекомендуется составлять краткий конспект по каждому изученному разделу.

После изучения каждой темы нужно ответить устно на вопросы для самопроверки, помещенные в методических указаниях. Ответы на вопросы для самопроверки - важное средство самоконтроля. Они помогают закрепить в памяти материал курса.

1 ПРОГРАММА КУРСА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ИЗУЧЕНИЮ

1.1 Тема 1. Усовершенствование конструкции литых деталей, как основной путь экономии металлов

Цель и задачи курса. Понятие технологичности литых деталей. Общие принципы конструирования литых деталей. Выбор технологического процесса изготовления литой детали. Выбор материала для изготовления литой детали. Влияние механических свойств сплава на конструкцию отливки. Классификация отливок по сложности. Основные конструктивные типы отливок.

Литература: [3, с. 65 - 92, 6, с. 6 – 13].

Методические указания

Разработке технологического процесса изготовления отливки предшествует этап проработки на литейную технологичность.

Технологичной считается такая конструкция отливки, которая позволяет получать ее заданного качества при минимальных трудовых, материальных и энергетических затратах и минимальной стоимости. Технологичность отливки зависит от применяемого технологического процесса, который непрерывно меняется, совершенствуется и развивается.

Технологичность конструкции литой детали оценивается по ряду требований, которые предъявляются к конструкции детали. Выбор наиболее рационального способа изготовления литой детали обусловлен техническими условиями и технико-экономической эффективностью применяемых технологических процессов, которая зависит от серийности выпуска литых деталей, характера производства, степени его механизации и автоматизации, конструктивных особенностей литых деталей, их габаритных размеров, конфигурации, массы, материала, заданной точности размеров, чистоты поверхности и других факторов.

Выбранный технологический процесс должен обеспечивать высокую производительность труда, экономичное расходование материалов, изготовление необходимой литейной оснастки с минимальными затратами при условии длительной эксплуатации, минимальную себестоимость готовых деталей. При выборе наиболее рационального способа получения литых деталей нужно учитывать влияние всех факторов на стоимость готовой детали. Выбор технологического процесса изготовления отливки так же должен производиться с учетом всего производственного цикла: процессов механической и термической обработки, монтажа, технологических и экономических условий производства.

Существуют следующие основные технологические процессы изготовления отливок: литье в песчаные формы в кокиль, в оболочковые формы, литье под давлением, и по выплавляемым моделям.

При выборе материала литой детали следует учитывать характер нагружения детали, влияние размеров сечения детали, конструктивную форму и характер технологической обработки, так же выбор литейного сплава при конструировании отливок определяется его служебными и технологическими свойствами.

Для изготовления литых деталей применяют: чугун (серый, модифицированный, высокопрочный, ковкий, легированный), сталь (углеродистую, легированную), сплавы на основе меди (бронзы, латуни), алюминиевые сплавы (силумины), магниевые, цинковые, свинцовые, оловянные и никелевые сплавы.

По степени сложности отливки подразделяют на пять групп. В основу классификации литых деталей положена технологическая сложность с учетом массы и толщины стенок.

Вопросы для самопроверки

- 1) Какая конструкция отливки считается технологичной?
- 2) По каким параметрам оценивается технологичность литой детали?
- 3) Перечислите общие принципы конструирования отливок.
- 4) Какие факторы необходимо учитывать при выборе технологического процесса изготовления отливки?

- 5) Области применения основных технологических процессов изготовления отливок?
- 6) Чем обуславливается выбор сплава при конструировании литых деталей?
- 7) Перечислите основные сплавы, применяемые для изготовления отливок.
- 8) Что положено в основу классификации литых деталей?

1.2 Тема 2. Конструирование литых деталей с учетом требований технологии изготовления литейной формы

Конфигурация и размеры отливок. Выбор внешней формы литой детали. Формовочные уклоны вертикальных стенок. Требования к конструкции стержней с учетом их установки в форму, вентиляции, сборки и выбиваемости стержней. Припуски на механическую обработку.

Литература: [1] с.206-230; [5] с.75-80.

Методические указания

Конструкция отливки должна обеспечивать простое и удобное изготовление формы и отвечать определенным требованиям: модель должна свободно извлекаться из формы а стержни должны свободно формоваться в стержневых ящиках, конфигурация и крепление стержней не должны препятствовать сборке формы.

Для свободного извлечения модели из формы нужно, чтобы на поверхности модели не было подрезок - выступов или углублений, расположенных перпендикулярно или наклонно к направлению выемки, которые при извлечении модели срезают участки формы. Для упрощения процесса формовки целесообразно придать детали такую конфигурацию, которая бы исключала такую подрезку. При конструировании отливки необходимо в первую очередь определить расположение плоскости разъема и положение детали в форме при заливке. Установив плоскость разъема, необходимо последовательно просмотреть все элементы конструкции и устранить подрезки.

При конструировании отливки следует стремиться к тому, чтобы она имела компактную конфигурацию и по возможности небольшие размеры. Для стальных отливок иногда целесообразно разделение одной сложной отливки на несколько простых мелких отливок, которые затем соединяют с помощью сварки.

Конфигурация отливки должна быть такой, чтобы при ее изготовлении не требовалось больше одной поверхности разъема формы и модели. Каждый дополнительный разъем требует применения добавочной опоки или стержня, увеличивает время на формовку, отделку и сборку формы. При этом затрудняется очистка отливки, а неточности при сборке формы вызывают дополнительные трудности при механической обработке. При массовом и крупносерийном про-

изготовлении увеличение количества разъемов формы недопустимо. Конфигурация отливки так же не должна способствовать применению разъема формы со сложной поверхностью. Это потребует большего времени на формовку и приведет к снижению точности отливки, а так же значительно повысится стоимость изготовления модельной оснастки.

Для облегчения удаления модели из формы ее боковые поверхности, перпендикулярные к плоскости разъема, выполняются с уклоном, называемым конструктивным или литейным.

При конструировании внутренних полостей отливок необходимо обеспечивать надежность установки стержней в форме, простоту и надежность отвода газов из стержня а так же возможность легкого удаления стержней и их каркасов при выбивке отливок из форм.

При конструировании внутренних полостей следует придавать стержню такую конфигурацию, которая бы обеспечивала свободное его извлечение из стержневого ящика. Конфигурация внутренних полостей отливки так же должна обеспечивать свободную и удобную установку стержней в форме и гарантировать выход газов, выделяющихся из стержней при заливке металла.

Тонкие стержни для увеличения прочности армируют проволочным каркасом. Сечение каркаса должно быть таким, чтобы он мог быть окружен слоем стержневой смеси достаточной толщины. При удалении стержня каркас необходимо извлекать, поэтому при конструировании отливки требуется продумать целесообразное расположение окон под стержневые знаки, через которые каркас может быть удален.

При конструировании деталей с несколькими стержнями примерно одинаковой конфигурации рекомендуется унифицировать стержни для сокращения их номенклатуры.

При установке стержней в форме при изготовлении отливок с закрытыми полостями стержни крепят на знаках. Знаки устанавливают в плоскости разъема формы или перпендикулярно к ней. Знаки выполняют цилиндрическими или коническими. Иногда применяют сочетание цилиндрических и конических знаков.

Для повышения устойчивости крепления и облегчения выбивки стержней отверстиям под знаки следует придавать максимально допустимые размеры.

Расположение знаков должно обеспечивать устойчивую и точную установку стержня во всех трех измерениях, а с другой стороны – не препятствовать сборке формы. Крепление должно быть достаточно прочным для того, чтобы выдержать массу стержня, а при заливке противостоять динамическому действию потока металла и силам, вызывающим всплывание стержня.

В случае, когда стержень не имеет знаков для крепления, применяют жеребейки. При чугунном и стальном литье их изготавливают из стали, при цветном - из того же металла, что и отливка. Применение жеребеек в большинстве случаев нарушает однородность металла стенок отливок и снижает их прочность и плотность.

Вопросы для самопроверки

- 1) Какие требования предъявляются к конфигурации отливки?
- 2) Какими принципами следует руководствоваться при выборе расположения плоскости разъема и положения отливки в форме при заливке?
- 3) Почему компактные отливки более технологичны?
- 4) Почему увеличение количества разъемов формы недопустимо?
- 5) Назначение литейных уклонов?
- 6) Требования к конструкции отливок с учетом изготовления, установки и крепления стержней в форме.
- 7) Требования к конструкции отливок с учетом вентиляции и выбивки стержней.

1.3 Тема 3. Конструирование стенок литых деталей

Толщина стенок литых деталей. Методы расчета минимальной толщины стенок отливок. Сочленение стенок отливки. Особенности конструирования литых деталей с ребрами жесткости. Взаимное расположение стенок отливок. Литые отверстия в стенках.

Литература: [1] с.230-241; [5] с.100-110.

Методические указания

Толщина стенок литых деталей выбирается в зависимости от механических и технологических свойств сплава, конфигурации и габаритных размеров отливки и назначения отливки.

Правильно выбранная толщина стенок обеспечивает необходимую жесткость, герметичность и другие необходимые служебные свойства изделий, а так же является важнейшим условием получения годных отливок. Завышенная толщина стенок увеличивает массу литой детали, вызывает появление усадочной пористости и других дефектов, снижает прочность отливки и часто приводит к браку. Детали с заниженными толщинами стенок очень трудно получить литьем из-за большого брака по незаполнению формы, трещинам и прочим дефектам. В отливках с очень тонкими стенками и сложной конфигурацией из-за механического торможения усадки со стороны формы могут возникнуть напряжения, превышающие предел прочности сплава, которые могут привести к появлению трещин.

Толщина стенок литых деталей определяется условиями работы детали, ее конструкцией и технологическими особенностями получения.

Толщина стенок литых деталей определяется аналитическим либо графическим методами в зависимости от вида применяемого сплава. При выборе толщины стенки литой детали сле-

дует принимать во внимание так называемую критическую (наибольшую) толщину стенок, при которой создаются наиболее благоприятные условия кристаллизации сплава.

Для получения отливок без литейных дефектов необходимо при конструировании отливки обеспечить плавность перехода от тонких сечений к толстым, правильные сопряжения смежных стенок отливки и радиусы закруглений достаточной величины.

В отливках со стенками различной толщины, с резкими переходами сечений разной величины и с большими местными скоплениями металла возникают большие внутренние напряжения, приводящие к короблению и трещинам. В массивных сечениях стенок могут быть усадочные раковины и пористость.

В правильно сконструированной детали отношение толщин стенок при переходе от одного сечения к другому не должно превышать 4:1.

Сочленение двух, трех или четырех стенок - наиболее часто встречающийся тип узла в отливках. Различные узлы можно свести к следующим типовым сочленениям.

По сравнению с другими видами сопряжений угловое сопряжение (L-образное) при правильном выборе радиусов закруглений имеет наименьшую склонность к образованию усадочной раковины. Т - образное (тавровое) сопряжение очень опасно в отношении образования усадочных раковин и рыхлот, особенно при наличии острых углов и большой разнице в толщинах сопрягаемых стенок, а также при очень больших радиусах закруглений. К - образное сопряжение применяют преимущественно в конструкциях, имеющих ребра. В местах утолщения могут образоваться усадочные рыхлоты и раковины, поэтому большие скопления металла необходимо рассредоточивать. Т - образное шахматное сопряжение также имеет большое распространение в ребристых конструкциях, его применяют вместо нерациональных крестообразных сопряжений. При конструировании таких сопряжений рекомендуется соблюдать равностенность ребер. Крестообразное сопряжение четырех стенок нерационально, так как увеличивает массу металла, способствует концентрации тепла, замедляет охлаждение. Слишком большой радиус закругления в таких сопряжениях усиливает этот эффект. Кроме того, в стенках возникают напряжения с большим коэффициентом концентрации. Крестообразное сопряжение применяют только в исключительных случаях, при этом необходимо предусматривать отверстие, образуемое стержнем.

Качество литой детали в значительной степени определяется правильным выбором радиусов закруглений (галтелей) в местах переходов от одних сечений к другим. Слишком малая величина радиусов закруглений в сопряжениях может привести к трещинам, большая величина - к появлению усадочной пористости. Неправильное назначение радиусов закруглений так же может привести к выходу из строя различных деталей во время их эксплуатации.

Для литых деталей оптимальная величина радиусов закруглений, обеспечивающая получение наиболее плотного металла в узле, зависит от толщины стенок. Закругления должны производиться радиусами из одного центра как для внешней стенки, так и для внутренней.

Вопросы для самопроверки

- 1) Как влияет на качество литых изделий правильно выбранная толщина стенки отливки?
- 2) Чем определяется толщина стенок литых деталей?
- 3) Как определяется толщина стенок отливок из цветных сплавов?
- 4) Какое соотношение толщин сопрягаемых стенок отливки является оптимальным?
- 5) Основные виды сопряжений стенок отливок, их особенности?
- 6) Как определяются радиусы закруглений в местах переходов от одних сечений к другим?

1.4 Тема 4. Конструирование отливок с учетом факторов кристаллизации и охлаждения сплава

Тепловые узлы в отливках. Общие методы устранения усадочных раковин. Принципы одновременного и направленного затвердения. Деформация и трещины в отливках. Конструктивные решения, которые уменьшают возможность деформации и образования трещин в отливках.

Литература: [1] с.258-291; [5] с.80-84.

Методические указания

Большинство металлов и их сплавов при нагревании расширяются (увеличиваются в объеме и линейных размерах), а при охлаждении – претерпевают усадку. Усадка – свойство металлов и сплавов уменьшаться в объеме при затвердевании и охлаждении. Различают линейную и объемную усадки.

Места в отливках, в которых образуется местное скопление металла, называются «тепловыми узлами». Скорость кристаллизации металла в тепловых узлах всегда ниже, чем в остальных объемах отливки и поэтому они являются местами образования усадочных раковин и рыхлоты.

Опасность возникновения в отливках усадочных раковин устраняется соответствующей конструкцией и конфигурацией отливки, обеспечивающей необходимые условия кристаллиза-

ции сплава, применением прибылей, холодильников, а так же соответствующим подводом металла.

Направленное затвердевание требует, чтобы в каждом питаемом тепловом узле отливки скорость охлаждения постоянно уменьшалась в направлении прибыли, где должна оказаться сосредоточенная усадочная раковина. Питание тонких частей отливки за счет более толстых элементов, а толстых частей отливки - за счет прибыли гарантирует плотность металла в отливке.

Одновременное затвердевание требует создания таких условий, при которых металл должен равномерно и одновременно кристаллизоваться во всех частях отливки. Это условие выполняется, когда толщина стенок во всех частях отливки одинакова и отливка не имеет местных утолщений. Такие отливки из-за малой склонности к образованию усадочных раковин заливаются без прибылей.

Направленное затвердевание позволяет получать отливку без усадочных раковин и усадочной пористости, что во многих случаях не может быть обеспечено при одновременном затвердевании. С другой стороны, направленное затвердевание имеет ряд недостатков: повышенный расход жидкого металла; необходимость установки прибылей и определенного расположения отливки в форме, обеспечивающего питание металлом тепловых узлов, опасность возникновения трещин из-за большой разницы температур в различных частях отливки, дополнительные расходы на удаление прибылей. Решение применить тот или иной принцип затвердевания оказывает большое влияние на конфигурацию отливки и на толщину отдельных ее сечений.

Напряжения, в зависимости от причин, которые их вызывают, подразделяются на термические, усадочные и фазовые. Термические напряжения возникают вследствие неодинаковой скорости охлаждения отдельных частей отливки во время ее остывания и в связи с этим - неравномерной усадки. Усадочные напряжения вызываются сопротивлением формы или стержней (механическое торможение усадки). Фазовые напряжения вызываются превращениями в металле, происходящими во время его остывания. Эти превращения могут совершаться в разное время в разных частях отливки.

Если напряжения превышают предел упругости, то возникают остаточные деформации (коробление), а в случае превышения предела прочности материала отливка разрушается (трещины).

Наиболее распространенным дефектом отливок являются горячие и холодные трещины. Горячие трещины возникают во время затвердевания отливок и могут быть как внутренними, так и внешними. Излом горячей трещины темный и покрыт окислами.

Горячие трещины возникают в результате снижения прочности металла в диапазоне высоких температур, а так же из-за большой линейной усадки сплава и сильного ее торможения,

которое зависит от конструкции отливки и особенностей литейной формы. Горячие трещины возникают обычно в наиболее толстых и наиболее горячих узлах отливки.

Холодные трещины возникают под влиянием литейных напряжений в отливке. Излом холодных трещин - не окисленный.

Для отливок из углеродистой стали причиной возникновения трещин являются термические либо усадочные напряжения. В отливках из легированной стали трещины чаще всего образуются из-за фазовых напряжений.

В чугунных отливках холодные трещины возникают под действием термических напряжений и чаще встречаются в отливках из белого чугуна. Так же, холодные трещины могут образовываться в отливках из стали, высокоооловянных бронз и магниевых сплавов.

При разработке конструкции отливок для предотвращения образования трещин, необходимо придерживаться определенных рекомендаций.

При конструировании чугунных корпусных отливок рекомендуется производить приближенную оценку склонности отливки к образованию трещин. Склонность отливок к образованию трещин определяется величиной критерия $K_{тр.}$, который может быть определен по графикам в зависимости от конструктивных и технологических параметров отливки и прочности чугуна. Этот анализ применим для отливок с постоянным или малоизменяющимся по длине поперечным сечением (балка, станина, стойка и др.). Для отливок с изменяющимся по длине поперечным сечением расчет будет менее точен.

Вопросы для самопроверки

- 1) Особенности применения принципа направленного затвердевания при конструировании отливок.
- 2) Особенности применения принципа последовательного затвердевания при конструировании отливок.
- 3) Каковы причины образования внутренних напряжений в отливках?
- 4) Меры предупреждения возникновения горячих и холодных трещин.
- 5) Принцип оценки склонности отливки к образованию трещин.

1.5 Тема 5. Конструирование отливок с учетом требований технологии очистки и механической обработки литья

Трудоемкость операций очистки литья. Требования к конструкции литой детали с учетом операций выбивки стержней и очистки. Требования к конструкции литой детали с учетом

операций отделения заливов, литниковой системы и прибылей. Конструирование отливок и экономичность механической обработки. Уменьшение операций при механической обработке.

Литература: [9] с.410-450.

Методические указания

Стоимость операций обрубки и очистки составляет до 20% общей стоимости литья, а трудоемкость их по чугуному литью составляет до 15%, а по стальному до 25% от общей трудоемкости изготовления литых заготовок. Кроме того, очистные и обрубные работы по условиям труда являются наиболее вредными. Поэтому при конструировании литой детали необходимо в максимальной степени предусматривать удобство, легкость и экономичность обрубки и очистки.

При конструировании деталей необходимо руководствоваться следующими правилами:

- 1) Все наружные и внутренние поверхности должны быть удобны и доступны для очистки.
- 2) Все внутренние полости должны иметь наружные окна (отверстия) для удобства выбивки стержней и извлечения каркасов.
- 3) Для отливок, которые предполагается очищать в гидромакере, для удобства рекомендуется во внутренних полостях отливок делать по два отверстия для входа струи из гидромонитора и удаления отмытой земли.
- 4) Следует избегать небольших по размерам и несквозных полостей, для избежания заваривания и спекания стержня, выполняющего данную полость.
- 5) Отверстия, через которые удаляются стержни, должны быть достаточного сечения и должны быть размещены так, чтобы можно было полностью удалить спекшуюся стержневую смесь из полости отливки.

Конструкция отливки должна так же обеспечивать легкое удаление заливов, возникающих на поверхности разъема формы и стыка стержней, а также простоту отделения литниковой системы и прибылей.

Удаление заливов является трудоемкой операцией. Поэтому необходимо придавать такую конфигурацию отливке, чтобы количество, длина и толщина различных заливов были минимальными.

Простота и экономичность механической обработки литых деталей определяются их конструкцией. Конструкция детали должна обеспечивать уменьшение количества операций во время обработки, минимальное время на механическую обработку и минимальное вспомогательное время для установки деталей на станках.

Правильное базирование (установка) и закрепление детали на станке определяют точность обработки и величину вспомогательного времени на установку детали на станок. Поэто-

му при конструировании литых деталей следует предусматривать технологические приливы или платики, т. е. вспомогательные технологические базы.

При конструировании литой детали следует предусмотреть возможно меньшее количество установок отливки во время механической обработки с целью уменьшения трудоемкости обработки.

При конструировании литых деталей следует так же стремиться к уменьшению обрабатываемой поверхности. Это достигается приданием деталям таких форм, при которых часть поверхности можно оставить необработанной (например, сплошная подошва заменяется опорными платиками, в результате трудоемкость строгальной операции снижается).

Вопросы для самопроверки

- 1) Почему при конструировании литой детали необходимо в максимальной степени предусматривать удобство и экономичность обрубки и очистки?
- 2) Чем определяется простота и экономичность механической обработки литых деталей?
- 3) Каковы особенности конструирования деталей, имеющих внутренние полости и пунтрения?
- 4) Как добиваются уменьшения количества заливов?
- 5) Как добиваются уменьшения площади обрабатываемых поверхностей отливки?

1.6 Тема 6. Особенности конструирования литых деталей из различных сплавов

Особенности конструирования литых деталей из серого чугуна. Особенности конструирования литых деталей из ВЧШГ. Особенности конструирования литых деталей из ковкого чугуна. Особенности конструирования литых деталей из углеродистой стали. Особенности конструирования литых деталей из легированной стали.

Литература: [3] с.120-145; [4] с.178-195; [5] с.180-200; [6] с.141-148.

Методические указания

Серый чугун обладает высокой жидкотекучестью, которая позволяет получать из него мелкие отливки с толщиной стенок до 3...4 мм. С другой стороны, чугун обладает большой чувствительностью к скорости охлаждения.

При ускорении охлаждения чугуна, количество выпадающего из него свободного графита уменьшается, а сами выделения графита становятся мельче и более округлой формы. Более мелкие и компактные выделения графита способствуют повышению механических свойств чугуна.

При быстром охлаждении чугуна структурно свободный графит не успевает из него выделиться и чугун получается белый (отбеливается). Такой чугун имеет высокую твердость, хрупкость и плохо обрабатывается режущим инструментом.

При замедлении охлаждения чугуна выделения свободного графита в чугуне получаются крупными, общее количество выделившегося графита увеличивается, зерна основной металлической массы получаются грубее. Все это приводит к ухудшению механических свойств чугуна.

Зависимость структуры чугуна от скорости его охлаждения приводит к тому, что в различных частях одной и той же литой детали в ее тонких сечениях может возникать отбел, а в толстых - образуется грубое строение металла с пониженными механическими свойствами и твердостью.

Чугуны с более высоким содержанием в них углерода и кремния отбеливаются труднее, чем чугуны более прочных марок. С другой стороны, в более прочных марках чугуна влияние толщины тела на изменение механических свойств сказывается в меньшей степени и детали из таких чугунов более однородны по качеству во всех сечениях. Применение в литых деталях с большой разницей в толщине тела чугунов высоких марок позволяет получать в них большую равномерность свойств во всех сечениях отливки, чем при изготовлении их из чугунов низких марок.

В чугунных деталях целесообразным является применение несимметричных сечений, в которых меньшие сечения подвергаются сжимающим усилиям, а большие - растягивающим, так как сопротивление чугуна сжатию намного превосходит его сопротивление разрыву.

Ниже приведены основные правила конструирования чугунных деталей.

- 1) Для избежания отбела необходимо соблюдать определенную минимальную толщину стенок отливок. Минимальная толщина стенок для чугуна марок СЧ 10, СЧ 15, СЧ 18 не должна превышать 4...5 мм; для чугуна марки СЧ 20 – 6...7 мм; для чугунов СЧ 25 и выше – 7...8 мм.
- 2) При разработке асимметричных конструкций отливок большой протяженности необходимо использовать чугуны высоких марок (чугуны с высоким сопротивлением сжатию).
- 3) При замене стальных отливок чугунными, для увеличения прочности к конструкциям необходимо применять тонкостенные закрытые сечения.
- 4) Следует стараться избегать толстостенных сечений.

Механические свойства модифицированного чугуна значительно выше, чем у обычного серого чугуна. Это позволяет уменьшать толщину стенок и облегчать массу литых деталей. С

другой стороны, жидкотекучесть модифицированного чугуна на 15...20% ниже жидкотекучести обычного серого чугуна, что ограничивает предельную толщину стенок отливаемых из него деталей.

Квазиизотропность (неравномерность свойств из-за разных толщин стенок) модифицированного чугуна и чугуна с шаровидным графитом ниже квазиизотропности обычного чугуна, что позволяет получать из них более массивные отливки с однородными свойствами в различных сечениях.

Чугун с шаровидным графитом более жаростоек, чем обычный серый чугун и может применяться для деталей, работающих при температуре 300...400°C. При почти одинаковой линейной усадке ВЧШГ обладает значительно большей объемной усадкой (почти как у углеродистой стали). Поэтому в массивных частях отливок развиваются усадочные раковины и пористость. Все это приближает литые детали из ВЧШГ по их конструкции к деталям, отливаемым из стали. (Необходимость установки прибылей).

Ковкий чугун обладает меньшей жидкотекучестью, чем серый чугун, но большей, чем сталь. Размер усадки зависит от толщины стенок детали и может иметь обратный знак. Объемная усадка ковкого чугуна больше, чем стали, но так как в результате выделения графита при отжиге происходит уплотнение чугуна и устранение пористости, при отливке деталей из ковкого чугуна иногда возможно отказываться от прибылей. Часто применяются боковые прибыли, которые располагают по разьему формы.

Особенности конструирования литых стальных деталей связаны с низкой жидкотекучестью, большой линейной и объемной усадкой стали, высокой температурой ее плавления и склонностью к газонасыщению. Из-за пониженной жидкотекучести стали нельзя получить в литых стальных деталях тонкие стенки.

При отливке стальной детали для устранения в ней усадочных раковин и усадочной рыхлости обязательно соблюдение условия направленного ее затвердевания.

При выборе марки стали, из которой должна быть изготовлена отливка, необходимо принимать во внимание не только механические и физические свойства стали, но и ее литейные свойства, которые зависят от ее химического состава и, прежде всего, содержания в ней углерода.

Легированная сталь применяется чаще всего для получения специальных (механических, физических, химических) свойств отливки.

Отливки из низколегированной стали в большинстве случаев подвергаются сложной термической обработке. В связи с этим конструкция отливок должна быть технологичной в отношении не только литейного производства, но и термической обработки.

Следует добиваться возможно более равномерных свойств в толстых и тонких сечениях, на поверхности и в глубине отливки, предотвращать коробление и образование трещин в от-

ливке. Для этого необходимо по возможности сохранять равномерную толщину стенок, избегать большого скопления металла. Для предотвращения коробления и трещин следует избегать резких переходов сечений. Для сложных, крупных и массивных отливок необходимо выбирать такую сталь, которая может закаливаться при относительно медленном охлаждении и иметь высокую температуру отпуска.

При конструировании отливок из высоколегированных сталей необходимо принимать во внимание следующие свойства:

- 1) хорошую жидкотекучесть;
- 2) хрупкость стали до термической обработки;
- 3) большую усадку в твердом состоянии, которая способствует возникновению в отливках напряжений и трещин;
- 4) склонность к образованию неметаллических включений;
- 5) плохую теплопроводность;
- 6) большой коэффициент теплового расширения;
- 7) плохую обрабатываемость.

Вопросы для самопроверки

- 1) Почему серый чугун обладает большой чувствительностью к скорости охлаждения?
- 2) Чем руководствуются при выборе марки серого чугуна для изготовления отливки?
- 3) В чем состоит особенность конструирования отливок из ВЧШГ?
- 4) С чем связаны особенности конструирования отливок из углеродистых сталей?
- 5) С чем связаны особенности конструирования отливок из легированных сталей?

1.7 Тема 7. Конструирование отливок, получаемых специальными способами литья

Литье под давлением. Особенности конструирования кокильных отливок. Центробежное литье. Особенности конструирования отливок, получаемых литьем по выплавляемым моделям. Особенности конструкции деталей, получаемых литьем в оболочковые формы.

Литература: [3] с.423-483; [6] с.160-175.

Методические указания

Литьем под давлением изготавливают небольшие по массе, тонкостенные и сложные по конфигурации отливки из сплавов на основе цинка, алюминия, магния, меди, свинца и олова в условиях крупносерийного и массового производства.

Основные преимущества отливок, получаемых литьем под давлением: высокая точность, высокое качество поверхности, сложная форма при тонких стенках (до 0,5 мм), повышенная прочность, минимальная потребность в механической обработке. Масса отливок в зависимости от сплава, конструкции и назначения может колебаться от десятков граммов до 90 кг. Детали, изготавливаемые литьем под давлением, механической обработке, чаще всего, не подвергаются.

Толщину стенок отливок при литье под давлением выбирают в зависимости от площади сплошной поверхности в соответствии с существующими нормами. При сочетании толстых и очень тонких стенок во избежание образования трещин необходимо обеспечить, плавный переход, соотношение толщин на сопрягаемых участках не должно превышать 1:2,5.

Мелкие детали массой до 30 г из алюминиевых или цинковых сплавов можно отливать с толщиной стенки 0,5...0,8 мм.

При литье под давлением необходимо избегать резких переходов от толстого сечения к тонкому и скопления металла в отдельных сечениях отливки. Прочность детали повышают не увеличением толщины стенок, испытывающих наибольшие напряжения, а устройством ребер жесткости, приданием стенкам коробчатого и таврового сечения. Применение ребер жесткости обеспечивает необходимую прочность детали при меньшем расходе металла.

При литье в металлические формы (кокили) по сравнению с литьем в песчаные формы механические свойства сплавов повышаются на 10...15%. Отливки получаются с точным соблюдением геометрии и с очень плотной структурой. Расход металла при переходе с песчаных форм на металлические уменьшается на 10...20%. Литьем в металлические формы можно получать детали из медных, алюминиевых и магниевых сплавов, а также из чугуна и стали.

Литье в кокиль применяется только в условиях серийного производства, так как стоимость металлических форм высокая. Литье в кокиль в основном применяют при изготовлении деталей простой конфигурации, преимущественно небольшой массы.

При конструировании деталей, изготавливаемых литьем в кокиль, необходимо учитывать то, что охлаждение отливки в металлической форме происходит значительно быстрее, чем в песчаной, металлическая форма не поддается усадке, вывод газов из полости формы и стержней затруднен, получение тонкостенных отливок усложняется из-за высокой теплопроводности стенок металлической формы.

При центробежном способе литья различаются три способа: заливка с горизонтальной осью вращения формы, заливка с вертикальной осью вращения формы и способ центрифугования. Первые два способа используются для отливки тел вращения, оси которых совпадают с осью вращения формы.

Отливка деталей на машинах с вертикальной осью вращения целесообразна при условии, когда диаметр отливки больше ее длины не менее чем в три раза. Для получения здоровой от-

ливки необходимо, чтобы центробежная сила превосходила силу тяжести при вертикальной оси вращения в 90 раз, а при горизонтальной — в 65 раз.

Для центробежного литья не пригодны детали, имеющие слишком большую разницу в диаметре различных их частей. Так же нецелесообразно отливать центробежным способом слишком толстостенные детали с малым внутренним диаметром, что может привести к ликвации сплава. Центробежный способ литья с горизонтальной осью вращения не применим к деталям типа маховика, в которых имеются две массивные части, соединенные между собой или спицами, или тонкостенным диском.

Центробежный способ изготовления отливок находит широкое применение при получении биметаллических (двухслойных) деталей.

Литьем по выплавляемым моделям изготавливают ответственные, сложные по конфигурации детали повышенной размерной и массовой точности. Основное преимущество этого способа заключается в том, что отливка по своим размерам приближается к готовой детали, поэтому механическая обработка незначительна или полностью исключена. Литье по выплавляемым моделям применяют для изготовления деталей из высоколегированных, жаростойких и прочных сплавов, плохо поддающихся обработке резанием, получение которых другими методами литья или способами обработки нецелесообразно; а так же сложных по конфигурации деталей, которые при других способах изготовления можно только собрать из отдельных частей после их механической обработки. Обычно по выплавляемым моделям изготавливают мелкие и средние детали массой 0,1...12 кг. При литье по выплавляемым моделям отпадают все требования к конструкции детали, связанные с изготовлением формы и с сопротивлением формы усадке, снижаются требования к плавности переходов и оформлению галтелей. Главным требованием при конструировании деталей для литья по выплавляемым моделям является то, что детали должны иметь достаточно равномерную толщину тела во всех их частях и не иметь массивных термических узлов.

Особенность получения отливок в оболочковые формы заключается в том, что формы для отливки в них деталей изготавливаются путем засыпания на нагретую металлическую модель слоя сухого формовочного песка с добавлением в него порошкообразной термореактивной смолы, которая, размягчаясь при нагреве, обволакивает зерна песка и образует на поверхности модели небольшой толщины оболочку. После удаления излишней смеси получившуюся оболочку снимают с модели. Формы, составленные из двух оболочек, поступают на заливку. Формы получают тонкостенные, остывание металла в них происходит быстрее, чем в обычных песчано-глинистых формах. Механические свойства металла улучшаются.

Все условия конструирования деталей, которые связаны с отливкой их из металла с большой объемной усадкой, полностью сохраняются и для способа отливки в оболочковые формы.

Так как получение больших по высоте форм из сыпучих материалов трудно осуществимо, стремятся избегать применения больших по объему и высоте прибылей. Применение внутренних и наружных холодильников при данном способе отливки деталей почти невозможно.

Наиболее подходящими конструкциями деталей для отливки в оболочковые формы являются относительно простые и плоские конструкции с незначительными по величине вертикальными стенками. Экономически изготовление деталей литьем в оболочковые формы оправдывается только при крупносерийном и массовом производстве.

Точность литья в оболочковые формы связана с габаритами деталей (так как зависит от прогиба корки) и составляет примерно 0,2 мм на 100 мм длины, при толщине стенок отливки до 20 мм. Чистота поверхности литья, отливаемого в оболочковые формы, получается высокой, припуски на механическую обработку могут быть минимальными.

Вопросы для самопроверки

- 1) Как выбирается толщина стенок отливок при литье под давлением?
- 2) В чем состоит особенность конструирования отливок, получаемых литьем в кокиль?
- 3) Почему при центробежном литье не целесообразно изготавливать толстостенные детали с малым внутренним диаметром?
- 4) Какие детали можно изготавливать литьем по выплавляемым моделям?
- 5) Чем ограничена область применения оболочкового литья?

2 ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

- 1) Конструирование отливок с точки зрения простоты, экономичности и точности изготовления формы.
- 2) Конструирование отливок с точки зрения условий заполнения формы жидким металлом и возникновения усадочных дефектов.
- 3) Конструирование отливок с учетом предотвращения возникновения напряжений, деформаций и трещин.
- 4) Конструирование отливок с учетом сокращения операций обрубки и очистки.

2.2 Практическое задание

Вычертить в масштабе эскиз предложенной детали на формате А3 или А4. Проанализировать конструкцию детали применительно к виду сплава, способу литья и другим условиям производства. На основании анализа недостатков сделать предложения по совершенствованию

конструкции для литья с условием выполнения деталью своего назначения в машине или агрегате.

Задача 1 (рисунок 2.1)

Данные отливки «Барабан»: материал — сталь 30 Л — П, масса - 139,7 кг.

- 1) Наметить схему питания отливки. Указать недостатки конструкции детали при создании направленного затвердевания.
- 2) Указать сечения, в которых возможно образование усадочных дефектов и горячих трещин.
- 3) Оценить удобство формовки, установки и крепления стержней при сборке формы.
- 4) В чем заключаются недостатки конструкции, усложняющие и повышающие трудоемкость операций удаления прибыли, обрубки и очистки отливки?
- 5) Проанализировать варианты удаления газов из стержней при заливке. Оценить площадь окон для выхода газов через знаки стержней из внутренних полостей отливки.

Задача 2 (рисунок 2.2)

Данные отливки «Барабан»: материал — сталь 30 Л — I, масса — 2 022 кг.

- 1) Определить расположение термических узлов и выбрать положение отливки в форме при заливке. Наметить схему питания отливки.
- 2) Указать недостатки конструкции барабана, затрудняющие создание направленного затвердевания.
- 3) Оценить влияние недостатков конструкции на возможность образования горячих трещин.
- 4) Оценить удобство формовки, установки и крепления стержней при сборке формы.
- 5) Оценить удобство выбивки стержней, удаления каркасов.
- 6) На основе анализа недостатков конструкции барабана предложить более технологичную для литья конструкцию.

Задача 3 (рисунок 2.3)

Данные отливки «Рама»: материал - ВЧ 450, масса - 1 627,5 кг.

- 1) Найти расположение термических узлов и выбрать положение отливки в форме при заливке. Наметить схему питания отливки. Указать трудности в организации направленного затвердевания из-за недостатков конструкции и дефекты, возникающие по этой причине.
- 2) Указать виды дефектов, возникающих из неправильного выполнения сочленения стенок при их разной и равной толщине.
- 3) Возможно ли возникновение горячих трещин в данной отливке, в каких местах?
- 4) Какие недостатки конструкции детали способствуют ее короблению из-за возникновения термического торможения, мешающего усадке?

5) Дать характеристику внешним очертаниям детали. В чем заключаются недостатки внешних и внутренних очертаний, приводящих к усложнению формовки, обрубки, и очистки отливки?

Задача 4 (рисунок 2.4)

Данные отливки «Корпус»: материал - КЧ 45, масса - 33,4 кг.

- 1) Определить расположение термических узлов и дать схему питания отливки из белого чугуна.
- 2) Установить, соответствует ли сечение стенок требованиям технологичности отливки. Как уменьшить («разгрузить») термические узлы, образующиеся в сочленении стенок? Указать дефекты, возникающие из неправильно выполненного сочленения стенок.
- 3) Дать характеристику недостатков в выполнении внутренних и наружных очертаний детали. Указать какие дефекты могут возникнуть в отливке по этой причине.
- 4) Выбрать плоскость разъема модели и формы. Найти недостатки конструкции, приводящие к увеличению трудоемкости формовки, обрубки отливки. Предложить более технологичную для литья конструкцию.

Задача 5 (рисунок 2.5)

Данные отливки «Цилиндр»: материал — сталь 45 Л – I, масса - 222,1 кг.

- 1) Найти расположение термических узлов и выбрать положение отливки в форме при заливке. Наметить схему питания. Установить правильность сочленения стенок разной толщины. Указать недостатки конструкции, затрудняющие создание направленного затвердевания.
- 2) Указать недостатки конструкции детали при выполнении внутреннего отверстия.
- 3) Выбрать разъем модели, формы и оценить удобство формовки.
- 4) На основе анализа недостатков предложить более технологичную конструкцию.

Задача 6 (рисунок 2.6)

Данные отливки «Рама фундаментная»: материал - сталь 25 Л – II, масса - 625 кг.

- 1) Найти расположение термических узлов и выбрать положение отливки в форме при заливке. Наметить схему питания отливки. Указать, имеются ли конструктивные недостатки, затрудняющие создание направленного затвердевания.
- 2) Выбрать плоскость разъема модели и формы. Указать недостатки конструкции, усложняющие процесс изготовления формы. Каким требованиям должны отвечать внешние очертания, детали для удобства формовки? Как влияют на размерную точность условия извлечения модели из формы.
- 3) Предложить конструкцию детали, в которой устранялись бы её недостатки по п. 2.

Задача 7 (рисунок 2.7)

Данные отливки «Муфта»: материал - сталь 45 Л – II, Масса - 218,9 кг.

- 1) Найти расположение термических узлов, выбрать положение отливки в форме при заливке. Наметить схему питания отливки. Указать недостатки конструкции детали, проявляющиеся при разработке направленного затвердевания.
- 2) Установить правильность выполнения галтелей и переходов при сочленении стенок разной толщины. Указать, какие дефекты могут возникнуть из-за неправильно выполненных сочленений стенок.
- 3) Дать характеристику внешним очертаниям детали. Установить правильность выполнения переходов, закруглений.
- 4) Сочетание внутреннего и внешнего контуров детали (сечения I — I и II — II) создают в сечении профиль неравномерной толщины. Какие дефекты могут возникнуть в отливке по этой причине?
- 5) На основе анализа факторов нетехнологичности детали предложить варианты новой конструкции.

Задача 8 (рисунок 2.8)

Данные отливки «Крышка»: материал - сталь 25 Л – II, масса - 1830 кг.

- 1) Найти расположение термических узлов, выбрать положение отливки в форме при заливке. Наметить схему питания отливки. Указать недостатки конструкции детали, проявляющиеся при разработке направленного затвердевания.
- 2) Установить правильность выполнения галтелей и переходов при сочленении стенок разной толщины. Указать какие дефекты могут возникнуть из-за неправильно выполненных сочленений стенок.
- 3) Оценить, какие неудобства приносят нетехнологично выполненные наружные очертания детали.
- 4) Предложить варианты улучшения технологичности отливки.

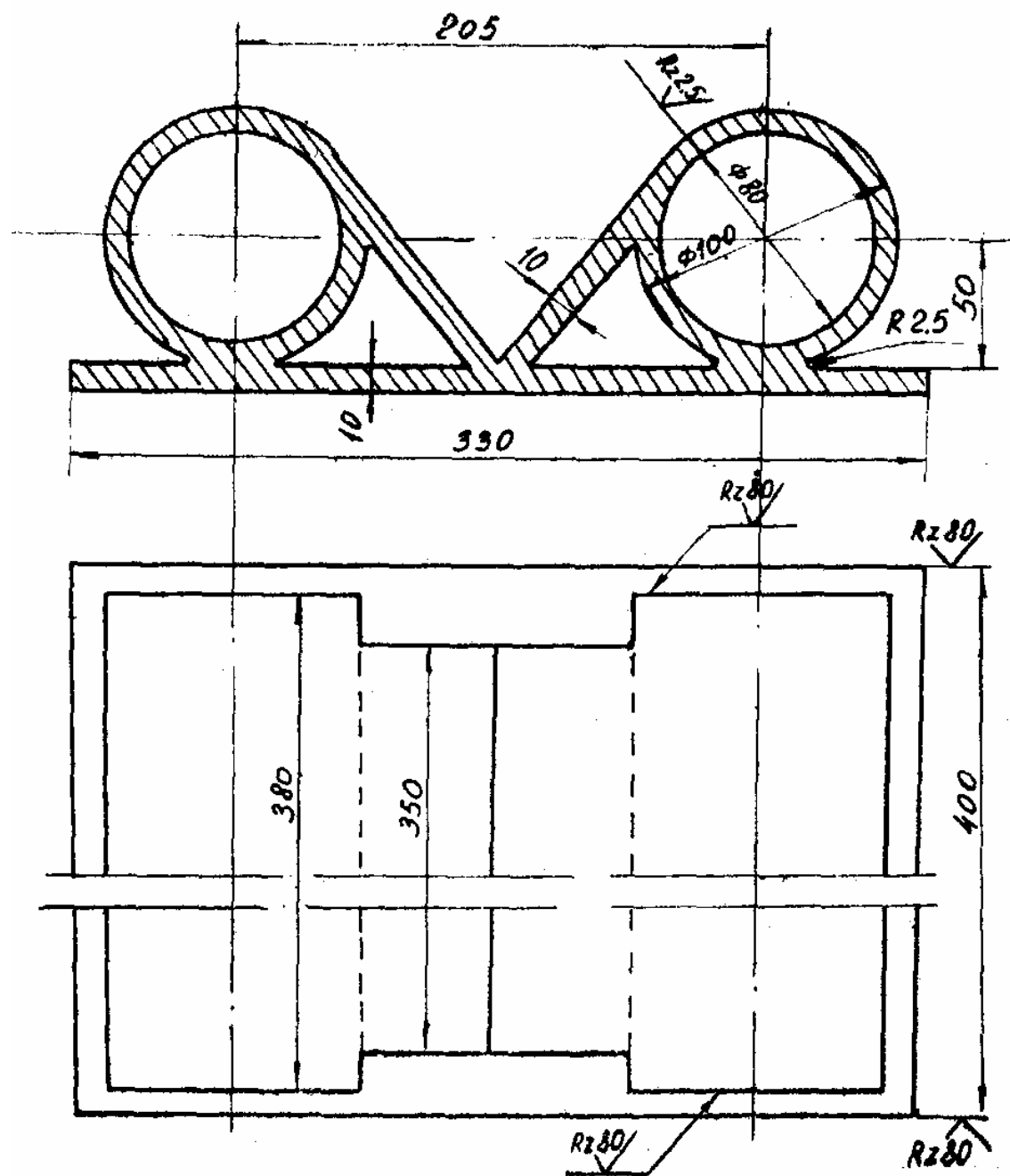


Рисунок 2.4 - Отливка «Корпус»

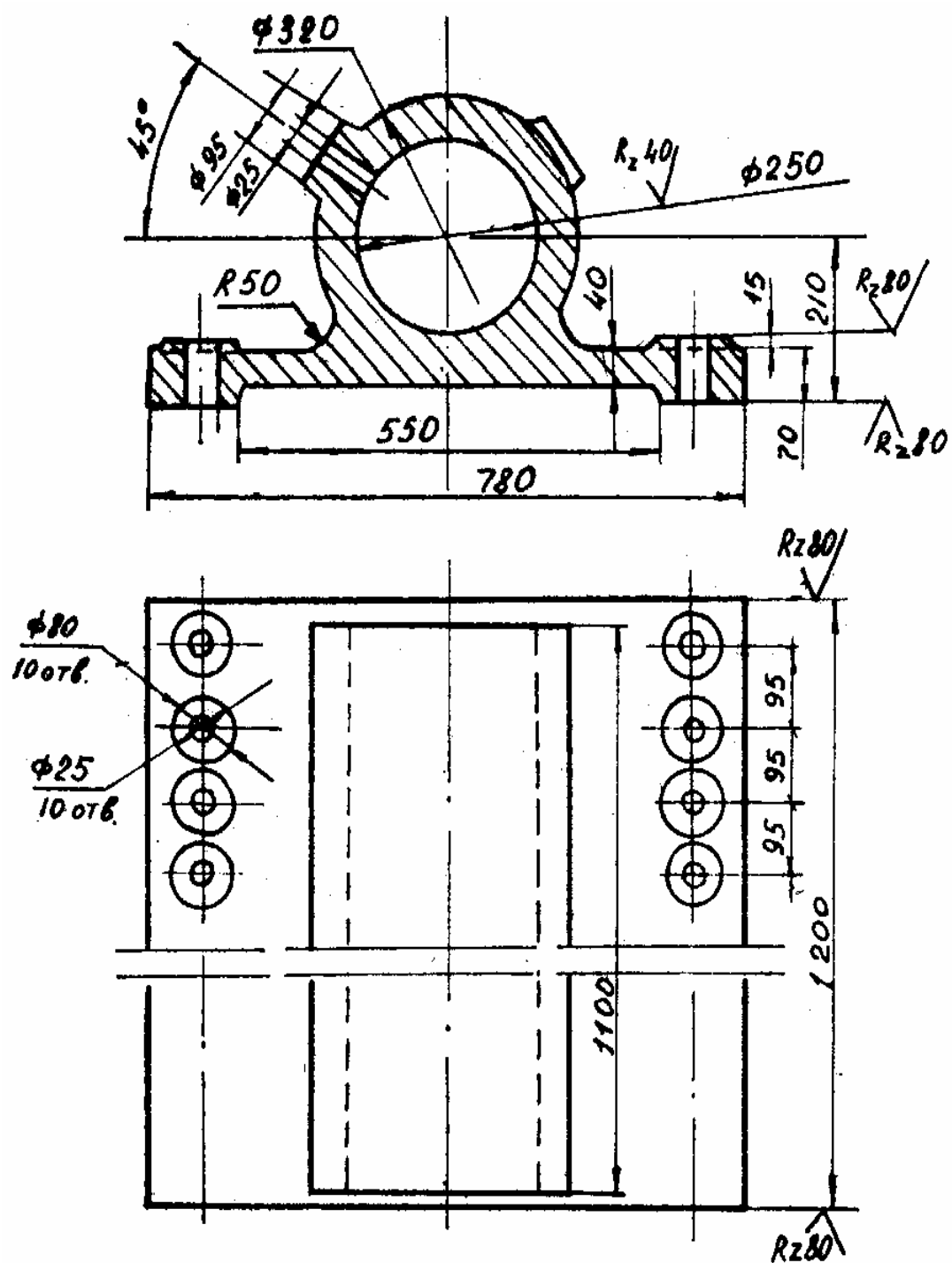


Рисунок 2.6 - Отливка «Рама фундаментная»

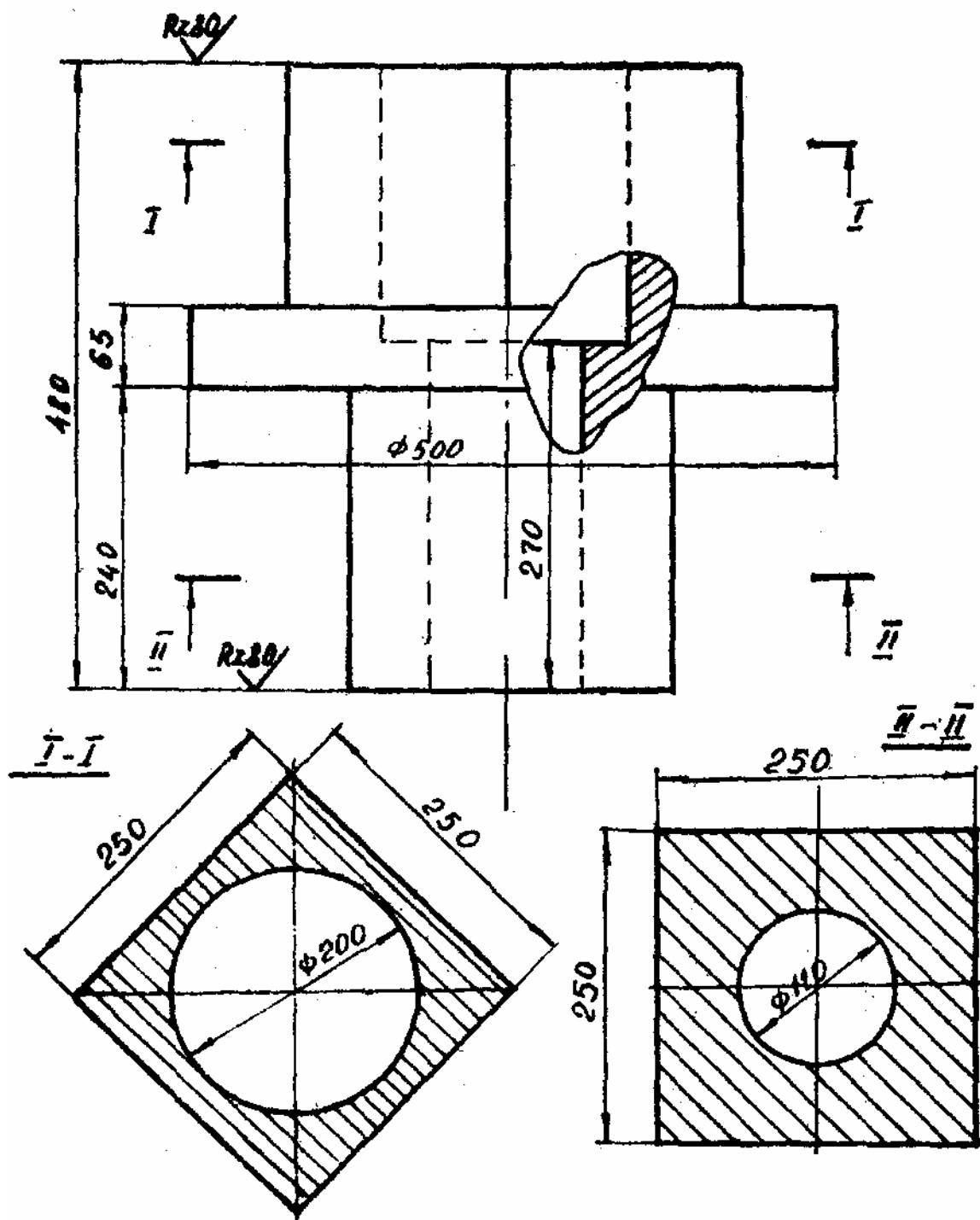


Рисунок 2.7 - Отливка «Муфта»

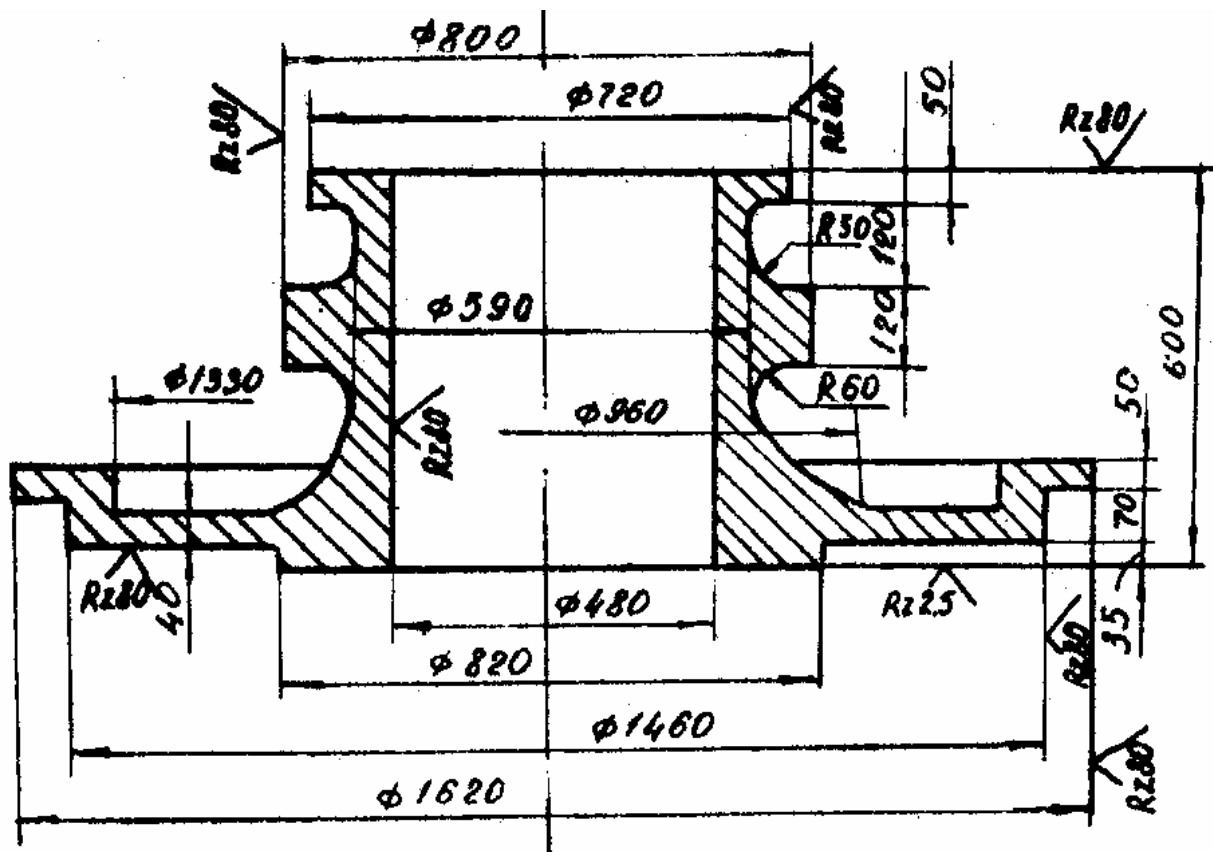
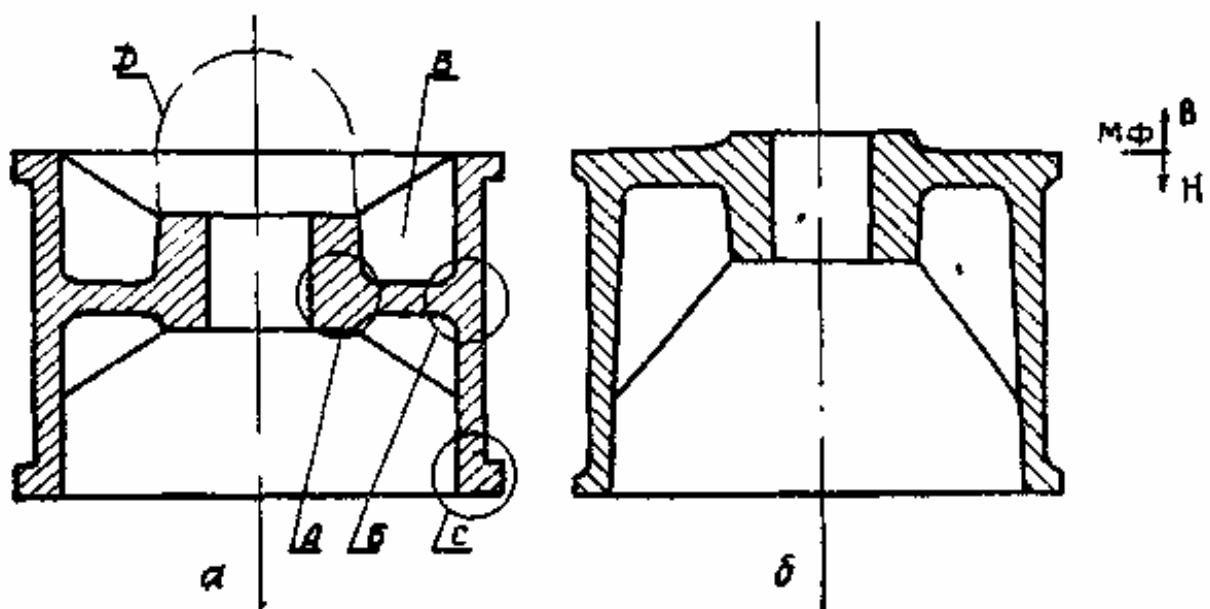


Рисунок 2.8 – Отливка «Крышка»

Примеры выполнения задачи

Пример 1



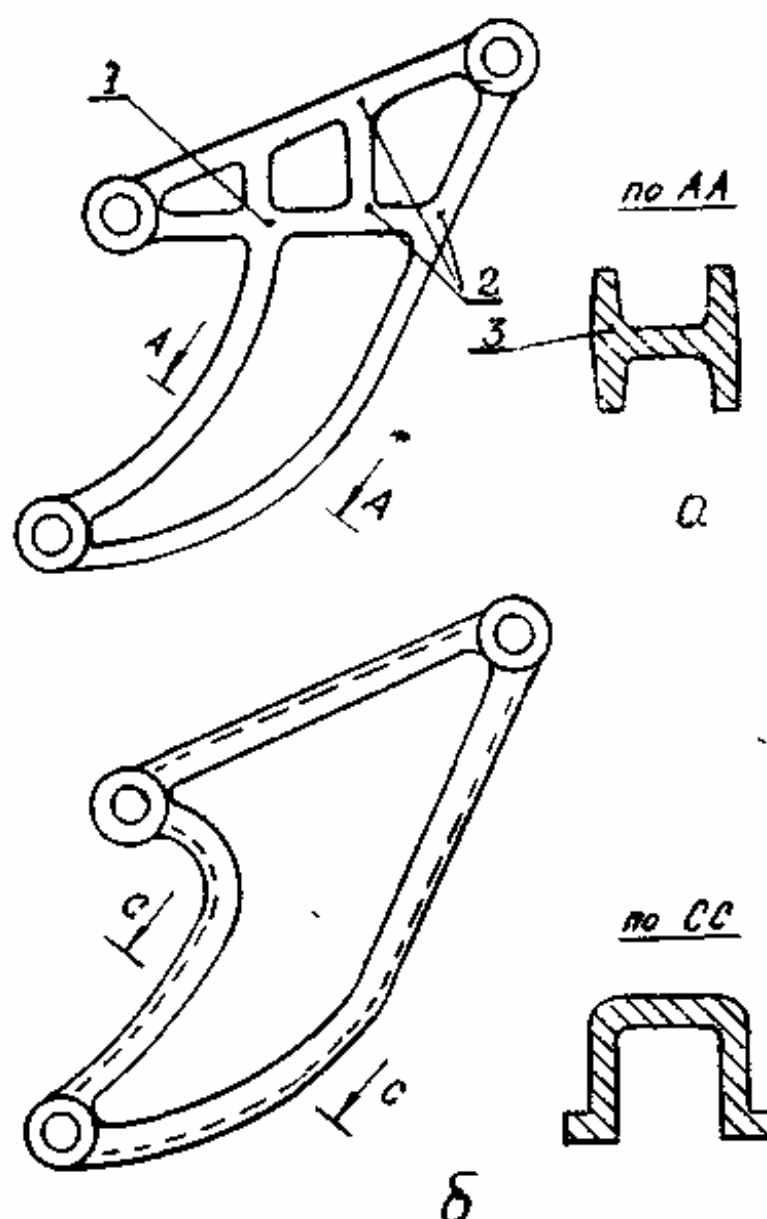
а – первоначальная конструкция отливки, *б* – измененная конструкция отливки.

Рисунок 2.9 – Пример конструкции отливки «Барабан»

Конструкция стальной детали «Барабан» (рис. 4.9), выполненная по варианту «а» имеет ряд серьезных недостатков. В сочленении стенок в местах *А*, *В*, и *С* образуются изолированные

горячие узлы, что создает затруднения в организации их питания и направленного затвердевания. Далее, удаление прибыли D газовой резкой с массивной ступицы связано с неудобством подхода к ней, так как ступица опущена ниже цилиндрической части барабана. В связи с этим остаток прибыли после обрезки будет значительный и его удаление возможно только за счет увеличения затрат на механическую обработку. В местах B образуются при формовке висячие «болваны», что связано с необходимостью принятия соответствующих мер по их укреплению, так как они могут быть причиной образования песочных включений. В варианте «б» указанные недостатки исключены без существенных изменений конструкции.

Пример 2



a – первоначальная конструкция отливки, $б$ – измененная конструкция отливки.

Рисунок 2 – Пример конструкции отливки «Кронштейн

На рис. 2, *а* приведена конструкция литого кронштейна, а на рис. 2, *б* улучшенный вариант его конструкции. Конструктивные ребра, образующие с другими элементами отливки Т- или Х-образные сопряжения, являются причинами трудностей разного рода при производстве отливок. Конструкция литого кронштейна на рис. 2, *а* не вызывает трудностей при изготовлении его из серого чугуна низких и средних марок. Но получение такой отливки из чугунов более прочных марок может привести к короблению или трещинам в местах сочленений 1, 2, 3. Кронштейн подобной конструкции нельзя отлить из ковкого чугуна из-за трещинообразования до термической обработки в местах сопряжений, недоступных для питания от прибыли. Стальная отливка этого кронштейна также будет чувствительна к усадочным дефектам и горячим трещинам. Улучшенная конструкция кронштейна (рис. 2, *б*) обеспечивает плотность и прочность при отсутствии ребер в результате плавной коробчатой формы сечения с обтекаемыми L-образными сопряжениями, которые исключают появление литейных дефектов, характерных для Х- и Т-образных сопряжений.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

- 1 Анисимов В. П., Благов Б. Н. Проектирование литых деталей. – М.: Машиностроение, 1967. – 200с.
- 2 Волцинский А. Я. Конструирование чугунных деталей и их литейная технологичность. – М.: Машиностроение, 1964. – 211с.
- 3 Методические указания по проектированию технологичных деталей/ Сост.: С.П.Дорошенко, Л. Н. Сыропоршнев. Киев.: КПИ, 1984.–55с.
- 4 Носков Б. Л., Косариков Н. А., Смеляков Н. Н. Конструирование литых деталей,- М.: Машгиз, 1967.-211с.
- 5 Орлов П. Н. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие. В 2-х Кн./Кн.1/Под ред. П.Н.Учаева. М.: Машиностроение, 1988,-560с.
- 6 Скарбинский М. Конструирование отливок. – М.: Машгиз, 1961.-573с.
- 7 Приходько О. В. Методическое пособие к практическим и самостоятельным работам по дисциплине «Конструирование литых изделий». Краматорск.: ДГМА, 2005.-60с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

- 1 Бодашков Н. М. Конструирование и выбор способа получения литых заготовок. – Калинин, Калининский политехнический институт. 1973. – 110с.
- 2 Рихтер Р. Конструирование технологичных отливок. – М.: Машиностроение, 1968. – 254с.
- 3 Фишедь Б. Т. Разработка чертежей отливок. – м.: Машгиз, 1963. – 150