

**Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации**

**Московский государственный технологический
университет "СТАНКИН"**

Технологические процессы литья

**Методические указания к выполнению
лабораторных работ по курсу ТПМП**

Москва, 2005 г

Технологические процессы литья: Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу ТПМП /Составители Павлов В.В., Орловский Э.П., Журавлёва Л.Н., Иванов Г.Н., Иванов В.Г., Ращупкина О.П. / -М: МГТУ "СТАНКИН", 2002- 97с.

В методических указаниях приводятся сведения по основным технологическим процессам литья, порядок выполнения лабораторных работ, требования к оформлению отчёта и индивидуального задания.

Предназначены для обеспечения необходимого уровня подготовки студентов всех специальностей, изучающих курс " Технологические процессы машиностроительного производства" (ТПМП) и выполнения лабораторных работ по технологическим процессам литья.

Илл. 48. Табл. 1, Библ. 19 назв.

Составители: д.т.н. проф. Павлов В.В., к.т.н. Орловский Э.П., к.т.н. Журавлева Л.Н., к.т.н. Иванов Г.Н., к.т.н. Иванов В.Г., к.т.н. Ращупкина О.П.

Утверждено кафедрой " Технологическое проектирование ".
Протокол №от.....

© МГТУ "СТАНКИН", 2005

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ.....	4
1.1 <i>Сущность процесса литья.....</i>	<i>5</i>
1.2 <i>Схема литейного производства</i>	<i>6</i>
1.3 <i>Классификация литейных форм</i>	<i>14</i>
1.4 <i>Классификация процессов литья</i>	<i>15</i>
1.5 <i>Чертёж отливки</i>	<i>15</i>
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ЛИТЬЯ В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫЕ ФОРМЫ.....	19
2.1 <i>Устройство песчаной формы</i>	<i>19</i>
2.2 <i>Схема технологического процесса</i>	<i>25</i>
2.3 <i>Технологическая оснастка</i>	<i>25</i>
2.4 <i>Плавка металла, заливка форм, затвердевание и охлаждение отливки в форме.....</i>	<i>30</i>
2.5 <i>Технологический процесс изготовления песчано - глинистой формы</i>	<i>31</i>
2.6 <i>Выбивка отливок из формы</i>	<i>37</i>
2.7 <i>Финишная обработка</i>	<i>37</i>
2.8 <i>Достоинства и недостатки процесса литья в песчано-глинистые формы</i>	<i>38</i>
3 СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ЛИТЬЯ	42
3.1 <i>Литьё по выплавляемым моделям</i>	<i>42</i>
3.2 <i>Литье в оболочковые формы</i>	<i>49</i>
3.3 <i>Литье в металлические формы (в кокиль)</i>	<i>57</i>
3.4 <i>Литье под давлением.....</i>	<i>64</i>
3.5 <i>Центробежное литьё</i>	<i>71</i>
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	79
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ ЧЕРТЕЖА ОТЛИВКИ И ЭСКИЗОВ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ЛИТЬЯ.	81
1 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ОТЛИВКИ.....	81
2 РАЗРАБОТКА ЭСКИЗА ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТОЙ ФОРМЫ.....	81
2.1 <i>Определение расположения отливки в форме</i>	<i>81</i>
2.2 <i>Определение количества и геометрической формы литейных стержней</i>	<i>82</i>
2.3 <i>Расположение отливок в форме.....</i>	<i>82</i>
2.4 <i>Разработка схемы литниковой системы</i>	<i>83</i>
3 ЭСКИЗЫ ФОРМ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ЛИТЬЯ.....	84
3.1 <i>Форма для литья по выплавляемым моделям</i>	<i>84</i>
3.2 <i>Оболочковая форма</i>	<i>84</i>
3.3 <i>Металлическая форма (кокиль).....</i>	<i>84</i>
3.4 <i>Форма для литья под давлением</i>	<i>84</i>
3.5 <i>Форма для центробежного литья.....</i>	<i>88</i>
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ	89
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	91

Введение

Настоящие методические указания предназначены для обеспечения необходимого уровня теоретической подготовки студентов при изучении курса "Технологические процессы машиностроительного производства" (ТПМП) и, в частности, технологических процессов литья.

В методических указаниях дана общая характеристика технологических процессов литья, классификация литейных форм и процессов литья, устройство песчаной формы, описаны особенности ручной и машинной формовки, приведены основные технологические данные по наиболее широко применяемым специальным видам литья - по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, в металлические формы, под давлением, центробежного.

1 Общая характеристика технологического процесса литья

Литейное производство - один из наиболее универсальных и рациональных способов производства заготовок и деталей в машиностроении. Доля литых заготовок в конструкциях машин составляет от 20 до 90% по массе.

Литьё вошло в жизнь человека 5 тысячелетий назад и, по-видимому, ещё долго останется в его практике, постоянно совершенствуясь и развиваясь. Археологические находки свидетельствуют о высоком уровне получения отливок в Киевской Руси. Мастера тех времён умело отливали бронзовые зеркала и котлы, ювелирные изделия, топоры, наконечники копий и стрел, предметы церковного обихода. Вершина древнего русского литейного мастерства была достигнута "литцами" колоколов и пушек. Первые колокола на Руси появляются в X веке. Из 12 крупнейших колоколов разных стран половина-русские (рис 1.1), из них три - уникальные: Московский Царь - колокол (205 т.), Успенский (190 т.), Алексеевский (130 т.).

История литья пушек в России богата непревзойдёнными достижениями умельцев и мастеров. Бронза русских пушек XVI - XVII вв. содержала от 7 до 10, 9% олова, что соответствует составу "пушечной" бронзы по современным технологиям. Более 40 т. весит знаменитая Царь - пушка (XVI в.). Для неё предназначались ядра массой около 1 т.

Уникальны по художественному совершенству и литейному мастерству памятник Петру I "Медный всадник" в Санкт - Петербурге, памятник А. С. Пушкину в Москве, колокол - памятник "Тысячелетие России" в Новгороде, литые чугунные узоры оград и решёток, художественное литьё Каслинского чугунолитейного завода[1].

Огромных успехов достигли русские и советские литейщики в области машиностроения. Современное литейное производство - это комплекс технологических процессов получения литых заготовок и деталей, масса которых составляет от нескольких грамм до 300 т., а габаритные размеры - от

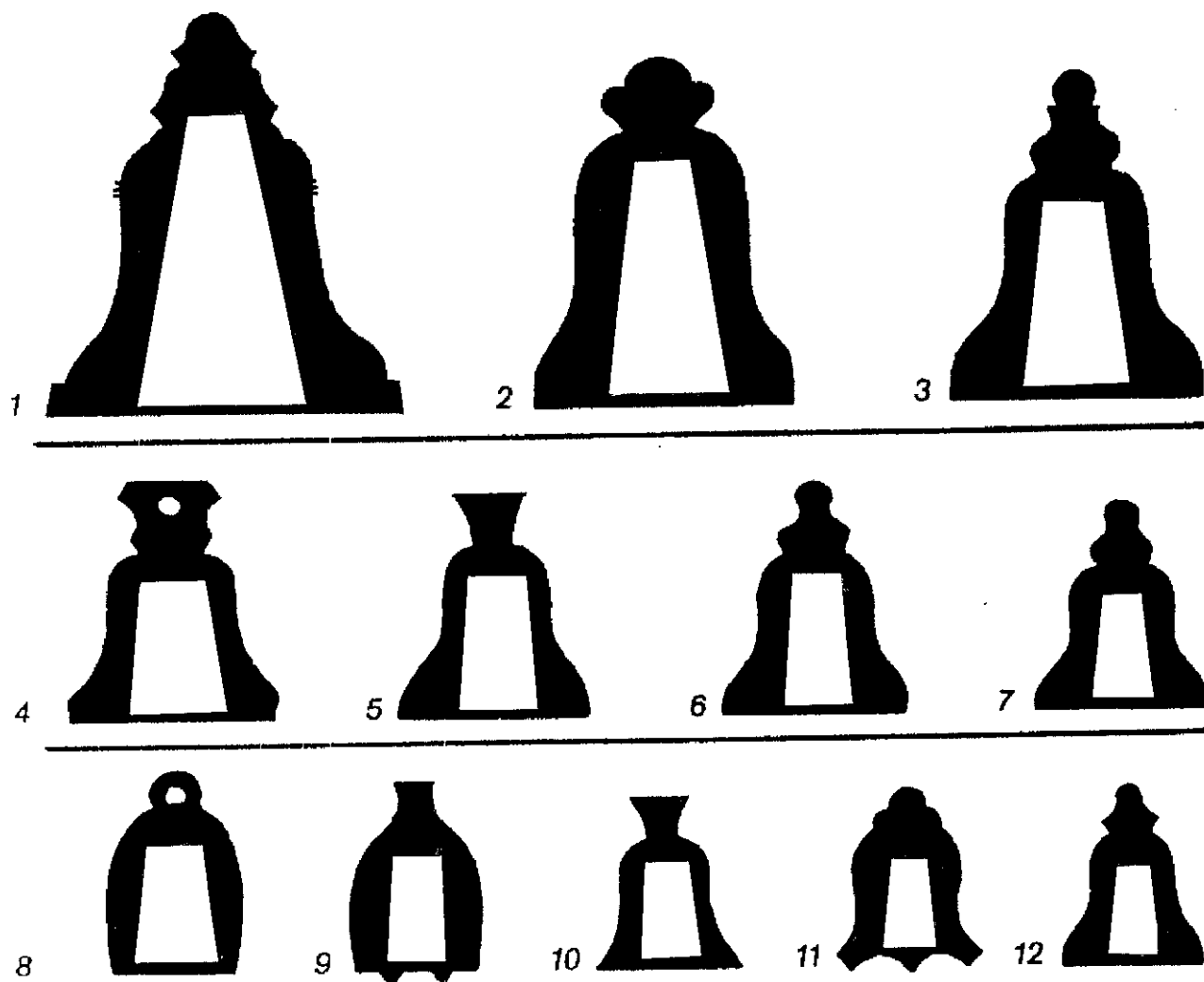


Рис.1.1. Крупнейшие колокола разных стран [1]:

1 – Московский Царь-колокол (вес 205 т), 2 – Успенский (вес 190 т), 3 – Алексеевский (вес 130 т), 4 – Бирманский (вес 80 т), 5 - Японский (вес 75 т), 6 – Успенский (1817г., вес 65 т), 7 – Святой Иван (вес 57 т), 8 – Корейский (вес 150 т), 9 - Корейский (силла, вес 48 т), 10 – Маха Ганди (вес 42 т), 11 – Пекинский (вес 40 т), 12 - Годуновский (вес 36 т)

нескольких миллиметров до 20 метров. Многие способы литья позволяют управлять процессом кристаллизации металла, получать отливки с уникальными свойствами и микроструктурой.

1.1 Сущность процесса литья

Технологический процесс литья - это способ получения заготовок или деталей посредством заливки расплавленного металла в рабочую полость литейной формы. В литейной форме металл затвердевает и охлаждается, в результате чего формируются геометрическая форма, размеры, качество поверхности,

микроструктура и основные физико-механические свойства изделия, называемого отливкой. При этом наружные очертания отливки определяются рабочей полостью формы, а внутренние образуются фасонными вставками, называемыми стержнями [2]. После затвердевания и охлаждения отливку из формы извлекают и подвергают финишной обработке.

1.2 Схема литейного производства

В соответствии с методологией SADT[3] общая функциональная модель технологических процессов изготовления отливки (схема литейного производства) представлена на рис. 1.2, 1.3.

Процессу изготовления отливки предшествуют (рис. 1.3) такие этапы жизненного цикла, как выбор способа литья, разработка чертежа отливки, разработка технологического процесса литья (ТП), разработка технических заданий (ТЗ) и проектирование средств технологического оснащения (СТО), изготовление СТО - то есть необходимой технологической оснастки и оборудования.

Технологический процесс изготовления отливки в общем виде включает (рис.1.4) следующие основные этапы : плавку жидкого металла, изготовление (или подготовку, если форма многоразовая) литейной формы, заливку металла, выдержку металла в форме для затвердевания и охлаждения, выбивку (или извлечение) отливки из формы, финишную обработку отливки.

В зависимости от вида сплава в литейных цехах используется следующее плавильное оборудование (рис.1.5): вагранка (для плавки чугуна), дуговая электропечь (чугун, сталь), пламенные печи (мартеновская - для плавки стали, прочие пламенные - для плавки чугуна и цветных сплавов), конвертер (сталь), индукционная электропечь (все сплавы), электропечь сопротивления (цветные сплавы). Для получения ответственных тонкостенных отливок из серого и ковкого чугуна используются также дуплекс-процессы: «вагранка - дуговая электропечь», «вагранка - индукционная электропечь» и «вагранка - пламенная печь»[2,4,5,6,7].

Для заливки расплавленного металла в литейную форму применяют (рис.1.6) разливочные чайниковые (чугун, цветные сплавы), барабанные (чугун) или стопорные ковши (сталь).

В соответствии с ГОСТ 18169 литейная форма - это система элементов, образующих рабочую полость, при заливке которой расплавленным металлом формируется отливка. Литейная форма, используемая для заливки расплавленным металлом лишь один раз и разрушаемая при извлечении отливки, называется разовой. Литейная форма, используемая для заливки расплавленным металлом более одного раза, называется многократной.

Наибольшее применение в литейном производстве (до 90%) имеют разовые песчаные формы. Прочие разовые формы имеют ограниченное применение.

После затвердевания и охлаждения до заданной температуры отливка из формы извлекается либо путём разрушения формы (разовая форма), либо посредством раскрытия формы и выталкивания отливки (многократная форма). Процесс извлечения отливки из разовой формы называется выбивкой. Литейные стержни в процессе выбивки отливок либо разрушаются (разовые стержни), либо извлекаются из отливки для повторного использования (многократные стержни).

Далее отливка охлаждается на воздухе до комнатной температуры и поступает на финишную обработку, которая включает отделение от отливки литниковой системы (отбивка, газовая резка, обрубка, механическая резка), очистку (галтовочный барабан, дробеструйная очистка, дробеметная очистка и др.), зачистку (питателей, заусенцев и запилов) абразивными кругами.

При необходимости отливки подвергаются термической обработке (отжиг белого чугуна для получения ковкого чугуна, отжиг или нормализация отливок из углеродистой стали и др.), а также первичной механообработке. Содержание операций финишной обработки определяется способом литья, видом сплава, техническими требованиями к отливке.

Далее отливки проходят контроль (от визуального до ультразвукового и рентгеновского) и, как правило, окрашиваются (грунтовка).

Готовые отливки (литые заготовки, литьё) поступают в механические и другие цеха для размерной обработки.

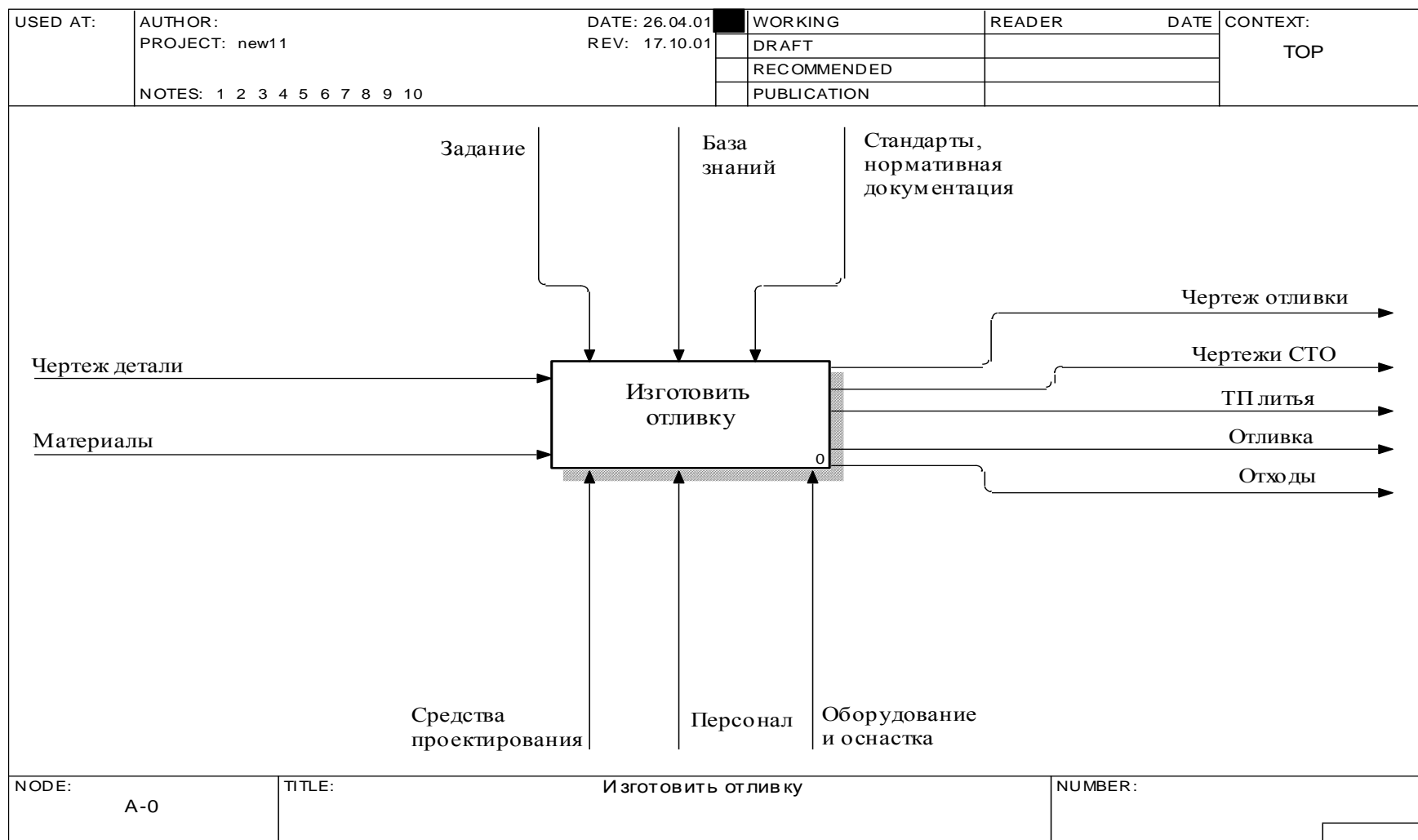


Рис.1.2. Общая функциональная модель технологических процессов изготовления отливки: диаграмма A0-постановка задачи

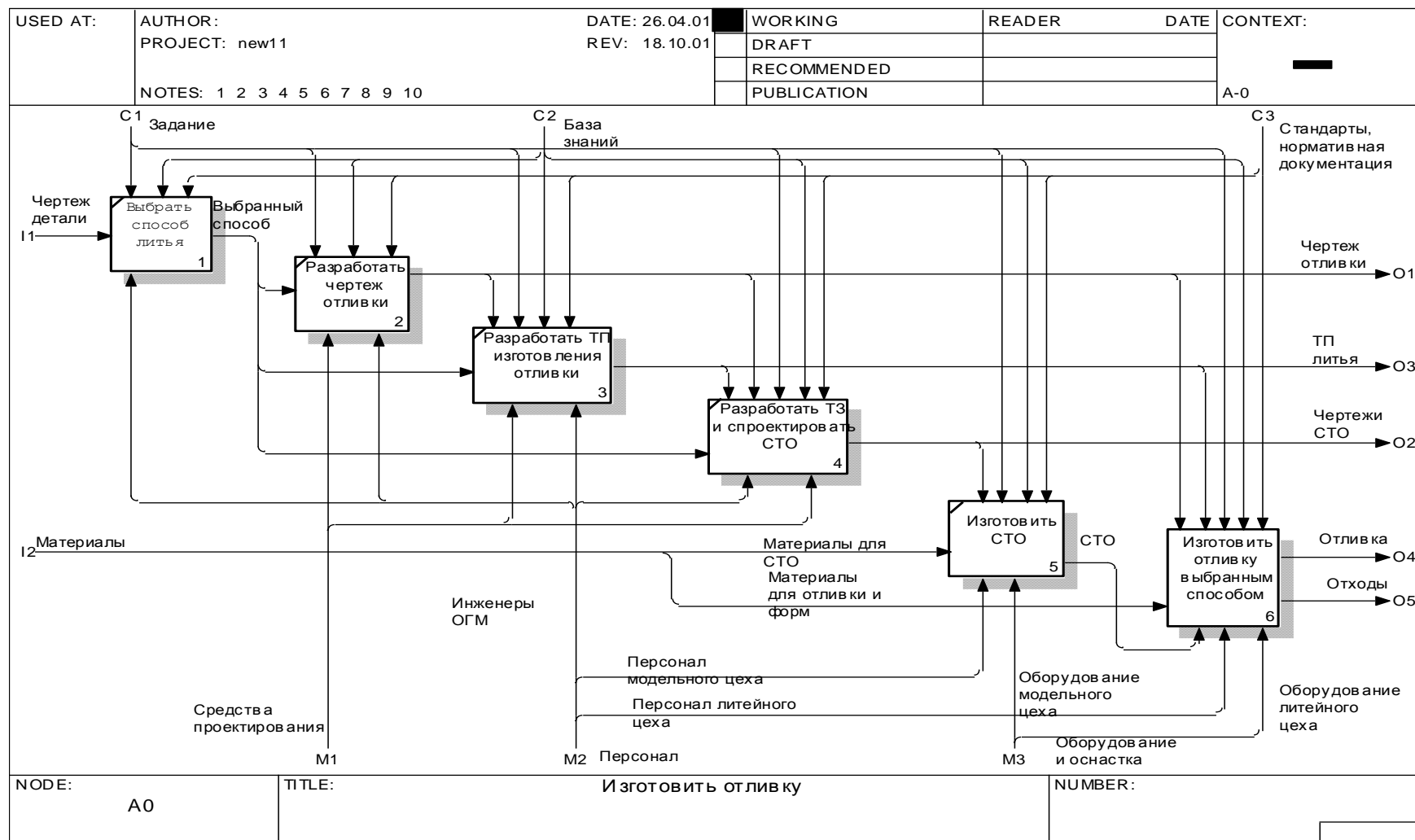


Рис 1.3. Общая функциональная модель технологических процессов изготовления отливки: диаграмма A0 – основные этапы жизненного цикла

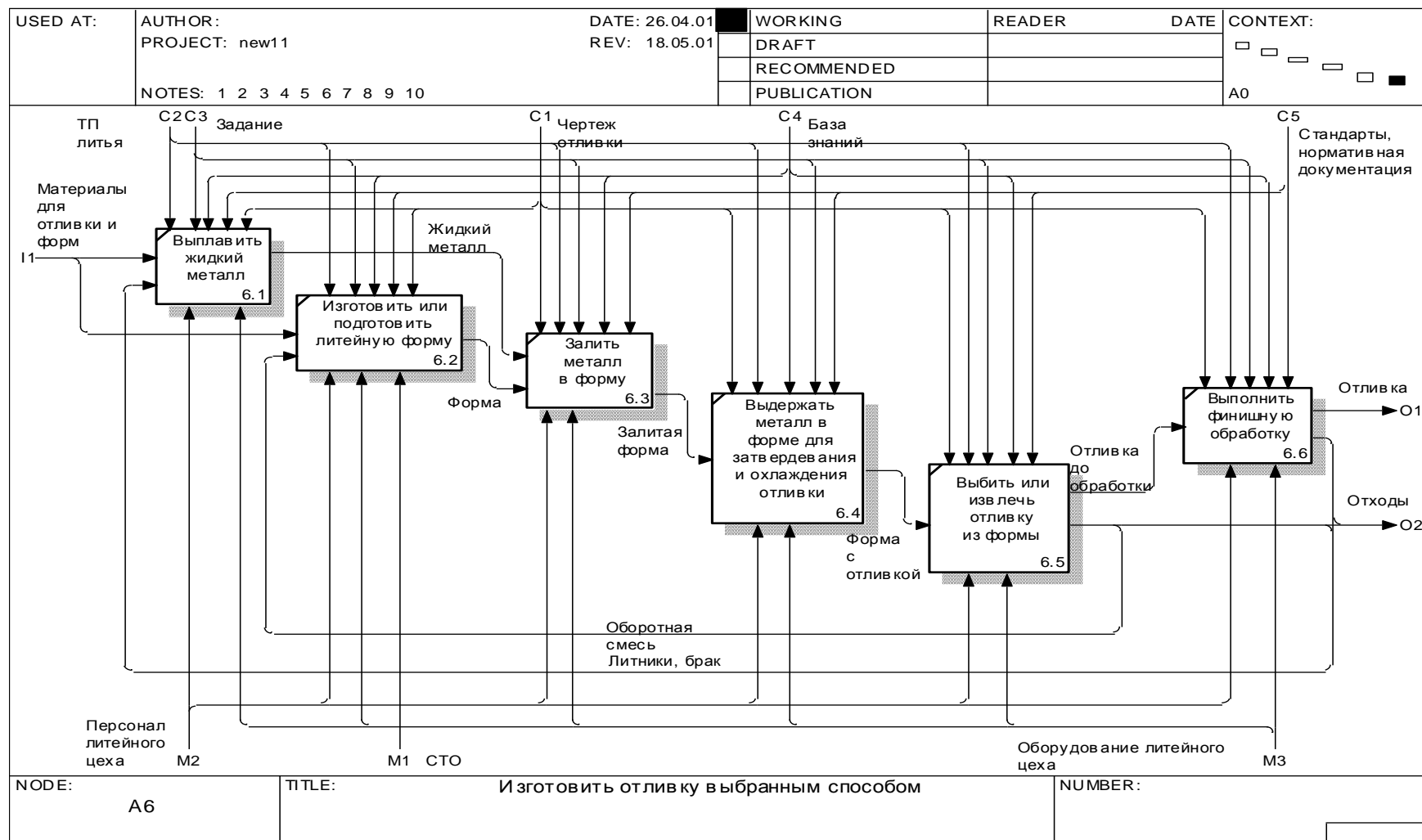
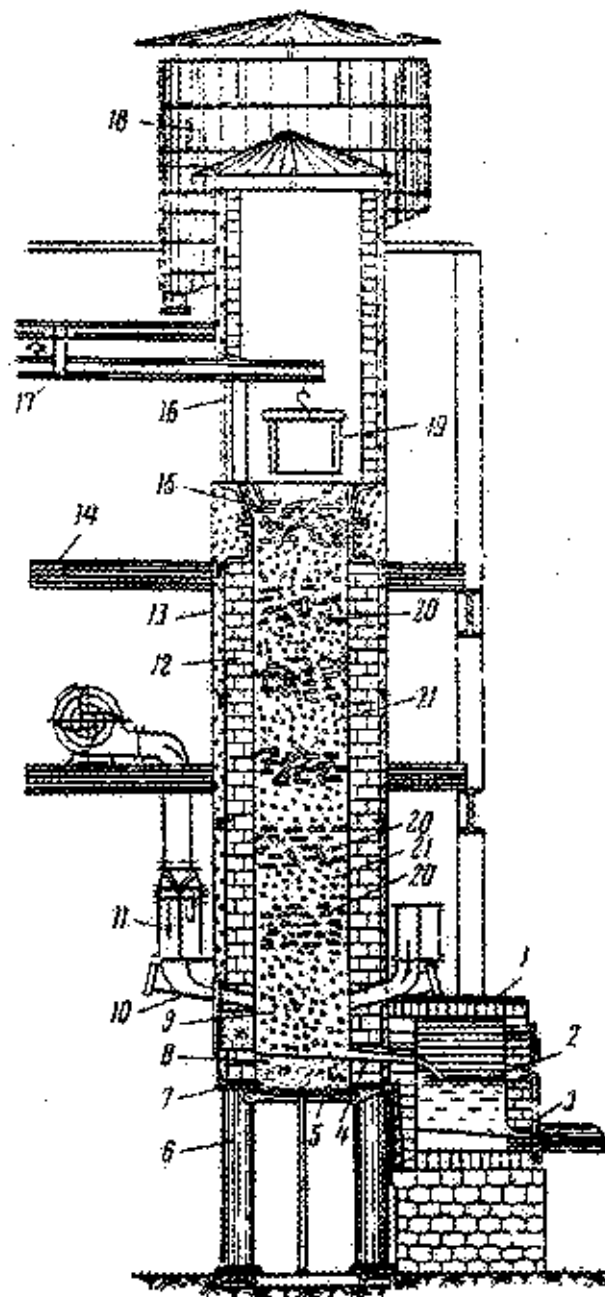


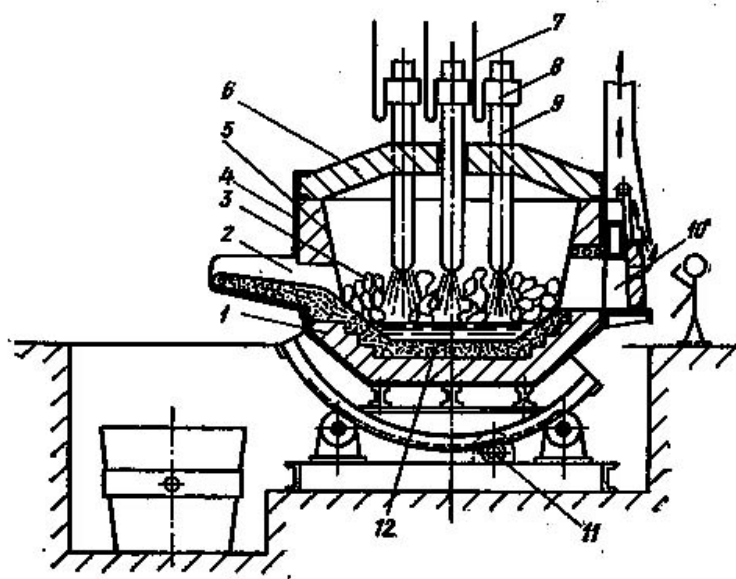
Рис 1.4. Общая функциональная модель технологических процессов изготовления отливки: диаграмма А6 – изготовить отливку выбранным способом (основные этапы, сущность процесса литья)



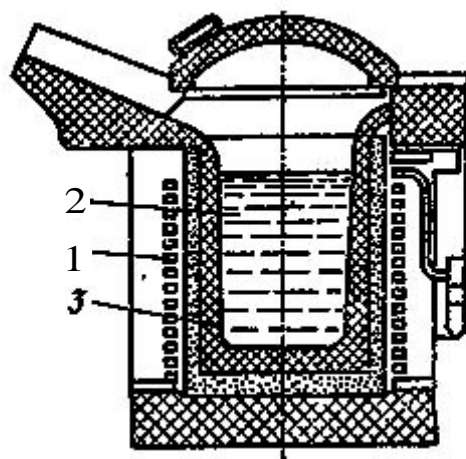
а)

Рис 1.5. Оборудование для плавки металла:

а) вагранка (1 – копильник, 2 – шлаковая летка, 3 – летка для металла, 4 – переходная летка, 5 – днище, 6 – колонны, 7 – опорное кольцо, 8 – лещадь, 9 – горн, 10 – фурма, 11 – воздушная коробка, 12 – огнеупорный кирпич, 13 – кожух, 14 – загрузочная площадка, 15 – чугу́нный «кирпич», 16 – загрузочное окно, 17 – загрузочный кран, 18 – искрогаситель, 19 – бадья, 20, 21 – рабочая калоша.



б)



в)

Рис. 1.5. Оборудование для плавки металла (продолжение):

б) дуговая электропечь для плавки стали или чугуна (1 – огнеупорный кирпич, 2 – желоб, 3 – шихта металлическая, 4 – кожух, 5 – стенка, 6 – свод, 7 – кабель, 8 – электрододержатель, 9 – электрод, 10 – рабочее окно, 11 – механизм наклона, 12 – подина).

в) индукционная электропечь высокой частоты (1 – водоохлаждаемый индуктор, 2 – металлическая шихта, 3 – графитовый или набивной тигель).

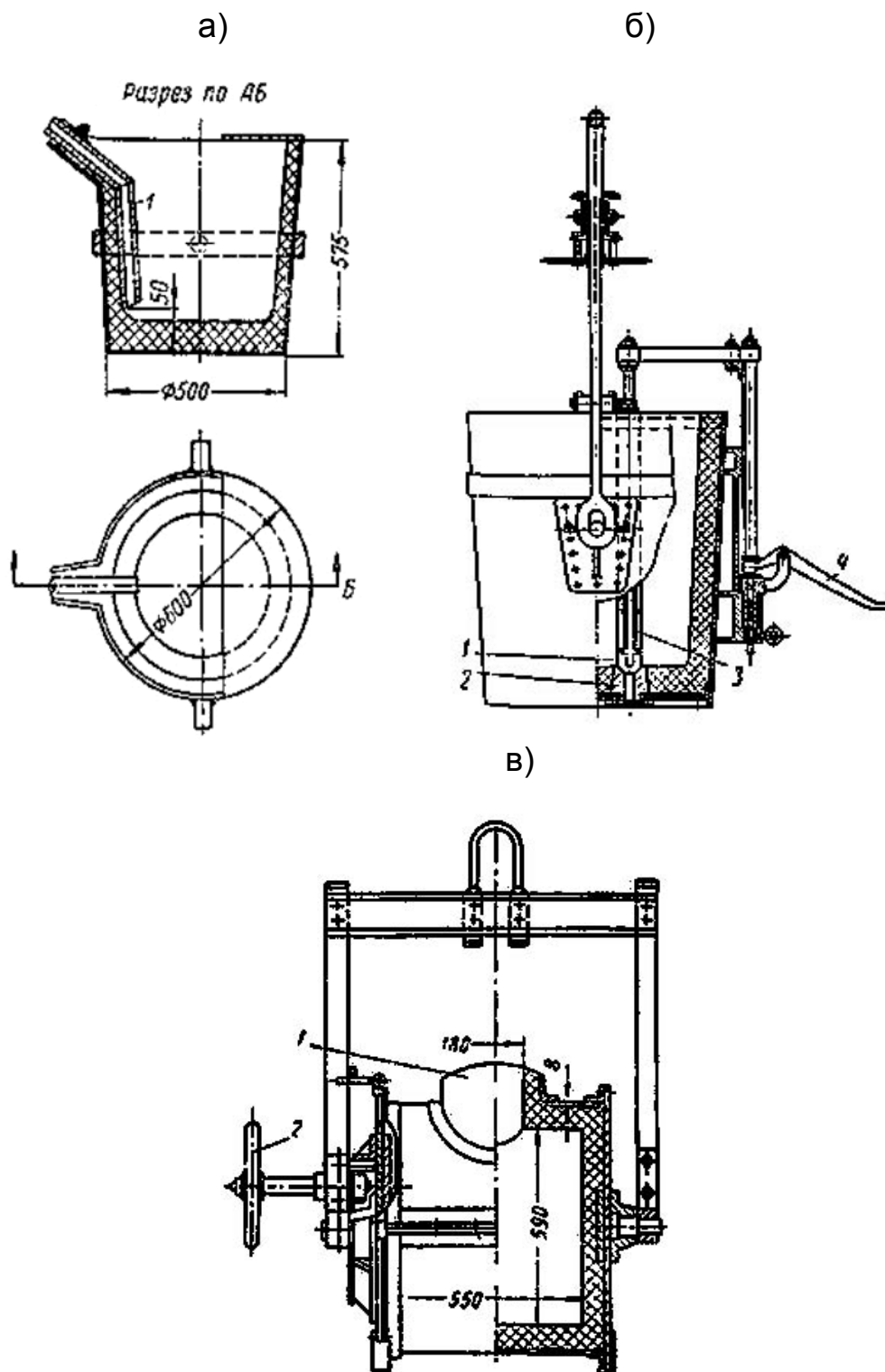


Рис. 1.6. Разливочные ковши: а) сифонный (чайниковый) ковш (1 – сифонная трубка); б) стопорный ковш (1 – пробка, 2 – стакан, 3 – наборная трубка, 4 – рычаг); в) барабанный ковш (1 – горловина, 2 – штурвал)

1.3. Классификация литейных форм

По конструкции литейные формы бывают разъёмными (одна, две и больше плоскостей или поверхностей разъёма) и неразъёмными. Разъёмные формы могут иметь горизонтальную или вертикальную плоскости разъёма.

В зависимости от типа производства, габаритов, сложности, толщины стенок отливки и вида заливаемого металла литейные формы изготавливаются из различных материалов. Среди разовых форм наибольшее распространение, как указывалось выше, имеют песчаные формы. Они изготавливаются из специально составленных формовочных смесей, огнеупорной основой которых является кварцевый формовочный песок. В качестве связующего материала для формовочной смеси могут служить огнеупорная формовочная глина, жидкое стекло, смолы холодного и горячего отверждения, холоднотвердеющие смолы в сочетании с поверхностно-активными веществами (для получения жидких формовочных смесей) и др. По агрегатному состоянию песчаные формовочные смеси бывают сыпучие, пластичные и жидкие (жидкоподвижные).

Вид связующего материала и способ упрочнения формовочной смеси определяют и соответствующий вид песчаной формы: песчано-глинистая сырая; песчано-глинистая сухая, песчано-глинистая подсушенная; песчано-жидкостекольная (по СО₂-процессу); песчано-жидкостекольная из пластичных самотвердеющих смесей (по ПСС-процессу); песчано-жидкостекольная из жидких самотвердеющих смесей (по ЖСС-процессу); песчано-смоляная из холоднотвердеющих смесей (по ХТС-процессу); песчано-смоляная, отверждаемая при продувке газообразным катализатором (по Ашланд-процессу) и др. Известны литейные песчаные формы, изготовленные без связующего материала (замороженные, по пенополистироловым моделям, песчаные вакуумно-плёночные). Наибольшее применение в машиностроении имеют разовые песчано-глинистые формы, как наиболее дешёвые и универсальные.

По толщине стенок песчаные формы подразделяют на тонкостенные, позволяющие в той или иной мере воздействовать извне на процесс затвердевания и охлаждения отливки в форме (толщиной до 20-50 мм), и толстостенные, или объёмные песчаные формы, процесс затвердевания и охлаждения отливки в которых определяется лишь теплофизическими свойствами материала формы.

Среди многократных литейных форм наибольшее применение имеют металлические формы, изготавливаемые из серого и высокопрочного чугунов, углеродистых и легированных сталей, алюминиевых сплавов, покрытых термостойким анодным слоем (с водяным охлаждением).

Классификация современных литейных форм представлена на рис. 1.7.

1.4. Классификация процессов литья

Наименование процесса (способа) литья определяется, как правило, либо видом заливаемой литейной формы, либо способом заполнения расплавленным металлом рабочей полости формы. Условно принято считать, что литьё в разовые песчаные формы относится к обычным, традиционным способам литья, а все другие способы литья - к специальным. Специальные способы литья иногда могут значительно повышать его стоимость, но позволяют получать отливки повышенного качества с минимальным объёмом механической обработки. Классификация современных способов литья приведена на рис.1.8.

1.5. Чертёж отливки

Исходным документом для разработки чертежа отливки служит чертёж детали (рис.1.9а)[15]. Отливка отличается от детали припусками на механическую обработку, наличием литейных радиусов и литейных уклонов, а также отсутствием некоторых отверстий (диаметром менее 10-20 мм), которые целесообразнее получать механической обработкой (сверлением). В некоторых случаях отливка снабжается технологическими напусками, рёбрами, стяжками (рис. 1.9 б).

Припуск на механическую обработку - это дополнительный слой металла, который удаляется при механической обработке с целью получения заданной точности, а также качества поверхности, получение которых не обеспечивает данный технологический процесс литья. Величина припуска регламентируется ГОСТ 26645-85 и зависит от способа литья, габаритных размеров отливки, её материала. Припуск на обработку составляет от 0,5 до 20 и более миллиметров на сторону.

Литейные уклоны служат для облегчения извлечения модели из формы при изготовлении последней: поверхности модели (а, соответственно и отливки), перпендикулярные к плоскости разъема формы, располагают под небольшим углом к вертикали. Аналогичную функцию литейные уклоны выполняют и в стержневых ящиках, облегчая извлечение из них стержней.

Литейные уклоны регламентируются ГОСТ 3212 и находятся в пределах от 0,5° до 3°.

При литье в металлические формы литейные уклоны обеспечивают беспрепятственное извлечение из формы отливки.

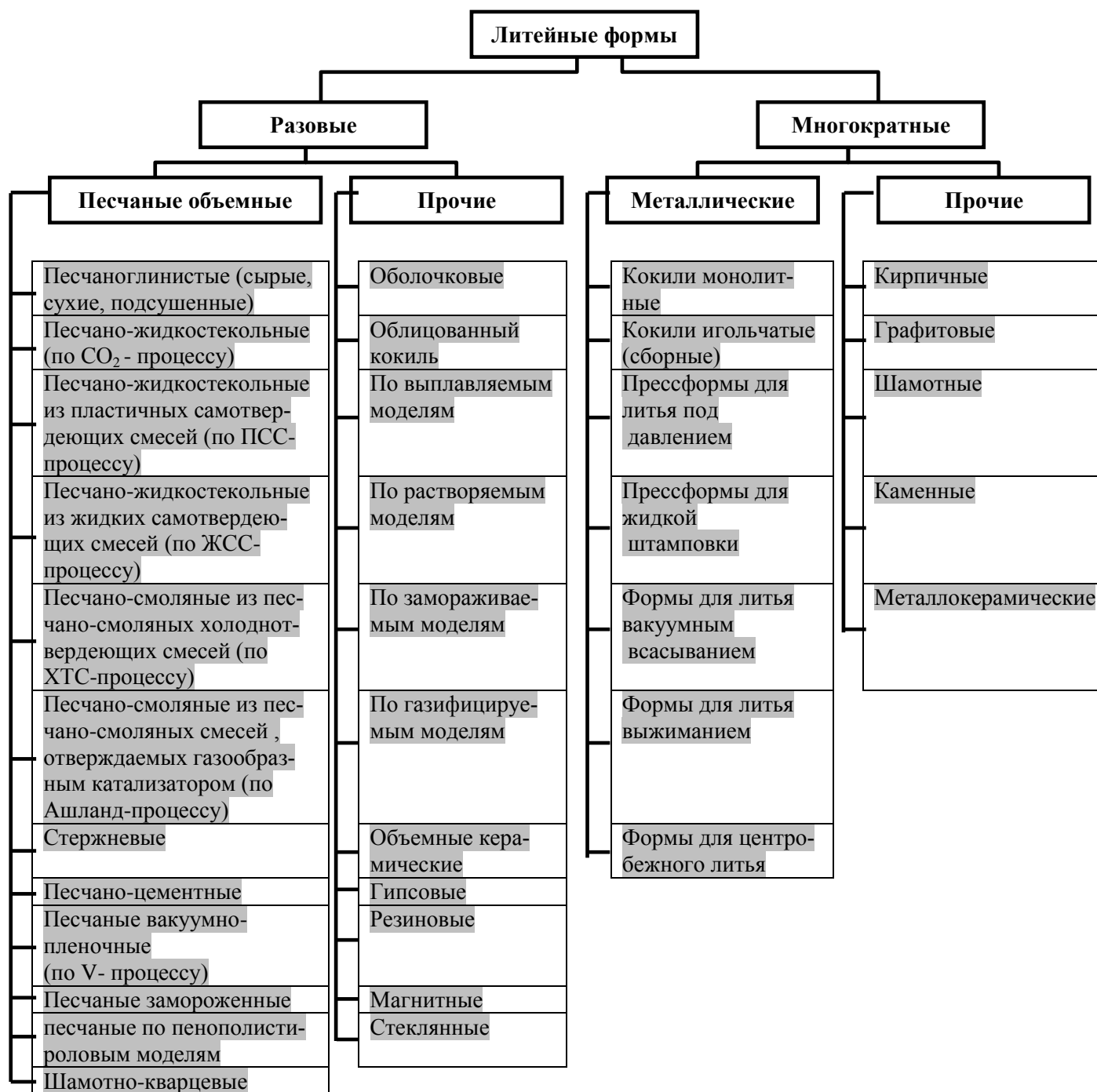


Рис 1.7. Классификация литейных форм

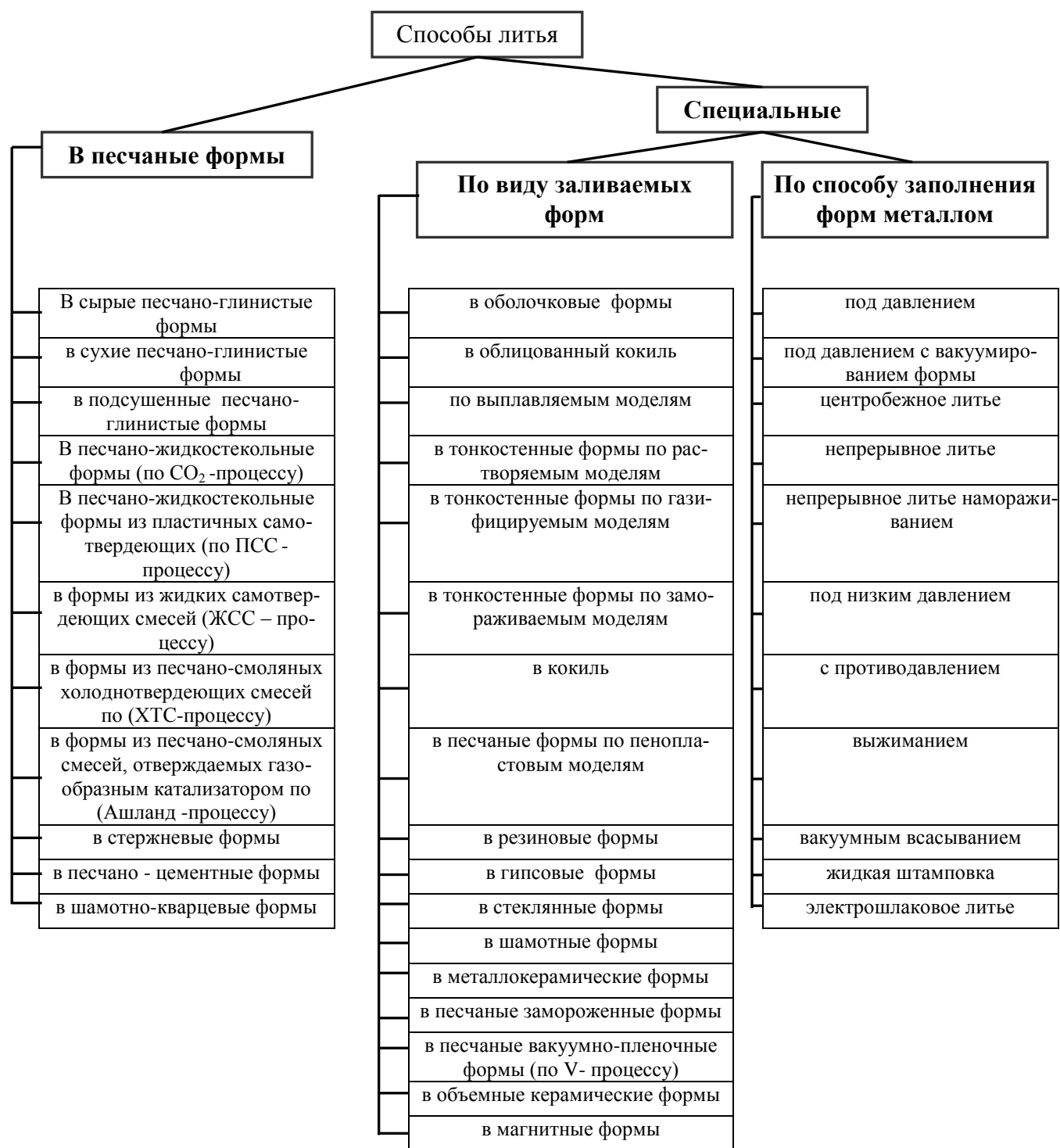


Рис 1.8. Классификация способов литья

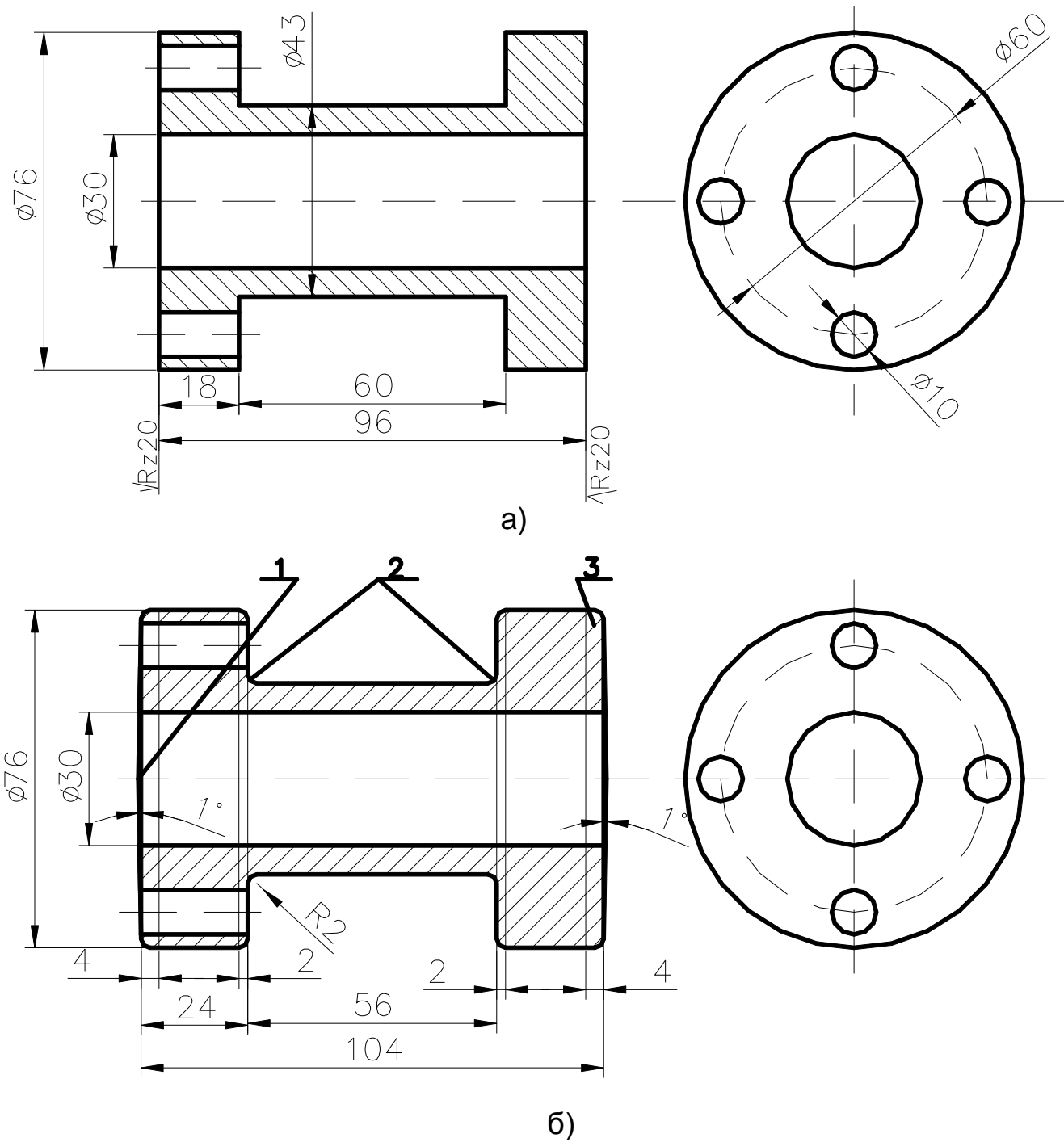


Рис 1.9. Чертеж детали «Втулка» (а) и чертеж отливки (б): 1 – литейный уклон, 2 – литейный радиус, 3 – припуск на обработку.

Литейные радиусы обусловлены поверхностным натяжением заливаемого металла, в силу которого жидкий металл не заполняет прямые и острые углы рабочей полости формы. Литейные радиусы способствуют также лучшему уплотнению формовочной смеси в углах рабочей полости формы, уменьшают вероятность образования в отливках трещин. Величина литейных радиусов - от 0,5 до 20 мм, а при литье толстостенных заготовок может достигать 200 мм.

Чертёж отливки (рис.1.9б) разрабатывается, в соответствии с ГОСТ, на основании технологических указаний на чертеже детали: плоскости разъёма формы, количества и конфигурации стержней, припусков на обработку, литейных уклонов и радиусов, мест подвода металла (питателей), расположения выпоров и прибылей.

При определении плоскости разъёма формы (и модели) обрабатываемые поверхности отливки располагают книзу или вертикально, т. к. верхние части отливки всегда более загрязнены и качество металла в них ниже.

Для повышения точности отливки желательно её располагать, если это возможно, в одной полуформе (лучше - в нижней). Конфигурация модели должна позволять, по возможности, её извлечение из формы без отъёмных частей и без дополнительных стержней. Количество стержней в форме должно быть минимальным. Зачастую плоскость разъёма формы совпадает с осью симметрии отливки. Рекомендации по определению рациональной плоскости разъёма формы даны в приложении 2.

На чертеже отливки записываются также технические требования, указываются, при необходимости, базовые поверхности при механической обработке, записываются данные о точности и массе отливки в соответствии с ГОСТ 26645-85.

2. Технологический процесс литья в песчано-глинистые формы

Литьё в песчано-глинистые формы имеет наиболее широкое применение в машиностроении, где составляет от 60 до 90% от общего объёма производства литых заготовок. В зависимости от вида сплава, массы и габаритов отливки, а также от типа производства применяют сырые, сухие или подсушенные песчано-глинистые формы. В массовом производстве применяют, как правило, только сырые формы.

2.1. Устройство песчаной формы

Литейная песчаная форма является разъёмной и в большинстве случаев состоит из двух полуформ (рис.2.1). Плоскость, разделяющая эти полуформы, называется плоскостью разъёма формы. Она может быть горизонтальной или вертикальной. Большинство литейных форм имеет горизонтальную плоскость

разъёма. Такие формы, соответственно, состоят из верхней и нижней полуформ. Внутри формы, собранной из двух полуформ,

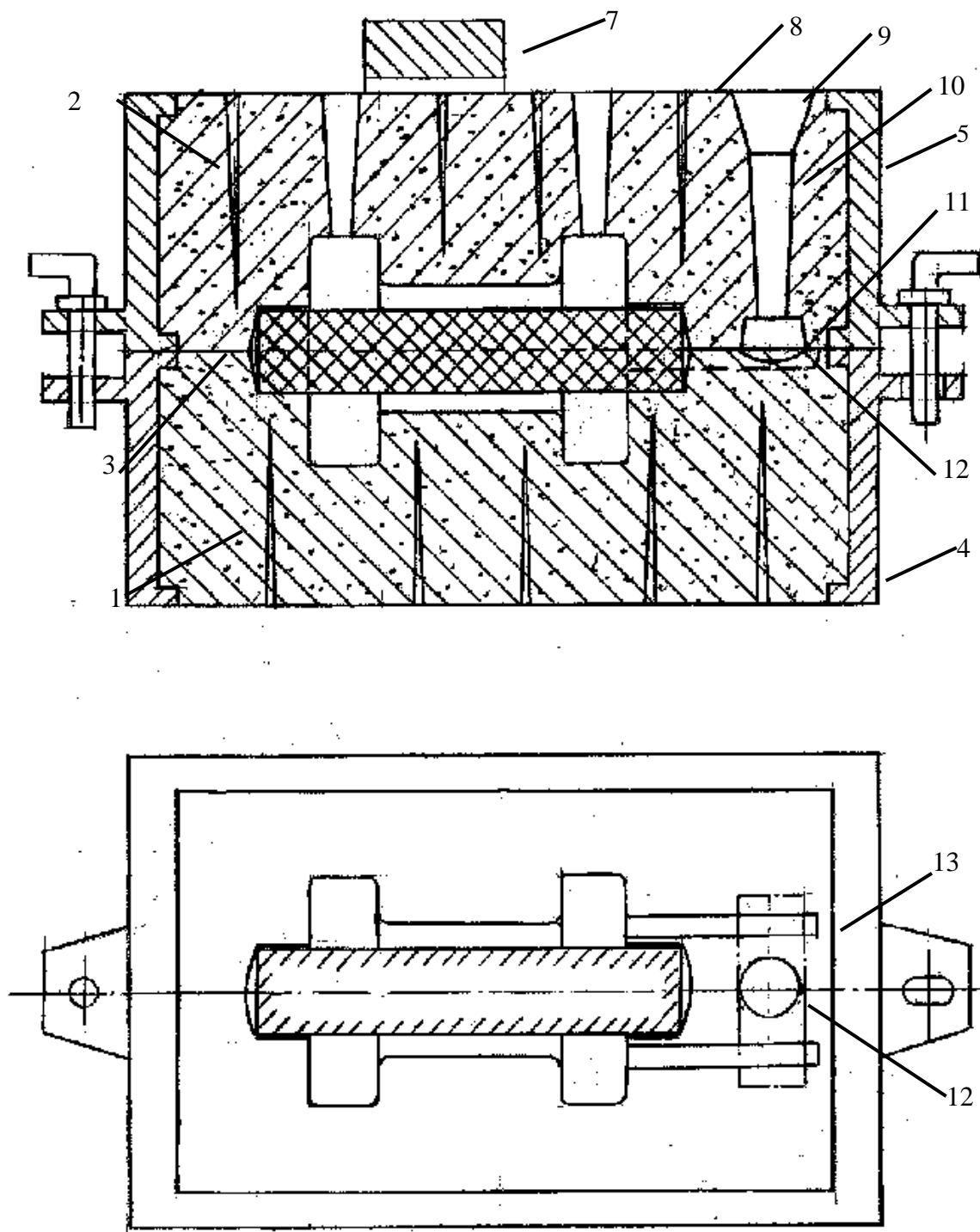


Рис.2.1. Устройство песчаной литейной формы (эскиз):

1 – полуформа нижняя, 2 – полуформа верхняя, 3 – плоскость разъема формы, 4 – опока нижняя, 5 – опока верхняя, 6 – штырь центрирующий, 7 – груз, 8 – вентиляционный накол, 9 – литниковая чаша, 10 – стояк, 11 – шлакоуловитель, 12 – зумпф, 13 – питатель.

располагают рабочую полость, получаемую с помощью специального инструмента - литейной модели. В рабочую полость формы заливают расплавленный металл. Наличие двух полуформ определяется необходимостью извлечения из формы модели (моделей) после уплотнения формовочной смеси и установки песчаных стержней, а также для размещения в плоскости разъёма каналов литниковой системы. При этом формовочная смесь уплотняется в специальных металлических рамках, называемых опоками. Иногда при машинной формовке используют наполнительные рамки, которые устанавливают на опоки. Применяют также и безопочные формы.

Для получения в отливке отверстий и внутренних полостей применяют литейные песчаные стержни, которые выполняют из стержневой смеси и изготавливают отдельно от полуформ, высушивая или отверждая химическим способом, а затем вставляют в форму при её сборке. Таким образом наружные очертания рабочей полости определяются конфигурацией модели, а внутренние - конфигурацией литейных стержней. В некоторых случаях стержни используются и для формирования наружной поверхности отливки. При извлечении отливки из формы песчаные стержни разрушаются, то есть также являются разовыми. Для сложных отливок количество стержней может достигать нескольких десятков (рис.2.2).

Для установки и фиксации в форме стержни снабжают специальными опорными элементами, называемыми знаками. Знаки выходят за границы отливки и являются продолжением тех частей стержня, которые формируют в отливках отверстия. По расположению в форме знаки бывают вертикальными и горизонтальными. Вертикальные знаки имеют уклон 10° - 15° , горизонтальные - либо без уклона, либо с уклоном в тех же пределах. Длина знака зависит от его поперечного сечения и массы стержня и составляет от 20 до 100мм. Между знаками стержня и знаками формы предусматривают зазоры (0,3-2мм).

Форма заполняется расплавленным металлом через систему каналов, называемую литниковой системой. Литниковая система включает: литниковую чашу, стояк, зумпф, шлакоуловитель, питатели, выпоры, прибыли и другие элементы.

При заливке в форму расплавленный металл из разливочного ковша попадает в чашу. Литниковую чашу располагают либо в верхней части верхней полуформы, либо изготавливают отдельно и устанавливают на форму сверху.

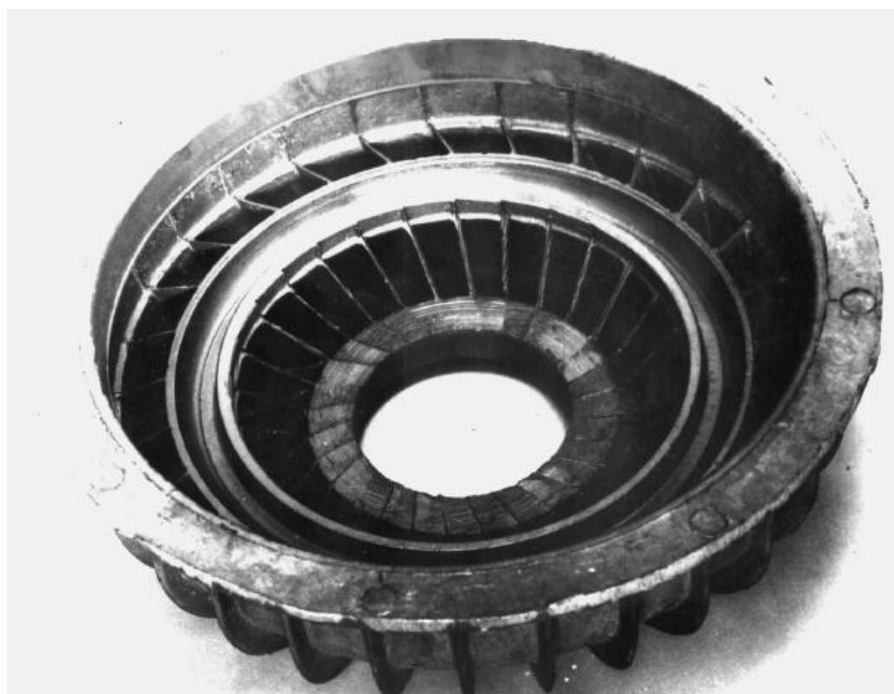
По стояку металл течёт к плоскости разъёма формы, после чего попадает в горизонтальный канал, называемый шлакоуловителем. Шлакоуловитель располагают в верхней полуформе. Его назначение - подвод жидкого металла к питателям, а также улавливание частичек шлака и неметаллических включений. Под стояком, в нижней полуформе, делают углубление со сферической поверхностью, которое называется зумпф. Зумпф предотвращает размыв формы при изменении направления движения металла.

Из шлакоуловителя металл переходит в питатели, по которым попадает в рабочую полость литейной формы. Количество питателей в форме может достигать нескольких десятков. Питатели располагаются в нижней полуформе. По мере заполнения литейной формы металлом находящийся в рабочей полости формы воздух оттесняется кверху. Для отвода воздуха из формы в момент заливки служат выпоры - вертикальные каналы в верхней части рабочей полости.

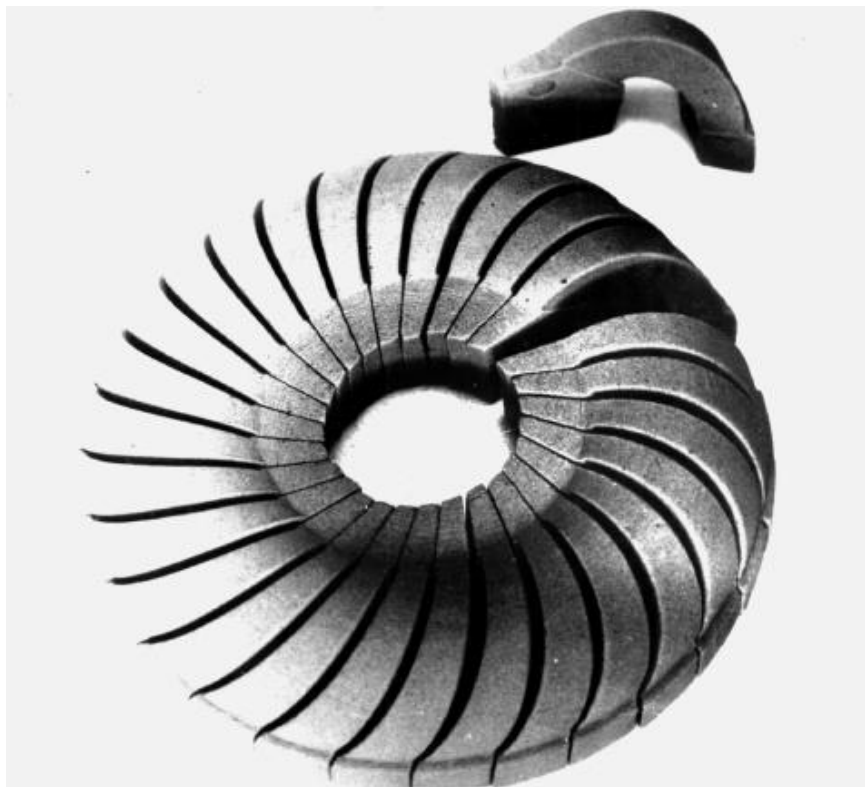
Для предотвращения образования усадочных раковин в массивных частях отливки в форме создают прибыли - специальные полости, расширяющиеся кверху, в которых заливаемый металл затвердевает позднее, чем в отливке, благодаря чему усадочная раковина «переходит» в прибыль (рис.2.3). Обычно прибыли применяют при заливке в форму сплавов, усадка которых более 1% (сталь, цветные сплавы).

На литниковую систему расходуется значительная доля заливаемого в форму металла. Выход годного, то есть отношение массы металла отливки к массе залитого металла, выраженное в процентах, для различных сплавов может составлять от 75-80% (для чугунных отливок) до 50% (для стали и цветных сплавов).

При заливке жидкого металла в форме возникают гидростатическое и гидродинамическое давления, в результате чего верхняя полуформа может приподняться. Для предотвращения этого на собранную форму накладывают груз, масс которого в 3-5 раз превышает массу заливаемого в форму металла. Вместо груза полуформы (опоки) скрепляют также клиновыми скобами, струбцинами, редко - болтами.

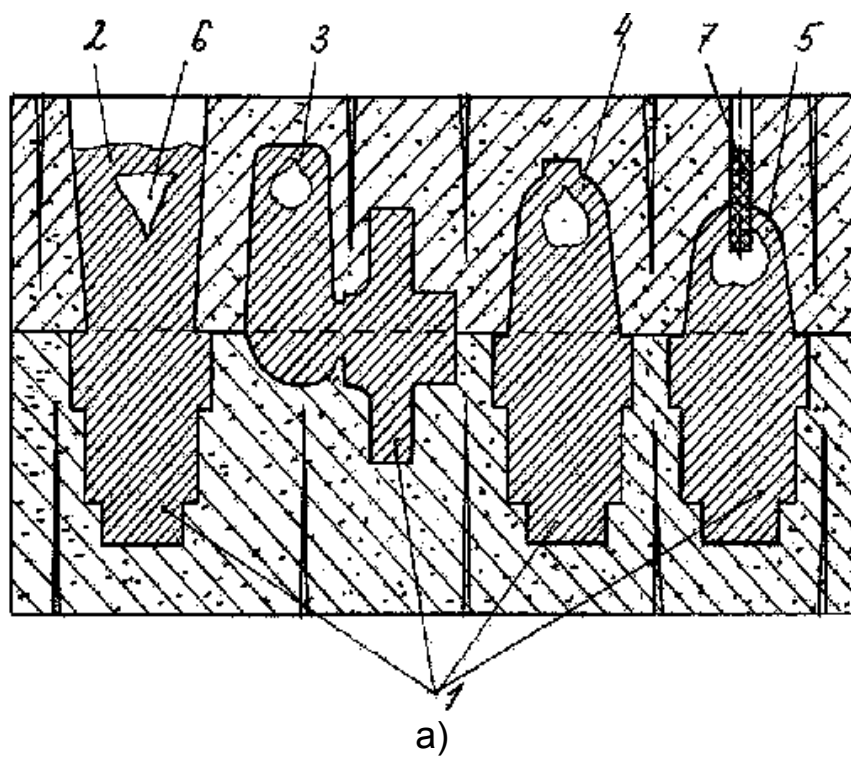


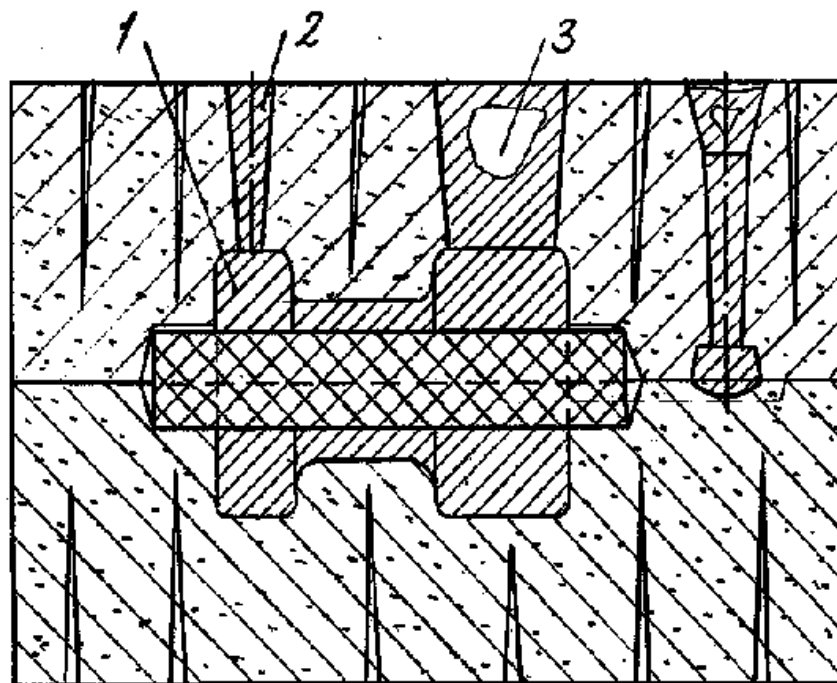
а)



б)

Рис. 2.2. Литая заготовка «Крышка» из алюминиевого сплава (а) и комплект стержней (б) для ее получения, изготовленных в нагреваемой оснастке (Львовский автобусный завод).





б)

Рис. 2.3. Примеры использования прибыли при литье сплавов с большой усадкой (сталь, цветные сплавы): а) Типы прибыли (1 – отливка, 2 – прибыль открытая, 3 – прибыль боковая закрытая, 4 – прибыль закрытая, 5 – прибыль с атмосферным давлением, 6 – усадочная раковина, 7 – песчаный стержень); б) Отливка «Втулка» с массивной ребордой (1 – отливка, 2 – выпор, 3 – прибыль открытая).

С момента контакта жидкого металла с формой начинается интенсивный её прогрев. В результате различные составляющие формовочной смеси (каменный уголь, мазут, вода и др.) выделяют большое количество различных газов, в том числе горючих, а также пара. Особенно в сложных условиях находятся песчаные стержни. Несмотря на существенную пористость песчаных форм и стержней (их «газопроницаемость»), для отвода газов от отливки в верхней и нижней полуформах создают дополнительную систему вентиляции - путём накалывания вентиляционных каналов (вентиляционных наколов). Аналогичные вентиляционные каналы делают и в стержнях.

Песчано-глинистая форма уплотняется и транспортируется в специальных металлических рамках, называемых опоками. Опоки изготавливают из алюминиевых сплавов, стали, чугуна. Боковые стенки опок снабжаются отверстиями для выхода из формы газов. На обеих плоскостях опоки обычно снабжаются буртиками - для лучшего удержания уплотнённой формовочной смеси. Большие опоки имеют также рёбра жёсткости - «шпоны», удерживающие уплотнённую формовочную смесь и придающие большую жёсткость опоке. Опоки также снабжают специальными приливами - «ушками» для расположения в них цен-

трирующих отверстий («системы координат»). Крупные опоки имеют также специальные приливы - цапфы для их транспортирования и кантования.

В литейной форме можно получить до нескольких десятков отливок одновременно. При этом все отливки должны, по возможности иметь идентичный подвод металла и заливаться через общую литниковую систему. Сечения основных элементов литниковой системы рассчитываются.

2.2. Схема технологического процесса

Схема (функциональная модель) технологического процесса изготовления отливки в песчано-глинистой форме (рис. 2.4, 2.5, 2.6) включает следующие основные этапы: плавку жидкого металла, изготовление песчано-глинистой формы, заливку металла в форму, выдержку металла в форме для затвердевания и охлаждения, выбивку отливки из формы, финишную обработку отливки.

При этом предполагается, что средства технологического оснащения (технологическая оснастка) изготовлены заранее (рис.1.3). Рассмотрим наиболее важные этапы подготовки производства и технологического процесса более подробно.

2.3. Технологическая оснастка

Технологическая оснастка включает модели (полумодели), подмодельные плиты с моделями, стержневые ящики, опоки, наполнительные рамки и др.

Модель-это инструмент для получения рабочей полости формы (рис. 2.7), а также формирования наружной поверхности отливки. Размеры модели больше размеров отливки на величину усадки заливаемого металла (линейной усадки). Линейная усадка зависит от материала отливки и в меньшей степени от ее геометрической сложности. Ее величина составляет 0,5-2,5 %.

Для формирования в форме опорных площадок для установки стержней (знаков) на модели выполняют соответствующие выступы - знаки модели.

В индивидуальном и мелкосерийном производстве модели изготавливают деревянными, в серийном и массовом производстве - металлическими (сплавы алюминия, меди, серый чугун, сталь).

Деревянные модели изготавливают из хвойных или благородных пород дерева, многослойными, клееными, с тщательной сушкой. Деревянные модели окрашивают масляными красками и лаками для предохранения от влаги, находящейся в воздухе, а также в формовочной смеси. Красный цвет моделей - для чугунного литья, серый цвет - для стального литья. Знаки модели окрашивают черной краской.

В зависимости от геометрической сложности отливки и технологии изготовления формы модель может быть неразъемной или разъемной. В большинстве случаев разъемные модели изготавливают из двух половин (двух полумоделей). Плоскость, которая их разделяет, называется плоскостью разъема модели.



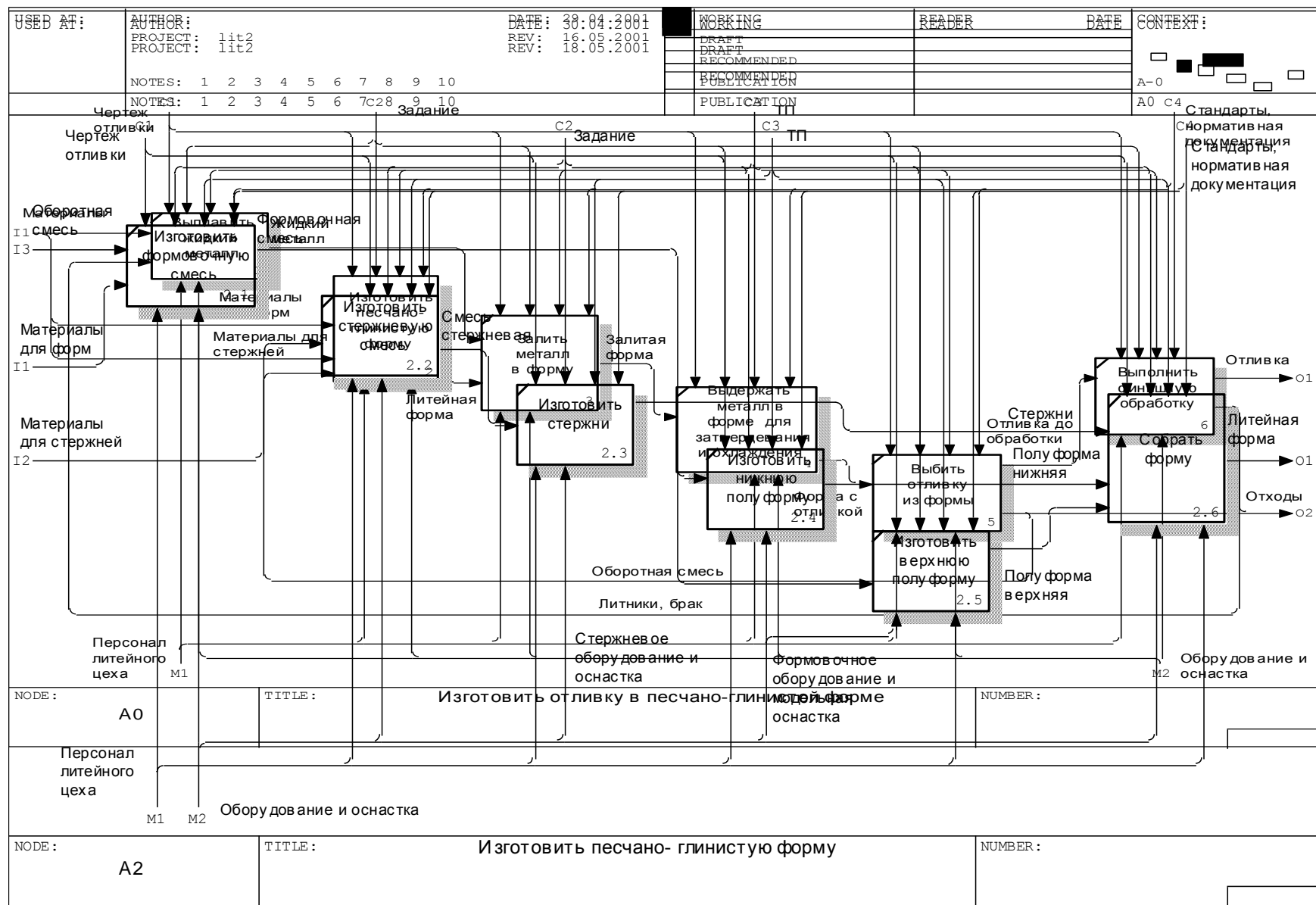
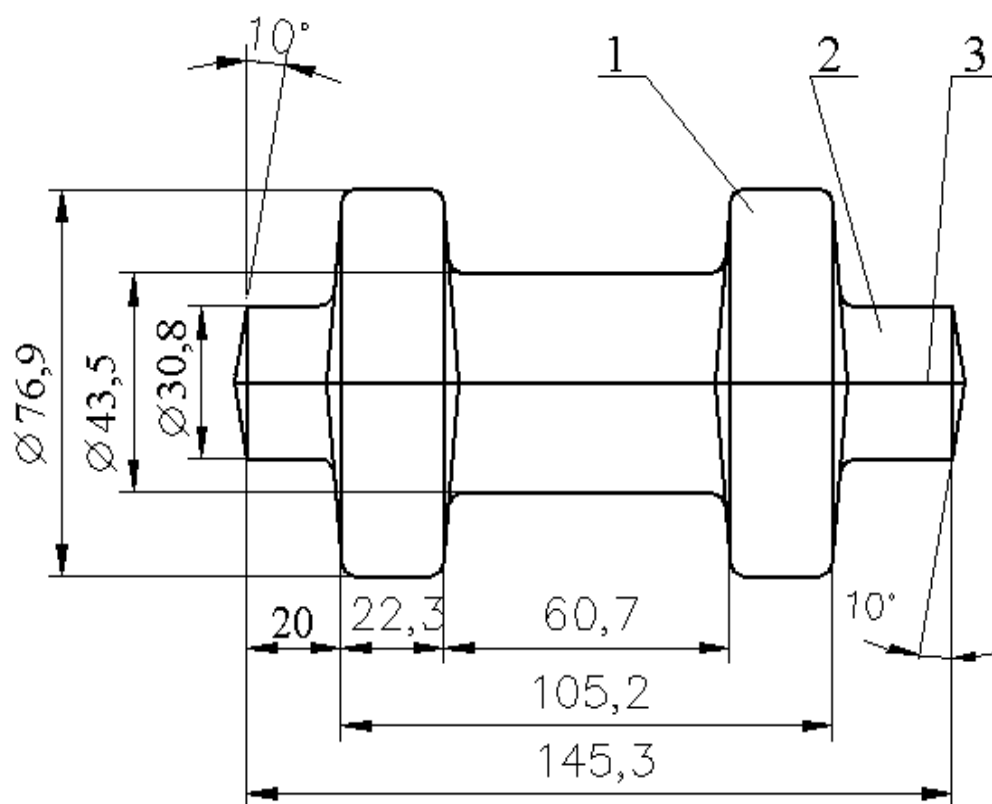


Рис.2.5. Функциональная модель технологического процесса изготовления отливки в песчано-глинистой форме: диаграмма A-0 основные этапы

Рис.2.6. Функциональная модель технологического процесса изготовления отливки в песчано-глинистой форме: диаграмма A0 – основные этапы



Неуказанные литейные радиусы 3мм, уклоны 3°
Усадка учтена - 1,2% (сплав АЛ9)

Рис. 2.7. Чертеж модели для отливки «Втулка»: 1 – модель отливки, 2 – знак, 3 – плоскость разъема модели

Как правило, плоскости разъёма формы и модели совпадают. Поверхности модели, перпендикулярные к плоскости её разъёма, выполняют с литейным уклоном - для лёгкого извлечения модели из уплотнённой (упрочнённой) полуформы.

При изготовлении формы модель свободно устанавливается (ручная формовка) или жёстко закрепляется (машинная формовка) на специальной плите, которая называется подмодельной. Кроме модели, на подмодельной плите устанавливаются или закрепляются также и необходимые модели элементов литниковой системы.

При жёстком закреплении модели на подмодельной плите последняя снабжается неподвижными штырями - для установки опок и их строгой ориентации по отношению к модели. Подмодельные плиты бывают также двухсторонними. По материалу подмодельные плиты могут быть деревянными или металлическими.

Стержневой ящик - это инструмент для изготовления стержня (стержней), в том числе и его знаков. Стержневые ящики бывают открытыми (неразъёмными) или закрытыми (разъёмными). Они могут иметь отъёмные части. По материалу стержневые ящики бывают деревянными или металлическими. Конструкция стержневого ящика зависит в значительной степени и от технологии изготовления стержней: при пескодувном способе заполнения стержневой смесью стержневые ящики снабжают вдувными отверстиями и вентилями, при отверждении стержней в стержневом ящике - толкателями и т.д. Стержневые ящики могут быть одноместными и многоместными.

В соответствии с чертежом отливки поверхности стержневого ящика, перпендикулярные разъёму стержневого ящика, снабжаются литейными уклонами. Размеры стержневого ящика (и стержня) определяются с учётом усадки металла отливки. Рабочие поверхности стержневого ящика сопрягаются посредством литейных радиусов.

Модели, стержневые ящики, подмодельные плиты и другие виды литейной оснастки изготавливают в модельном цехе машиностроительного завода по соответствующим чертежам, разработанным на основании чертежа отливки.

2.4. Плавка металла, заливка форм, затвердевание и охлаждение отливки в форме

Эти этапы не отличаются от аналогичных этапов общей схемы литейного производства. Затвердевание и охлаждение отливки в песчаной форме значительно медленнее, чем, например, в тонкостенных формах, и особенно в металлических. Поэтому при производстве массивных отливок в песчаных формах отмечается некоторое снижение механических свойств металла, снижается выход годного.

2.5. Технологический процесс изготовления песчано - глинистой формы

Функциональная модель технологического процесса изготовления песчано - глинистой формы представлена на рис. 2.6, диаграмма А2. Она включает следующие технологические операции: изготовление формовочной смеси, изготовление стержневой смеси, изготовление стержней (песчаных), изготовление нижней и верхней полуформ, сборку формы.

2.5.1. Изготовление формовочных и стержневых смесей

Песчано-глинистая форма изготавливается из формовочной смеси, в состав которой входят: оборотная (отработанная) формовочная смесь, кварцевый песок, огнеупорная глина, вода техническая, а также различные технологические добавки - каменный уголь (пылевидный), мазут, поверхностно - активные вещества, крепители, асбест и др.

Оборотная формовочная смесь перед употреблением подвергается магнитной сепарации для отделения металлических включений, дроблению и охлаждению. Кварцевый песок, поставляемый в сыром виде, разрыхляется, сушится, охлаждается, просеивается (в сухом виде).

Каменный уголь просушивают при температуре до 100° С, дробят, подвергают магнитной сепарации, измельчают до размера менее 0,2 мм.

Основу стержневых смесей составляет сухой кварцевый песок. В качестве связующих материалов применяют огнеупорную глину, растительные и минеральные масла, сульфидно-спиртовую барду, жидкое стекло, а также жидкие смолы (фенололо-формальдегидные, карбамидо-фурановые) с катализаторами и др. Кроме песка и глины, другие стержневые материалы специальной обработке не подвергаются.

Конкретный состав песчано-глинистых формовочных смесей зависит от вида заливаемого металла или сплава, толщины стенок и массы отливок, состояния формы перед заливкой (сырая, сухая или подсушенная), а также назначения- облицовочная, наполнительная, единая. В качестве примера в таблице 2.1 приведен состав единой формовочной смеси для формовки по сырому [16].

Конкретный состав стержневой смеси зависит в первую очередь от способа изготовления стержней и вида заливаемого сплава.

Для перемешивания составляющих формовочных и стержневых смесей используют несколько видов смесительных устройств, наилучшими из которых по качеству приготавливаемой смеси являются смешивающие бегуны с вертикальными катками. Процесс смешивания заключается в следующем: сначала в

бегуны загружают сыпучие материалы, затем жидкие и воду. Время перемешивания формовочных смесей составляет 4-6 мин., стержневых – до 10 мин.

Таблица 2.1

Ориентировочный состав единой формовочной смеси для формовки по сырому

Материалы	Состав (в % по массе)	
	Начальный	Рабочий
Песок кварцевый формо-	Основа	3-8
Оборотная смесь	-	Основа
Глина огнеупорная формо-	8-15	1-3
Сульфитно-дрожжевая	До3	до 1.5
Уголь каменный моло-	0.5-3	до 1.5
Вода техническая	3-7	до влажности

*смесь для стального и чугунного литья ; **смесь для чугунного литья.

Для достижения высокого качества смесей необходима точная дозировка исходных материалов. После приготовления формочные смеси перегружают в бункеры, где они «вылёживаются» 2-3 и более часов для выравнивания влажности. Формовочные смеси контролируют на влажность, газопроницаемость, прочность на сжатие, стержневые - на прочность при растяжении сухих (отверждённых) образцов - «восьмёрок», газотворность, податливость, газопроницаемость и др.

2.5.2. Изготовление песчаных стержней.

Большинство песчаных стержней изготавливают в стержневых ящиках. Способы изготовления песчаных стержней определяются типом производства, агрегатным состоянием стержневых смесей (сыпучие, пластичные, жидкие), методом заполнения смесью стержневого ящика и её уплотнения, физико-химическими процессами затвердевания стержня.

В литейном производстве применяют следующие способы изготовления стержней: ручное уплотнение с последующей тепловой сушкой, пескодувное уплотнение с последующей тепловой сушкой, центробежный способ, изготовление стержней прессованием с последующей тепловой сушкой (мундштучный способ), ручное уплотнение с отверждением стержня CO₂, пескодувное уплотнение с отверждением CO₂, изготовление стержней в нагреваемой оснастке, изготовление стержней в холодной оснастке из самотвердеющих смесей, изготов-

ление стержней в холодной оснастке с отверждением газообразным катализатором, изготовление оболочковых стержней, гидромеханический способ и др.

Наибольшее применение в массовом производстве получили: изготовление стержней в нагреваемой оснастке, изготовление оболочковых стержней. Представляют интерес процессы изготовления стержней в холодной оснастке с отверждением газообразным катализатором, гидромеханический способ.

2.5.3. Изготовление песчано-глинистых полуформ и сборка формы

Процесс изготовления собственно песчано-глинистых полуформ называют формовкой. В литейном производстве используют различные виды формовки: формовка в почве по шаблонам и моделям, в опоках, безопочная формовка, формовка в стержнях.

Наибольшее применение имеет формовка в двух опоках - ручная или машинная. Ручная формовка применяется в индивидуальном производстве, машинная - в серийном и массовом. Характерной особенностью ручной формовки является зависимое изготовление нижней и верхней полуформ, так как полумодели «верха» и «низа» не закреплены на подмодельных плитах. При машинной формовке нижняя и верхняя полуформы изготавливаются параллельно и независимо друг от друга. Точное совпадение рабочих плоскостей двух полуформ обеспечивается строгим закреплением полумоделей «верха» и «низа» на подмодельных плитах по отношению к системе координат - центрирующим штырям.

На нижней подмодельной плите жестко закрепляют и модели элементов литниковой системы - зумпфа и питателей, на верхней подмодельной плите - модель шлакоуловителя. Модели выпоров, стояка с чашей и прибылей делают, как правило, съёмными, устанавливаемыми на верхнюю модель с помощью цилиндрического выступа (штифта).

На рис 2.8 показана последовательность изготовления песчано-глинистой формы в парных опоках. При этом используются подмодельные плиты с закрепленными полумоделями, предназначенными для машинной формовки, а уплотнение полуформ - ручное. Подобная технология иногда применяется в литейных цехах.

На рис. 2.8. представлены также некоторые операции и переходы изготовления песчано-глинистых полуформ и операция сборки песчано-глинистой формы.

Изготовление (формовка) нижней полуформы включает следующие переходы (рис. 2.8а): установку на подмодельную плиту нижней опоки, нанесение на поверхность модели и подмодельной плиты разделительного материала (сухого или жидкого), послойную засыпку в опоку формовочной смеси, уплотнение формовочной смеси в опоке, срезание излишка смеси, выполнение вентиляционных наколов на верхней плоскости полуформы, извлечение (протяжка) модели (рис. 2.8б).

Плотность исходной формовочной смеси находится в пределах 1000-1200 кг/м³, уплотненной - 1700-1850 кг/м³. Извлечение модели из нижней полужелудка (протяжка модели) достигается за счёт параллельного перемещения подмодельной плиты с нижней полужелудком вниз, или перемещения нижней опалки с уплотнённой полужелудком вверх (рис.2.8,б). Конкретная схема протяжки модели зависит от геометрической сложности модели, способа уплотнения смеси и, в конечном счёте, от конструкции формовочной машины. При извлечении модели из формы применяют вибрацию.

Операция изготовления верхней полужелудка аналогична операции изготовления нижней полужелудка. Однако, после установки на верхнюю подмодельную плиту верхней опалки устанавливают также съёмные модели элементов литниковой системы - выпоров, чаши и стояка, прибылей (рис.2.8,в).

Извлечение модели из верхней полужелудка начинают с извлечения моделей съёмных элементов литниковой системы (рис. 2.8,г).

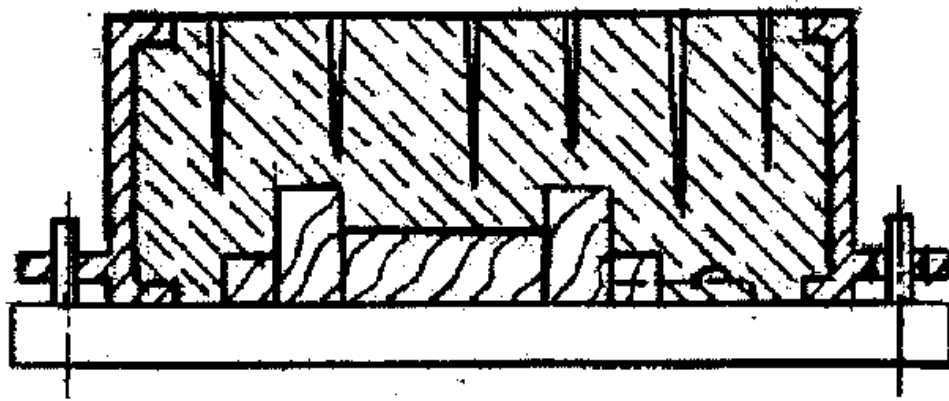
При некоторых способах уплотнения формовочной смеси в опалке (прессование, встряхивание с подпрессовкой и др.) на опалку устанавливают ещё один элемент оснастки - наполнительную рамку (на рис 2.8 не показана), и формовочную смесь засыпают всю сразу - в опалку и в наполнительную рамку. После уплотнения смеси указанными способами наполнительную рамку с опалки снимают, затем срезают излишки смеси и делают вентиляционные наколы.

Операция сборки формы включает следующие переходы: установку нижней полужелудка на подопочный щиток (плиту) плоскостью разъёма кверху, установку стержней, обдув нижней полужелудка для удаления комочков формовочной смеси и пыли, установку верхней полужелудка на нижнюю по штырям, установку груза (или скрепление полужелудков скобами, болтами).

Максимальное время между сборкой формы и заливкой металла в сырые формы не должно превышать 6 часов.

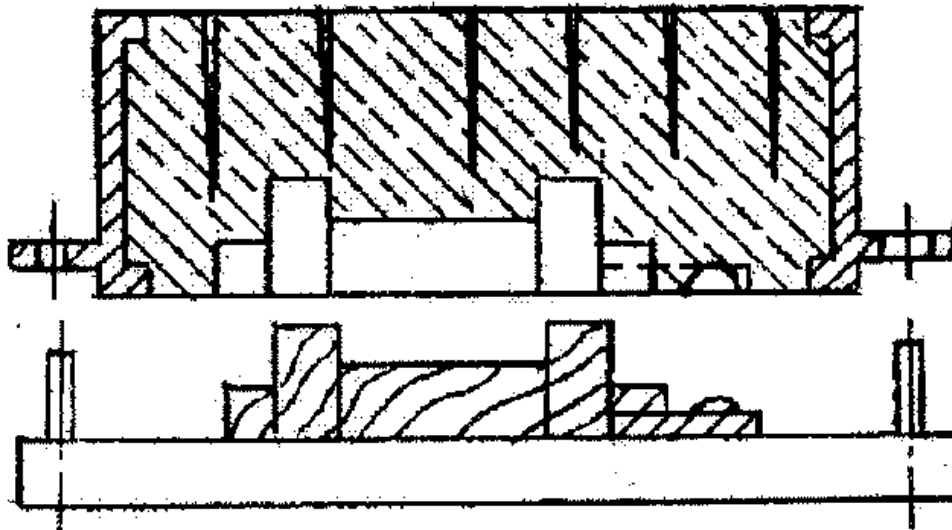
2.5.3.1. Способы уплотнения песчано-глинистых форм

В практике литейного производства применяют следующие способы уплотнения песчано-глинистых форм: ручное уплотнение, уплотнение пневмотормовкой, встряхивание с подпрессовкой, прессование верхнее, прессование нижнее, прессование дифференциальное (многопунжерной колодкой, диафрагменное), вибропрессование, пескоструйное с подпрессовкой, пескоструйное, импульсное (формовка взрывом). Наибольшее применение в массовом производстве имеют встряхивание с подпрессовкой, прессование верхнее (до 40 кгс/см²), прессование дифференциальное. Перспективным способом уплотнения представляется импульсное уплотнение, уже нашедшее применение в промышленности. Технологические схемы некоторых способов уплотнения песчано - глинистых форм представлены на рис. 2.9, 2.10.



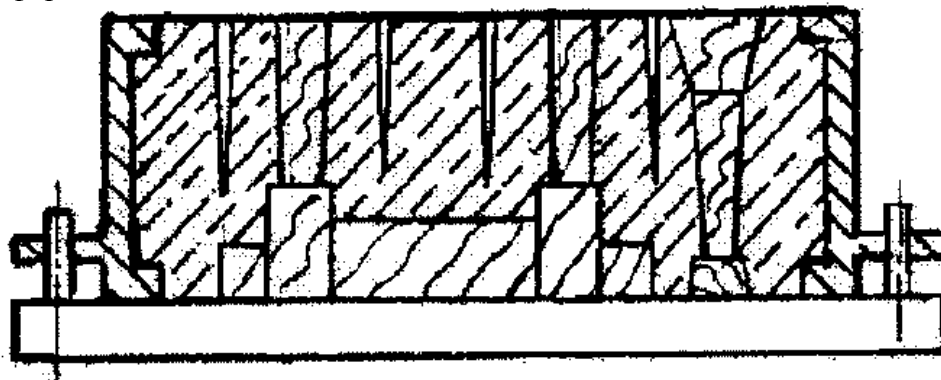
а)

1 – подмодельная плита, 2 – модель «низа», 3 – опока.



б)

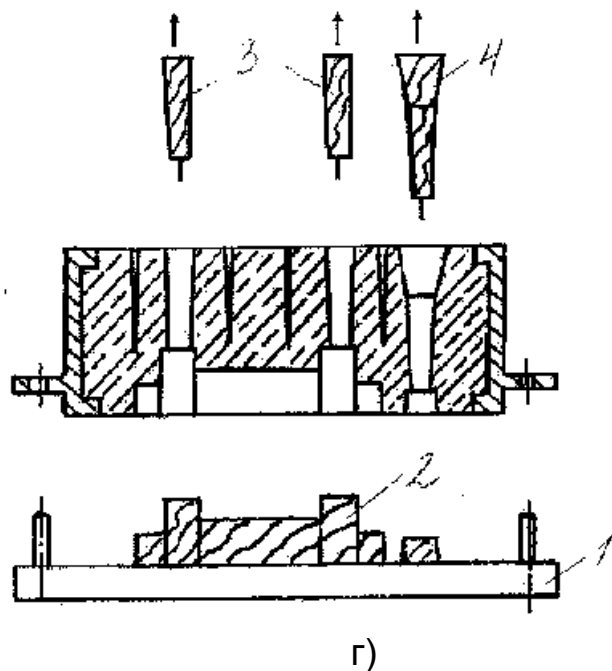
1 – подмодельная плита, 2 – модель низа, 3 – модель питателя, 4 – модель зумпфа, 5 – нижняя полуформа



в)

1 – подмодельная плита, 2 – модель «верха», 3 – опока

Рис. 2.8. Технологический процесс изготовления песчано-глинистой формы в парных опоках: а) изготовление нижней полуформы, б) извлечение (протяжка) модели из нижней полуформы, в) изготовление верхней полуформы



1 – подмодельная, 2 – модель «верха», 3 – модели выпоров, 4 – модель чаши и стояка, 5 – модель шлакоуловителя, 6 – верхняя полуформа

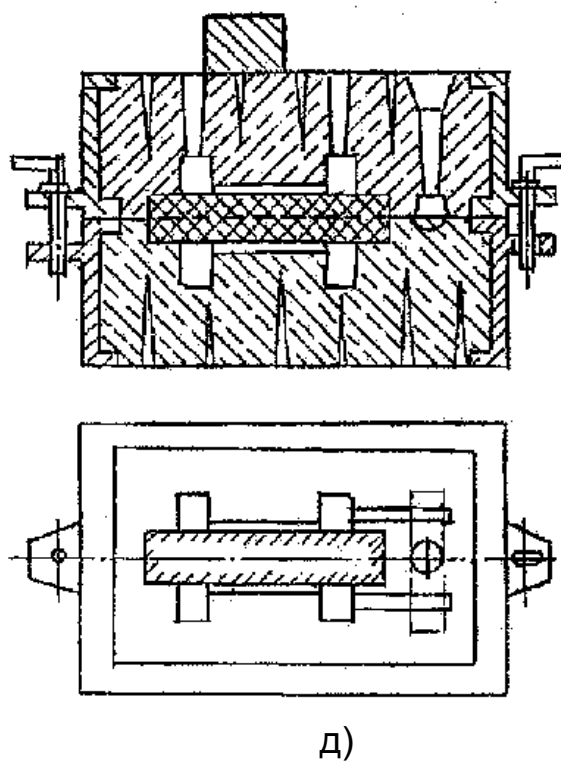


Рис. 2.8. Технологический процесс изготовления песчано-глинистой формы в парных опоках (продолжение): г) извлечение модели из верхней полуформы, д) сборка формы.

2.6. Выбивка отливок из формы

Извлечение отливок из песчано-глинистой формы осуществляется путём её разрушения и называется выбивкой. Для выбивки отливок применяют в основном вибрационные решётки. При этом песчаную форму ставят на раму вибрационной решётки и включают двигатель. Благодаря вибрации песчаная форма разрушается, формовочная смесь просыпается через ячейки решётки на транспортное устройство и доставляется в смесеприготовительные отделения. Отливка остаётся на решётке, откуда транспортируется в обрубное отделение для финишной обработки. При выбивке отливок частично выбиваются и стержни.

2.7. Финишная обработка

Финишная обработка отливок включает операции обрубки, очистки, зачистки, выбивки стержней, термообработку (при необходимости), исправление дефектов, контроль, окраску(грунтовку), иногда - эмалирование, первичную механическую обработку отливок,

Обрубка - это отделение от отливок литниковой системы, а также удаление остатков питателей и крупных заусенцев (заливов). Литниковую систему чугунных отливок отбивают, отливок из пластичных сплавов - отрезают газовой или воздушно-дуговой резкой, ленточными или дисковыми пилами.

Очистку отливок от пригоревшей песчаной смеси производят в галтовочных барабанах, методами дробомётной, дробеструйной и вибрационной очистки, гидropескоструйным и электрохимическим способами (рис 2.11.).

Зачистка предусматривает собой удаление с поверхности отливок следов литниковой системы, заливов по плоскости разъёма, прочих заусенцев наждачными кругами, иногда - в штампах на специальных прессах.

Стержни мелких отливок выбиваются при очистке в галтовочных барабанах и при дробеметной очистке. Стержни из крупных отливок выбиваются в гидравлических камерах методом электрогидравлической выбивки, на вибрационных решетках, вручную.

В зависимости от вида сплава в литейных цехах выполняют следующие виды термообработки: отжиг белого чугуна на ковкий чугун, гомогенизацию, старение, отжиг и отпуск алюминиевых и магниевых сплавов, отжиг или нормализацию отливок из стали.

Исправление дефектов отливок (усадочные раковины, трещины) производят газовой или электродуговой сваркой с подогревом или без подогрева отливок, пайкой, металлизацией, пропиткой специальными составами.

Контроль качества отливок - одна из наиболее ответственных операций финишной обработки. В зависимости от предъявляемых требований отливки могут контролироваться визуально (или с помощью приборов) по следующим параметрам: качество поверхности, наличие наружных и скрытых дефектов, макро и микроструктура, твёрдость, прочность и другие механические свойства

отливки, геометрическая и массовая точность, коррозионная стойкость, герметичность, немагнитность и др.

Наряду с разрушающими методами контроля (механическое разрезание отливок для контроля внутренних дефектов, механических свойств и микроструктуры) применяют и неразрушающие методы: ультразвук, электромагнитные колебания, магнитную дефектоскопию, рентгенографию и рентгеноскопию, методы проникающих жидкостей.

Операция грунтовки (окраска отливок) производится либо путём окунания (погружения отливок в нитрокраску), либо пневматическими пистолетами в окрасочных камерах с последующей естественной сушкой.

В некоторых случаях в обрубных отделениях литейных цехов производят первичную механическую обработку отливок (обработка базовых поверхностей).

При производстве отливок сантехнического назначения (ванн, раковин) в литейных цехах выполняют и операцию эмалирования.

2.8. Достоинства и недостатки процесса литья в песчано-глинистые формы

К достоинствам процесса литья в песчано-глинистые формы следует отнести:

- универсальность процесса, т.е. возможность получать отливки из любых сплавов, любых размеров и массы, любой геометрической сложности в условиях индивидуального, серийного или массового производства;

- низкая стоимость литья;

- высокая производительность - до 180-240 форм в час (на опочных автоматических линиях) и до 500 форм в час (безопочная формовка);

- возможность механизации (литейные конвейеры) и полной автоматизации процесса (автоматические литейные линии).

К недостаткам процесса относятся:

- большой объём применяемых вспомогательных материалов, что влечёт за собой необходимость в значительных производственных площадях и в специальном оборудовании для их переработки;

- большой объём отходов (нерешённость вопросов экологии);

- недостаточные точность и качество поверхности отливок, и как следствие - большие потери металла в стружку;

- пониженные механические свойства металла при производстве толсто-стенных отливок (из-за пониженной скорости затвердевания);

- неблагоприятные условия труда в литейном цехе.

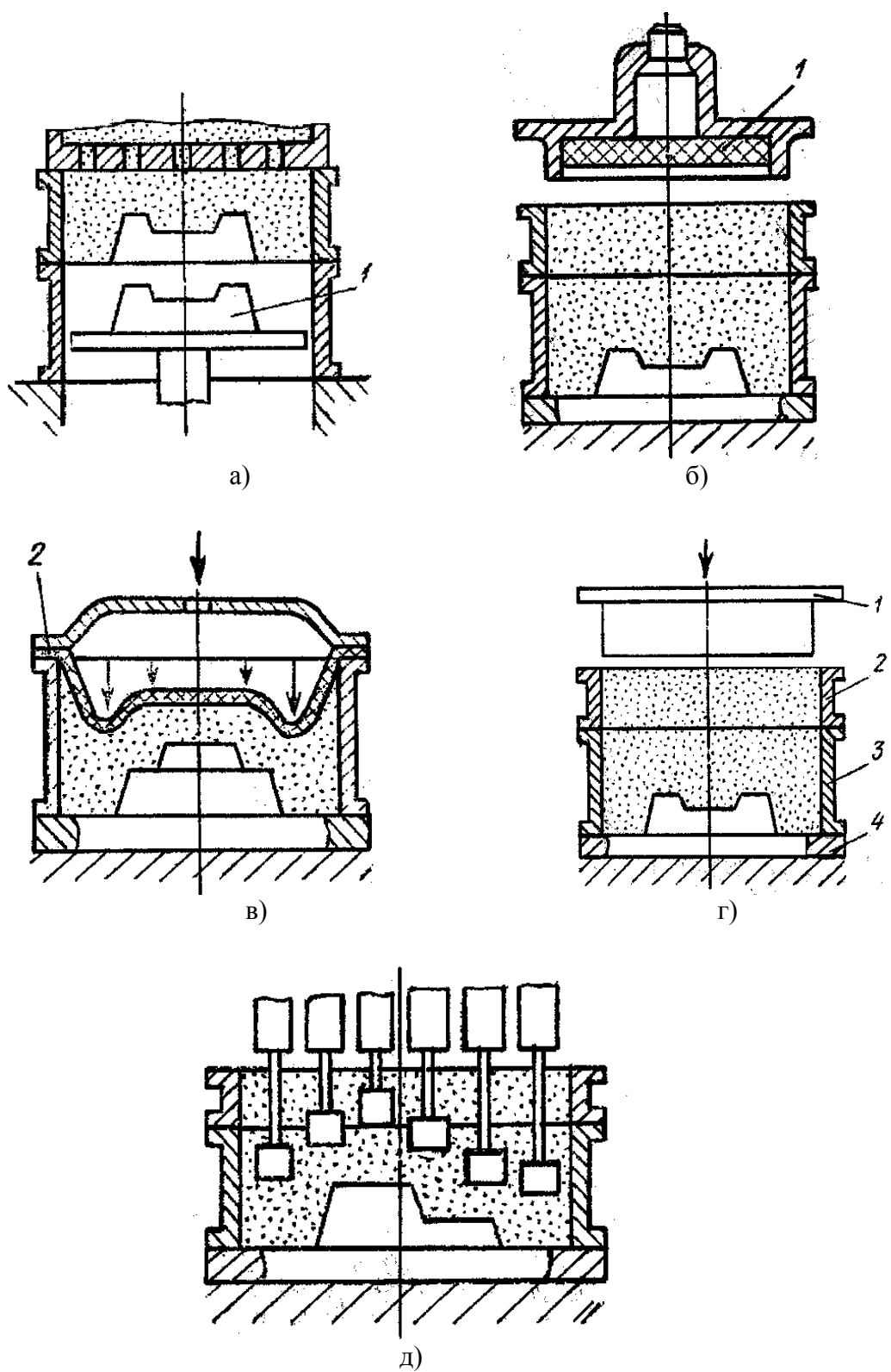


Рис 2.9. Способы уплотнения песчано-глинистых форм прессованием: а) нижнее (моделью снизу); б) верхнее (колодка с резиновой прокладкой); в) диафрагменное; г) верхнее жесткой колодкой; д) дифференциальное.

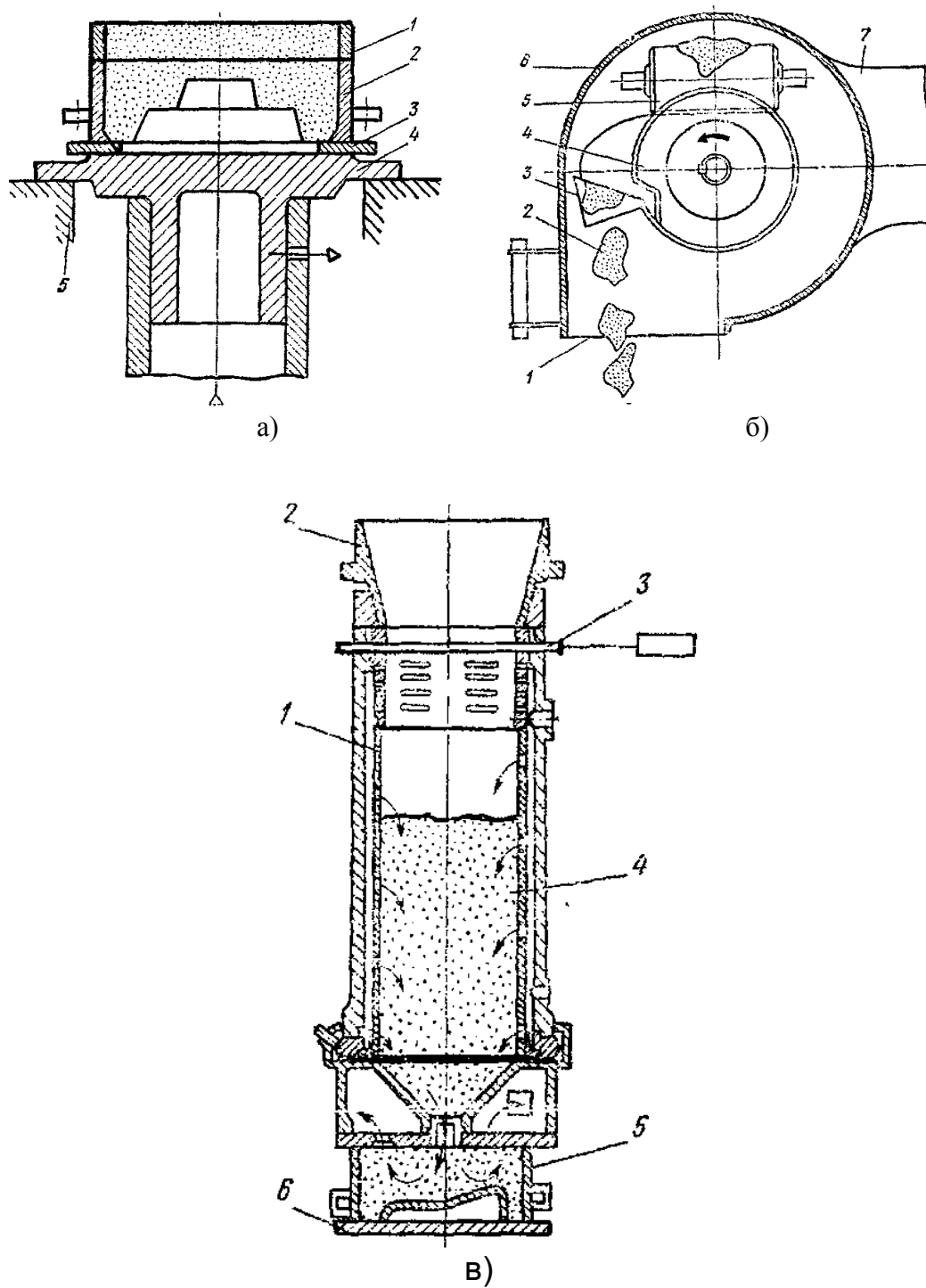
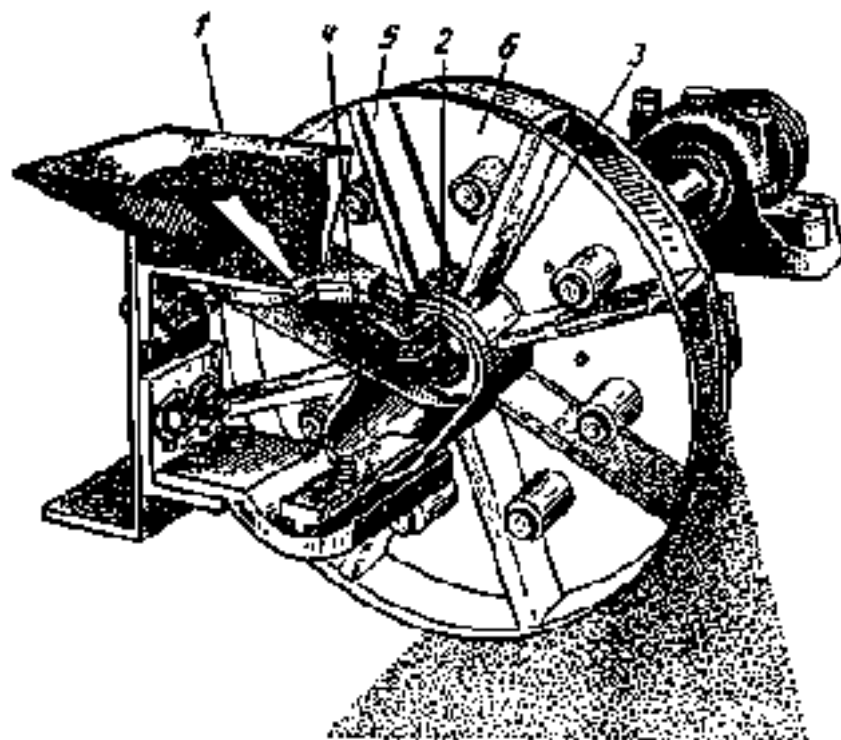
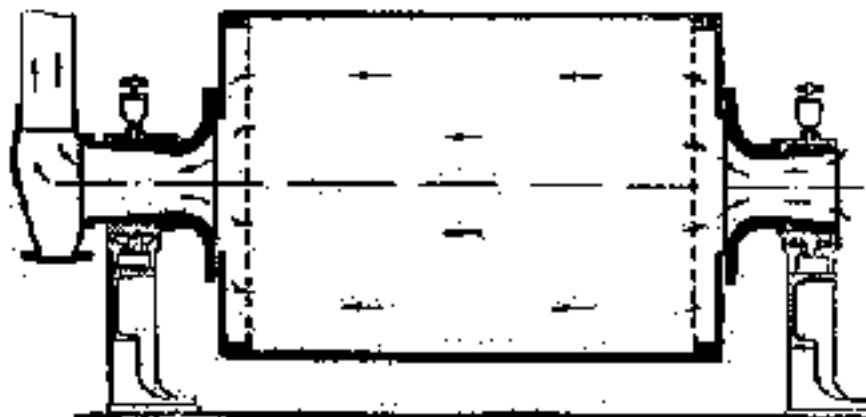


Рис 2.10 Уплотнение песчано-глинистых форм: а) встряхиванием, б) пескометное, в) пескодунным способом.



а)



б)

Рис 2.11 Оборудование для очистки отливок: а) дробеметное лопаточное колесо дробебетной камеры (1 – воронка с дробью, 2 – распределительные лопатки, 3 – отверстие в коробке для выбрасывания дроби, 4 – неподвижная коробка (труба), 5 – рабочие лопатки, 6 – диски колеса) б) галтовочный барабан.

3. Специальные способы литья

Специальные способы литья по сравнению с литьём в песчаные формы обеспечивают большую точность отливок, повышают качество поверхности, снижают припуски на механическую обработку. Некоторые из них позволяют резко сократить или ликвидировать потребность в формовочных и стержневых материалах, улучшить условия труда. Стоимость деталей, как правило, уменьшается. Однако в некоторых случаях стоимость литых заготовок может повышаться. Общий объём производства литых заготовок специальными способами литья в машиностроении не превышает 15%. Большое распространение в машиностроении получили такие специальные способы, как литье по выплавляемым моделям, оболочковое литье, литье в кокиль и под давлением, центробежное.

3.1. Литьё по выплавляемым моделям

При этом способе расплавленный металл заливают в многослойные неразъемные тонкостенные керамические формы, изготовленные по выплавляемым моделям. Технологические основы способа известны с древних времён и разрабатывались для нужд ювелирного и художественного литья. В машиностроении способ применяется с начала 20 -го века.

Этим способом отливают сложные, но небольшие по массе детали и заготовки из углеродистых и легированных сталей, твёрдых сплавов, сплавов на основе титана, меди и алюминия.

Технологический процесс применяется в авиастроении, автомобильном, тракторном и сельхозмашиностроении, при производстве режущего инструмента, штампов, турбин, швейных машин, велосипедов, стрелкового оружия, в приборостроении.[2,4,5,6,7,11,12]

Неразъемную литейную форму изготавливают по модели, изготовленной из легкоплавкого материала (парафин, стеарин, церезин) путём многократного погружения в жидкую огнеупорную суспензию с последующей обсыпкой кварцевым песком и подсушкой на воздухе (или в атмосфере аммиака), после чего модель из формы выплавляют и в образовавшуюся полость заливают расплавленный металл.

Функциональная модель технологического процесса (ТП) изготовления отливки по выплавляемым моделям представлена на рисунках 3.1,3.2,3.3.

Технологический процесс изготовления отливки по выплавляемым моделям включает (рис 3.2) шесть основных этапов.

Первый этап (выплавить жидкий металл) определяется, как правило, видом заливаемого сплава. Для черных сплавов в большинстве случаев применяют индукционную плавку в печах высокой или промышленной частоты, для легкоплавких цветных сплавов - возможно применение электропечей сопротивления.

Специфическим для рассматриваемого ТП является второй этап - изготовить форму по выплавляемым моделям. Второй этап включает (рис. 3.3) шесть основных операций: изготовить модель из легкоплавкого материала (2.1), изготовить модельный блок (2.2), образовать огнеупорную многослойную оболочку (2.3), выплавить модельный состав из формы (2.4), засыпать форму кварцевым песком (2.5), прокалить форму (2.6).

Толщина стенок многослойной керамической формы - от 4 до 6 мм, число слоёв - от 3 до 10. Исходным материалом для формы служит огнеупорное покрытие (суспензия), включающее пылевидный кварц (или мелкий кварцевый песок) в сочетании с гидролизованным раствором этилсиликата - $(C_2H_5O)_4Si$. Пример состава гидролизованного раствора этилсиликата (в % по массе): ацетон - 40, этилсиликат - 40, вода подкисленная (вода и 1,5 % HCl) - 20. Суспензия в свою очередь включает: кварц пылевидный - 70 %, гидролизованный раствор этилсиликата 30 %. Возможны и другие соотношения.

В качестве примера рассмотрим процесс изготовления формы по выплавляемым моделям заготовки "Резец" из быстрорежущей стали (рис. 3.4). Первая операция (2.1) - изготовить модели из легкоплавкого материала (например, парафин плюс стеарин в соотношении 1:1). Шприцем расплавленную модельную массу запрессовывают в металлическую водоохлаждаемую пресс - форму. На легкоплавкой модели резца получают также два небольших выступа - модели питателей. После затвердевания легкоплавкие модели извлекают из пресс - формы, окончательно охлаждают (обычно модели выталкивают из пресс - форм в ванну с холодной водой).

Вторая операция (2.2) - изготовить модельный блок («елочку»). Для этого пустотелая алюминиевая модель стояка погружается в расплавленный модельный состав и на её поверхности образуется затвердевший слой толщиной 1..2мм. Затем легкоплавкие модели припаивают питателями к стояку с помощью электрического паяльника. В результате образуется модельный блок, включающий четыре модели резца. На практике число моделей в блоке может достигать нескольких десятков. Возможна сборка на стояке парафиновых секций, что повышает качество модельного блока, а также производительность труда.

Третья операция (2.3) - образовать огнеупорную многослойную оболочку. Модельный блок погружают в суспензию, смачивая все поверхности моделей, извлекают и обсыпают мелким кварцевым песком (кварц пылевидный). Процессы нанесения суспензии и обсыпки повторяют от 3 до 10 раз. Каждый слой, толщина которого составляет 0,5 - 0,8 мм, высушивают на воздухе или в парах аммиака. Обсыпка модельного блока кварцевым песком может производиться также по методу "кипящего слоя" (емкость с кварцевым песком продувается через днище сжатым воздухом). Время высушивания на воздухе каждого слоя составляет более 20-30 минут.

Четвертая операция (2.4) - выплавить модельный состав из формы. Эта операция выполняется либо в печи, либо в ванне с горячей водой при темпера-

туре 90°C . Последний способ более удобен, т.к. исключает выделение неприятных запахов. При погружении модельного блока в горячую воду легкоплавкие модели быстро расплавляются и модельный состав в виде **отдельных** капелек всплывает на поверхность воды, откуда его извлекают для повторного использования. После полного удаления модельного состава литейные формы извлекают из ванны.

Пятая операция(2.5) - засыпать форму кварцевым песком. После извлечения из ванны и удаления из рабочей полости воды и остатков модельного состава керамическую форму помещают в металлический контейнер (из жаропрочной стали) и засыпают крупным кварцевым песком. При засыпке песка иногда применяют вибрацию. Песок является опорным материалом, позволяет удерживать форму в вертикальном положении. В некоторых случаях керамические формы песком не засыпают.

Шестая операция(2.6) - прокалить форму. Контейнер с керамической формой помещают в электропечь (температура $900-1000^{\circ}\text{C}$) и прокаливают в течение 3-х и более часов. При этом прочность формы резко возрастает, а остатки воды и модельной массы испаряются. Форма готова для заливки металла.

Третий этап ТП - залить металл в форму. После прокалки форму извлекают из печи и без охлаждения заливают расплавленным металлом. Заливка металла в раскаленные формы способствует получению тонкостенных отливок сложной геометрической формы. Заливка осуществляется ручными ковшами небольшой емкости. Возможна заливка форм центробежным способом.

Четвертый этап - выдержать металл в форме для затвердевания и охлаждения.

Пятый этап - выбить блок отливок из формы. После затвердевания и охлаждения отливок в форме контейнер переворачивают, песок (после охлаждения) возвращают для повторного использования, блок отливок с керамикой окончательно охлаждают.

Шестой этап -выполнить финишную обработку. Она включает, как правило, отбивку керамики, отделение литников, выщелачивание остатков керамики, промывку в горячей воде, сушку, термообработку, зачистку, контроль отливок. Керамику от отливки отделяют на виброустановках , однако на некоторых поверхностях и в отверстиях керамика остается . После этого отливки отделяют от литниковой системы и помещают в расплав щелочи для окончательного удаления остатков керамики (время выщелачивания до 3-х часов). Очищенные отливки промывают горячей водой, высушивают, зачищают заусенцы и остатки литниковой системы, подвергают окончательному контролю.

Достоинства процесса:

- высокие точность и качество поверхностей отливки, позволяющие на 80% и более исключить последующую механическую обработку;
- снижение себестоимости сложных деталей на 30-70%;
- возможность получения сложных тонкостенных отливок (до 0,6 мм) из сталей и твердых сплавов;

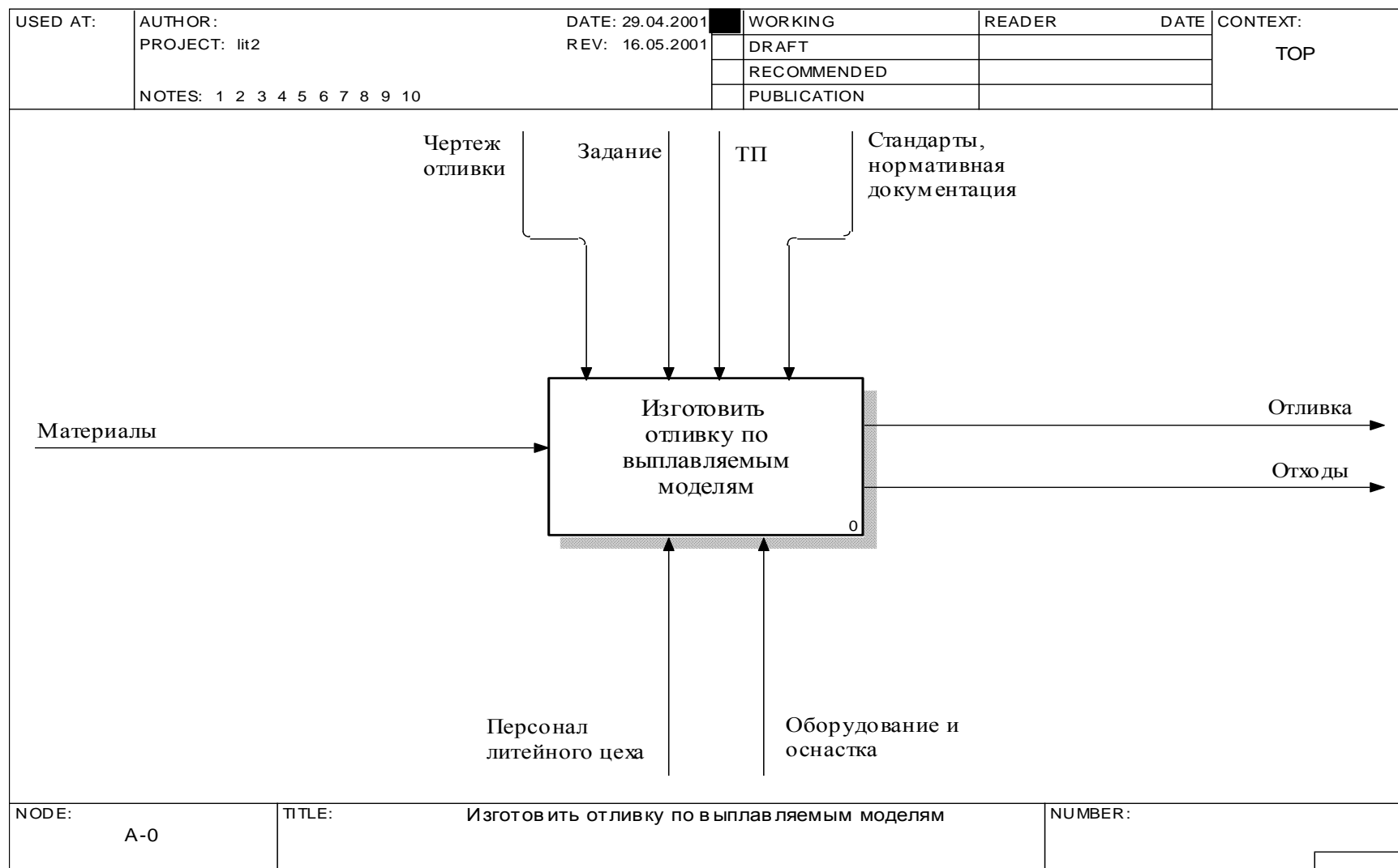


Рис 3.1.: Функциональная модель ТП литья по выплавляемым моделям: диаграмма А-0 – постановка задачи

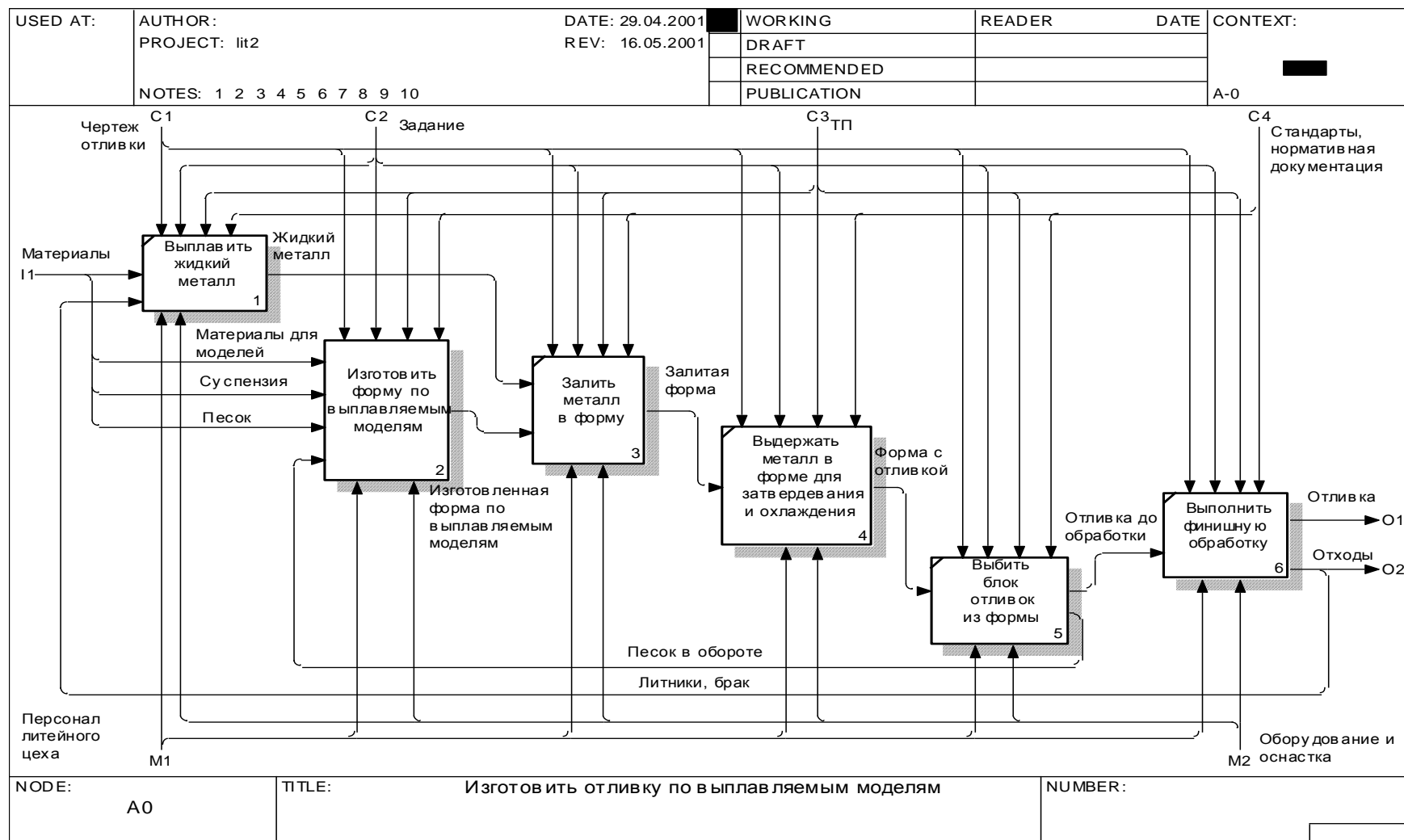


Рис.3.2.: Функциональная модель ТП литья по выплавляемым моделям: диаграмма А0 – основные этапы ТП

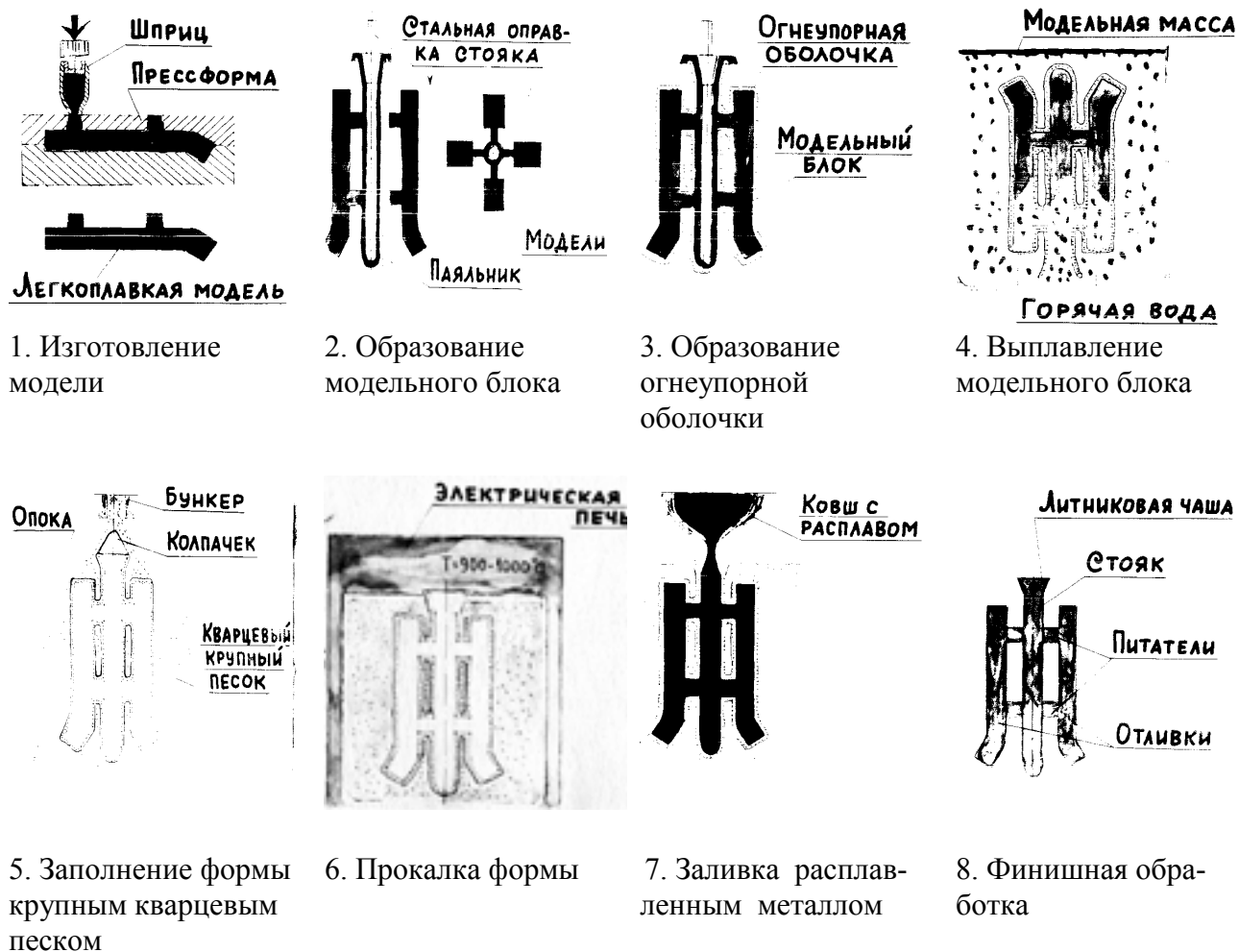


Рис. 3.4. Литье по выплавляемым моделям заготовки "Резец" из быстрорежущей стали, основные технологические операции.

- отсутствие, в большинстве случаев, литейных стержней;
- высокая производительность в условиях массового производства - до 100 блоков в час;
- возможность полной автоматизации (наличие автоматизированных линий, агрегатов, установок);
- значительное улучшение условий труда.

Недостатки процесса:

- высокая себестоимость 1 тонны литых заготовок - в 10 и более раз выше, чем при литье в песчано-глинистые формы;
- сложность технологического процесса и длительность технологического цикла;
- ограничение отливок по размерам (до 250 мм) и массе (до 10 кг).

3.2. Литье в оболочковые формы

При этом способе литья расплавленный металл заливают в тонкостенные оболочковые формы, изготовленные из песчано-смоляных смесей по нагреваемой оснастке. Толщина оболочковых форм от 5 до 20 мм, форма состоит из 2-х полуформ, которые, как правило, склеиваются. Применяют оболочковые формы как с вертикальной, так и с горизонтальной плоскостями разъема. Для получения внутренних полостей отливок используют песчано-смоляные оболочковые (тонкостенные), либо монолитные стержни. Форма и стержни имеют высокую газопроницаемость, что способствует хорошему заполнению формы металлом, получению тонкостенных отливок.

Оболочковая смесь состоит из сухого кварцевого формовочного песка (основа смеси) и порошкообразной фенолоформальдегидной термореактивной смолы (5-7% по массе).

Применяют либо механические смеси, либо плакированные. В последнем случае смола наносится на поверхность зерен песка по специальной технологии. Термореактивная смола при нагревании расплавляется, а затем необратимо затвердевает. Термостойкость затвердевшей смолы - свыше 700 °С.

Оболочковые формы изготавливают по нагреваемой металлической оснастке бункерным, насыпным, либо пескодувным способами. Широкое применение в промышленности нашел бункерный способ, который обеспечивает лучшее качество оболочковых форм. Оболочковые полуформы изготавливают одновременно: на одной подмодельной плите монтируют две полумодели. Материал моделей - сталь, серый чугун.

Литье в оболочковые формы применяют при производстве ответственных отливок из стали, серого и высокопрочного чугунов, бронзы, латуни в условиях серийного и массового производства (коленчатые валы из высокопрочного чугуна, гильзы ребристых цилиндров из серого чугуна для тракторных двигателей и мотоциклов, детали гидронасосов, рабочие и направляющие колеса турбонасосов, звенья цепей из жаростойкого сплава, вентили и др.). Способ применяется в промышленности с начала 50-х годов.[2,4,5,6,7,11,12].

Функциональная модель технологического процесса изготовления отливки в оболочковой форме представлен на рис. 3.5, 3.6, 3.7, 3.8.

Технологический процесс литья в оболочковые формы можно разделить на 6 основных этапов (3.6).

Первый этап - выплавить жидкий металл - определяется в основном видом заливаемого сплава. Для плавки, в частности, черных металлов широко используются дуговые электропечи. Заливка металла в формы (третий этап) осуществляется с помощью чайниковых ковшей средней емкости (до 500 кг).

Специфику ТП определяет в основном второй этап - изготовить оболочковую форму (рис. 3.7, 3.9). Этот этап включает 6 основных операций: изготовить оболочковую смесь (2.1), изготовить стержни (2.2), изготовить оболочко-

вые полуформы (2.3), собрать и склеить оболочковую форму (2.4), охладить и установить оболочковую форму в контейнер (2.5), засыпать форму дробью (2.6). Среди указанных операций наибольший интерес представляет операция 2.3 - изготовить оболочковые полуформы, включающая 7 технологических переходов (рис. 3.8)

Первый переход (2.3.1)- подготовить модельный комплект и бункер - включает подогрев подмодельной плиты, нанесение разделительной жидкости, засыпку в бункер оболочковой смеси. Подмодельную металлическую плиту с моделями, изготовленными из углеродистой стали или серого чугуна, подогревают до рабочей температуры 220...250°C в электропечи. Для уменьшения адгезии, рабочую поверхность плиты и моделей покрывают силиконовой разделительной жидкостью (водный раствор) с помощью пульверизатора.

Второй переход(2.3.2) - установить модельный комплект на бункер. Нагретую подмодельную плиту устанавливают на водоохлаждаемый бункер (моделями к низу) и закрепляют

Третий переход (2.3.3) - кантовать бункер на 180 градусов, сформировать оболочку. При кантовании бункера оболочковая смесь падает на нагретые подмодельную плиту и полумodelи. При этом иногда применяют вибрацию подмодельной плиты, что улучшает заполнение оболочковой смесью узких участков моделей. При контакте с нагретой оснасткой оболочковая смесь прогревается, смола расплавляется и необратимо затвердевает, скрепляя песчинки смеси. По мере прогрева толщина оболочки увеличивается. За 30 сек формируется оболочка толщиной 8-10 мм.

Четвертый переход(2.3.4) - вернуть бункер в исходное положение, сбросить излишки смеси. При возвращении бункера в исходное положение оболочковая смесь падает на дно бункера, а сформировавшаяся оболочка удерживается на поверхности подмодельной плиты и полумodelей за счет сил адгезии.

Пятый переход(2.3.5) -снять модельный комплект с бункера. Подмодельную плиту (с оболочкой) снимают с бункера, кантуют на 180 градусов и направляют в электрическую печь.

Шестой переход (2.3.6)-установить модельный комплект в печь, доотвердить оболочку. Температура в печи 300°C, время выдержки 30-60 с . При нахождении в печи наружные слои оболочки окончательно отвердевают.

Седьмой переход (2.3.7) -снять оболочковые полуформы с модельного комплекта. Оболочковые полуформы снимают с подмодельной плиты и полумodelей с помощью многочисленных толкателей (диаметром 10 - 20 мм.), проходящих через плиту и полумodelи и объединенных общей толкательной плитой, которая приводится в движение специальным механизмом. Толкатели нажимают на оболочку вне рабочей полости литейной формы, как правило, по периферии формы с шагом 50-100 мм.

Четвертая операция ТП изготовления оболочковой формы – собрать и склеить оболочковую форму. Оболочковые полуформы склеивают в горячем

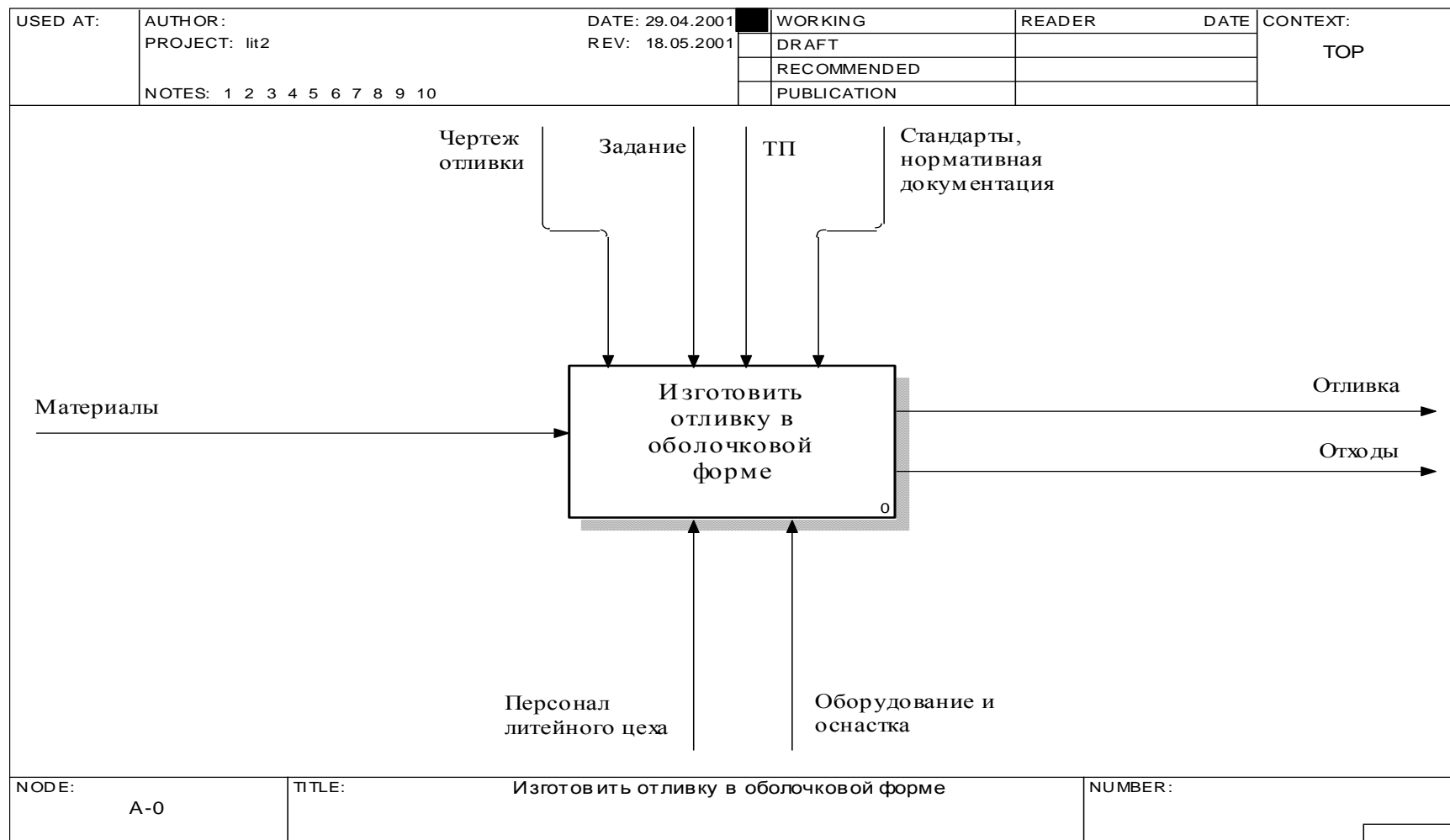


Рис.3.5.: Функциональная модель ТП литья в оболочковые формы: диаграмма А-0 – постановка задачи

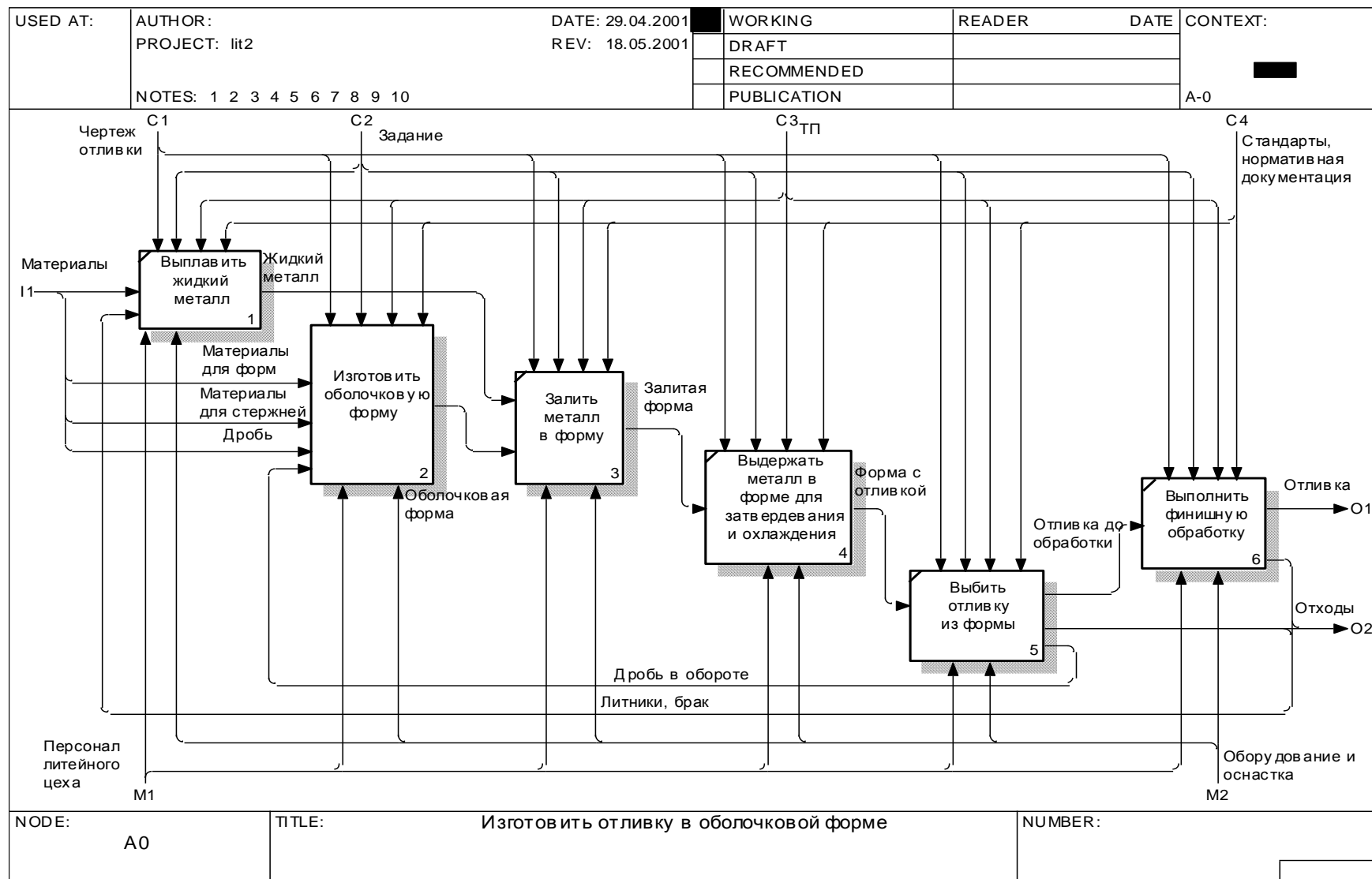


Рис.3.6.: Функциональная модель ТП литья в оболочковые формы: диаграмма A0 – основные этапы ТП

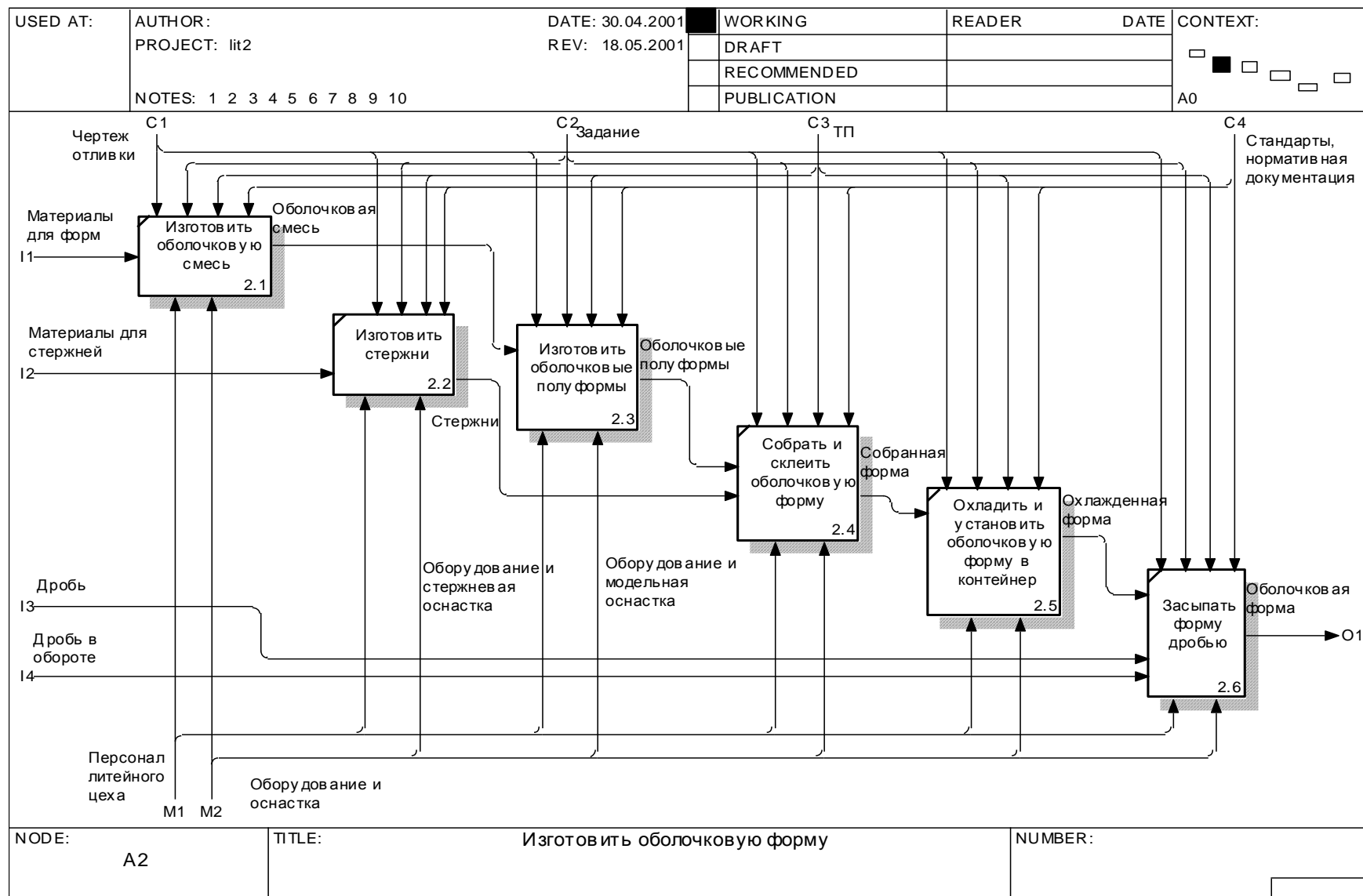


Рис.3.7.: Функциональная модель ТП литья в оболочковые формы: диаграмма A2 – изготовить оболочковую форму(основные операции ТП)

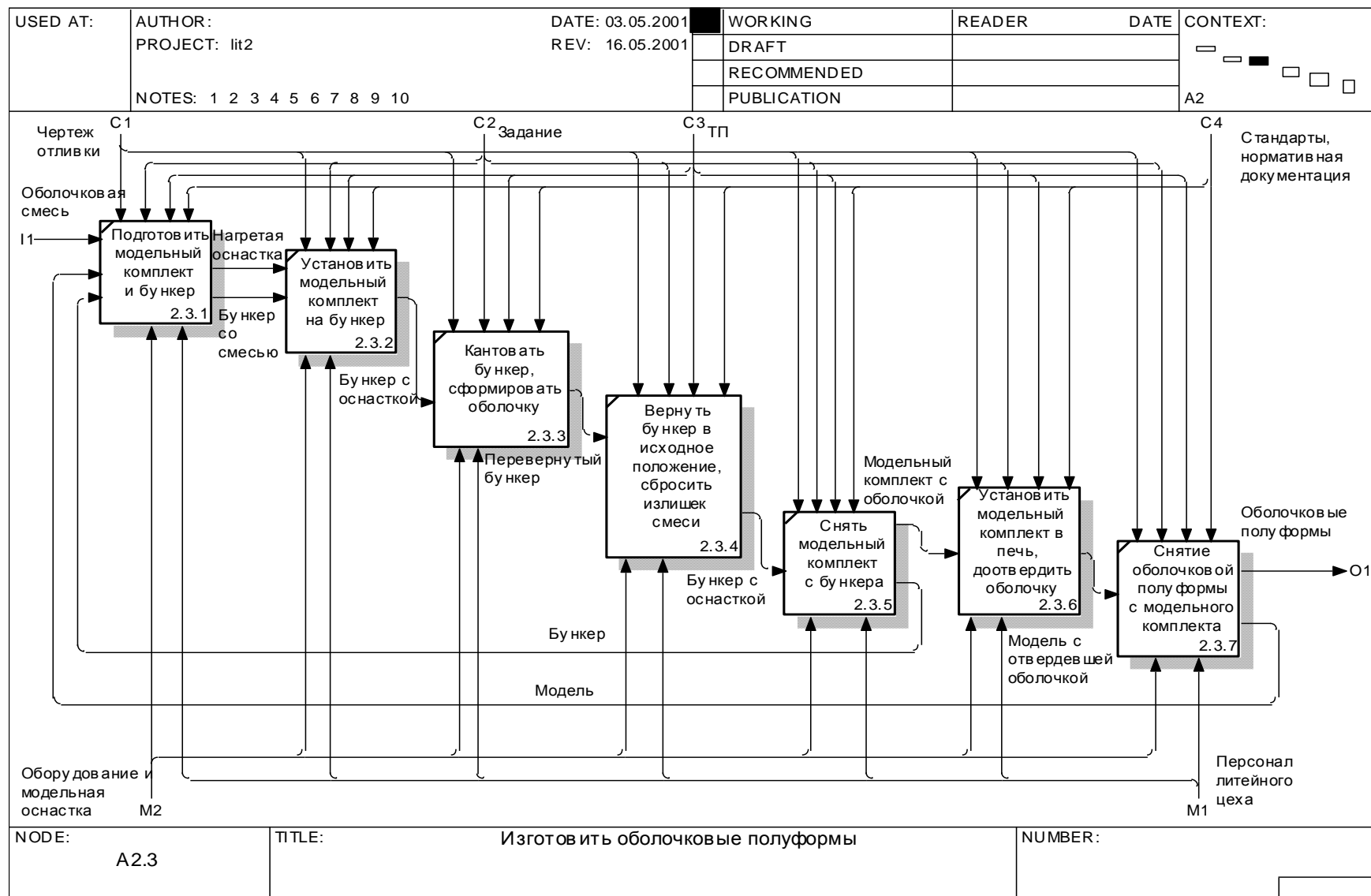


Рис.3.8.: Функциональная модель ТП литья в оболочковые формы: диаграмма А2.3 – изготовить оболочковые полуформы (основные операции ТП)

Рис. 3.9. Технологический процесс изготовления оболочковых полуформ: схема основных технологических операций

состоянии. В качестве клея используют ту же фенолоформальдегидную смолу в виде порошка. Клей засыпают в специальную канавку, располагаемую обычно по периферии плоскости формы. В другой полуформе выполняют выступ, располагаемый по тому же контуру. При сборке двух полуформ клей под действием тепла полуформ расплавляется, распределяется в зазоре между канавкой и выступом (0,5 мм) и затвердевает. Полуформы склеивают на пневмопрессе. Полуформы сжимаются между неподвижной и подвижной плитами пресса с помощью большого числа мягких стальных пружин. Время склейки 30-60 сек. При необходимости в форму устанавливают песчаные оболочковые или монолитные стержни.

Пятая операция - охладить и установить оболочковую форму в контейнер. После склейки оболочковые формы обычно укладывают на стеллажи, где они охлаждаются до комнатной температуры, обретая окончательную прочность. Склеенную и охлажденную оболочковую форму устанавливают в металлический контейнер в вертикальном (или в горизонтальном - при горизонтальной плоскости разъема формы) положении.

Шестая операция - засыпать форму дробью. Установленную в контейнер оболочковую форму засыпают снаружи чугуновой дробью. Диаметр дробин - 2-4 мм. Дробь служит опорой для оболочковой формы в момент заливки расплавленного металла. Однако главная функция чугуновой дробин - ускорение процесса затвердевания и охлаждения отливки с целью повышения механических свойств заливаемого металла.

Третий этап ТП - залить металл в форму. Оболочковая форма хорошо заполняется металлом благодаря её низкой теплопроводности и хорошей газопроницаемости.

Четвертый этап ТП - выдержать металл в форме для затвердевания и охлаждения. Благодаря чугуновой дроби процесс затвердевания и охлаждения отливки в форме значительно ускоряется, что способствует повышению механических свойств металла. При затвердевании и охлаждении отливки в форме стенки оболочковой формы сильно разогреваются, смола частично выгорает, форма разрушается.

Пятый этап ТП - выбить отливку из формы (выбивка). Контейнер опрокидывают на выбивную решетку, чугуновая дробь возвращается для повторного использования, части оболочковой формы идут на выброс (в отвал), отливку направляют на охлаждение и финишную обработку.

Шестой этап ТП - выполнить финишную обработку. По содержанию эта операция мало отличается от финишной обработки отливок при литье в песчано-глинистые формы.

Достоинства процесса:

- повышенные точность и качество поверхности отливки;

- возможность получения сложных тонкостенных отливок из черных сплавов (серый чугун до 1,5 мм, сталь - до 3 мм);
- высокая производительность в условиях массового производства - до 300 форм в час;
- возможность полной автоматизации (наличие одного - двух - четырех позиционных автоматов, автоматических линий)

Недостатки процесса:

- нерешенность вопросов экологии: значительные выделения вредных газов на всех этапах технологического процесса, большой объем отходов, высокая стоимость, газоочистки и регенерации отходов;
- высокая стоимость фенолоформальдегидной смолы;
- ограничение отливок по размерам (до 1000 мм) и массе (до 100 кг).

3.3. Литье в металлические формы (в кокиль)

При литье в металлические формы (кокиль) расплавленный металл заливают в многократные металлические формы под действием сил гравитации.

В качестве материала для металлических форм применяют серый чугун, углеродистую сталь, алюминиевые сплавы с анодированной рабочей поверхностью. Толщина стенок кокиля составляет от 20 до 100 мм и зависит от толщины стенок отливки. Толщина кокиля должна быть по возможности равномерной. Для повышения стойкости кокиля, а также производительности процесса, кокили снабжают жидкостным охлаждением (водяным, масляным).

По конструкции кокили бывают: вытряхные, с вертикальным разъемом, с горизонтальным разъемом, створчатые, с комбинированным разъемом, стопочные. Конструктивные виды кокилей представлены на рис.3.10.

Для повышения стойкости кокили изготавливают из нормализованных элементов (пластин), игольчатыми, методами порошковой металлургии.

При литье в металлические формы применяют как металлические (для получения простых полостей и отверстий), так и песчаные литейные стержни (для сложных полостей). Для выталкивания отливки из кокиля используют толкатели диаметром 10-20 мм, которые изготавливают из углеродистой стали.

Большую роль при формировании отливки в металлической форме играет покрытие рабочей поверхности кокиля огнеупорным материалом (мел, графит, тальк, глина огнеупорная, жидкое стекло и др.) - окрашивание кокиля.

Краски бывают разовые и многократные. Они защищают поверхность кокиля от резкого термического удара при заливке металла, повышая его стойкость, предотвращают приваривание заливаемого металла к стенкам кокиля, позволяют регулировать скорость затвердевания отливки. Толщина краски обычно не превышает 1 мм. Толстостенные покрытия поверхности кокиля (свыше 1 мм) называют облицовками. Литье в кокили смесей (толщиной 3-10 мм.) относят

к отдельному с разовой облицовкой из термореактивных технологическому процессу - литью в облицованный кокиль.

Литьем в кокиль получают фасонные заготовки из серого, ковкого и высокопрочного чугунов, сталей, алюминиевых, магниевых и медных сплавов (блоки и головки блоков двигателей, поршни из алюминиевых сплавов, ступицы колес из ковкого чугуна, станины электродвигателей из серого чугуна, стойки плуга из высокопрочного чугуна, крышки, втулки из медных сплавов и др.)[2,4,5,6,7,8,9,10,11,12].

Способ литья в металлические формы был известен за 5 веков до н.э. Бурное развитие этот способ получил в послевоенные годы. В нашей стране объем кокильного литья по черным сплавам достиг 5-10%, по цветным - 40-50% от общего выпуска литья.

Функциональная модель ТП изготовления отливки в металлической форме (в кокиле) представлена на рис.3.11,3.12,3.13. Технологический процесс включает шесть основных этапов. Специфика способа определяется в основном вторым этапом -подготовить металлическую форму - в свою очередь включающая шесть основных операций :подогреть металлическую форму , окрасить рабочую полость металлической формы , выдержать металлическую форму для подсушки краски, изготовить стержневую смесь , изготовить песчаные стержни, собрать металлическую форму.

Рассмотрим основные операции по подготовке металлической формы.

Первая операция - подогреть металлическую форму(2.1). Рабочая температура кокиля находится в пределах 150-250⁰С (но не ниже 100⁰С). Кокиль подогревают с целью удаления из рабочей полости формы влаги (предотвращение взрыва, "выброса" жидкого металла), лучшего заполнения рабочей полости кокиля расплавленным металлом, некоторого снижения скорости затвердевания отливки, подсушки краски, улучшения качества окраски. Кокили подогревают газовыми горелками, редко электронагревателями. В процессе работы кокиль разогревается от периодически заливаемого расплавленного металла. Регулирование теплового режима кокиля, его стабилизация является сложной технической задачей, нерешенной в полной мере до настоящего времени.

Вторая операция - окрасить рабочую поверхность металлической формы(2.2). Краску наносят в большинстве случаев пульверизатором. При литье черных сплавов в качестве огнеупорного покрытия используют иногда ацетиленовую копоть. Окраску кокиля производят либо каждый цикл (разовые покрытия), либо периодически (многократные покрытия).

Третья операция -выдержать металлическую форму для подсушки краски (2.3).Выдержка обычно не превышает нескольких десятков секунд. В некоторых случаях после окраски металлическую форму подогревают дополнительно.

Четвертая и пятая операции - изготовить стержневую смесь (2.4) и изготовить песчаные стержни (2.5), которые практически не отличаются от аналогичных операций при литье в песчано-глинистую форму. При литье в кокиль при-

меняют песчаные стержни, изготовленные с применением тепловой сушки, в нагреваемой оснастке, оболочковые и др.

Шестая операция - собрать металлическую форму (2.6) .При сборке формы части кокиля обдувают сжатым воздухом, соединяют, устанавливают при необходимости металлические или песчаные стержни, форму закрывают. Температура кокиля при этом не должна быть ниже указанных выше пределов .

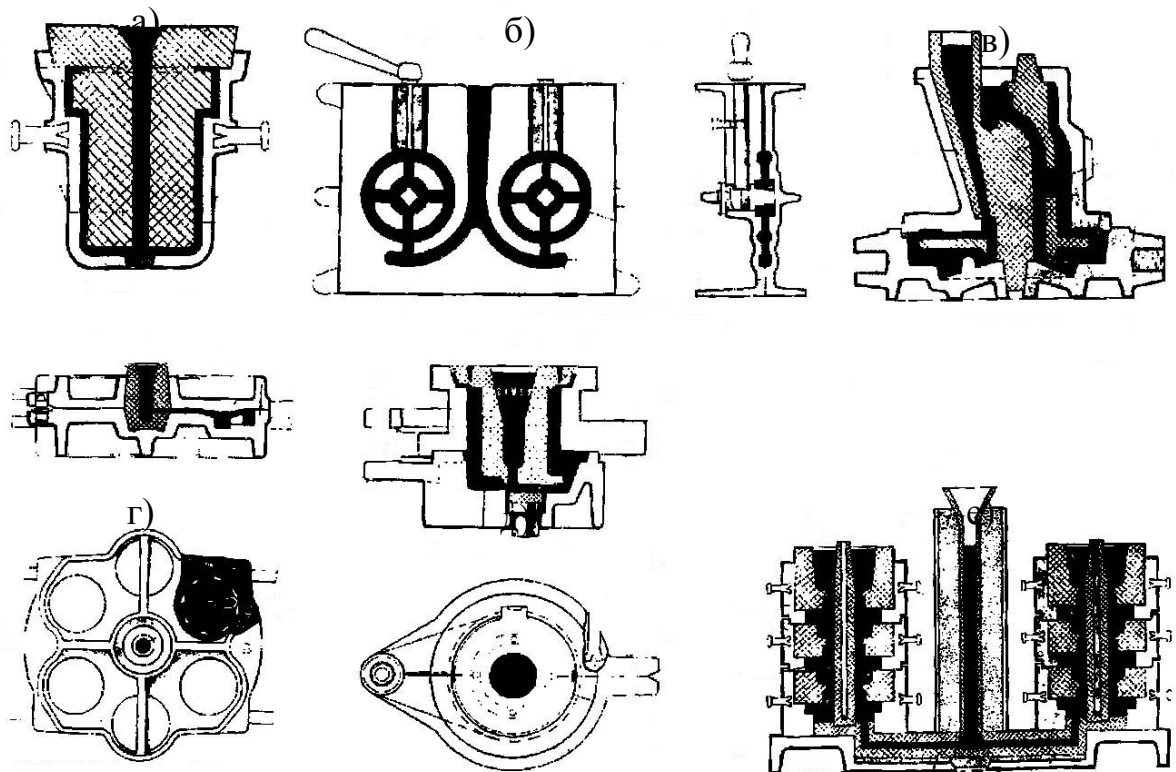


Рис. 3.10. Конструктивные виды кокилей: вытряхной (а), с вертикальным разъемом (б), с комбинированным разъемом (в), с горизонтальным разъемом (г), сложный с горизонтальным и вертикальным разъемами (д), стопочный кокиль (е).

Первый и третий этапы технологического процесса (выплавить жидкий металл и залить металл в форму) мало отличаются от аналогичных этапов при литье в песчано-глинистую форму. Однако время заливки металла в металлическую форму должно быть минимальным - из-за высокой скорости охлаждения заливаемого металла.

Четвертый этап (выдержать металл в форме для затвердевания и охлаждения) резко отличается от аналогичного этапа при литье в песчано-глинистую форму.

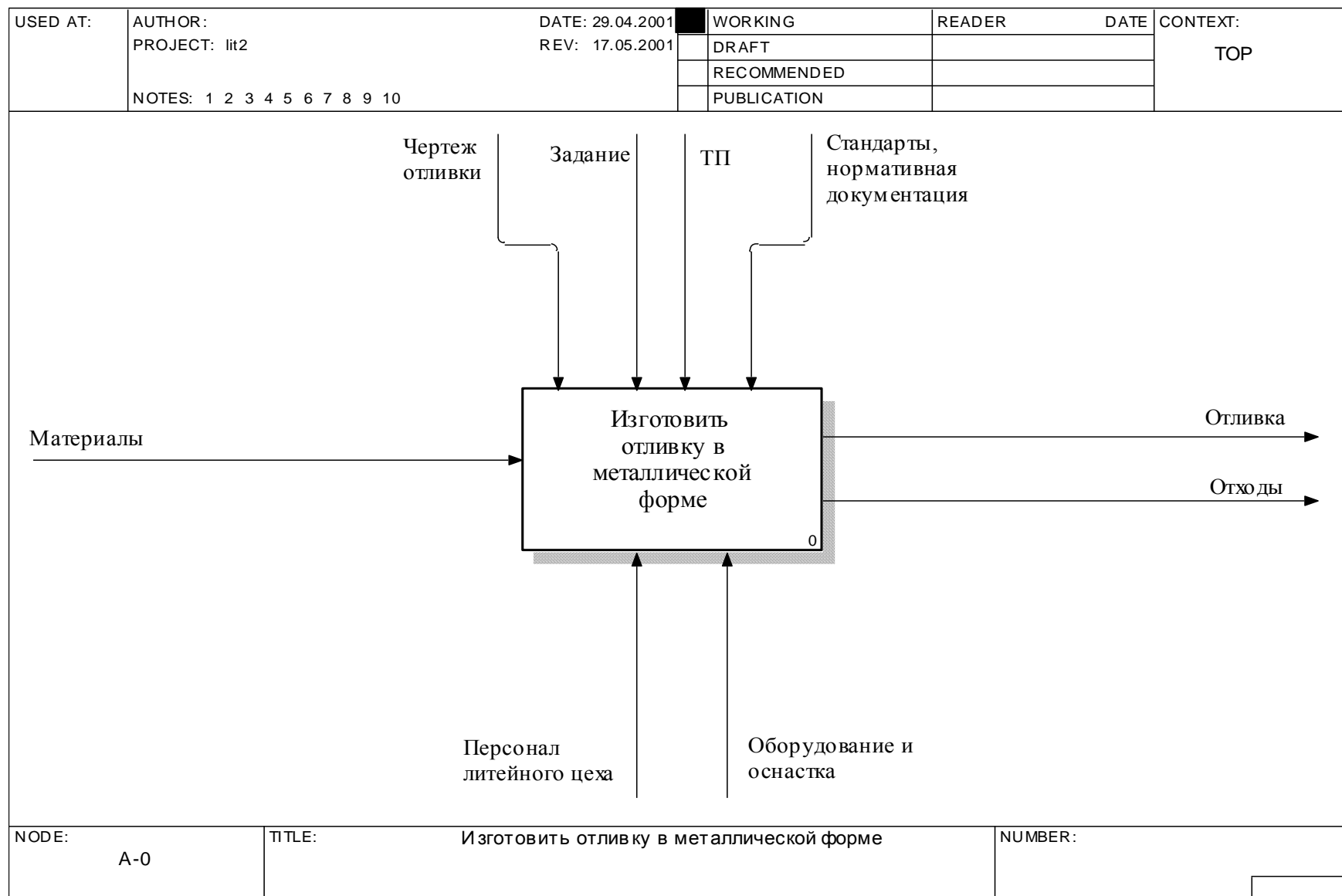


Рис. 3.11. Функциональная модель ТП литья в металлические формы: диаграмма А-0 постановка задачи

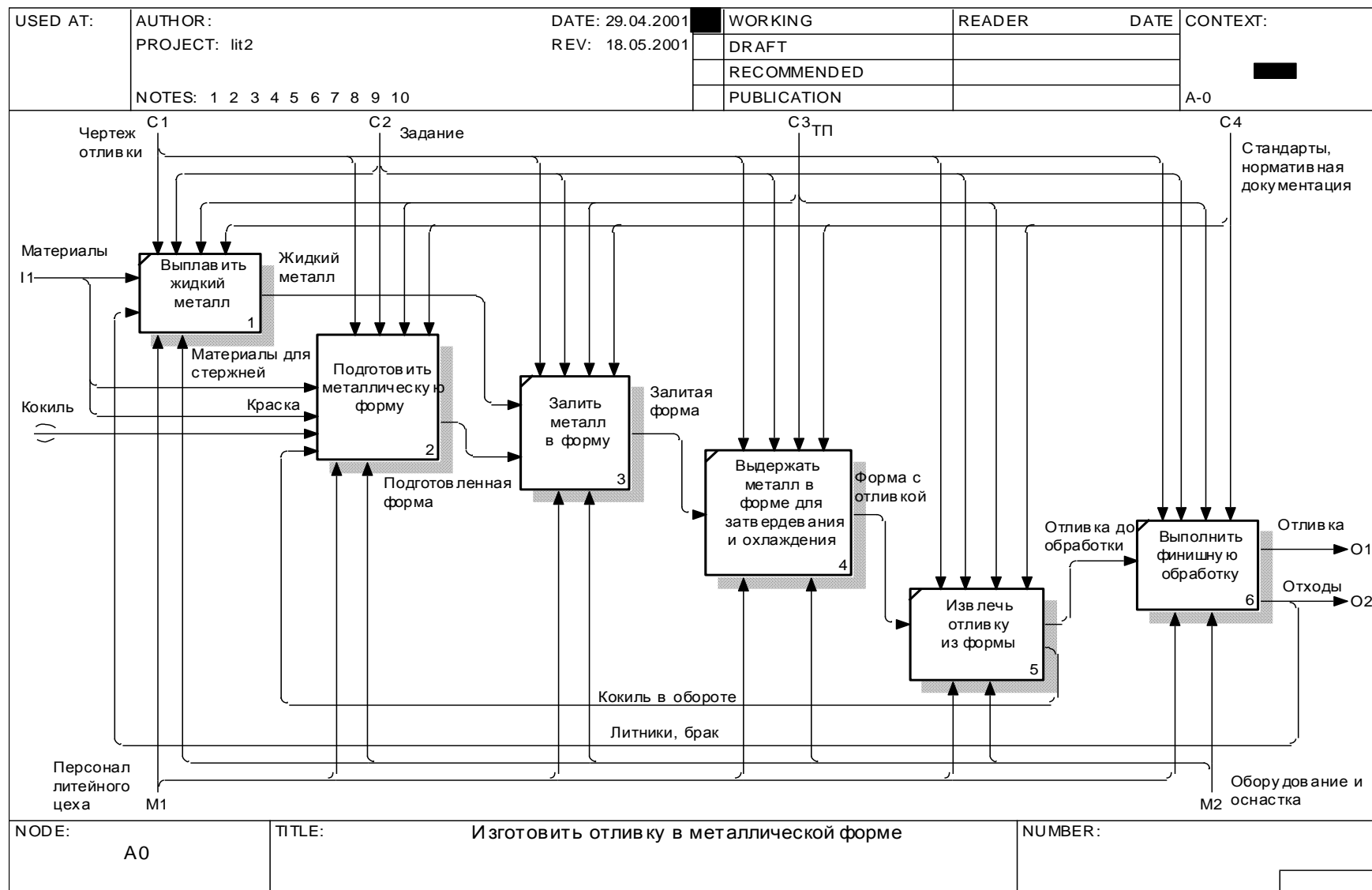


Рис. 3.12. Функциональная модель ТП литья в металлические формы: диаграмма А0 – основные этапы ТП.

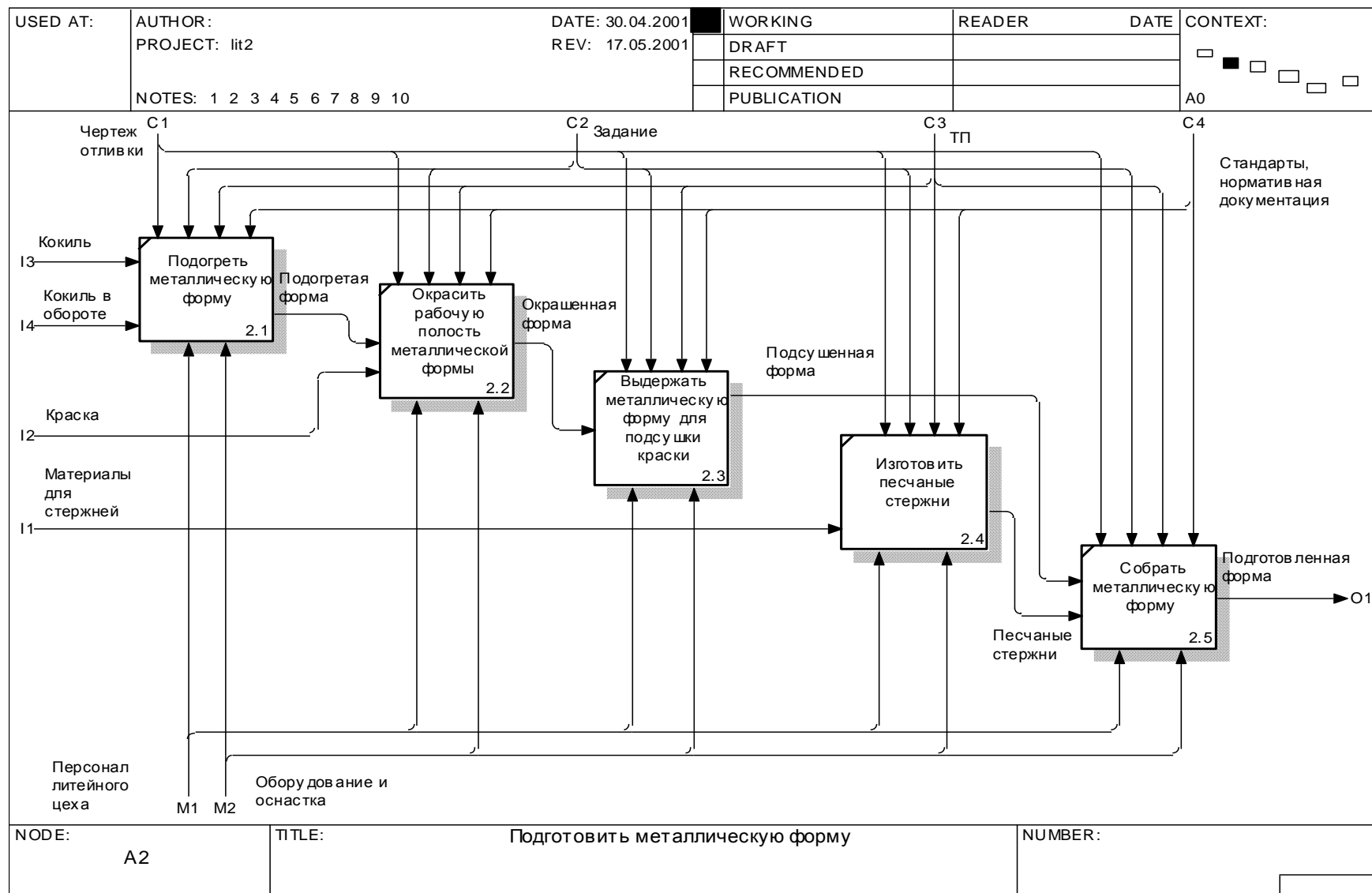


Рис. 3.13. Функциональная модель ТП литья в металлические формы: диаграмма А2 – подготовить металлическую форму (основные операции ТП).

В металлической форме скорости затвердевания и охлаждения отливки возрастают от нескольких раз, до нескольких десятков раз, что зависит от вида сплава и толщины стенок отливки. Ускоренное затвердевание отливки способствует формированию мелкозернистой структуры металла и повышению его механических свойств. Однако, при литье серого чугуна на поверхности отливок образуется отбел (карбид железа Fe_3C) - твердая и хрупкая структура, не поддающаяся механической обработке. Отбел может быть устранен последующей термообработкой (отжигом), однако эта операция удорожает стоимость отливки.

Пятый этап- извлечь отливку из формы. Для извлечения отливки металлическую форму раскрывают . При этом одна из полуформ обычно остается неподвижной. При движении подвижной полуформы отливка может двигаться вместе с ней, или остаться в неподвижной полуформе. Для решения конкретной задачи используют толкатели. После извлечения из кокиля отливку охлаждают на воздухе до комнатной температуры.

Шестой этап - выполнить финишную обработку. Из-за отсутствия пригара и высокого качества поверхности кокильные отливки не подвергают в большинстве случаев очистке в галтовочных барабанах или в дробеметных камерах. Основные виды обработки - отделение литниковой системы, зачистка и обрубка заусенцев, выбивка стержней, контроль, грунтовка.

При механизации и автоматизации процесса применяют однопозиционные кокильные машины (автоматы), четырех -, шести-, восьми- и шестнадцатипозиционные карусельные машины, автоматические кокильные линии.

Достоинства процесса:

- повышенные точность и качество поверхности отливки;
- повышенные механические свойства металла (кроме чугуна). Прочность возрастает на 50-70%, пластичность в 3-4 раза;
- отсутствие формовочных материалов и их переработки;
- резкое уменьшение отходов производства;
- высокая производительность в условиях массового производства: до 50 циклов в час на однопозиционных машинах, до 120 циклов в час на многопозиционных машинах и автоматических линиях;
- возможность полной автоматизации процесса.
- более благоприятные условия труда по сравнению с литьем в песчаные и оболочковые формы.

Недостатки процесса:

- образование отбела при литье серого и высокопрочного чугунов, анизотропность свойств по сечению отливок из других сплавов;

- низкая стойкость кокиля (100 - 2000 заливок) при литье черных сплавов (в то время как при литье цветных сплавов стойкость достигает 100 000 заливок);
- сложность получения тонкостенных отливок вследствие быстрого затвердевания металла;
- ограничение отливок по размерам (до 1000 мм) и массе (до 100 кг).

3.4. Литье под давлением

При литье под давлением расплавленный металл заливают в многократные металлические формы под давлением поршня. Давление может достигать 3 000 - 3 500 ати и более. Время заполнения металлом рабочей полости формы не превышает 1 сек.

Функциональная модель ТП изготовления отливки под давлением представлена на рис. 3.14, 3.15, 3.16.

Металлическую форму (пресс-форму) изготавливают из инструментальных углеродистых и высоколегированных сталей. Форма массивная, сложная по конструкции, включает до 100 и более составных частей. Соотношение между массой отливки и массой пресс-формы достигает 1: 1000. Рабочая полость пресс-формы имеет повышенную точность и чистоту поверхности, подвергается шлифованию и полированию. Стоимость пресс-форм очень высокая, на один-два порядка дороже кокилей. При литье под давлением используют только металлические стержни. Для извлечения отливок из формы применяют толкатели. Пресс-формы имеют только вертикальную плоскость разъема.

Известны несколько технологических схем литья под давлением: с горячей камерой прессования, с холодной камерой прессования - вертикальной и горизонтальной и др. (рис.3.17).

Процесс литья под давлением с горячей камерой прессования применяют при производстве отливок из легкоплавких сплавов, температура плавления которых не превышает 450⁰С (сплавы на основе олова, свинца, цинка).

Камера прессования при этом располагается непосредственно в емкости с заливаемым металлом, что обеспечивает стабильный тепловой режим литья и возможность получения сложных тонкостенных отливок небольшой массы.

Процессы литья под давлением с холодной камерой прессования используют при получении отливок из более тугоплавких сплавов - магниевых, алюминиевых, медных, титановых. Камера прессования располагается вне ёмкости с заливаемым металлом.

Следует отметить, что технологический процесс литья под низким давлением, при котором рабочая полость формы заполняется расплавленным металлом под давлением воздуха или инертного газа (не более 6 ати) относится к самостоятельному процессу литья.

Литьем под давлением получают сложные по конфигурации тонкостенные отливки (толщина стенок до 1-1,5 мм) с минимальными припусками на ме-

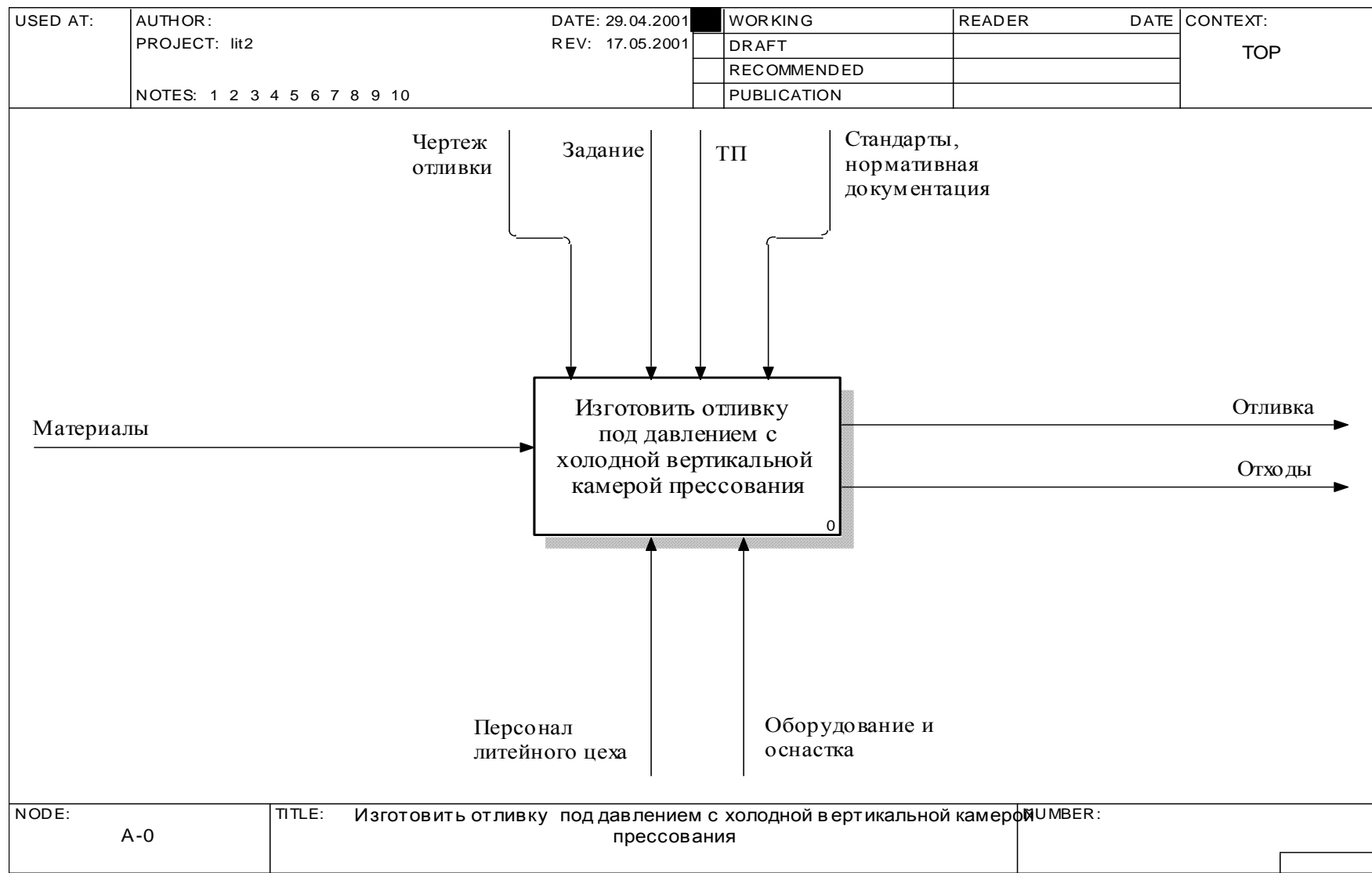


Рис. 3.14. Функциональная модель ТП литья под давлением: диаграмма А-0 – постановка задачи

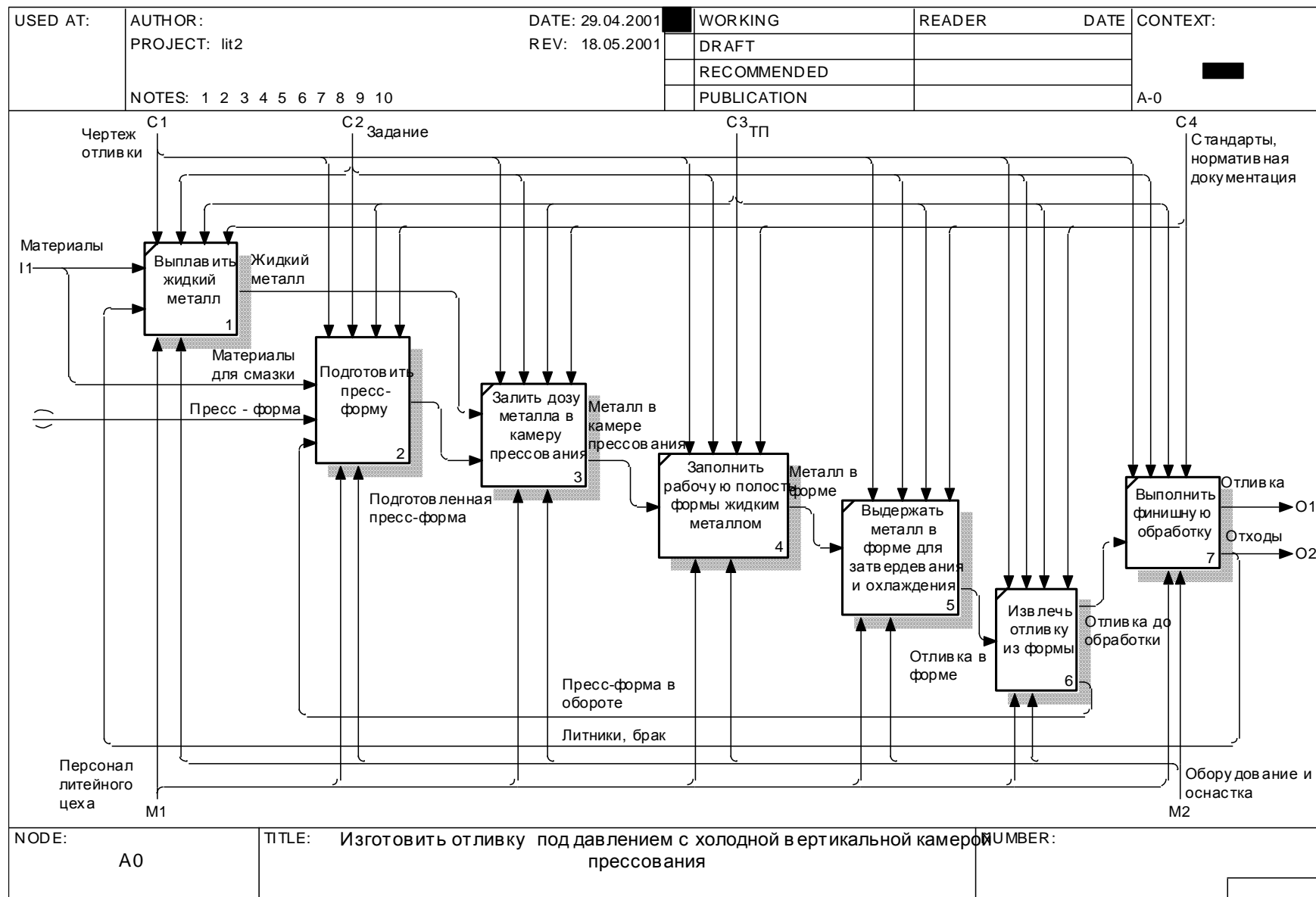


Рис. 3.15. Функциональная модель ТП литья под давлением: диаграмма А0 – основные этапы ТП

ханическую обработку, точными литыми отверстиями массой от нескольких грамм (элементы замков "молния" из цинковых сплавов) до 50 кг (головки цилиндров мотоциклетных двигателей, блоки четырех- и восьмицилиндровых автомобильных двигателей из алюминиевых сплавов, водопроводная арматура, тройники из латуни, судовая штуцерная арматура из бронзы, отливки из титановых сплавов). Имеются примеры литья под давлением стальных и чугуновых заготовок, однако, технология литья этих сплавов пока не получила широкого распространения: высокая температура заливки, недостаточная стойкость пресс-форм, отбел при литье чугуна, низкая жидкотекучесть стали, образование трещин и другие технологические проблемы, усложняют процесс литья из этих сплавов.[2,4,5,6,7,12,13,14,17]

В качестве примера рассмотрим основные этапы процесса литья под давлением с холодной вертикальной камерой прессования (рис.3.14-3.17).

Первый этап - выплавить жидкий металл. Мало отличается от аналогичного этапа при других способах литья.

Второй этап - подготовить пресс-форму - включает такие важные операции, как подогрев пресс-формы и камеры прессования (2.1), нанесение смазки на рабочую поверхность пресс-формы (2.2) и сборку формы (2.3). Подогрев необходим для удаления влаги, снижения величины усадочных напряжений и предотвращения образования трещин в отливках, облегчения заливки металла. Рабочая температура пресс-форм 120-130⁰С при литье алюминиевых сплавов, 300-350⁰С при литье медных сплавов, 450-500⁰С при литье титановых сплавов.

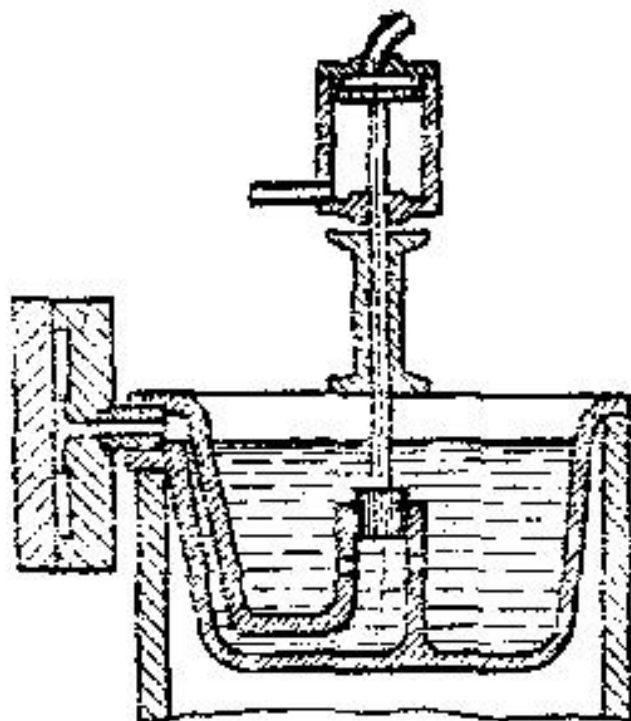
В начальный момент пресс-формы подогревают газовыми горелками или электронагревателями. В процессе литья тепловой режим пресс-формы регулируют с помощью водяного охлаждения.

Вторая операция (2.2) - нанесение смазки на рабочую поверхность пресс-формы. Назначение смазки - предотвращение налипания заливаемого металла, уменьшение его эрозионного воздействия на стенки пресс-формы (повышение стойкости), снижение усилий при извлечении отливок, повышение качества их поверхности. Смазку наносят на рабочую поверхность пресс-формы пульверизатором периодически или каждый цикл. Смазки бывают жирные (на основе индустриальных масел с графитом, воском) и водные (растворы солей).

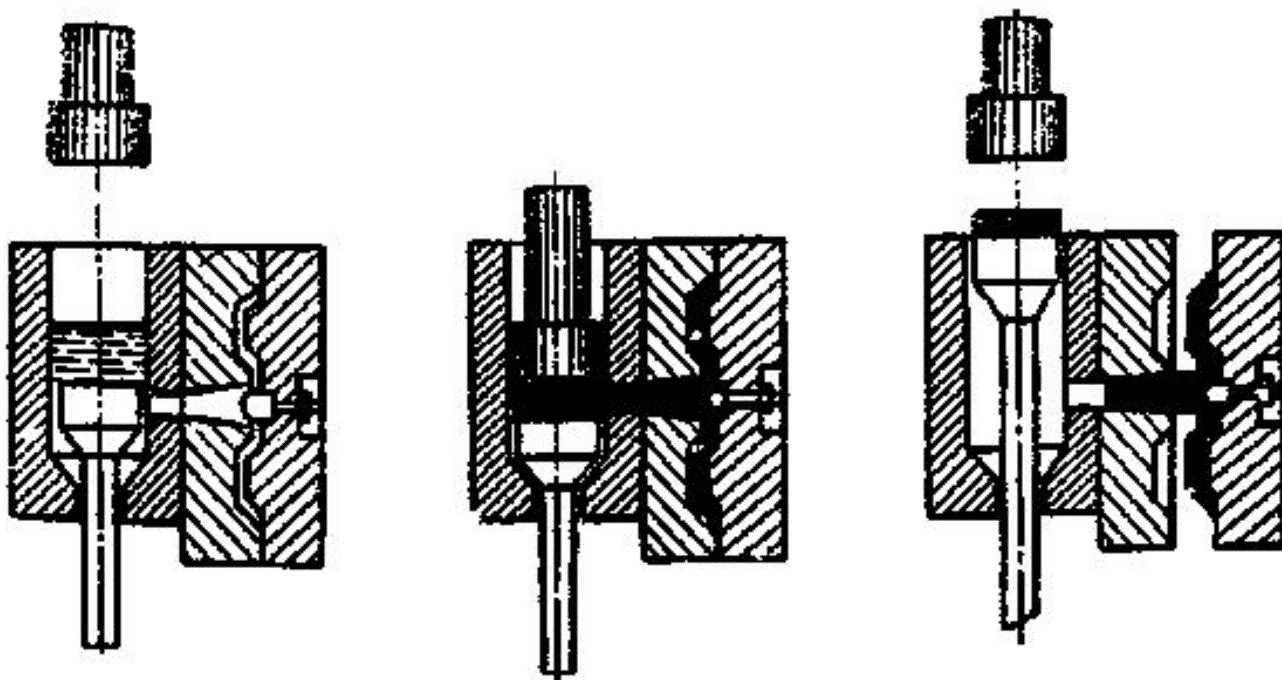
Третья операция (2.3) - сборка пресс-формы. Перед закрытием пресс-форму обдувают сжатым воздухом. При необходимости в момент закрытия в рабочую полость формы автоматически вводятся металлические стержни.

Третий этап - залить дозу металла в камеру прессования. Масса заливаемого металла несколько превышает массу отливки и литниковой системы. При этом жидкий металл не может заполнить рабочую полость формы под действием сил гравитации, так как литниковый ход перекрыт нижним выталкивающим поршнем.

Четвертый этап - заполнить рабочую полость формы жидким металлом. Верхний прессующий поршень под действием механизма прессования движется вниз, воздействует на жидкий металл, который оттесняет нижний выталкиваю-



а)



б)

Рис. 3.17. Технологические схемы литья под давлением: а – с горячей камерой прессования; б – с холодной вертикальной камерой прессования.

щий поршень вниз, открывается литниковый ход и металл устремляется с большой скоростью (до 140 м/сек) в рабочую полость формы. Для удаления из формы воздуха и газов по плоскости разъема пресс-формы, вдоль металлических стержней и толкателей выполняют вентиляционные каналы (глубиной 0,05 - 0,15 мм, шириной 10-30 мм.). Однако до 40% воздуха и газа не успевает выйти из рабочей полости формы и остаётся в металле в виде газовой пористости. Это влечет снижение механических свойств отливки, её негерметичность, невозможность последующей термической обработки (при нагреве отливки в местах скопления газов появляются вздутия и коробления).

Пятый этап- выдержать металл в форме для затвердевания и охлаждения. Отливка затвердевает и охлаждается в форме в условиях высокого давления и интенсивного охлаждения, что способствует некоторому повышению механических свойств сплава.

Шестой этап - извлечь отливку из формы. Верхний прессующий поршень поднимается в исходное положение, нижний выталкивающий поршень двигается вверх, в результате чего затвердевший в камере прессования остаток металла (пресс-остаток) отделяется (отрезается) от литниковой системы, выталкивается кверху и сбрасывается в отходы на переплавку. После этого пресс-форма раскрывается, и отливка с литниковой системой извлекается из неё с помощью толкателей.

Седьмой этап - выполнить финишную обработку. В отличие от литья в песчано-глинистые и оболочковый формы она включает лишь отделение литниковой системы от отливки, зачистку заусенцев и контроль.

В настоящее время все технологические операции процесса литья под давлением автоматизированы, а заливка металла, извлечение отливки из формы и отделение литниковой системы от отливки - роботизированы.

При литье под давлением применяют машины-автоматы, а также автоматизированные комплексы.

Для уменьшения газовой пористости и повышения плотности заливаемого металла при литье под давлением применяют вакуумирование пресс-форм, предварительное заполнение рабочей полости формы кислородом (кислородный процесс), заполнение рабочей полости жидким металлом с подпрессовкой в процессе его затвердевания.

Достоинства процесса:

- высокие точность (припуски на обработку составляют 0,3-1 мм, уклоны менее 1 градуса) и качество поверхности отливки, в ряде случаев исключают последующую механическую обработку;

- возможность получения тонкостенных отливок (толщиной 1-1,5 мм) и точных литых отверстий (диаметром до 1,5-2 мм), а также отверстий с резьбой (до М6);

- минимальный объем финишной обработки отливок;

- высокая производительность (на машинах с горячей камерой прессования - до 300 циклов в час, с холодной - до 100 циклов в час);
- возможность полной автоматизации и роботизации;
- отсутствие формовочных и строжневых материалов и их переработки, а также отсутствие неперерабатываемых отходов производства;
- резкое улучшение условий труда по сравнению с литьем в песчаные, оболочковые и металлические формы.

Недостатки процесса:

- наличие газовой пористости в массивных частях отливок, что влечет снижение их механической прочности, а также не допускает упрочняющие виды термообработки;
- высокая стоимость технологической оснастки (пресс-форм) и оборудования, в результате чего процесс рационален только в условиях массового производства;
- проблематичность литья под давлением отливок из черных сплавов;
- ограничение отливок по размерам (до 1000 мм в плоскости разъема формы) и массе (до 50 кг для алюминиевых сплавов).

3.5. Центробежное литьё

При центробежном способе литья расплавленный металл заливают во вращающуюся форму. Процессы заливки металла, а также его кристаллизации протекают под влиянием центробежных сил.

Центробежная сила прямо пропорциональна массе вращающегося тела, расстоянию от оси вращения и квадрату числа оборотов.

Скорость вращения литейной формы - до 1500 оборотов в минуту. При центробежном литье используют металлические, керамические (по выплавляемым моделям), оболочковые, резиновые, а также песчаные формы, в том числе сырые песчано-глинистые формы. Ось вращения литейной формы может быть вертикальной, горизонтальной или наклонной.

Функциональная модель ТП изготовления отливки центробежным способом представлена на рисунках 3.18., 3.19., 3.20., технологические схемы центробежного литья с вертикальной и горизонтальной осями вращения формы - на рис. 3.21. Для реализации способа применяют соответствующие центробежные машины.

При вращении литейной формы вокруг вертикальной оси свободная поверхность жидкости (расплавленного металла) приобретает форму параболлоида вращения. При вращении литейной формы вокруг горизонтальной оси свободная поверхность вращающейся жидкости (расплавленного металла) имеет правильную цилиндрическую форму, но ось этой поверхности смещена кверху по отношению к оси вращения формы. Однако по мере затвердевания металла

эксцентриситет постепенно уменьшается и в затвердевшей отливке полностью отсутствует.

При необходимости во вращающуюся металлическую форму вставляют песчаные стержни, с помощью которых можно получать сложные наружные или внутренние поверхности отливки.

Для регулирования температуры металлических форм используют водяное, как правило, струйное охлаждение.

Центробежным способом получают тела вращения (кольца, втулки, гильзы цилиндров двигателей, маслоты, т.е. заготовки для поршневых колец, вкладыши для подшипников, трубы), а также фасонные отливки из стали, чугуна, алюминиевых, магниевых, медных и цинковых сплавов. Этим способом отливают также цилиндрические трёх- и двухслойные (биметаллические) заготовки (валки прокатных станов, втулки подшипников). Многослойные заготовки получают последовательной заливкой во вращающуюся форму нескольких (различных) сплавов. Известен способ центробежного литья в металлические футерованные формы, покрытые разовой тонкостенной футеровкой из песчано-глинистой формовочной смеси. Толщина футеровки - до 50мм. Используют также процесс центробежного литья под слоем флюса.

При получении центробежным способом фасонных заготовок используют, как правило, песчано-глинистые, оболочковые формы, а также формы по выплавляемым моделям и др.

Масса литых заготовок при центробежном литье составляет от нескольких десятков грамм (при литье в резиновые формы) до 60т, диаметр - до 1500мм, длина - до 10м (2,4,5,6,7,10,11,12,13,18,19).

В качестве примера рассмотрим технологический процесс центробежного литья в металлических формах цилиндрических пустотелых заготовок.

Как видно из рис. 3.19. процесс изготовления отливки центробежным способом включает семь основных этапов, при этом специфику способа определяют в основном второй, третий, четвертый и пятый этапы. Рассмотрим их более подробно.

Второй этап - подготовить центробежную форму. Он в свою очередь (рис.3.20), разделен на шесть технологических операций: подогреть центробежную форму, окрасить центробежную форму, выдержать центробежную форму для подсушки краски, изготовить песчаные стержни, собрать центробежную форму, привести форму во вращение. Как видно, первые пять операций аналогичны операциям при литье в металлические неподвижные формы с песчаными стержнями.

Шестая операция - собрать центробежную форму - имеет некоторые особенности. Форму обдувают сжатым воздухом, вставляют при необходимости песчаные стержни, снова обдувают сжатым воздухом для удаления песчинок, затем торцевую часть центробежной формы (изложницы) закрывают специальной торцевой крышкой с центральным отверстием. Иногда торцевую крышку зажимают специальным центробежным затвором.

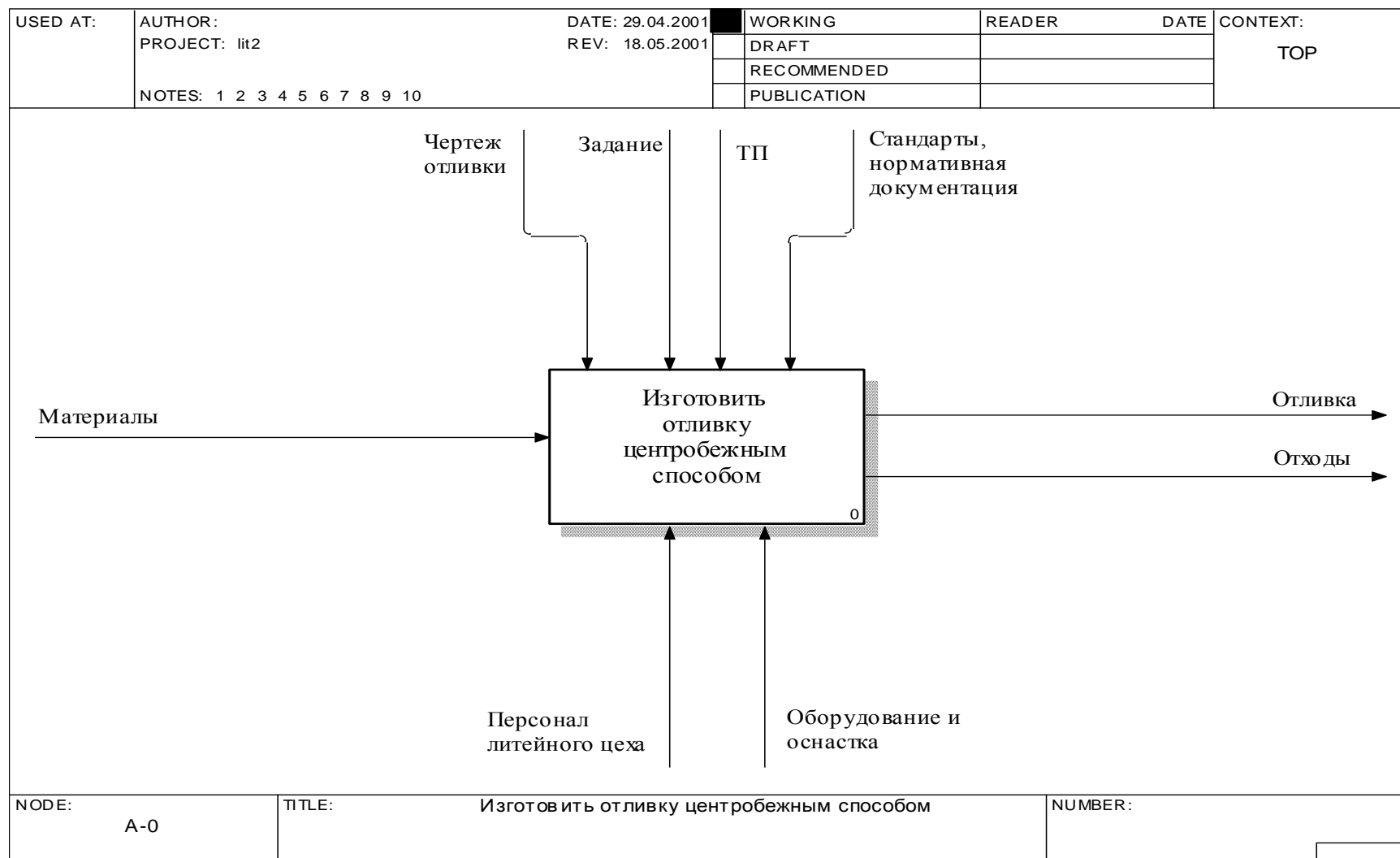


Рис. 3.18 Функциональная модель ТП центробежного литья: диаграмма А-0 – постановка задачи

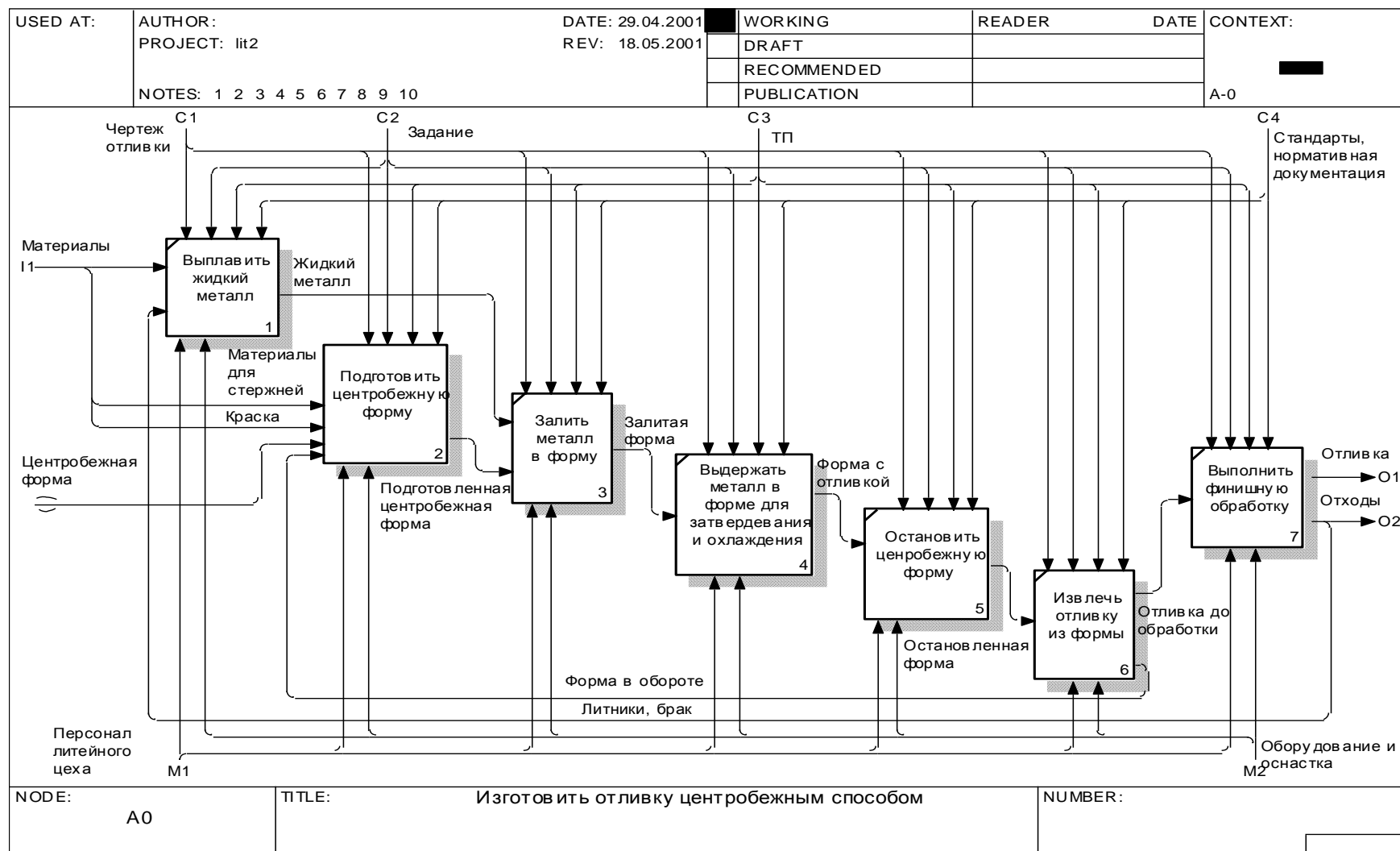


Рис. 3.19 Функциональная модель ТП центробежного литья: диаграмма А0 – основные этапы ТП

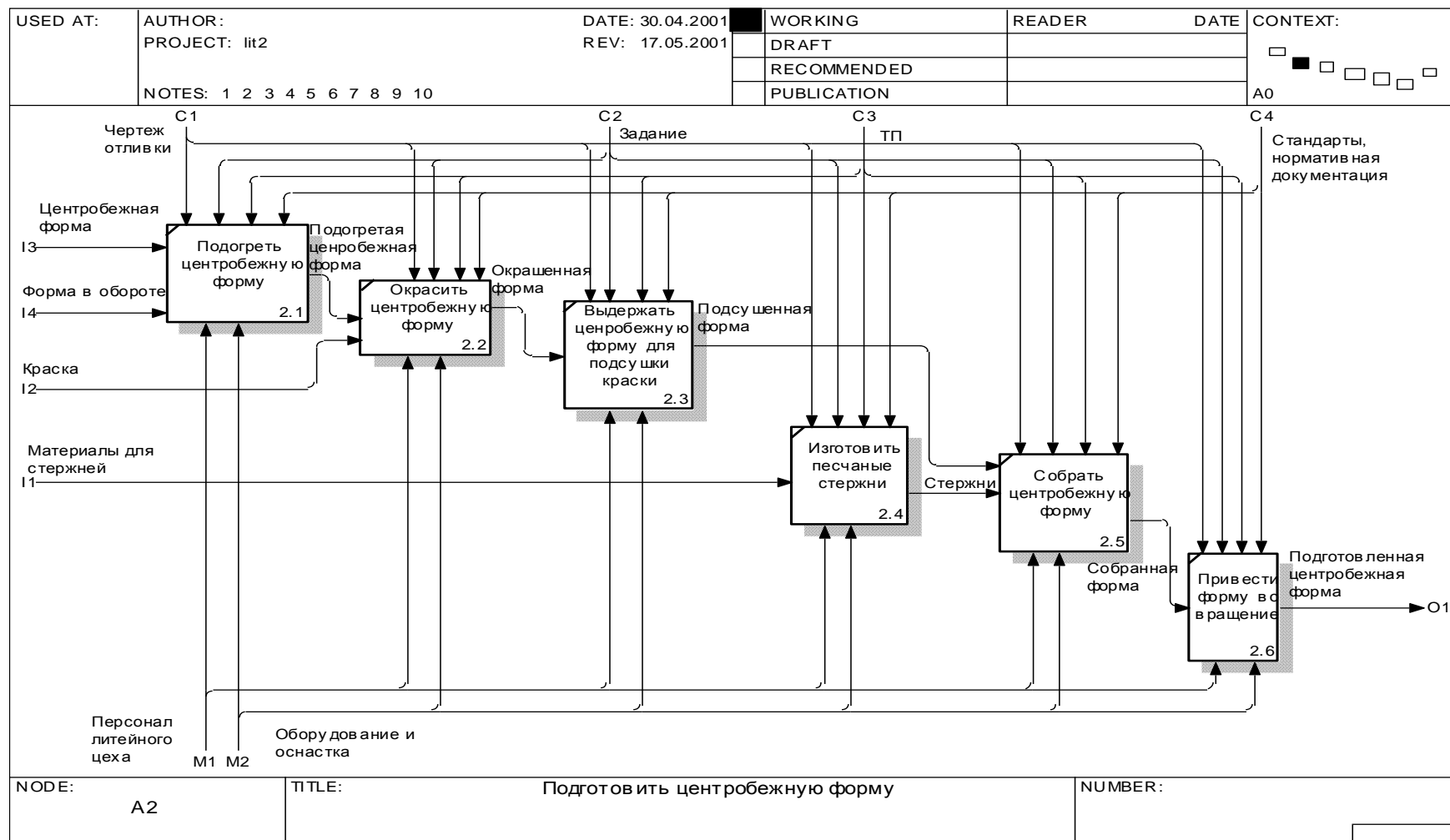
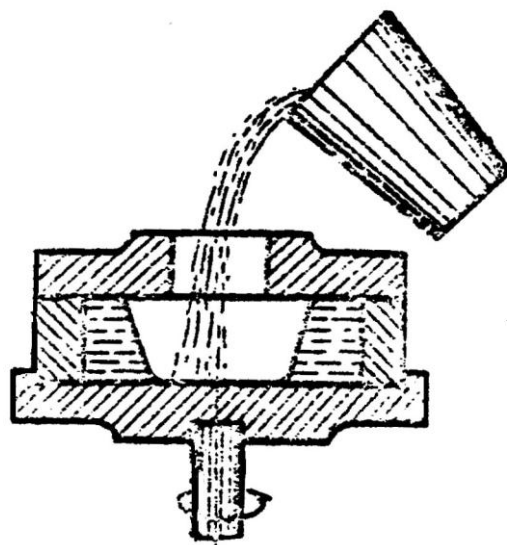
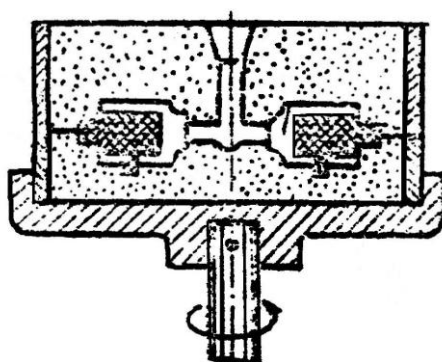


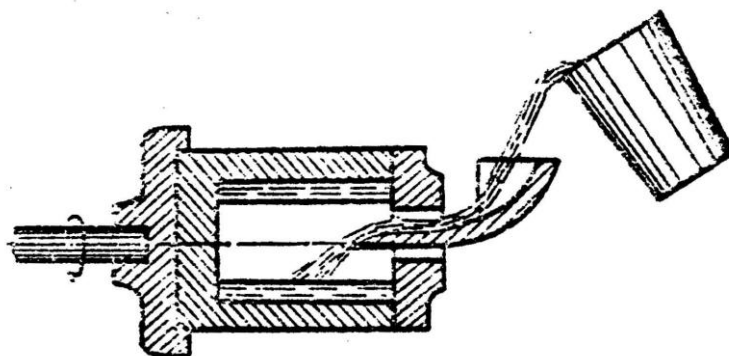
Рис. 3.20 Функциональная модель ТП центробежного литья: диаграмма A2 – подготовить центробежную форму(основные операции ТП)



а)



б)



в)

Рис. 3.21. Технологические схемы центробежного литья с вертикальной (а, б) и горизонтальной (в) осями вращения.

Шестая операция - собрать центробежную форму - имеет некоторые особенности. Форму обдувают сжатым воздухом, вставляют при необходимости песчаные стержни, снова обдувают сжатым воздухом для удаления песчинок, затем торцевую часть центробежной формы (изложницы) закрывают специальной торцевой крышкой с центральным отверстием. Иногда торцевую крышку зажимают специальным центробежным затвором.

Седьмая операция - привести форму во вращение. Литейную формы раскручивают до заданной скорости электрическим двигателем. Центробежные машины снабжаются фрикционным приводом, вариатором скоростей или коробкой передач.

Третий этап - заполнить форму жидким металлом. Он включает такие операции, как : ввести в форму заливочный желоб, залить в форму дозу металла, извлечь желоб из полости вращающейся формы. Заливочный желоб вводят в рабочую полость вращающейся формы через центральное отверстие в торцевой крышке, с помощью специального механизма.

При отливке коротких тел вращения расплавленный металл заливают во вращающуюся форму по неподвижному желобу. При производстве длинных тел вращения (трубы чугунные) металл заливают во вращающуюся форму с помощью подвижного желоба, перемещающегося вдоль оси формы. Дозирование металла осуществляется либо с помощью мерного ковша, либо непосредственным взвешиванием заливаемого в форму металла. Процесс заполнения металлом рабочей полости формы происходит под влиянием гравитационных и центробежных сил: расплавленный металл отжимается к стенкам вращающейся формы, образуя свободную внутреннюю цилиндрическую поверхность. При этом имеет место непрерывная пульсация жидкого металла вдоль стенок вращающейся формы.

После заливки металла заливочный желоб из полости формы извлекают.

Четвертый этап - выдержать металл во вращающейся форме для затвердевания и охлаждения. Затвердевание отливки во вращающейся форме также происходит при воздействии гравитационных и центробежных сил. Формирование толщины стенки отливки происходит от стенки формы к свободной поверхности, которая затвердевает последней. По мере увеличения толщины стенки отливки эксцентриситет свободной поверхности уменьшается. Пульсация жидкого металла относительно затвердевшего слоя, а также большая теплоотдача вращающейся формы способствуют формированию мелкозернистой структуры отливки, увеличению ее механических свойств.

Однако под влиянием центробежных сил усиливается ликвация (неоднородность структуры, неравномерность распределения примесей по сечению стенок отливки), кроме того на свободной поверхности отливки сосредотачиваются неметаллические включения и газовые раковины.

Точность внутренней поверхности отливки находится в прямой зависимости от точности дозирования заливаемого металла. Внутренняя поверхность отливки имеет, как правило, высокую шероховатость.

Пятый этап - остановить центробежную форму. После охлаждения отливки до заданной температуры вращающуюся форму останавливают.

Шестой этап - извлечь отливку из формы. Для извлечения отливки из формы снимают, либо отводят на шарнирах торцевую крышку формы, затем включают механизм выталкивания отливки из формы. Изложницу готовят к следующему циклу литья.

Седьмой этап - выполнить финишную обработку. При центробежном литье в металлическую изложницу объем финишной обработки резко сокращается. Полностью отсутствуют работы по отделению от отливок литниковой системы, (литниковая система отсутствует), резко уменьшается трудоемкость зачистки заусенцев, так как форма не имеет плоскости разъема. Очистка отливки необходима лишь при использовании песчаных стержней.

Достоинства центробежного литья:

- возможность получения пустотелых отливок без стержней;
- экономия металла (до 30 и более процентов) на литниковой системе;
- повышенные механические свойства наружных слоев отливки;
- возможность получения многослойных (в том числе биметаллических) цилиндрических заготовок;
- возможности получения тонкостенных отливок при литье с вертикальной осью вращения;
- возможность полной автоматизации и роботизации ;
- относительно благоприятные условия труда.

Недостатки центробежного литья:

- низкие точность и качество внутренней поверхности отливок;
- высокая неоднородность структуры металла (ликвация);
- ограничение номенклатуры отливок (телами вращения) при литье с горизонтальной осью вращения формы;
- низкая стойкость изложниц при литье черных сплавов;
- недостаточная производительность при литье небольших отливок на машинах с горизонтальной осью вращения (10...15 отливок в час);
- образование отбела при литье чугуна в металлические вращающиеся формы-изложницы.

Приложения

Приложение 1

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Цель лабораторной работы - получить знания по основам литья в песчано-глинистые формы и специальных способов литья, необходимые при выборе рациональных технологий, в зависимости от конкретных условий производства.

2. Лабораторная работа включает два раздела: «Технологический процесс литья в песчано-глинистую форму» и «Специальные способы литья».

3. До проведения лабораторной работы студенты самостоятельно изучают настоящие «Методические указания».

4. Лабораторная работа выполняется под руководством преподавателя и состоит из вводной демонстрационной беседы и самостоятельной индивидуальной работы студентов.

5. Во вводной демонстрационной беседе по обоим разделам работы даётся краткая информация о сущности процесса литья и месте литейного производства в сфере машиностроения, об особенностях литых заготовок и их основных отличиях от деталей, об устройстве литейной формы и её элементах, литейной оснастке, формовочных материалах и смесях, технологии изготовления стержней и песчано-глинистой формы, специальных способах литья, их достоинствах и недостатках, о порядке разработки технологического процесса литья.

Беседа сопровождается демонстрацией плакатов, а также конкретных экспонатов по литейному производству: отливки «Втулка» с литниковой системой; других отливок, полученных литьём в песчано-глинистые формы; моделей деревянных и металлических; стержневых ящиков; опок и подмодельных плит с моделями; формовочной и оболочковой смесей; керамических, оболочковых и металлических форм; отливок, полученных специальными способами литья - по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, в кокиль, под давлением.

На дополнительных, а также факультативных занятиях могут проводиться демонстрационные работы по изготовлению формовочной смеси, плавке металла в муфельной печи и его заливке в песчано-глинистую форму.

6. Для закрепления полученных знаний каждый студент получает индивидуальное задание в виде чертежа несложной детали, для которой он должен разработать чертёж отливки, а также эскизы трёх-четырёх литейных форм: песчано-глинистой (в двух проекциях) и двух-трёх литейных форм для специальных способов литья. Кроме того, для песчано-глинистой формы необходимо выполнить эскиз одной из технологических операций её изготовления (по заданию преподавателя).

7. Основные технологические решения по выполнению индивидуального задания студенты разрабатывают самостоятельно с учётом рекомендаций по приложению 2, а также консультируясь при необходимости с преподавателем.

8. Отчёт по лабораторной работе оформляется на специальном бланке. Требования к оформлению отчёта приведены в приложении 3.

Рекомендации по разработке чертежа отливки и эскизов литейных форм для различных способов литья

1. Разработка чертежа отливки

Чертёж отливки разрабатывается на основании чертежа детали. Сначала анализируется геометрическая форма детали, требования к точности и качеству поверхности, толщина стенок, габариты и масса детали, материал и его литейные свойства, серийность производства, рассматриваются варианты расположения отливки в форме.

На основании результатов анализа принимается решение об оптимальном положении отливки в форме (о положении плоскости разъёма формы).

После этого тонкими линиями на чертеже детали наносят припуски на механическую обработку, литейные уклоны и литейные радиусы, принимают решение о целесообразности получения литых отверстий небольших диаметров (менее 20мм). На чертеже отливки контуры обрабатываемых поверхностей, отверстий и выточек, которые в литье не выполняются, вычерчивают сплошной тонкой линией. После этого окончательно оформляют чертёж отливки, обводя контурные линии, штриховку, проставляют все необходимые размеры отливки (рис. 1.9,б).

2. Разработка эскиза песчано-глинистой формы

Разработка эскиза песчано-глинистой формы включает следующие основные этапы: определение положения отливки в форме, определение границ и количества в форме песчаных стержней (внутренних и наружных) и их знаков, расположение заданного числа отливок в форме, выбор мест подвода металла к отливке и схемы литниковой системы в целом, выбор мест установки выпоров и прибылей, окончательное оформление эскиза песчано-глинистой формы в 2-х проекциях в выбранном масштабе (рис. 2.1).

2.1. Определение расположения отливки в форме

При определении положения отливки в форме следует руководствоваться следующими правилами: отливку размещать по возможности в одной (желательно нижней) полуформе; высота отливки в форме должна быть минимальной; обрабатываемые поверхности отливки должны быть обращены книзу или расположены вертикально; большие горизонтальные поверхности отливки располагать в нижней полуформе; модель из формы должна легко извлекаться и по

возможности не иметь отъемных частей; количество применяемых стержней (в том числе наружных) должно быть минимальным; желательно, чтобы поверхность разъема формы была плоской; болваны песчаной формы располагать в нижней полуформе; ось симметрии симметричных отливок располагать в плоскости разъема формы.

Возможные варианты расположения плоской отливки в форме показаны на рис. П.1. Наиболее рациональными являются варианты 1,2,3.

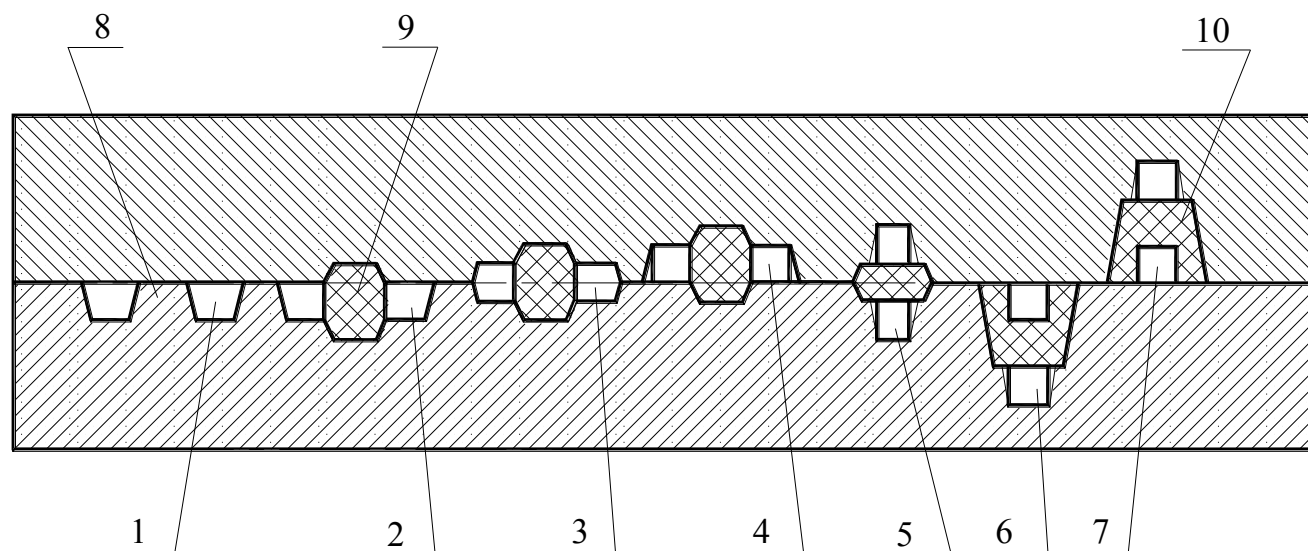


Рис П.1. Возможные варианты расположения плоской отливки с отверстием в форме: 1...7 возможные варианты, 8 – болван, 9 стержень цилиндрический, 10 – стержень сложный.

2.2. Определение количества и геометрической формы литейных стержней

Количество стержней в литейной форме должно быть минимальным. Стержни должны быть по возможности цельными (без склейки), что повышает точность отливки. Знаки стержней должны иметь необходимую для фиксации в форме длину (20...100 мм.) и уклоны (10° - нижние, 15° - верхние). Наружные стержни применяют для формирования выступов или впадин (отверстий) на наружных вертикальных стенках отливки, а также для обеспечения при необходимости на этих поверхностях обратных уклонов. Размеры знаков стержней регламентируются стандартами.

2.3. Расположение отливок в форме

Количество отливок в литейной форме зависит от габаритов и массы отливок, их геометрической сложности, величины стержневых знаков, типа про-

изводства (серийности), вида сплава, размера применяемых в цехе опок. Расположение отливок в форме должно обеспечивать минимальный расход металла на литниковую систему. Поэтому расстояния между отливками должны быть по возможности минимальными. Однако при этом не должно быть разрушения формы при её заливке металлом. Расстояние от края отливки до стенки опоки составляет от 20 до 30 мм для мелких отливок и от 100 до 200 мм - для крупных, расстояние от отливки до нижней плоскости формы - соответственно, от 50...75 мм до 175 ...200 мм, расстояние от отливки до верхней плоскости формы - от 35 ...60 мм до 150 ...200 мм. Расстояние между отливками должно составлять 0,5 от максимальной высоты модели в полуформе. Размеры и конструкция опок регламентируются стандартами.

2.4. Разработка схемы литниковой системы

Литниковая система включает литниковую чашу, стояк, зумпф, шлакоуловитель, питатели, выпоры, прибыли. Длина, а также другие размеры элементов литниковой системы должны быть минимальными. Сечения основных элементов обычно рассчитываются. Независимо от количества отливок в литейной форме металл ко всем отливкам подводится через единую литниковую систему. В форме располагают отливки одного наименования. Число питателей и место подвода металла ко всем отливкам должны быть одинаковыми. Подвод металла в тонкое место способствует выравниванию скорости затвердевания различных по толщине частей отливки. Подвод металла в массивную часть отливки позволяет создать в ней направленное затвердевание, но при этом, как правило, возникает необходимость в установке в форме прибылей.

В форме с горизонтальной плоскостью разъёма шлакоуловители располагают в верхней полуформе, зумпф и питатели - в нижней. Некоторые варианты литниковой системы, в зависимости от расположения отливок в форме, представлены на рис.П.2.

К небольшим простым отливкам (массой до 10кг) металл подводят через 1...2 питателя, к средним тонкостенным (массой до 50кг) - через 4...6 питателей, к крупным (массой свыше 50кг) - через десятки питателей. На вертикальном разрезе песчано-глинистой формы, в выбранном масштабе, следует показать расположение отливок по отношению к плоскости разъёма формы, песчаные стержни и их знаки, основные элементы литниковой системы, вентиляционные наколы, опоки, штыри, груз.

На виде сверху (при условно снятой верхней полуформе) следует показывать рабочую полость формы, стержни со знаками, питатели, зумпф, условно шлакоуловитель (штрих-пунктирной линией), а также нижнюю опоку (рис. 2.1).

3. Эскизы форм для специальных видов литья

3.1. Форма для литья по выплавляемым моделям

Следует изобразить эскиз керамической формы для получения не менее 2-х отливок в "ёлочке" (рис.П.3).

3.2. Оболочковая форма

Эскиз оболочковой формы необходимо изобразить для получения 1-2-х заданных отливок, желательно в 2-х проекциях, как минимум - дать вертикальный разрез формы. В разрезе необходимо показать плоскость разъема формы, канавку для склейки, расположение в форме отливок и стержней, контейнер с чугунной дробью.

На виде сбоку показать расположение рабочих полостей и стержней, устройство литниковой системы, канавку для склейки, контейнер с дробью (рис.П.4).

3.3. Металлическая форма (кокиль)

Эскиз металлической формы необходимо изобразить для получения 1-2-х заданных отливок. В разрезе необходимо показать плоскость разъема формы, рабочие полости формы, стержни, толкатели, стенки металлической формы. Желательно дать вид сбоку (на плоскость разъема металлической формы) с расположением в форме отливок и литниковой системы (рис.П.5).

3.4. Форма для литья под давлением

Эскиз формы (вертикальный разрез) необходимо изобразить для получения 1-2-х заданных отливок. В разрезе необходимо показать рабочие полости формы, металлические стержни, толкатели, камеру прессования, литниковую систему. Камера прессования может быть вертикальной или горизонтальной.

При невозможности извлечения металлического стержня из заданной отливки необходимо изменить ее внутренние контуры, или сделать стержень разъемным (рис.П.6).

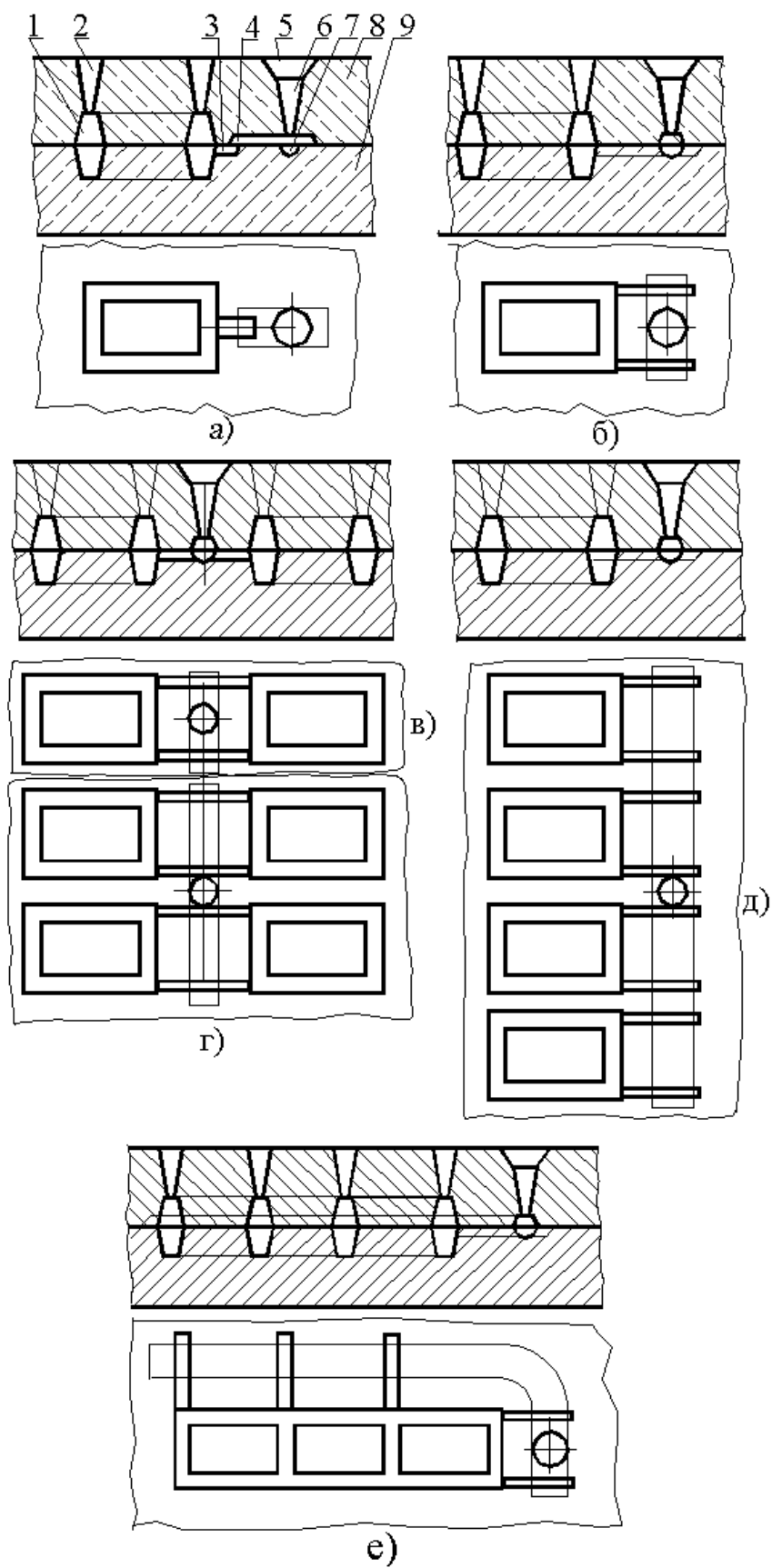


Рис. П.2. Варианты литниковой системы

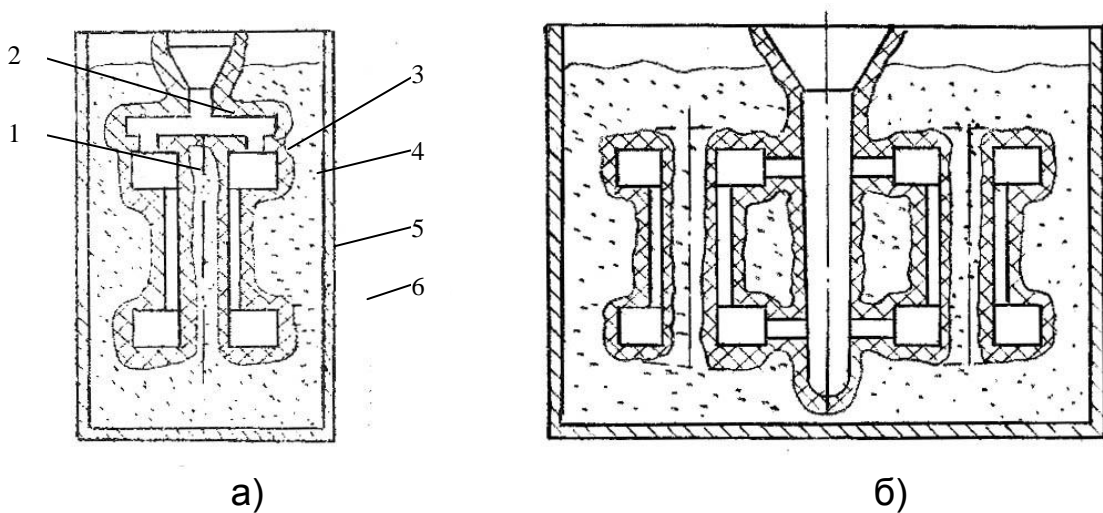


Рис.П.3. Форма для литья по выплавляемым моделям – одноместная (а) и многомestная “ёлочка” (б): 1 – рабочая полость формы, 2 – литниковая система, 3 – питатель, 4 – стенка формы, 5 – песок кварцевый, 6 – контейнер.

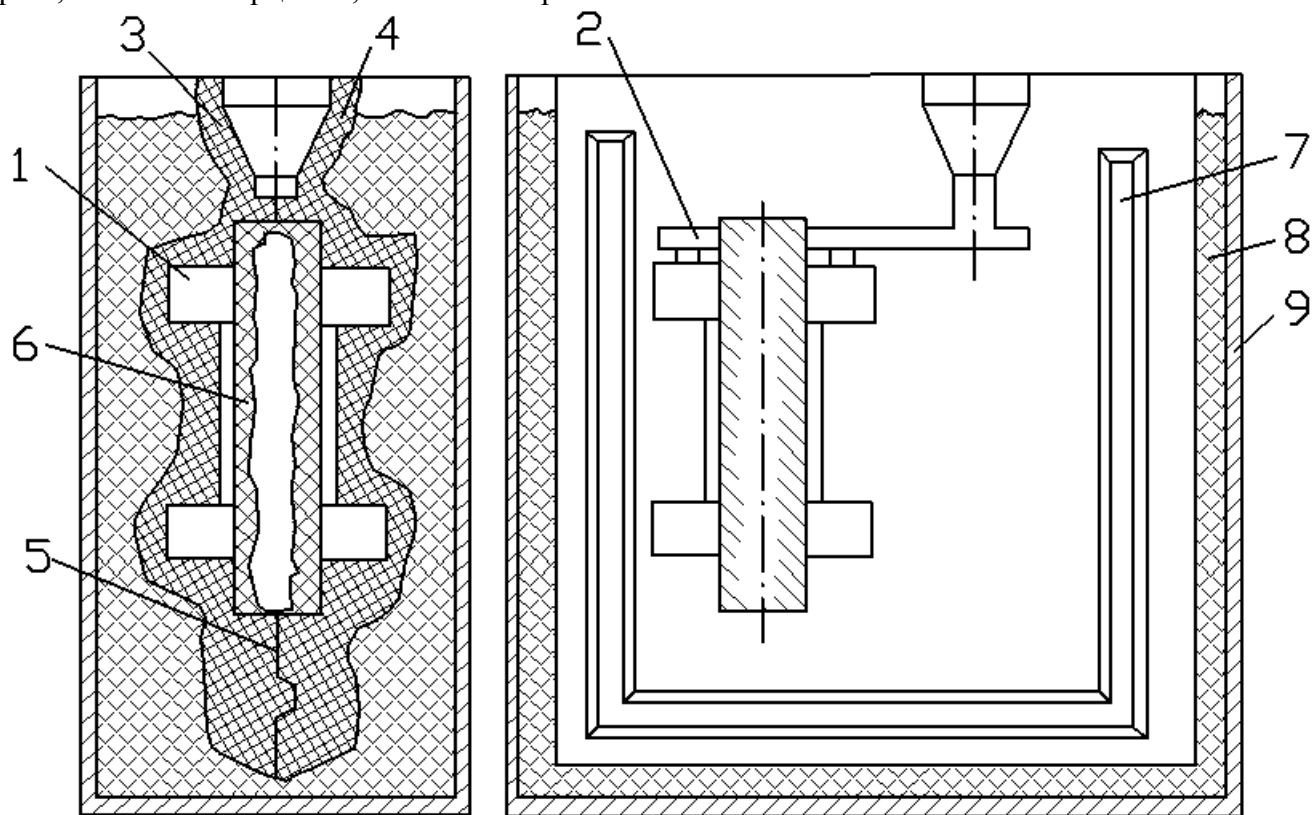


Рис. П.4. Оболочковая форма : 1 – рабочая полость формы, 2 – литниковая система, 3,4 – полуформы, 5 – плоскость разъема формы, 6 – стержень оболочковый, 7 – канавка для склейки, 8 – дробь чугунная, 9 – контейнер

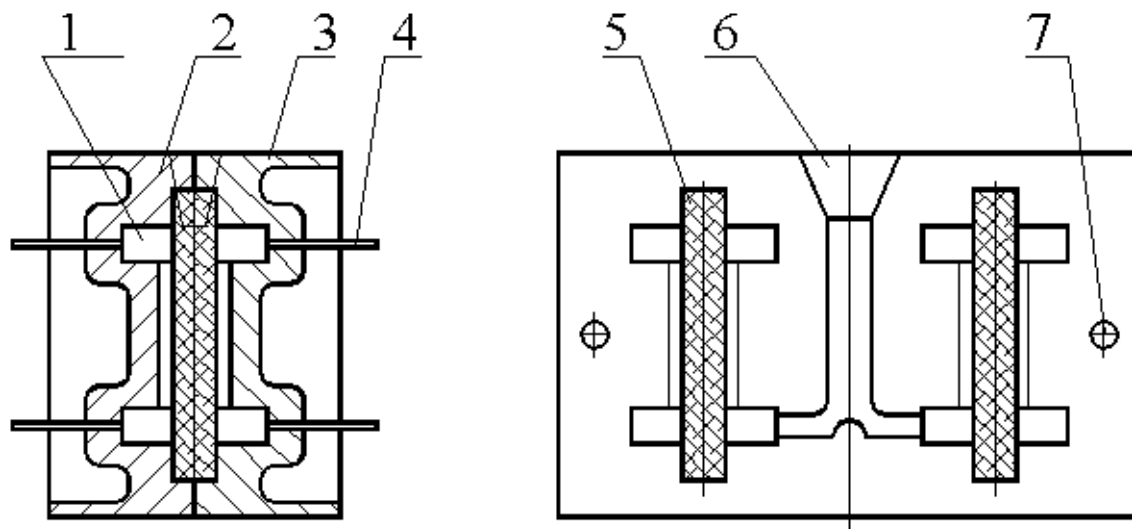


Рис. П.5. Металлическая форма (кокиль): 1 – рабочая полость формы, 2 – полуформа неподвижная, 3 – полуформа подвижная, 4 – толкатель, 5 – стержень песчаный, 6 – литниковая система, 7 – центрирующее отверстие

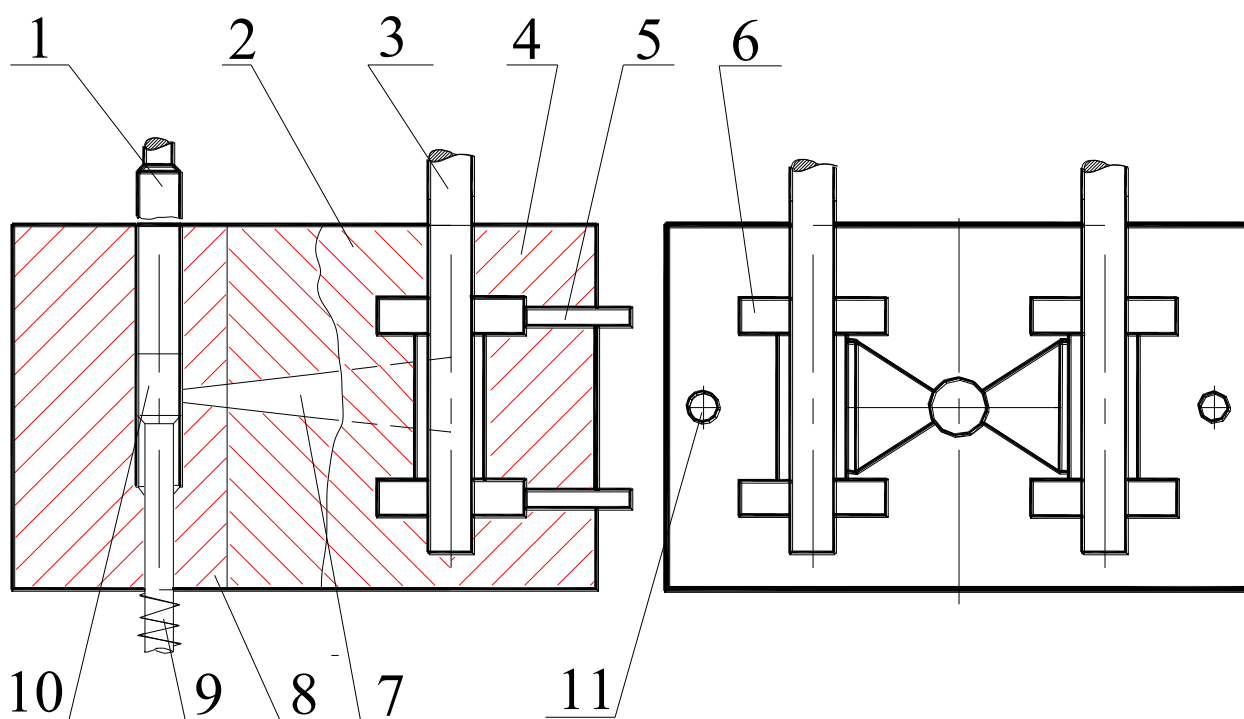


Рис. П.6. Пресс – форма для литья под давлением с вертикальной холодной камерой прессования: 1 – верхний прессующий поршень, 2 – полуформа неподвижная, 3 – стержень металлический, 4 – полуформа подвижная, 5 – толкатель, 6 – рабочая полость формы, 7 – литниковая система, 8 – камера прессования, 9 – пружина, 10 – нижний выталкивающий поршень, 11 – отверстие центрирующее

3.5. Форма для центробежного литья.

Эскиз формы (вертикальный разрез) необходимо изобразить для получения 1-2-х заданных отливок. Ось вращения формы может быть вертикальной или горизонтальной. Для получения наружной поверхности отливки в металлических формах с горизонтальной осью вращения можно применять песчаные стержни. На эскизе формы изобразить рабочую полость, песчаные стержни, желоб для заливки металла, переднюю торцевую стенку формы, выталкиватель (рис.П.7).

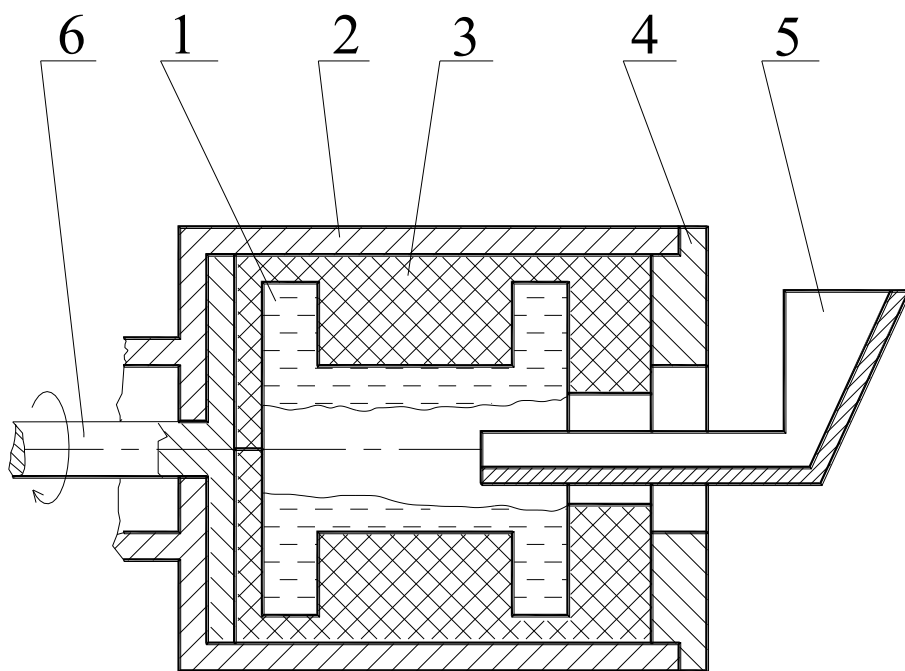


Рис. П.7. Форма металлическая для центробежного литья с горизонтальной осью вращения: 1 – отливка, 2 – форма металлическая, 3 – стержень песчаный разъемный, 4 – крышка торцевая, 5 – желоб для заливки, 6 – шток выталкивателя

Приложение 3

Требования к оформлению отчета по лабораторной работе

1. Отчет по лабораторной работе оформляется на специальном бланке, содержащем контрольные вопросы, а также примеры эскизов литейных форм для изучаемых способов литья.

2. Отчет по лабораторной работе включает два раздела: "Технологический процесс литья в песчано-глинистые формы" и "Специальные способы литья".

3. В первом разделе отчета необходимо письменно сформулировать сущность процесса литья, назвать основные элементы литейной формы и их назначение, назвать виды литейной оснастки, привести состав формовочной смеси, назвать материалы для изготовления литейных моделей, а также основные отличия отливки от детали и модели от отливки, дать перечень операции изготовления песчано-глинистой формы, назвать основные достоинства и недостатки литья в песчано-глинистые формы.

В соответствии с индивидуальным заданием чертеж отливки в выбранном масштабе необходимо разместить на 2-ой странице бланка отчета (п.1.8). Отливка должна иметь припуски на обработку (при необходимости), литейные уклоны и литейные радиусы, а также все необходимые для её изготовления размеры. Чертеж детали выполнить на дополнительном листе.

Эскиз песчано-глинистой формы (в 2-х проекциях), необходимо изобразить на дополнительном листе (листах) в выбранном масштабе.

4. Во втором разделе отчета необходимо назвать изображенные на странице 3 литейные формы для специальных способов литья и их основные элементы, а также привести (или знать устно) составы исходных материалов, применяемых для изготовления форм, основные технологические операции, достоинства и недостатки каждого специального способа литья.

В соответствии с индивидуальным заданием на дополнительных листах дать эскизы литейных форм для получения заданной отливки двумя-тремя указанными способами литья по указанию преподавателя.

5. Дополнительные листы (желательно формата А4) обязательно сшиваются с основными бланками отчета.

6. Текстовая часть отчета может быть написана от руки чернилами, отпечатана на пишущей машинке или на компьютере. Ксерокопии не допускаются.

7. Графическая часть отчета (чертежи отливки и детали, эскизы литейных форм) выполняются карандашом, шариковой ручкой или фломастером обязательно под линейку в принятом масштабе с соблюдением основных правил выполнения чертежей и штриховки. Использование для выполнения чертежей и эскизов ксерокопирования, "синек", компьютеров не допускается.

8. При защите отчета студент должен знать: сущность изученных процессов литья, терминологию, устройство литейных форм, их элементы, достоинств

ва и недостатки процессов, основные технологические операции и их параметры (режимы), материалы, применяемые для реализации изучаемых технологических процессов.

Список литературы

1. Из истории русского литья. Проспект Международной выставки литейного оборудования и материалов, "Интерлитмаш-88".
2. Технология металлов и других конструкционных материалов. Минск, "Вышэйшая школа", 1983 г.
3. Методология структурного анализа и проектирования. Д .А . Марка , К . М . Гоуэн. -Пер. с англ. - М.,- Мета Технология , 1993, 240 с.
4. Технология конструкционных материалов. Под общей редакцией А.М.Дальского. 2-е издание, М."Машиностроение", 1981 г.
5. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебник для вузов /Солнцев Ю.П ., Веселов В. А ., Демянцевич В .П., Кузин А .В ., Чашников Д .И./ -2-е изд., перераб. и доп .- М .: МИСИС, 1996-576с.
6. Производство отливок из сплавов цветных металлов /Курдюмов А .В., Пикунов М .В., Чурсин В .М., Бибииков Е .Л./ 2-е издание., доп. перераб.- М.: МИСИС, 1996-504с.
7. Технологические процессы машиностроительного производства / Копыленко Ю.В., Седов Ю.Е., Павлов В.В., Схиртлодзе А .Г. и др - М.: МГТУ «Станкин» 1993 - 211с.
8. Кокильное литье. Справочное пособие. / Дубинин Н.П. и др. / - М.: Машиностроение, 1967 - 460с., ил.
9. Литье в кокиль. Под редакцией Вейника А .И. - М.: Машиностроение, 1980 - 415с.
10. Справочник по чугунному литью. Под ред. д-ра техн. наук Н.Г. Гиршовича - 3-е изд. Перераб. и доп. - Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1978-758с., ил.
11. Современные литейные формы. М.Н. Сосненко - 2-е изд. Перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1967 - 287с., ил.
12. Специальные виды литья. / Рубцов Н.Н. / - М.: МАШГИЗ, 1955 - 331с., ил.
13. Производство заготовок в машиностроении. Л.: Машиностроение, 1987 - 256с., ил.
14. Основы технологии машиностроения. Е.И.Макаринский, В.А.Горохов. / Учебник - Мн. "Вышэйшая школа", 1997 г., 423 с.: ил..
15. Справочник технолога-машиностроителя, в 2-х томах. Под редакцией А.Т.Косиловой и Р.К.Мещерякова. М."Машиностроение" 1985г.
16. Формовочные и стержневые смеси. / Ю.Ф. Боровский, М.И. Шацких / выпуск 2: - Л.: Машиностроение, 1980 - 86с., ил.
17. Технологические режимы литья под давлением. А .К..Белопухов - М.: Машиностроение, 1967 - 240с., ил.
18. Технология изготовления стальных отливок. / Б. Н. Ладыженский, В.П. Тунков / - М.: «Машгиз», 1958.

19. Теория литейных процессов. Учебное пособие для вузов. / Б.Б. Гуляев
/ - Л.: Машиностроение, (Ленинградское отделение) 1976.