

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

В.Ф.ОДИНОЧКО, С.Л.РОВИН

# Введение в инженерное образование

Презентация к лекционному курсу по учебной дисциплине  
«Введение в инженерное образование»  
для студентов специальности 1-36 02 01  
«Машины и технология литейного производства»

Учебный электронный материал

Минск ♦ БНТУ ♦ 2019

УДК 621.74 (075.8)

ББК 34.61я7

О-42

Составители:

В.Ф.Одиночко, доцент кафедры «Машины и технология литейного производства» БНТУ, доцент, к.т.н.;

С.Л.Ровин, заведующий кафедрой «Машины и технология литейного производства» БНТУ, доцент, д.т.н.

Рецензент:

Садоха М.А., заместитель директора по научной работе ОАО БЕЛНИИЛИТ, к.т.н., доцент,

В рамках учебной дисциплины рассматривается информация о инженерном деле и технических науках; показана история развития литейных технологий и роль литейного производства в машиностроении; рассмотрены основные виды литейной продукции и основные технологии изготовления отливок. Также излагаются сведения о кафедре «Машины и технология литейного производства» и перспективах её развития, сведения о многоуровневой системе образования в РБ и требования к студентам обучающимся в БНТУ.

Электронный материал представлен в виде презентации и предназначен для использования в качестве дополнительного источника информации и иллюстративного материала при изложении специальной дисциплины «Введение в инженерное образование» для студентов обучающихся по специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства».

Белорусский национальный технический университет  
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел.(017) 292-77-52 факс (017) 292-91-37  
Регистрационный № БНТУ/МТФ 32 – 92.2019

© БНТУ, 2019

© Одночко В.Ф., Ровин С.Л., 2019

© Одночко В.Ф., компьютерный дизайн, 2019

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 Многоуровневая система высшего образования.....	10
2 Основные цели и задачи учебных дисциплин.....	13
3 История создания кафедры МиТЛП, перспективы выпускников кафедры.....	17
4 Литейное производство.....	24
4.1 Из истории литейного производства.....	24
4.2 Знаменитые отливки в истории человечества.....	51
4.3 Современные статуарные отливки в республике Беларусь.....	62
4.4 Литейное производство – основная заготовительная база машиностроения.....	69
5 Литейные сплавы и процессы формирования отливок.....	76
6 Основы технологии получения отливок в разовых песчаных формах.....	90
6.1 Исходные материалы.....	90
6.2 Основы технологии получения отливок в разовых формах из песчаных-глинистых смесей (ПГС).....	94
7 Основные представления о специальных способах литья.....	110
7.1 Литьё в многоразовые формы.....	113
7.1.1 Особенности литья в кокиль.....	113
7.1.2 Особенности литья под давлением (ЛПД).....	117
7.2 Литьё по выплавляемым и газифицируемым моделям .....	121
7.2.1 Особенности литья по выплавляемым моделям (ЛВМ).....	121
7.2.2 Особенности литья по газифицируемым моделям (ЛГМ).....	128
8 Непрерывное литье (НЛ).....	133
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	135

# ВВЕДЕНИЕ

Учебная дисциплина «Введение в инженерное образование» является первой учебной специальной дисциплиной при подготовке студентов по специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства».

В рамках учебной дисциплины рассматривается информация о инженерном деле и технических науках; показана история развития литейных технологий и роль литейного производства в машиностроении; рассмотрены основные виды литейной продукции и основные технологии изготовления отливок.

Также излагаются сведения о кафедре «Машины и технология литейного производства» (МиТЛП) и перспективах её развития, сведения о многоуровневой системе образования в РБ и требования к студентам обучающимся в БНТУ.

Основные заповеди студентам для успешного обучения:

1. Упорно овладевайте знаниями, изучайте общеобразовательные и специальные дисциплины.
2. Читайте научно-техническую литературу.
3. Выполняйте самостоятельно расчетно-графические и курсовые задания, участвуйте в студенческой научной работе, изучайте иностранные языки.

4. Не прогуливайте учебные занятия, повышайте свой общеобразовательный и профессиональный уровень

5. Заботьтесь о престиже БНТУ, МТФ и кафедры МиТЛП, участвуйте в общественной жизни и спортивных соревнованиях.

6. Ставьте перед собой конкретные учебные цели и добивайтесь их выполнения.



7. Выступайте на научно-технических конференциях, развивайте свою речь, задавайте преподавателям вопросы, пользуйтесь словарями и справочниками.

8. Изучайте компьютерные программы, занимайтесь математическим моделированием и конструированием, не злоупотребляйте игрой в компьютерные игры (это отнимает силы и здоровье).

# 1 Многоуровневая система высшего образования

Цели обучения в вузе:

1. Получение знаний и навыков по будущей профессии.
2. Расширение кругозора, повышение общеобразовательного и культурного уровня.
3. Приобретение умения работать по специальности на современном уровне.
4. Обучение жизни в социуме (в обществе) во взаимодействии с другими людьми.

Выпускникам механико-технологического факультета БНТУ присваивается квалификация инженер. Инженер – первая ступень высшего образования. Для подготовки научных кадров (магистров, кандидатов и докторов наук) существует магистратура, аспирантура и докторантура.

## 2 Основные цели и задачи учебных дисциплин

Цель обучения – формирование профессиональных и общетехнических инженерных компетенций, необходимых для реализации производственно-технологической, организационно-управленческой, научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности в области литейного производства.

Выпускник БНТУ должен обладать необходимым объёмом специальных знаний, компетенций и профессиональных навыков, уметь принимать самостоятельные технические решения и владеть навыками работы в трудовом коллективе, иметь навыки научной организации труда, ориентироваться в ценностях бытия, жизни и культуры.

Выпускник БНТУ также должен быть способен к самостоятельному приобретению новых знаний; владеть современными образовательными и информационными технологиями; способен к усвоению большого объёма научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю производственной деятельности.



# 3 История создания кафедры МиТЛП, перспективы выпускников кафедры

Кафедра МиТЛП была организована в 1954 г. За истекший период времени на кафедре подготовлено более 3000 инженеров-литейщиков. Многие из них, стали руководителями производственных предприятий и научных организаций, учёными, бизнесменами, видными общественными и государственными деятелями.

Среди выпускников кафедры два академика Национальной академии наук республики Беларусь; заслуженные деятели образования, науки и техники; заслуженные металлурги и деятели промышленности Беларуси, России и Украины; лауреаты государственных премий; 16 докторов и более 100 кандидатов наук.

Наши выпускники сегодня работают на всех машиностроительных и металлургических предприятиях страны, на многих предприятиях России и Украины, в Германии и Вьетнаме, Узбекистане и Казахстане, Литве и Латвии, Польше и Словакии, США и Китае и других странах мира.

Кафедра МиТЛП оснащена всем необходимым для качественной подготовки специалистов разного уровня (от инженеров до докторов технических наук). Студенты выполняют исследовательские, практические и лабораторные работы, занимаются художественным литьем.

Кафедра имеет высококвалифицированный кадровый состав, активно сотрудничает со многими вузами и предприятиями в Беларуси и за рубежом, готовит квалифицированных специалистов для литейно-металлургических производств. Сотрудники кафедры занимаются научно-исследовательской деятельностью и разрабатывают инновационные литейные технологии.

Выпускники кафедры распределяются на предприятия имеющие литейное производство, а также в научно-исследовательские и проектные организации для работы мастерами производственных участков, технологами, конструкторами, проектировщиками и научными сотрудниками.

## 4 Литейное производство

### 4.1 Из истории литейного производства



Литейное производство – область науки и техники, охватывающая процессы изготовления отливок из металлов и сплавов, является основой современной индустрии.

Способы получения изделий литьём известны уже более 5000 лет. Человек, владевший секретами получения металлических орудий труда и войны, был более приспособленным к жизни. История древних литейных технологий интересная и, во многом, таинственная. Сведения о древних технологиях литья – это, как правило, результаты археологических раскопок.

Вполне возможно, что первые металлические изделия были сделаны человеком из металлических самородков примитивной (свободной) ковкой, т.е. без применения плавки и литья. В природе чаще всего встречаются медные самородки, и наиболее древние из обнаруженных археологами металлических изделий являются именно медными.

Местами зарождения и развития металлургии и литейного дела сегодня считается плоскогорье Конья в Турции, где находили древние изделия из меди (булавки, шила, сверла, колечки, подвески) датируемые 8-7 тысячелетием до н.э. (эпоха неолита), а также Египет, Балканы, где найдено около 3 тыс. разнообразных золотых и медных изделий, изготовленных 5000 лет до н.э.

Старейшие медные рудники существовали на территориях Месопотамии, Испании, Кипра, на территории сегодняшней России (на Южном Урале). В соответствии с современными представлениями в начале 3-го тысячелетия до н.э. человечество вступило в ранний бронзовый век.

Первыми медными сплавами, которые научились получать люди были бронзы: мышьяковые, оловянные, свинцовые, сурьмяные, висмутные. Примеси металлов в медных рудах улучшали механические свойства бронз и меняли их цвет от красного до серебристо-белого.

Вполне вероятно, что первым плавильным агрегатом был обычный костер. Самородок брошенный в костёр расплавлялся, стекал вниз и собирался в углубление, в котором затвердевал (рис. 1).

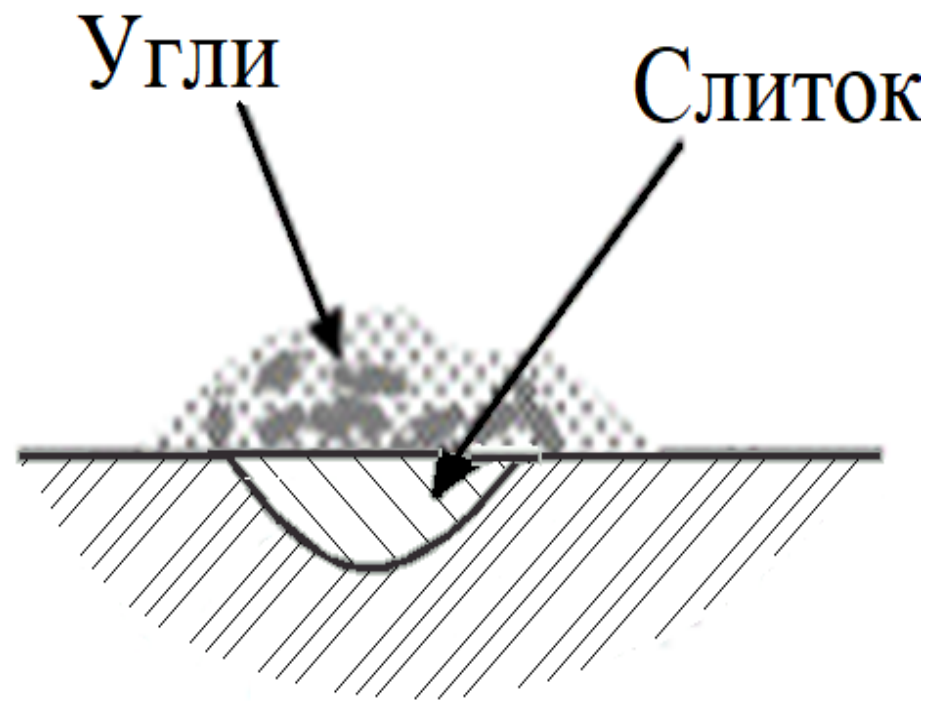
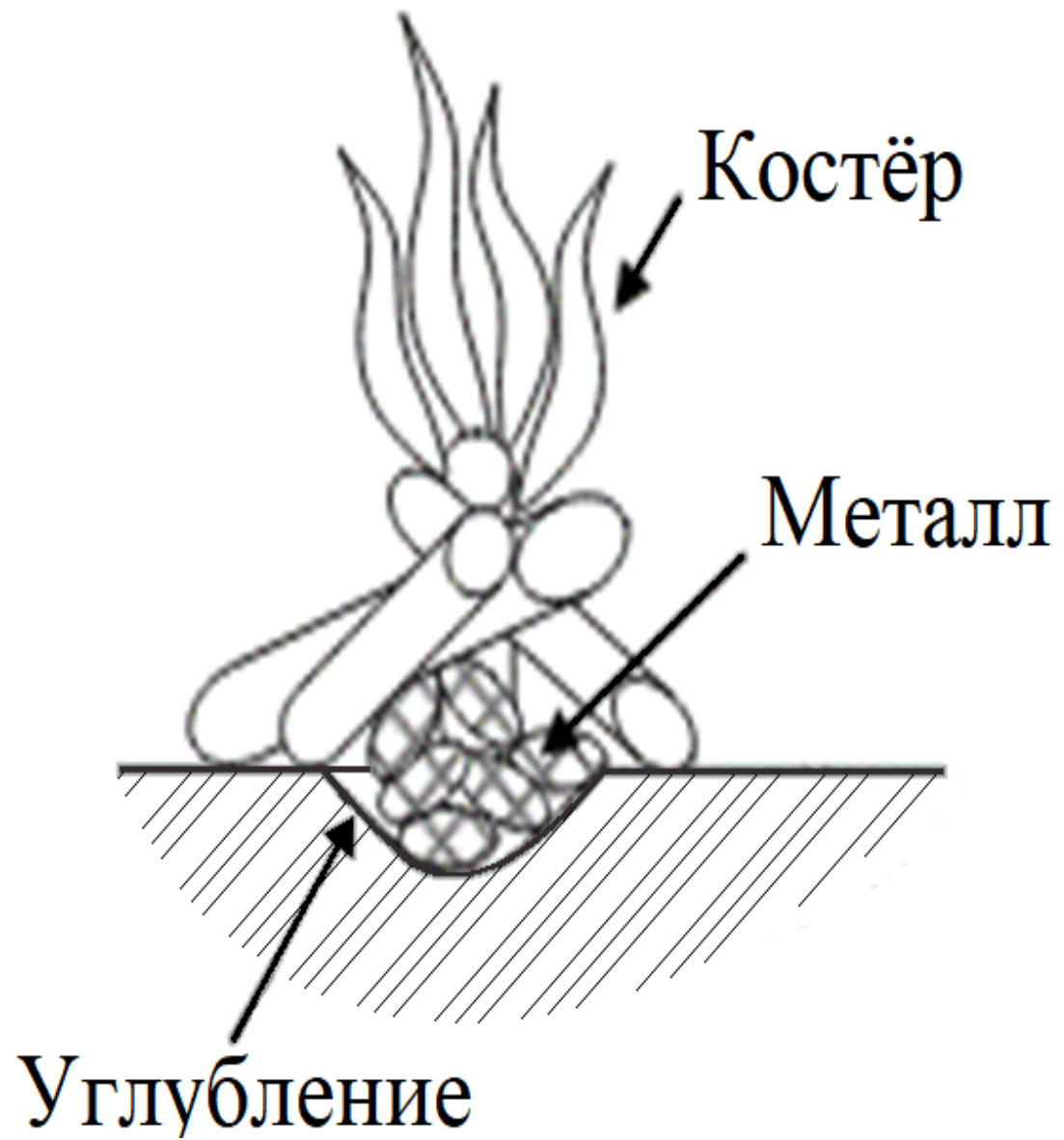
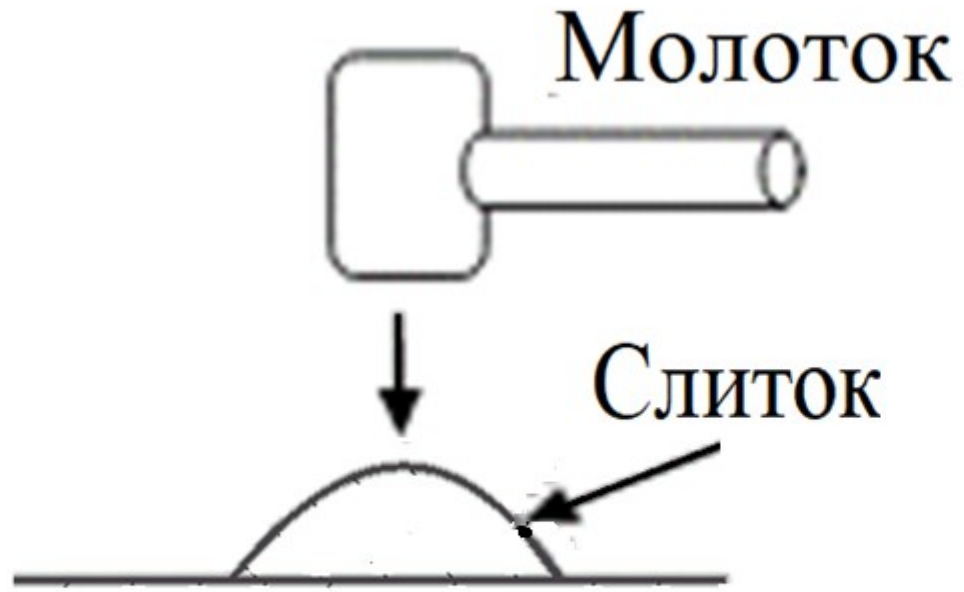


Рисунок 1



Полученный таким образом слиток из пластичного металла (Pb, Sn, Au, Ag, Cu) ковали (рис. 2, а) и получали простые изделия (рис. 2, б). Таким образом, в костре совмещались функции плавильной печи и литейной формы.



Камень

а

Готовое изделие  
(нож, скребок)



б

Рисунок 2

Со временем люди стали придавать углублению, в который стекал металл, форму готового изделия. Научились также уплотнять стенки и дно углубления. Но верх такой формы был открытым, и поэтому верхняя часть отливки оставалась плоской и неровной. Сегодня такой метод называют литьем в открытую форму (рис. 3).

Загрязнения

(шлак)

Отливка

Земля

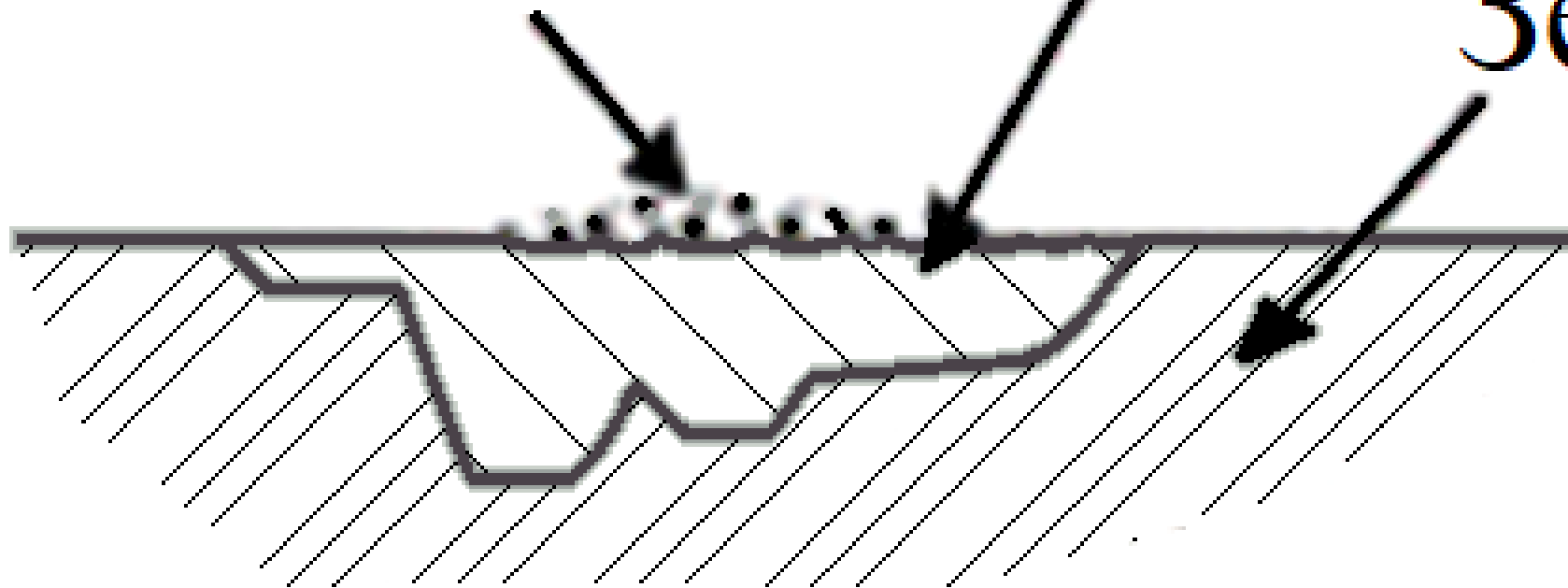


Рисунок 3

Для повышения качества отливок надо было отделить печь (костер) от формы. Постепенно люди научились плавить металл в тиглях из камня или обожженной глины, из которых затем заливали форму (рис. 4).



Рисунок 4

Для получения более четкого отпечатка стали изготавливать деревянные модели, которые перед заливкой извлекали из формы (рис. 5).

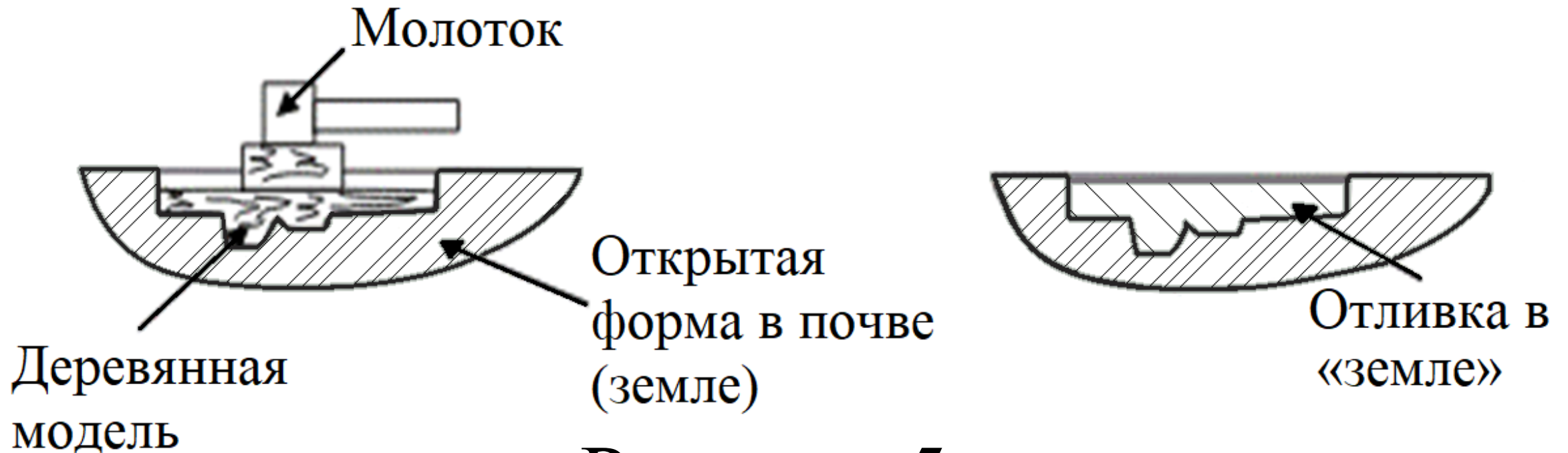


Рисунок 5

Литейные формы стали делать из увлажненного песка и глины. Кварцевый песок и специальные формовочные глины и в настоящее время являются основными формовочными материалами. Песчаная форма была одноразовой. Её заливали, а после затвердевания сплава разрушали и вытаскивали (удаляли) отливку.



Выполненная с помощью примитивных инструментов такая форма не обеспечивала постоянство размеров, точность, чистоту поверхности отливок наконечников копий, стрел и других массовых изделий.

Поэтому постепенно люди научились изготавливать постоянные (полупостоянные) формы из обожженной глины и камней для литья таких серийных изделий (рис. 6).

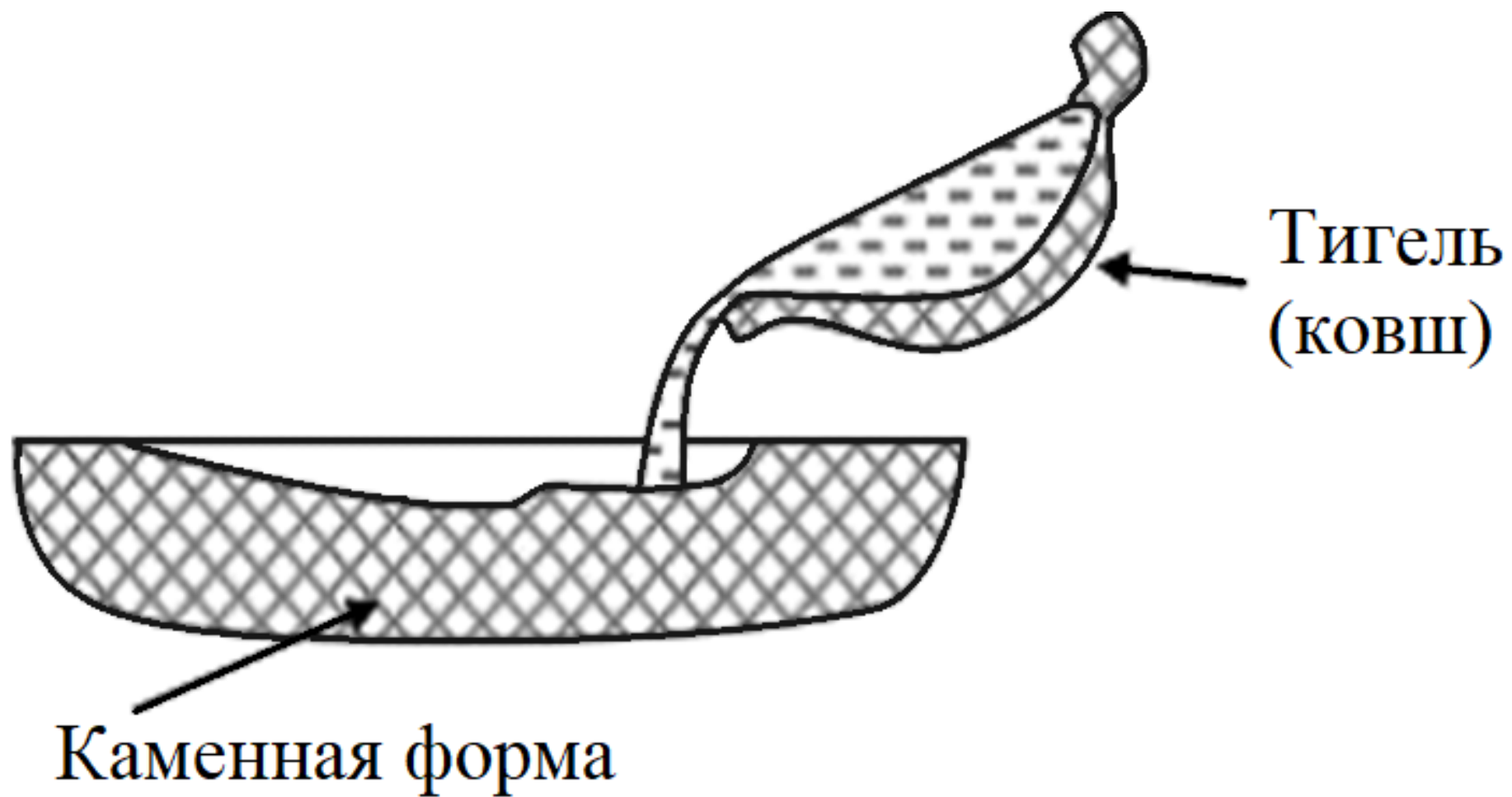


Рисунок 6

Для более сложной отливки, например «Топор с проушиной», нужно было сразу получить отверстие для деревянного топорщица (рис. 7). Так появился новый элемент литейной формы – стержень из песчано-глинистой смеси или из глины. Научились делать форму из двух частей с разъёмом. Заливку осуществляли через специальный канал – литник.

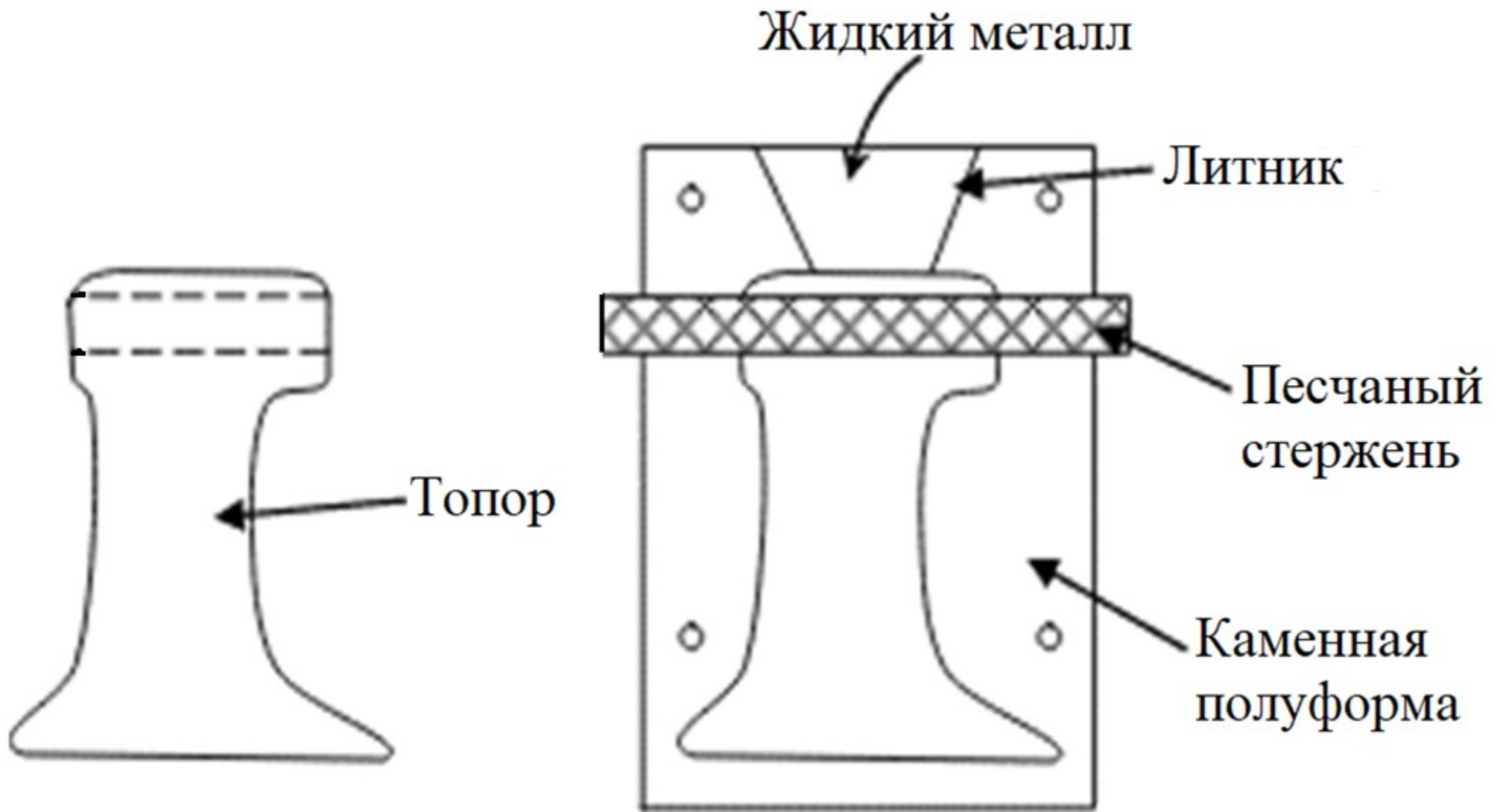


Рисунок 7

Применение стержней и разъёмных литейных форм было огромным шагом вперёд в литейной технологии, так как позволило значительно увеличить многообразие получаемых отливок и приблизить их форму к форме готового изделия.

Следующим технологическим прорывом стало освоение технологии литья по выплавляемым моделям. Так люди научились изготавливать особо сложные изделия. Например, бронзовые литые шлемы древних римских воинов (конец I тысячелетия до н.э.). Литьём по восковым моделям изготавливали наконечники стрел, уникальные и сложные отливки, художественное литье.

Стремление изобразить богов и фараонов, царей, императоров в образе человека, привело к необходимости создавать статуи. Первые литые изображения людей в натуральную величину появились уже в конце II тысячелетия до н.э. Статуи отливали по частям (руки, головы и др.), а потом собирали в целое.



1-2 тыс. лет до н.э. в разных частях Земли появились технологии статуарного литья в разъёмные полупостоянные гипсовые формы. Некоторые древние художественные изделия сохранились до нашего времени. Например, знаменитая голова быка с арфы из «царских гробниц» в Уре, изготовленная из золота и лазурита около 2600 лет до н. э. (рис. 8).

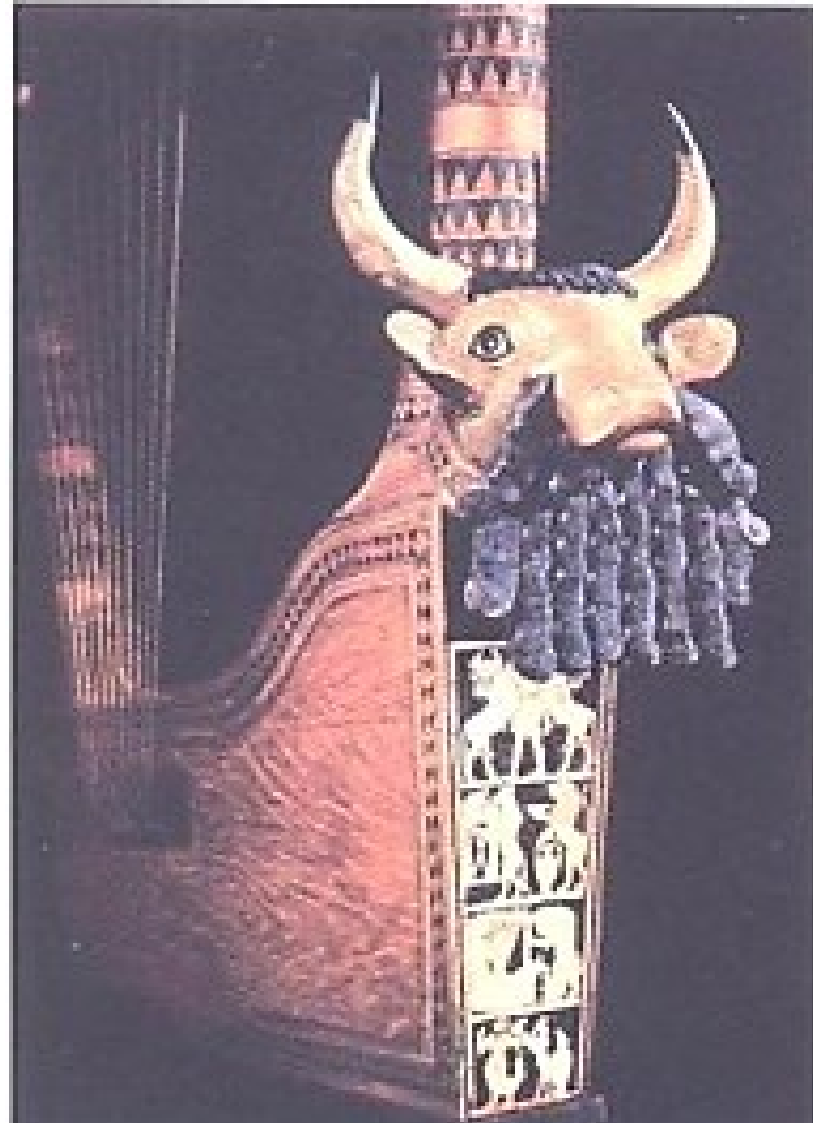


Рисунок 8

## 4.2 Знаменитые отливки в истории человечества

К уникальным  
отливкам относят  
цельнолитое  
сооружение китайских  
литейщиков из чугуна  
Царь-Лев (Шицзы-Ван).  
массой более 50 т,  
изготовленное в 954  
году (рис. 9).



Рисунок 9

Всемирную  
известность имеет  
бронзовая статуя  
Колосса Родосского  
(реконструкция, высота  
36 м). На изготовление  
ушло ~13 т бронзы и  
~8 т чугуна (рис. 10).



Рисунок 10

Бронзовая статуя  
Усику Дайбуцу (рис. 11)  
считается второй по  
величине статуей Будды  
в мире и самым высоким  
(120 м) отдельно  
стоящим бронзовым  
изваянием массой 4000 т.



Рисунок 11

В древней Руси мастера-литцы искусно отливали колокола, подсвечники, бронзовые котелки, топоры, наконечники для копий. В 1393 г. начали отливать пушки. В 1532 г. мастер Николай Немчинов отлил колокол массой 1000 пудов. В те далекие времена литыми колоколами гордились так же, как в наши дни космическими кораблями или ускорителями элементарных частиц.

К колоколам предъявляли особые требования: прочность, красота и, главное, звучание (трехтональность). Для этого сплав должен иметь определенный химический состав и структуру. Этим требованиям и сегодня соответствует оловянная колокольная бронза, содержащая 20% Sn.



Среди самых известных литых изделий русских мастеров, такие как Царь-пушка, Царь-Колокол, Каслинский чугунный павильон, состоящий более чем из полутора тысяч уникальных чугунных деталей и скульптурных композиций. Масса павильона – 20 т.

Царь-пушка  
весом в 2400  
пудов  
была отлита из  
бронзы Андреем  
Чоховым в 1586 г.



Рисунок 12

Царь-колокол  
массой 202 тонны  
отлили из бронзы в  
1733-1735 годах Иван  
Моторин и его сын  
Михаил.



Рисунок 13



Каслинский  
чугунный  
павильон,  
представленный  
на выставке в  
Париже в 1900 г.  
(рис. 14).



Рисунок 14

Особое место занимает статуарное литье в крупных городах. Например, в Санкт-Петербурге площади, дворцы, старинные дома, мосты украшены множеством великолепных литых скульптур – подлинными произведениями искусства.

## 4.3 Современные статуарные отливки в республике Беларусь

Примером современного статуарного литья в Республике Беларусь может служить памятник Якубу Коласу и героям его произведений в г. Минске (рис. 15), а также литые скульптуры на других улицах столицы, некоторые из которых показаны на рис. 16 – 19.





Рисунок 13





Рисунок 16





Рисунок 17





Рисунок 18



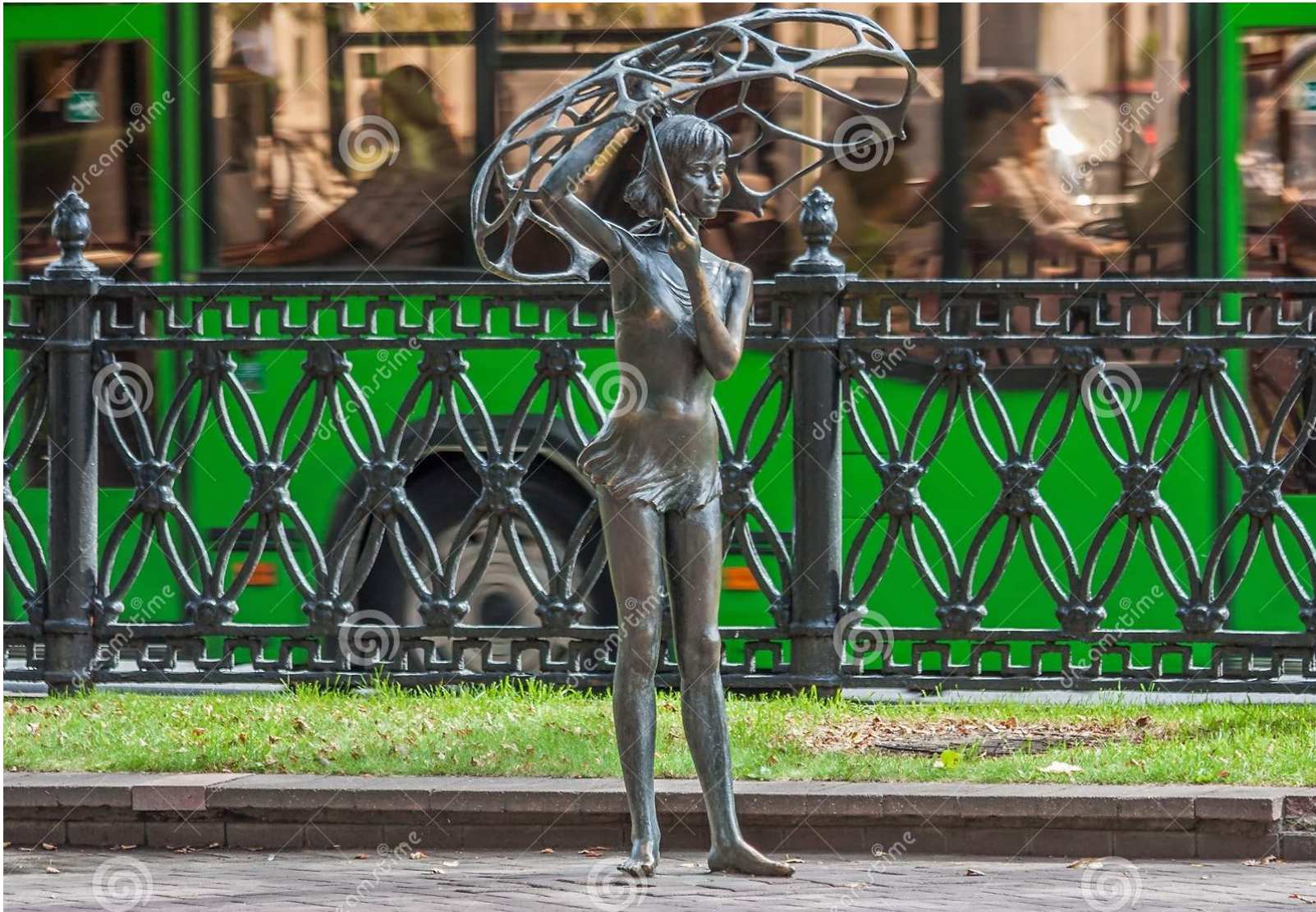


Рисунок 19

## 4.4 Литейное производство – основная заготовительная база машиностроения

Детали, полученные из литых заготовок, составляют до 80 % от массы продукции машиностроения (автомобилей, тракторов, станков и других изделий). При этом многие физико-механические свойства и эксплуатационные характеристики металлических деталей закладываются именно на этапе получения ОТЛИВОК.

Характеристики и качество литых изделий зависят от составов сплавов, свойств литейных форм, условий кристаллизации и термообработки. Технологические процессы изготовления отливок включают в себя большое количество операций.

Поэтому инженер – литейщик должен:

1. Знать теорию литейных процессов.

2. Уметь разрабатывать технологию

изготовления отливок.

3. Владеть методами компьютерного моделирования процессов заливки и кристаллизации.

4. Знать устройство литейного оборудования и уметь работать на нём.



5. Уметь конструировать литейное оборудование и проектировать литейные цеха.

6. Иметь навыки руководства трудовым коллективом.

7. Уметь решать текущие технические и технологические задачи, возникающие на производстве.

Текущие производственные задачи на предприятии решают мастера, технологи и конструкторы. Мастера организуют и контролируют работу рабочих на производственных участках. Технологи разрабатывают эффективные процессы получения отливок. Конструкторы создают проектную документацию для изготовления оборудования.

Главная задача литейного производства – изготовление отливок. Это могут быть как простейшие литые заготовки, так и сложные отливки (рис. 20) в том числе и художественные изделия.

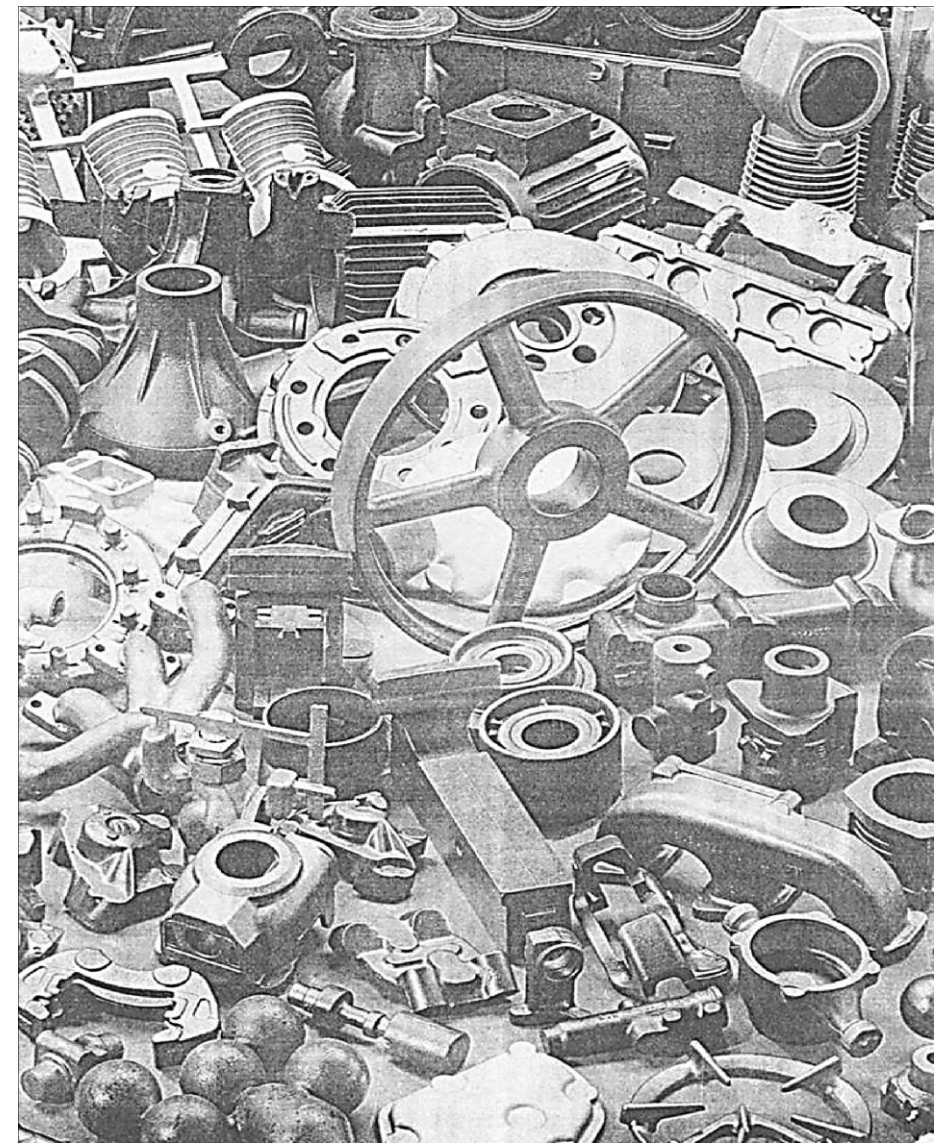


Рисунок 20

# 5 Литейные сплавы и процессы формирования отливок

Отливки изготавливают из литейных сплавов. Литейные сплавы – это соединения металлов в нужной пропорции с другими металлами или неметаллами, обладающие необходимыми литейными свойствами и предназначенные для получения отливок. Например, чугун это сплав железа с углеродом, содержание которого находится в пределах от 2,14 до 6,72 %.

Исходные материалы для выплавки сплавов называются шихтой. Это металлические первичные (чушковые) и вторичные материалы (металлический лом), неметаллические материалы – (флюсы), а также легирующие добавки (металлические и неметаллические).

Плавление металлов – фазовый переход металла из кристаллического состояния в жидкое, происходящий с поглощением теплоты. Металлы плавятся при разных  $T_{\text{пл}}$ . Их условно можно разделить на легкоплавкие ( $T_{\text{пл}} < T_{\text{пл}}$  железа) и тугоплавкие ( $T_{\text{пл}} > T_{\text{пл}}$  железа).  $T_{\text{пл}}$  железа – 1540 °С. Сплавы переходят из твердого в жидкое состояние в интервале температур:  $T_{\text{ликв}} - T_{\text{солид}}$ .

В процессе плавки, помимо взаимодействия компонентов сплавов друг с другом, расплавы взаимодействуют:

1. С газами, входящими в состав воздуха.
2. С газами, которые специально вводят в расплав.
3. С материалами огнеупорных тиглей и футеровки плавильных печей.



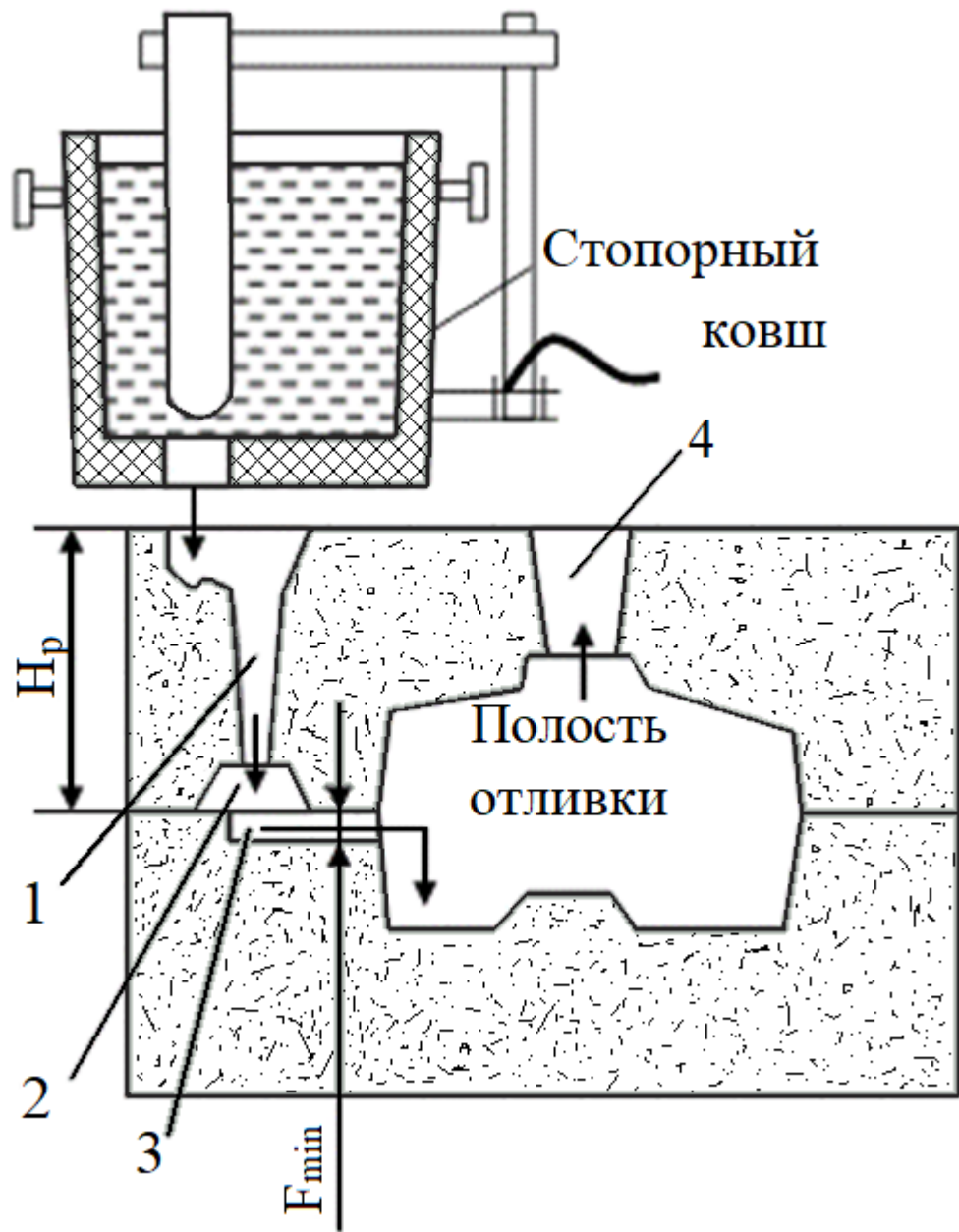
Взаимодействие расплавов с газами (рис. 21) сопровождается физико-химическими процессами: адсорбцией (поглощением газов, паров и др.), диффузией, окислением и восстановлением, абсорбцией (растворением), образованием сложных химических соединений и др. Поэтому литейщики должны хорошо знать физическую химию процессов плавки.

Газы (O, H, N, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O)



Рисунок 21

Процессы заливки жидких металлов и сплавов в формы относятся к гидравлическим процессам. Заполнение формы осуществляется через литниково-питающую систему (рис. 22). При этом необходимо стремиться к спокойному (ламинарному) течению расплава, чтобы уменьшить загрязнение отливки газами и неметаллическими включениями.

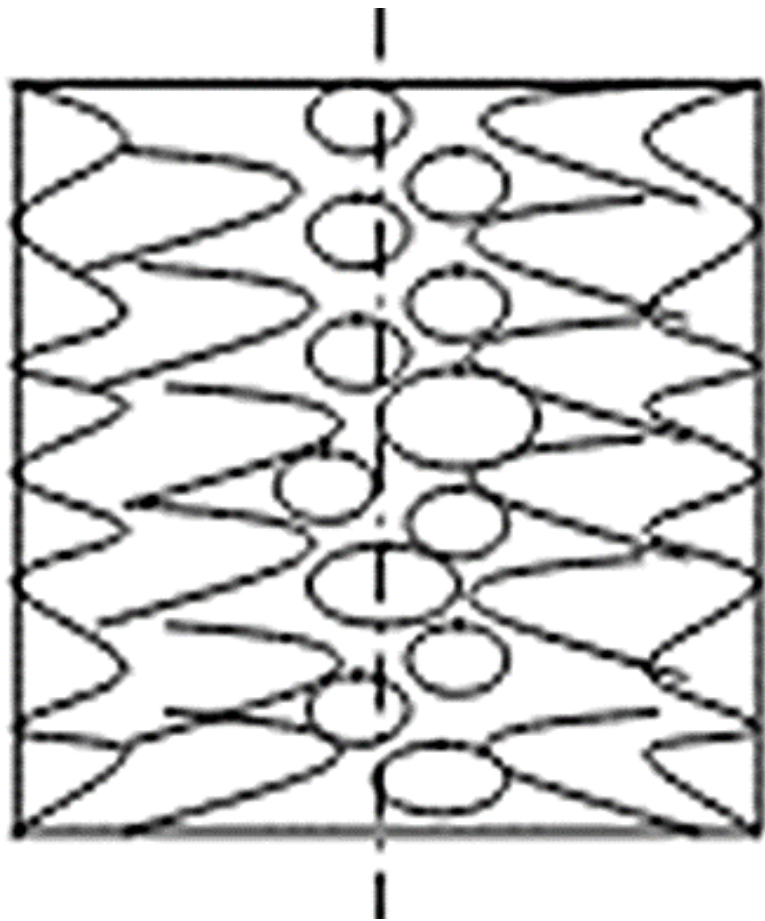


1, 2, 3, 4 –  
ЛИТНИКОВО-  
ПИТАЮЩАЯ СИСТЕМА  
(СТОЯК,  
ШЛАКОУЛОВИТЕЛЬ,  
ПИТАТЕЛЬ,  
ПРИБЫЛЬ).

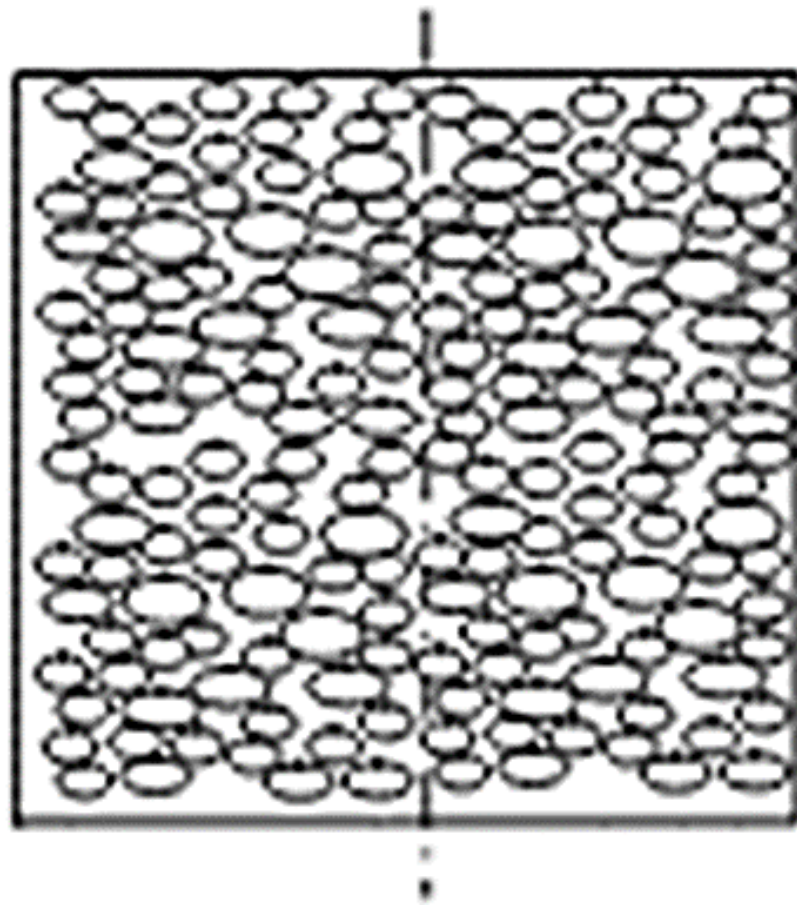
Рисунок 22

При заполнении литейных форм расплавами происходят кристаллизационные и усадочные процессы. Тепло расплава при кристаллизации и охлаждении отливки, переходит в форму и атмосферу. Скорость охлаждения сплавов в формах ( $v_{\text{охл}}$  может изменяться от 0,01 до  $10^3$  °C/с) зависит от теплофизических свойств сплава, теплоёмкости и теплопроводности материала формы.

На этапе кристаллизации сплав переходит из жидкого состояния в твердое. Образуются центры или зародыши кристаллизации и происходит рост кристаллов из расплавов. Процесс сопровождается выделением теплоты кристаллизации. В зависимости от скорости охлаждения отливок их структура отличается (рис. 23, а – малая скорость, рис. 23, б – высокая скорость).



а



б

Рисунок 23

При кристаллизации металлов происходит сокращение размеров и объема отливок – «усадка» линейная и объемная. Усадка объемная приводит к образованию усадочных дефектов (раковин и пористости). Для их предотвращения в формах предусматривают установку массивных прибылей (рис. 24). Для снижения линейной усадки увеличивают податливость форм.



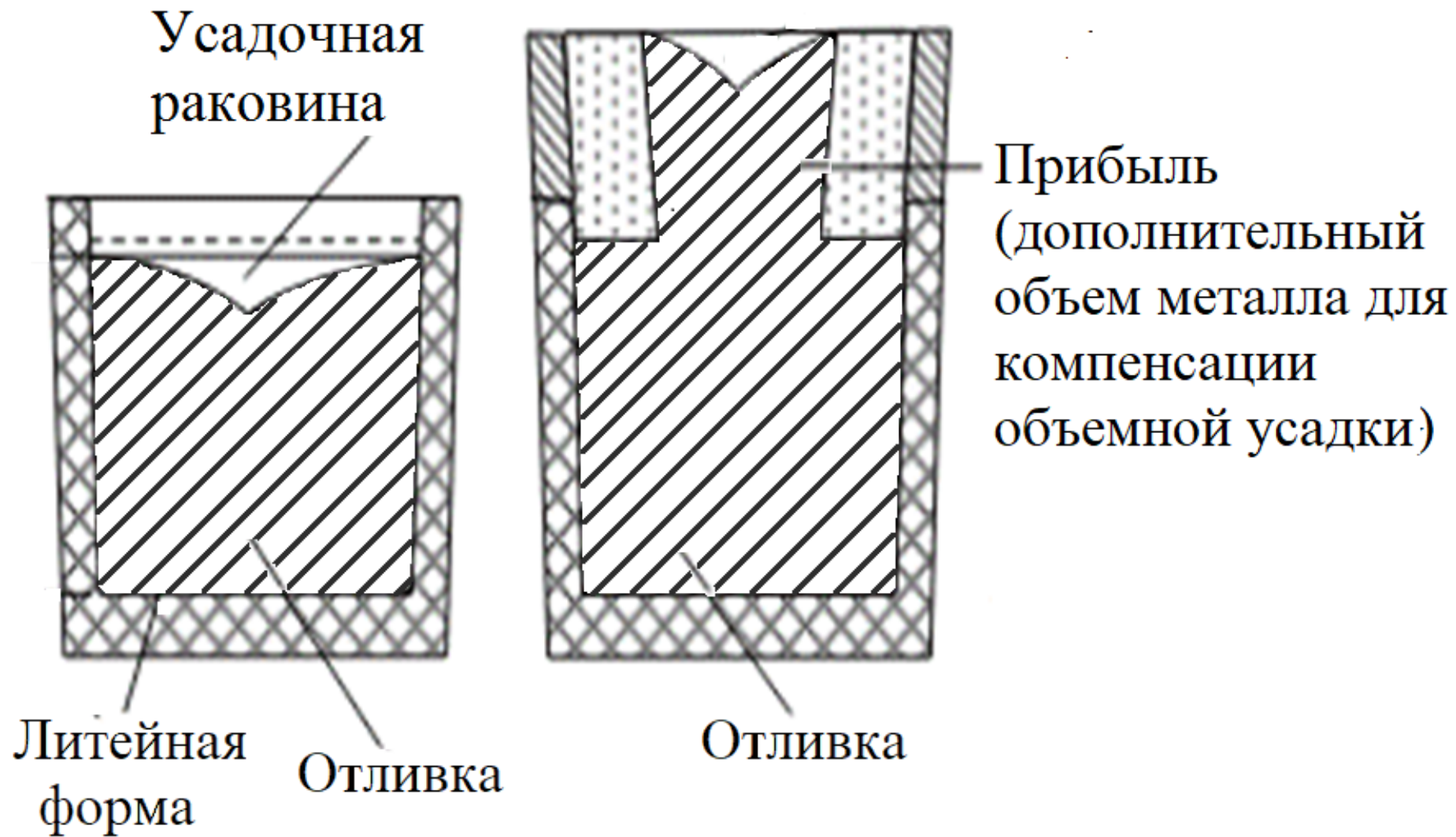


Рисунок 24

# 6 Основы технологии получения отливок в разовых песчаных формах

## 6.1 Исходные материалы

Основные достоинства песчаных форм – дешевизна и возможность получения отливок из разных сплавов. Разовые литейные формы изготавливаются из огнеупорных наполнителей, связующих материалов и специальных добавок.

В качестве огнеупорных наполнителей формовочных смесей наибольшее применение нашли кварцевые пески ( $\text{SiO}_2$ ). Кроме кварцевых песков в отдельных случаях применяют высокоогнеупорные материалы, такие как циркон ( $\text{ZrSiO}_4$ ), хромит ( $\text{FeCr}_2\text{O}_3$ ), магнезит ( $\text{MgCO}_3$ ) и др.

В качестве связующих материалов применяются формовочные глины и органические связующие на основе фенолофурановых, карбамидно-фурановых, фенолоформальдегидных смол.

В качестве связующего материала используют также жидкое стекло представляющее собой водный раствор силиката натрия  $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

## 6.2 Основы технологии получения отливок в разовых формах из песчано-глинистых смесей (ПГС)

В настоящее время около 80% всех отливок в получают в разовых формах из песчано-глинистых смесей (ПГС).

Основные достоинства литейных форм из ПГС – дешевизна и возможность получения отливок из разных сплавов.

Технологическая схема и основные операции при литье в разовые формы из ПГС показаны на рис. 25.

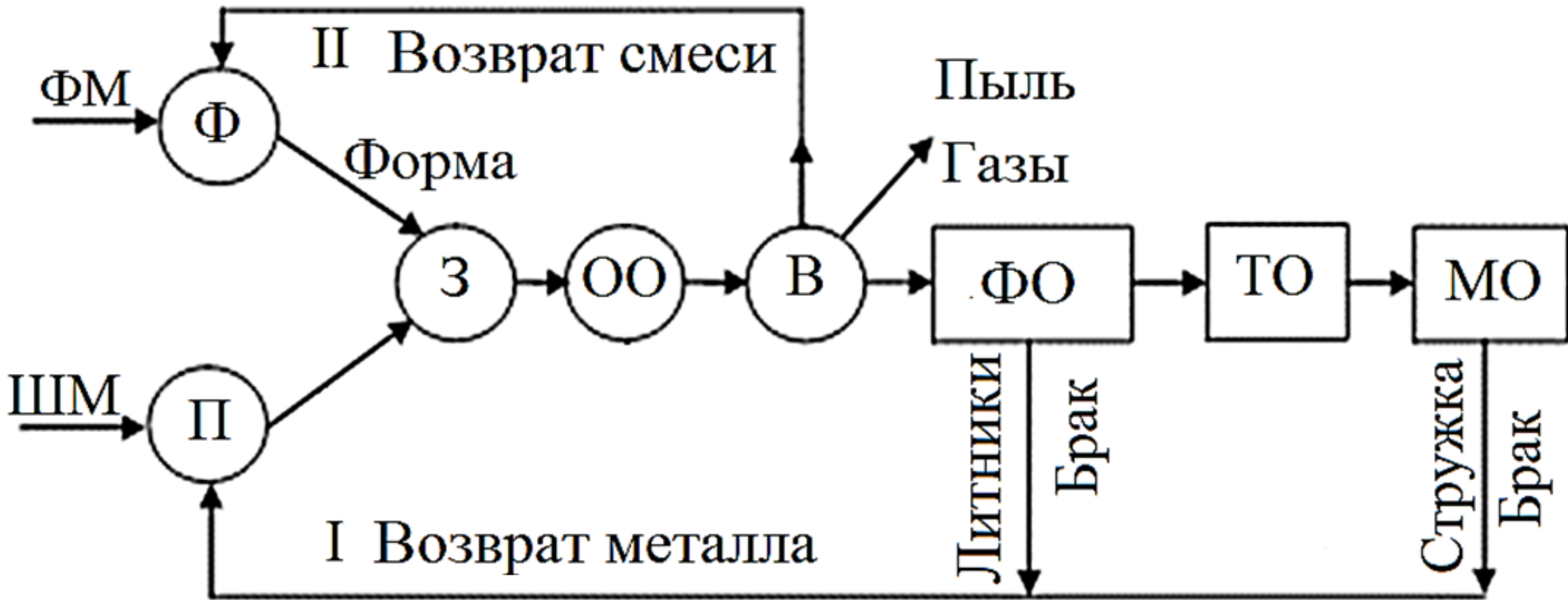


Рисунок 25



Используются замкнутые циклы оборота материалов с переработкой и использованием собственных отходов и отходов смежных производств. Основные из них: цикл оборота металла (I) и цикл оборота формовочной смеси (II).

Основными материалами являются:

- формовочные материалы (ФМ);
- шихтовые материалы (ШМ).

# Основные технологические операции:

- плавка (П);
- формовка (Ф);
- заливка (З);
- охлаждение отливки (ОО);
- выбивка (В);
- финишная обработка отливок (ФО);
- термическая обработка (ТО);
- механическая обработка (МО).

Уплотнение ПГС достигается различными способами формовки, например, прессованием (рис. 26). Упрочнение ПГС достигается благодаря уплотнению и физико-химическим силам взаимодействия между основной смеси (песком) и связующим материалом (глиной).

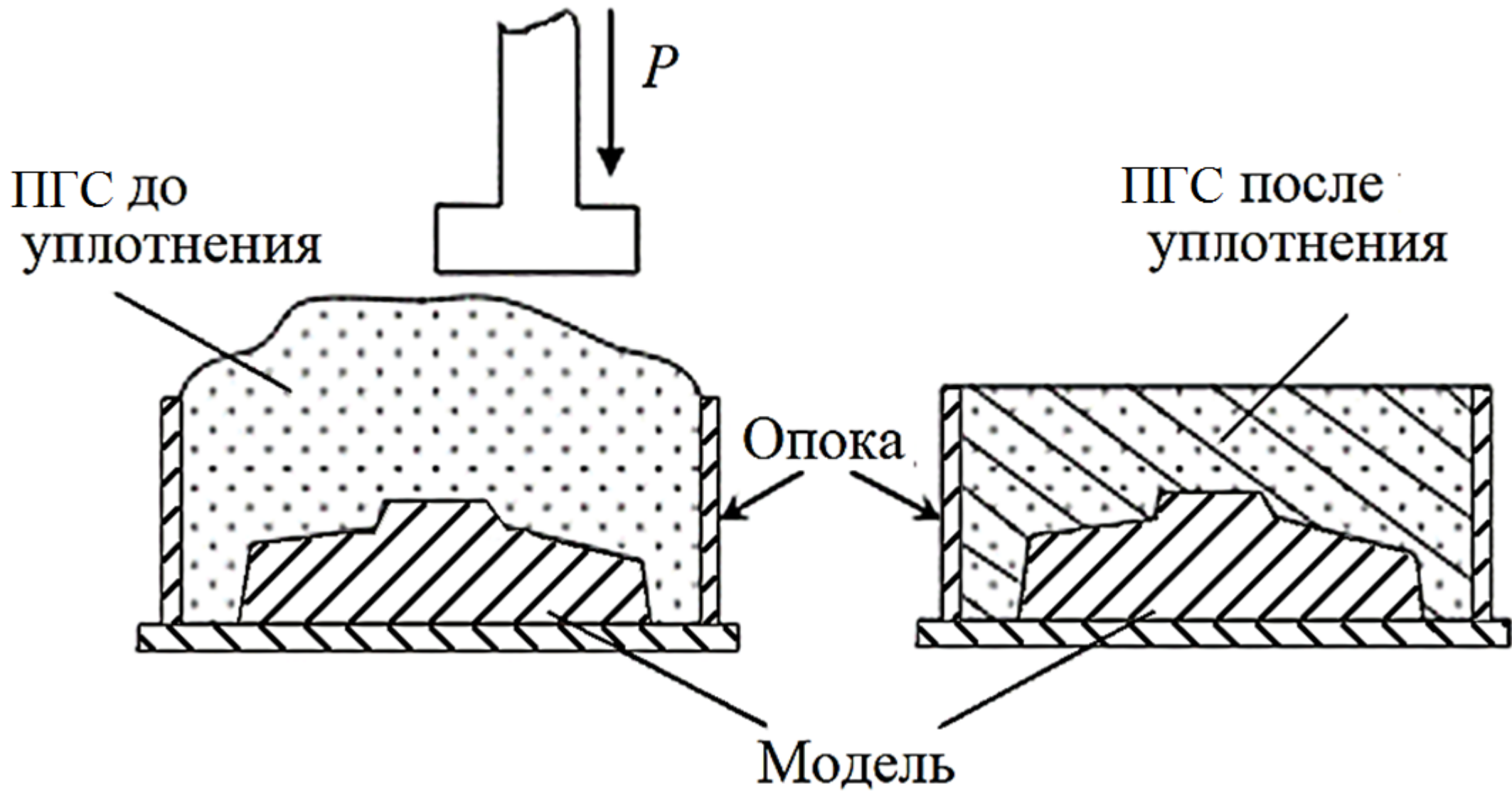


Рисунок 26

При заливке расплавов под влиянием высоких температур в песчаных формах протекают сложные физико-химические реакции с выделением газов  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2$ ,  $H_2O$ ,  $CH_4$  и др. Выделение газов может приводит к появлению газовых раковин в отливках и окислению поверхности отливок.

Для песчано-глинистых формовочных смесей основой являются кварцевые пески ( $\text{SiO}_2$ ), у которых:

- огнеупорность до 1713 °С;
- низкая химическая активность;
- невысокая стоимость;
- широкая распространенность в природе;
- оптимальный зерновой состав 0,05-2,5 мм.

Связующие материалы – алюмосиликаты (бентонитовые глины).

Вспомогательные материалы – вещества для улучшения свойств ПГС:

- вода;
- молотый каменный уголь;
- древесные опилки;
- крахмалит и др.

Состав формовочных смесей (ФС) выбирается в зависимости от следующих параметров:

- марки литейного сплава;
- размера и массы получаемой отливки;
- способа изготовления формы;
- серийности производства.



Например, состав ПГС для сырой формы при заливке чугуна (%):

свежие песок и глина	5 – 10;
оборотная смесь	90 – 95;
каменный уголь	0,5 – 1,0;
вода	3 – 5.

Стержни в литейной форме чаще всего оформляют внутренние полости отливок (т.е. со всех сторон окружены расплавом) и подвергаются большему воздействию расплава. Поэтому стержни должны иметь большую прочность и огнеупорность чем формы. Для приготовления стержневых смесей используются только свежие пески, смолы или жидкое стекло.

Формовочные и стержневые смеси должны обеспечивать:

- огнеупорность;
- прочность;
- газопроницаемость;
- податливость;
- минимальную газотворность;
- хорошую выбиваемость.

При изготовлении песчаных форм используются специальные инструменты и модельная оснастка. К оснастке также относят: модели элементов литниково-питающей системы; модельные плиты; стержневые ящики; опоки; приспособления для сборки форм.

## Основные требования к моделям:

1. Модель должна иметь формовочные уклоны и хорошо извлекаться из формы.

2. Модель должна быть прочной.

(материалы для изготовления моделей:  
дерево, пластмассы, металлические сплавы).

3. Модели должны учитывать величину линейной усадки отливок и припуск на механическую обработку.

# 7 Основные представления о специальных способах литья

В металлообработке существует критерий, который называют КИМ – коэффициент использования металла. КИМ при литье в песчаные формы равен 84-86 %. Т.е. 14 % металла при обработке таких отливок, уходит в стружку! Это огромные затраты и потери металла. При использовании специальных способов литья КИМ равен 92-99 %.

К специальным способам литья относятся:

1. Литье в кокиль (ЛК).
2. Литье под давлением (ЛПД).
3. Центробежное литье (ЦЛ).
4. Литье по выплавляемым моделям (ЛВМ).
5. Литье по газифицируемым моделям (ЛГМ).
6. Непрерывное литье (НЛ).



## 7.1 Литьё в многообразные формы

### 7.1.1 Особенности литья в кокиль

Кокиль – это металлическая постоянная форма для многократного получения отливок, которая заполняется расплавом под действием гравитационных сил.

В отличие от песчаной формы при ЛК:

- отсутствует модель;
- нет формовочной смеси;
- нет необходимости в очистке поверхности ОТЛИВКИ.

Половинка кокиля с вертикальной плоскостью разъёма для получения отливки типа «Кольцо» показана на рис. 27: 1 – полость для будущей отливки, 2 – выпор, 3 – литниковая система.



Рисунок 27

Преимущества литья в кокиль:

1. Повышенная скорость охлаждения отливок и, как следствие этого, более мелкая структура и повышенные механические свойства сплава.
2. Повышенная точность и чистота поверхности отливок.

## 7.1.2 Особенности технологии литья под давлением (ЛПД)

При ЛПД применяются металлические формы – пресс-формы, которые заполняются расплавом под действием давления (7 – 700 МПа).

ЛПД позволяет получать отливки из цветных легкоплавких сплавов с минимальной толщиной стенок, имеющие высокую плотность, точность и высокое качество поверхности.

На рис. 28 показана схема пресс-формы с горизонтальной камерой прессования для получения отливки на машине ЛПД.

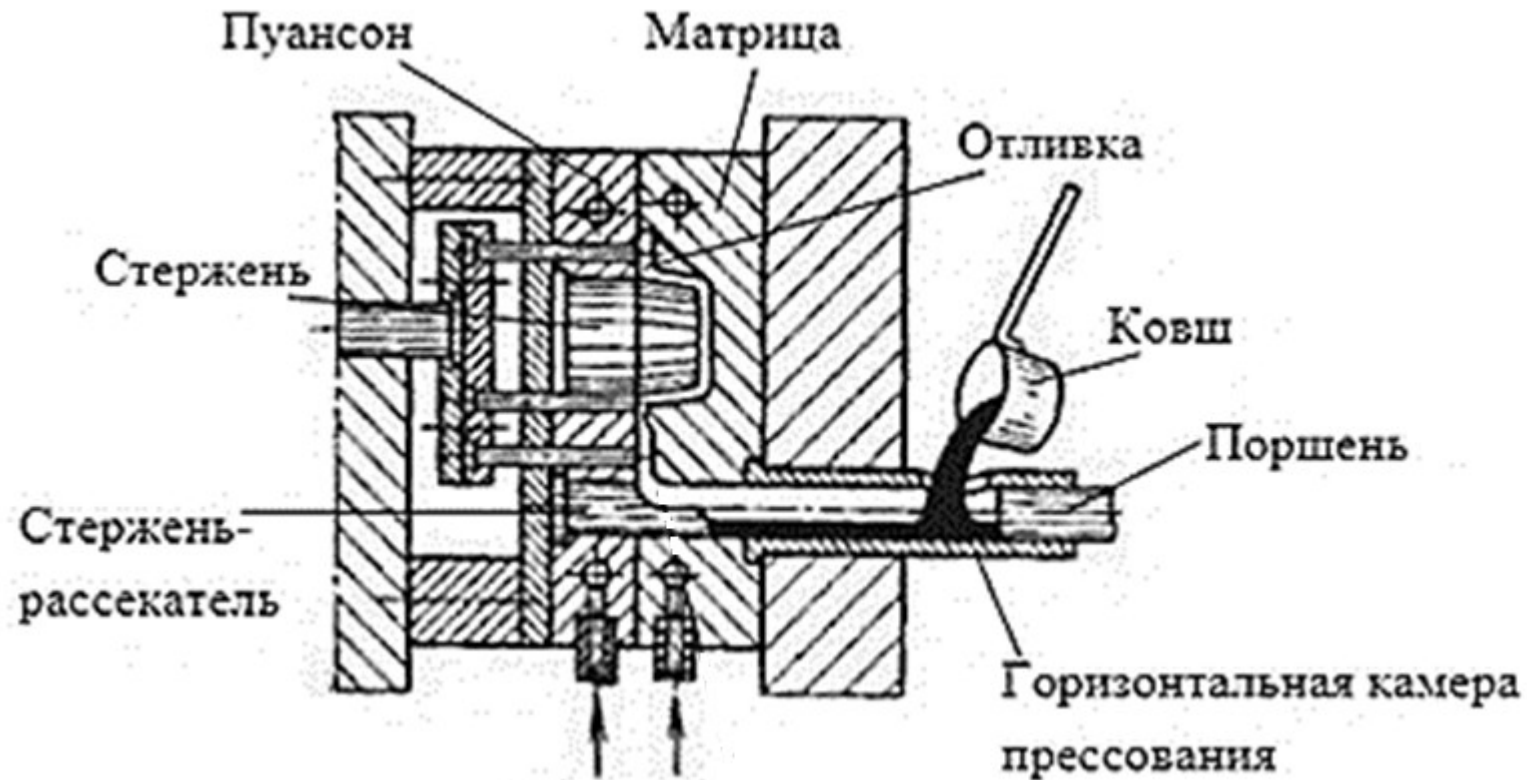


Рисунок 28

## Достоинства технологии ЛПД:

1. Высокие скорости литья и затвердевания (например, время заливки  $\tau_{\text{зал}} \approx 0,06$  с; скорость охлаждения расплава  $\nu > 100$  °С/с).
2. Высокий уровень механизации и автоматизации.
3. Повышенная прочность сплава в отливках.
4. Размеры отливок близки к размерам детали (КИМ ~99).



## 7.2 Литьё по выплавляемым и газифицируемым моделям

### 7.2.1 Литьё по выплавляемым моделям (ЛВМ)

ЛВМ предназначено для получения точных и сложных отливок массой до 10 кг из любых литейных сплавов. Особенностью ЛВМ является сложность и большая продолжительность многих операций. На рис. 29 представлена укрупненная схема получения отливок данным способом.

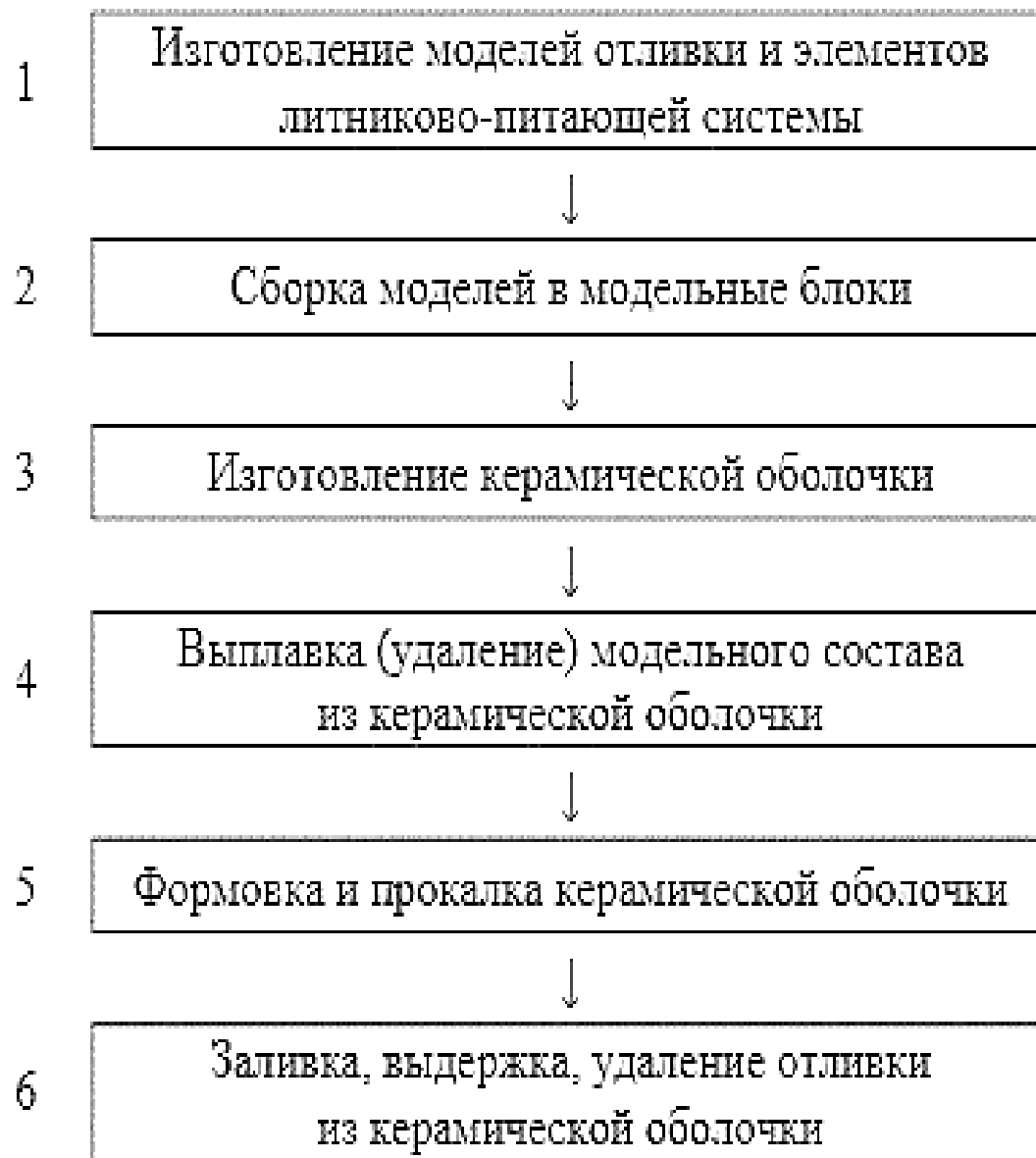


Рисунок 29

## Особенности технологии ЛВМ:

1. Используются тонкостенные (2 –10 мм) керамические неразъёмные формы.
2. Модели разовые, выплавляемые.
3. Оболочки подвергают прокалке при температуре 900 °С перед заливкой расплавом.

Схема литейной формы для ЛВМ представлена на рис. 30.

- 1 – опока;  
2 – керамическая разовая оболочка;  
3 – литниковая система;  
4 – полость для будущей отливки;  
5 – наполнитель (кварцевый песок).

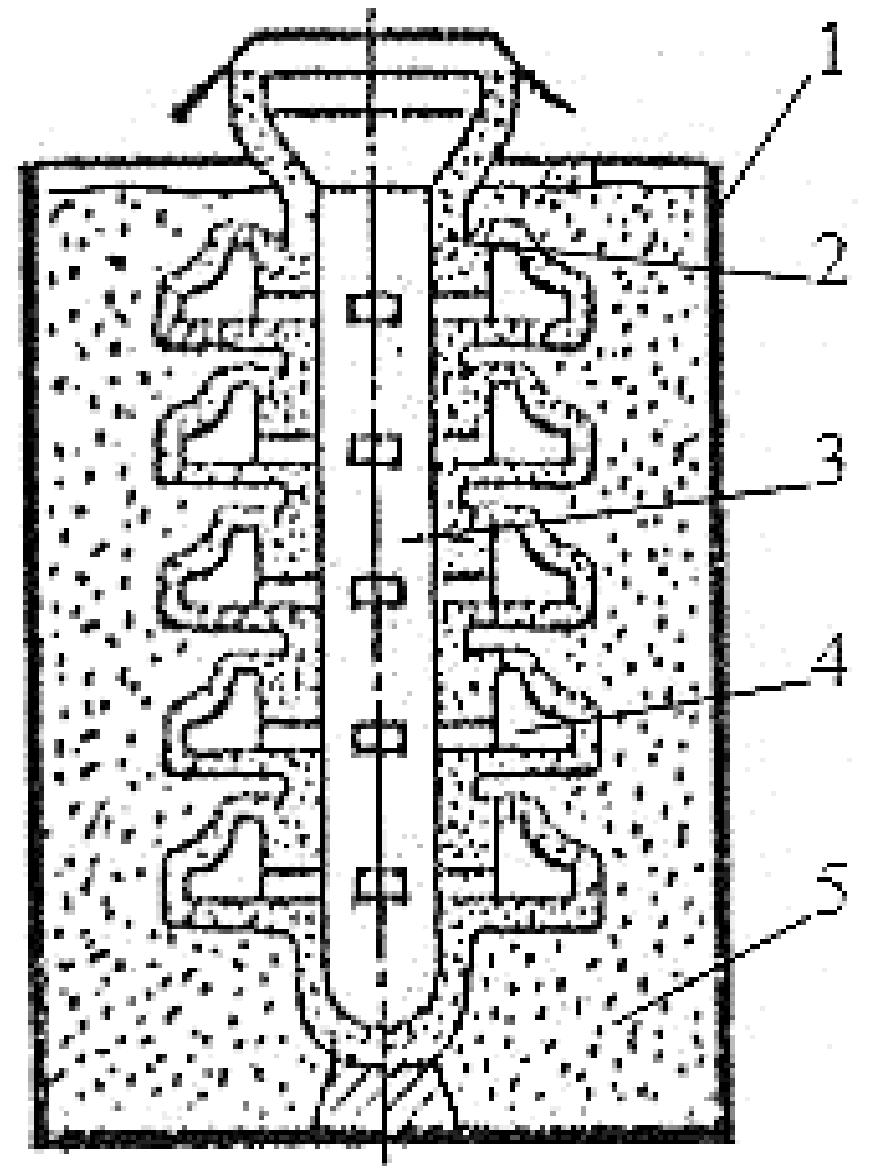


Рисунок 30 125

## Достоинства ЛВМ:

1. Получение точных с высоким качеством поверхности отливок массой от нескольких граммов до нескольких килограммов из любых сплавов, в том числе из высоколегированных сталей и жаропрочных сплавов (на основе Ni, Co, Ti).
2. Получение отливок практически любой конфигурации с КИМ равным 98-99 %).

## Недостатки:

- многооперационный дорогой процесс;
- применение дефицитных материалов;
- металлоемкая литниково-питающая система и, как следствие, невысокий технологический выход годного литья (~ 30-60 %).

## 7.2.2 Особенности литья по газифицируемым моделям (ЛГМ)



ЛГМ – сравнительно новый и прогрессивный способ литья.

Особенности ЛГМ:

1. Применение неизвлекаемой из формы модели.

2. Модель при заливке расплава уничтожается (сгорает).

3. Форма изготавливается из оборотного кварцевого песка и упрочняется вакуумом.

Схема технологии ЛГМ представлена на рис. 31: а – газифицируемая модель; б – схема процесса заливки формы; 1 – ковш, 2 – опока, 3 – наполнитель (сухой кварцевый песок), 4 – модель, 5 – сгоревшая часть модели, 6 – газы.

Основными материалами для изготовления моделей являются различные пенополистиролы.

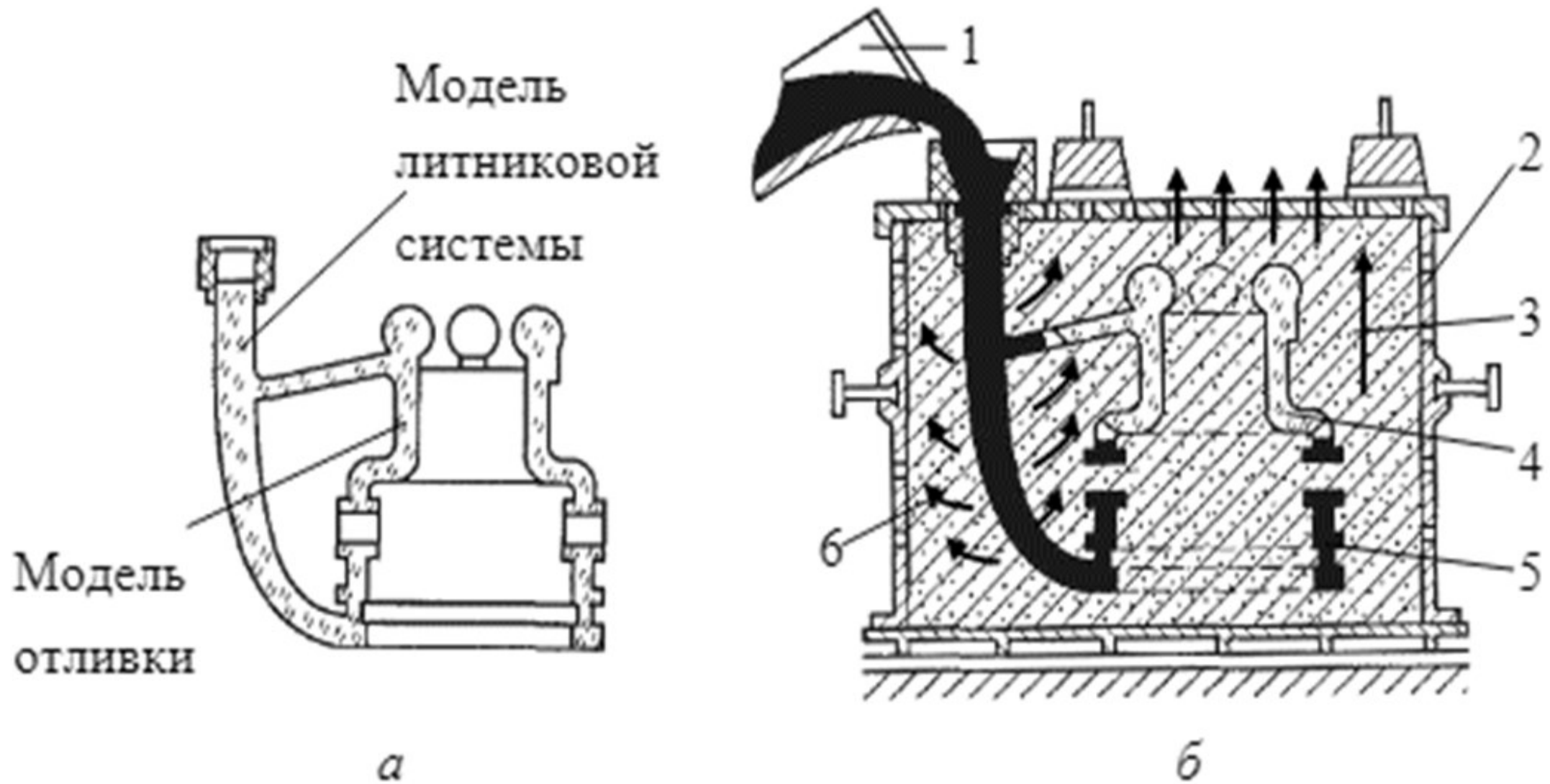


Рисунок 31

Основные преимущества ЛГМ по сравнению с традиционной технологией:

1. Повышенная точность отливок.
2. Возможность получения более сложных отливок без стержней.
3. Использование оборотных формовочных песков для изготовления форм.
4. Снижение трудоёмкости изготовления форм.

# 8 Непрерывное литье (НЛ)

Непрерывным литьём  
(НЛ) получают  
простые по конфигурации  
литые заготовки,  
затвердевающие в изложнице  
или кристаллизаторе,  
например, круглые,  
квадратные и прямоугольные  
(плоские) (рис. 32).

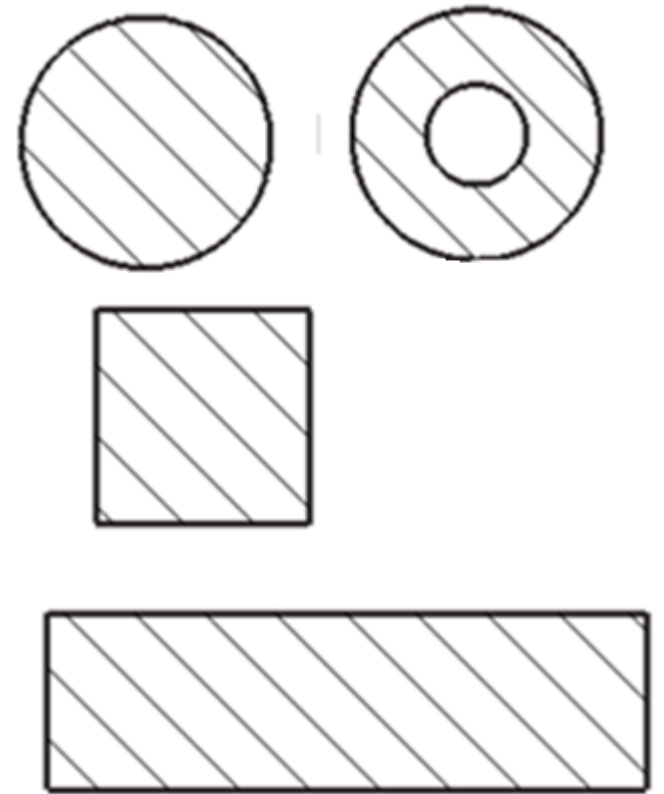


Рисунок 32

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Никитин В.И. Введение в технологию литейного производства: учебное пособие по курсу лекций / *В.И. Никитин*. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2015. – 88 с.
2. Современное инженерное образование : учеб. пособие / А. И. Боровков [и др.]. – СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского политехн. ун-та, 2012. – 80 с.
3. Введение в специальность: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / Д. М. Кукуй, Р. Л. Тофпенек, Ф. И. Рудницкий. – Минск ИВЦ Минфина, 2011. – 272 с.