



Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет) имени И.М.
Губкина

Кафедра трибологии и технологий ремонта нефтегазового оборудования

УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА
ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лекции № 10-18

Преподаватель:
Доцент кафедры ТИТРНГО, к.т.н. Буклаков Андрей Геннадьевич

Москва 2020 год

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО



Литые чудеса света



Реконструкция статуи Зевса Олимпийского.

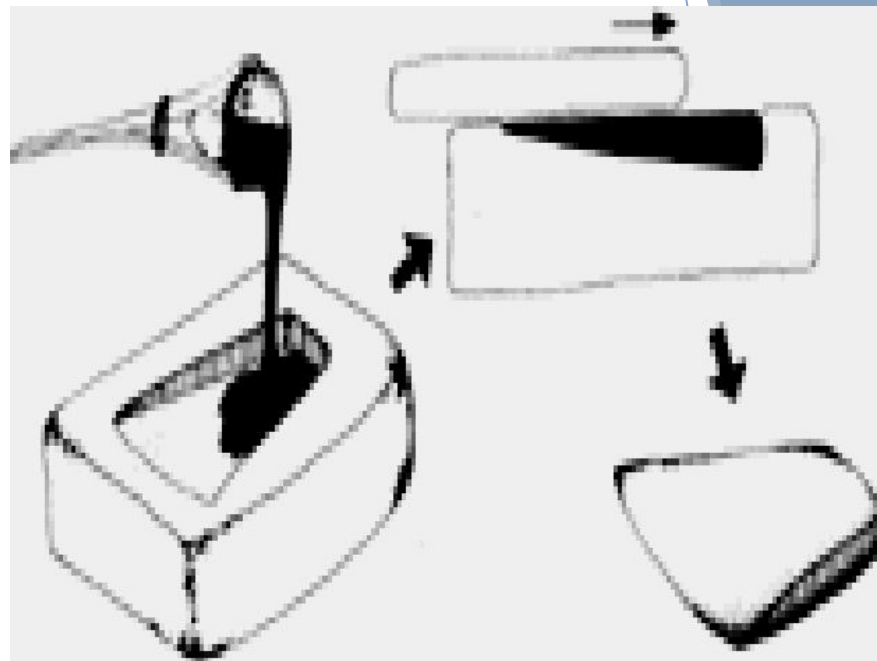


Колосс Родосский (292—280 гг. до н. э.),
бронза

Первобытные литейные формы (VIII тыс. лет до н.э.)

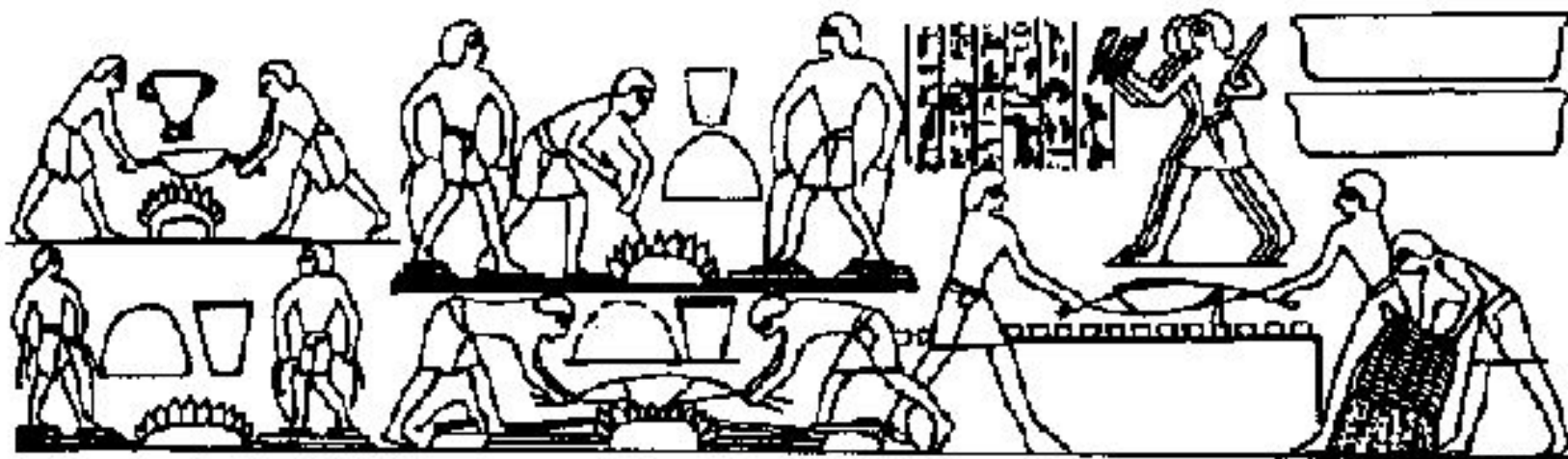


Глиняные формы для
отливок из меди



Литье в первобытную форму

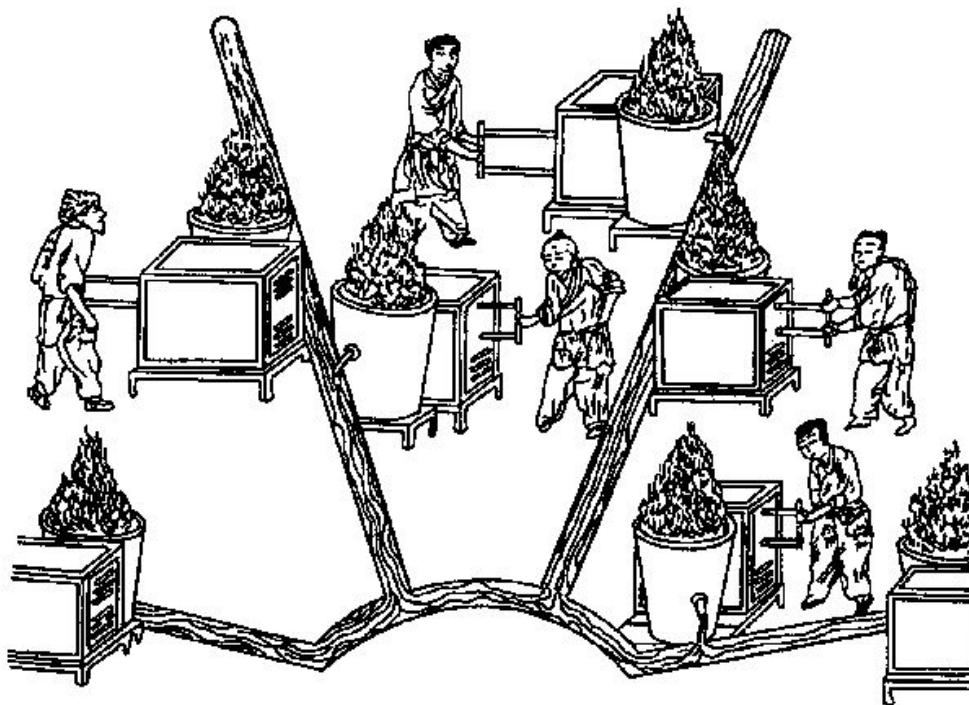
Изображение египетских литейщиков за работой



роспись гробницы в Фивах XVI — V вв. до н. э.

Заливка формы (китайский рисунок)

Лев в Цзянь - Чжоу (974 г. н.э.).
высота - около 6,1 м, длина 5,5 м



VI в. до н. э.





1586 г.



1568 г.



1733 — 1735 гг.

Литейные материалы и их свойства



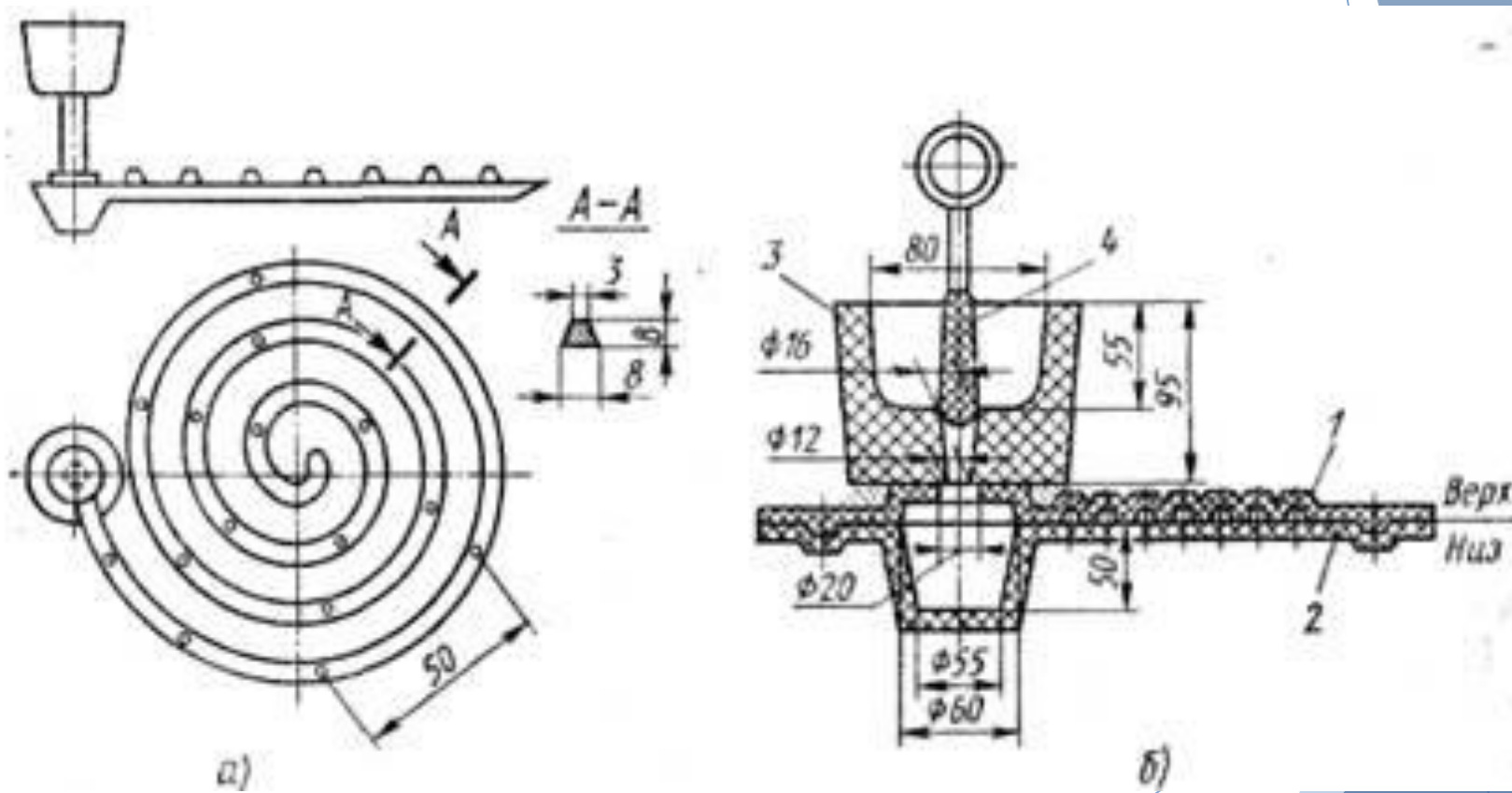
Литейные свойства

Литейными свойствами материалов называются свойства, определяющие поведение металлов и сплавов в литейном процессе.

К литейным свойствам относят:

- жидкотекучесть;
- свойства, связанные с усадочными явлениями при литье (линейная усадка сплавов и отливок, склонность отливок к образованию усадочных раковин и пористости, усадочные напряжения в отливках);
- склонность к горячим и холодным трещинам;
- склонность компонентов сплавов к ликвации;
- зависимость механических свойств сплавов от толщины стенки отливок и другие свойства.

Литейные свойства сплавов: *жидкотекучесть*



Литейные свойства сплавов: *усадка*

- ▶ Склонность к образованию усадочных раковин и пористости;
- ▶ Линейная усадка сплавов и отливок;
- ▶ Усадочные напряжения в отливках;
- ▶ Объемная усадка



Определение усадки сплавов

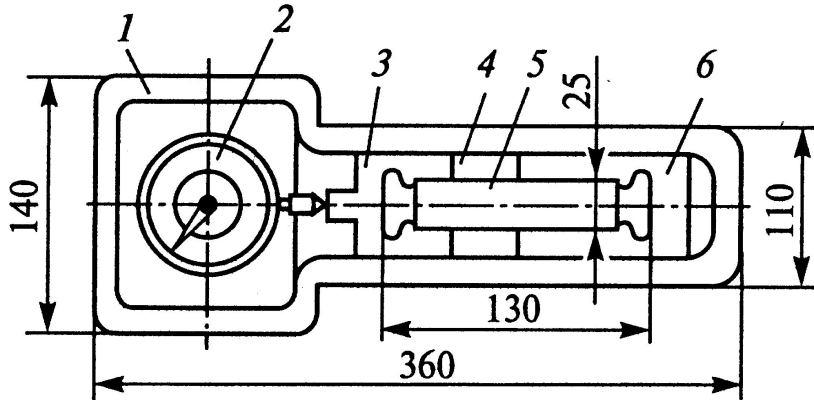


Схема формы для определения линейной усадки цветных сплавов по ГОСТ 16817

Коэффициенты усадки

линейной

объемной

$$\varepsilon_l = \alpha_{lcp} (T_c - T_n) 100\%$$

$$\varepsilon_V = \frac{V_1 - V_0}{V_0} 100\%$$

α_{lcp} – средний коэффициент линейного расширения сплава;

T_c – температура солидуса сплава;

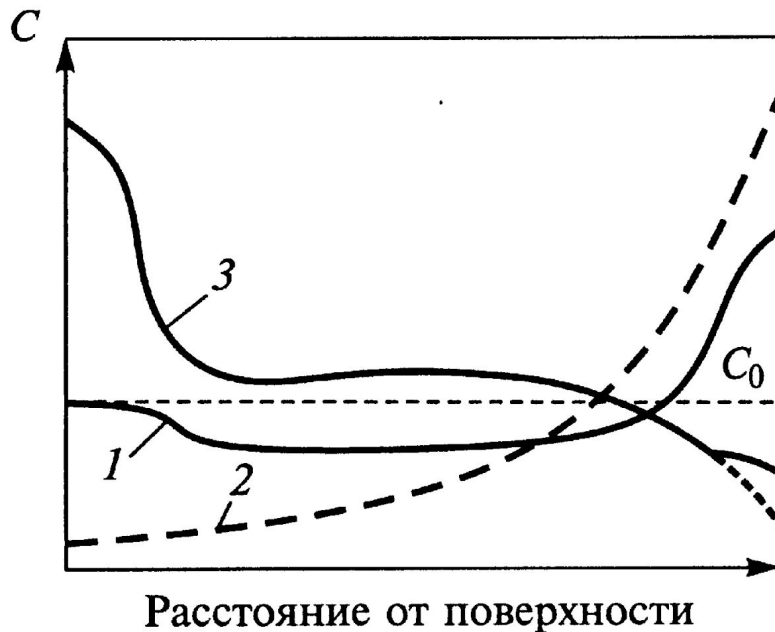
T_n – температура окружающей среды.

V_1 – объем сплава при температуре заливки;

V_0 – объем сплава после полного охлаждения

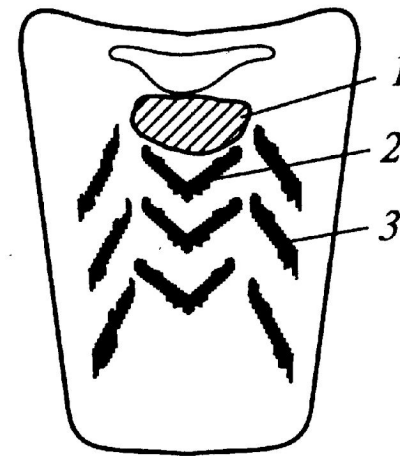
Литейные свойства сплавов: ликвация

Изменение концентрации компонента по сечению отливки



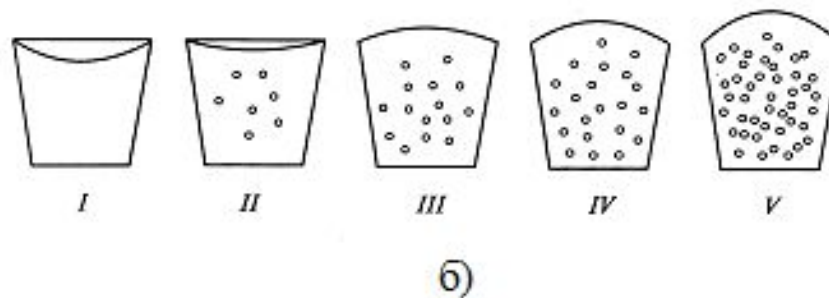
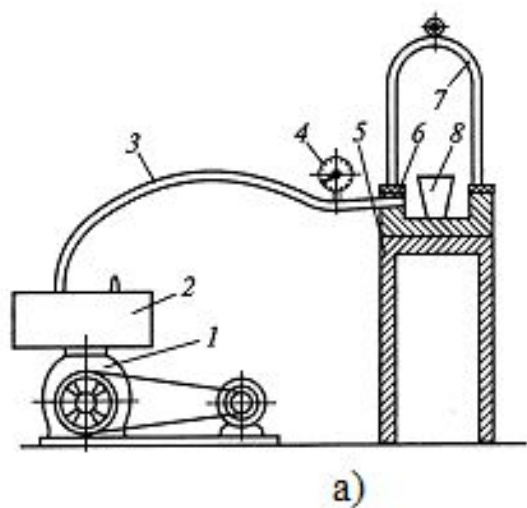
Прямая (1, 2) и обратная (3) зональная ликвации в условиях частичной конвекции (1) и интенсивного механического перемешивания (2) расплава

Схема расположения ликвационных дефектов в отливке



1 – ликвационное пятно;
2 – осевая V-образная ликвация;
3 – внеосевая Λ -образная ликвация

СКЛОННОСТЬ СПЛАВОВ К НАСЫЩЕНИЮ ГАЗАМИ



Прибор (а) и эталоны (б) для вакуум-пробы на газосодержание

Литейные свойства сплавов:

- ▶ Склонность к горячим трещинам;
- ▶ Склонность к холодным трещинам;
- ▶ Склонность компонентов сплавов к ликвации;
- ▶ Неметаллические включения в сплавах;
- ▶ Зависимость механических свойств от толщины стенки отливки

Характеристика основных литейных материалов



Чугун. В качестве литейного наибольшее применение нашел серый чугун. *Серый чугун* отличается благоприятным сочетанием литейных и механических свойств. Серый чугун имеет высокую жидкотекучесть, серые чугуны не склонны к образованию усадочных раковин и пористости (эвтектические и околоэвтектические). Отливки из серого чугуна к горячим трещинам практически не склонны, однако при дальнейшем охлаждении проявляется большая склонность к образованию холодных трещин, поэтому отливки необходимо выбивать из формы как можно раньше.

Серый чугун в литом состоянии имеет свободный графит различной формы, чаще всего пластинчатый. По структуре основной матрицы отливки из серого чугуна могут относиться к перлитному серому, перлитно-ферритному серому или ферритному серому чугуну.

Отливки из серого чугуна в зависимости от химического состава и физико-механических свойств можно условно разделить на следующие группы:

- малой и средней прочности – для изготовления стоек, крышек, суппортов, оснований, тонкостенных отливок, деталей для небольших рабочих давлений, подшипников и пр.;
- повышенной и высокой прочности – для изготовления ответственных машиностроительных отливок: цилиндров, шестерен, станин, маховиков, блоков цилиндров и пр.

Высокопрочный чугун имеет высокую прочность и пластичность, применяется для изготовления отливок, работающих в условиях ударных нагрузок. В литом состоянии получают структуру следующих типов: ферритную, перлитно-ферритную, перлитную и бейнитную. Ферритную и перлитно-ферритную структуру получают в литом состоянии без термообработки, перлитную – с нормализацией и бейнитную – с закалкой и отпуском.

Жидкотекучесть высокопрочного чугуна выше, чем серого. Появление усадочных дефектов зависит от сформированной литой структуры. При литье «по-белому» возможно образование усадочных раковин, горячих и холодных трещин. Если в чугуне происходит графитизация, то уменьшается объем усадочных дефектов, горячих трещин не возникает, холодные трещины образуются реже.

Преимуществом высокопрочного чугуна является меньшая плотность, более низкая температура плавления, большая циклическая вязкость.

Ковкий чугун имеет достаточно высокую прочность и пластичность, сопротивляемость ударным нагрузкам и износостойкость. Ковкий чугун имеет более низкие литейные свойства. Отливки из ковкого чугуна производят в два этапа: первый – производство отливок из белого чугуна, второй – графитизирующий или обезуглероживающий отжиг.

Характеристика основных литейных материалов



Литейные стали обладают пониженными

механическими и пластическими свойствами, что связано с формированием пористости (усадочной, газовой, газоусадочной).
При маркировке данных сталей обязательно ставится буква Л (литейная, литая).

Углеродистые литейные стали (15Л, 25Л, 30Л, 35Л, 45Л и 55Л) в литом состоянии имеют структуру с крупным зерном, например перлитную с крупными пластинами феррита, требуют термической обработки. Литейные свойства хуже литейных свойств чугуна и других сплавов: низкая жидкотекучесть, значительная величина объемной усадки (6,0 %), характерно развитие пористости, горячих трещин, образование холодных трещин не характерно, склонны к насыщению газами и неметаллическими включениями, к ликвации склонны стальные отливки с толщиной стенки более 80 мм.

Фасонные отливки из углеродистой стали в зависимости от содержания серы и фосфора делятся на три группы: нормального качества, повышенного и особого.

Легированные литейные стали (20ГЛ, 35ГЛ, 35ГСЛ, 20ФЛ, 45ФЛ, 40ХЛ, 35ХМЛ, 30ХНМЛ, 35ХНМЛ и др.) уступают по свойствам углеродистым из-за того, что при легировании расширяется интервал кристаллизации и уменьшается теплопроводность (возрастают термические напряжения). Литейные легированные стали подразделяют на *конструкционные* (ГОСТ 977-88) и *высоколегированные со специальными свойствами* (ГОСТ 2176-77).

Характеристика основных литейных материалов



Алюминиевые сплавы имеют высокую удельную прочность, коррозионную стойкость, достаточно высокую теплопроводность и электропроводность.

Алюминиевые литейные сплавы подразделяются на пять групп в зависимости от химического состава:

1. Сплавы на основе системы Al – Si – Mg (силумины АК12, АК13, АК9с, АК9ч и др.)
2. Сплавы на основе системы Al – Si – Cu (АК5М, АК5Мч, АК6М2, АК8М и др.)
3. Сплавы на основе системы Al – Cu (АМ5, АМ4,5Кл)
4. Сплавы на основе системы Al – Mg (АМг5К, АМг6л, АМг10 и пр.)
5. Сплавы на основе системы Al – Э (АК7Ц9 (легирующий элемент – цинк), АК9Ц6 (ЛЭ – цинк и железо), АЦМг (ЛЭ – цинк))

Литейные свойства алюминиевых сплавов определяются интервалом кристаллизации. Сплавы 1 и 2 групп имеют малый интервал кристаллизации (менее 50⁰ С), обладают высокой жидкотекучестью, хорошей стойкостью против горячих и холодных трещин, склонны к сосредоточенным усадочным раковинам. Сплавы 3, 4 и 5 групп имеют широкий интервал кристаллизации, низкую жидкотекучесть, при литье в металлические формы склонны к горячим трещинам, к образованию усадочной пористости и ликвации. Помимо этого сплавы 4 группы склонны к насыщению газами и образованию газовой и газоусадочной пористости.

Характеристика основных литейных материалов



Медные литейные сплавы. Наиболее применяемыми литейными сплавами на основе меди являются бронзы и латуни. К бронзам относятся сплавы меди с другими элементами, кроме цинка и никеля.

Различают следующие группы бронз:

- оловянные и оловянно-цинковые марок БрО8Ц4, БрО10Ц2, БрО10Ф1;
- оловянно-цинково-свинцовые марок БрО4Ц4С17, БрО5Ц5С5, БрО3Ц12С5;
- свинцовые и оловянно-свинцовые марок БрС30, БрО5С25, БрО10С10;
- алюминиевые марок БрА9Мц2Л, БрА10Мц2Л, БрА10Ж3Мц2, БрА10Ж4Н4Л и др.

Латуни – сплавы меди с цинком, могут содержать небольшие количества Fe, Mn, Ni, Si, Sn, Pb. Выпускаются литейные латуни следующих марок ЛЦ16К4 (детали арматуры), ЛЦ23А6Ж3Мц2 (массивные червячные винты, гайки нажимных винтов), ЛЦ30А3 (коррозионно-стойкие детали), ЛЦ40С (литые детали арматуры, втулки, сепараторы, подшипники), ЛЦ40Мц3Ж (детали ответственного назначения, работающие при температуре до 300 °С), ЛЦ25С2 (штуцера гидросистемы автомобилей).

Медные сплавы характеризуются высокой жидкотекучестью, поэтому применяются не только для изготовления деталей в машиностроении, но и широко используются в художественном литье. Сплавы практически не склонны к образованию холодных трещин.

Недостатком литья из медных сплавов является наличие рассеянной пористости, сосредоточенных усадочных раковин, возможность появления горячих трещин, склонность в дендритной ликвации.

Характеристика основных литейных материалов



Магниеые литейные сплавы имеют малую плотность, высокую удельную прочность, способность воспринимать ударные вибрационные нагрузки и высокое сопротивление усталости.

Литейные магниевые сплавы маркируются МЛ (ГОСТ 2856), пч – повышенной чистоты, он – общего назначения. Литейные магниевые сплавы подразделяются в зависимости от способа литья: в песчаные формы, в кокиль, литье под давлением и т. д., а также по прочности при нормальных и повышенных температурах, коррозионной стойкости и плотности. По уровню прочности и ряду других свойств литейные магниевые сплавы подразделяют на три группы: сплавы средней прочности (МЛ3), высокой прочности (МЛ4, МЛ4пч, МЛ5, МЛ5пч, МЛ5он, МЛ6, МЛ8, МЛ12, МЛ15), жаропрочные сплавы (Мл9, МЛ10, МЛ11, МЛ19).

Литейные свойства магниевых сплавов обусловлены широким интервалом кристаллизации. Жидкотекучесть магниевых сплавов соответствует жидкотекучести алюминиевых с аналогичным интервалом кристаллизации. Отливки из магниевых сплавов имеют усадочную пористость, хотя образование усадочных раковин нехарактерно. Магниевые сплавы склонны к насыщению газами, особенно водородом.

Характеристика основных литейных материалов



Титановые сплавы имеют высокую удельную прочность и малую плотность, низкую теплопроводность, высокую химическую активность. Применяются в самолетостроении, химической и нефтеперерабатывающей промышленности для изготовления деталей, работающих в условиях агрессивных сред.

Выпускаются титановые сплавы следующих групп:

- однофазные α -сплавы марок ВТ5Л, ВТ20Л, ВТ21Л;
- двухфазные ($\alpha+\beta$)-сплавы марок ВТ6Л, ВТ9Л, ВТ14Л;
- псевдо- β -сплав ВТ35Л.

Титановые сплавы имеют довольно узкий интервал кристаллизации ($50-70^{\circ}\text{C}$), поэтому обладают удовлетворительными литейными свойствами: высокой жидкотекучестью.

Однако для отливок из титановых сплавов характерно наличие высокого уровня остаточных напряжений, который можно снизить последующей термической обработкой – отжигом.

Для получения фасонных отливок предпочтительнее α -сплавы, которые, кроме хороших литейных свойств, позволяют заваривать дефекты. Наиболее употребительный литейный титановый сплав – сплав ВТ5Л. Для деталей повышенной прочности применяются сплавы ВТ6Л, ВТ9Л, ВТ20Л и др. В качестве материала для форм используются специальные керамические и графитовые смеси, а также стальные кокили.

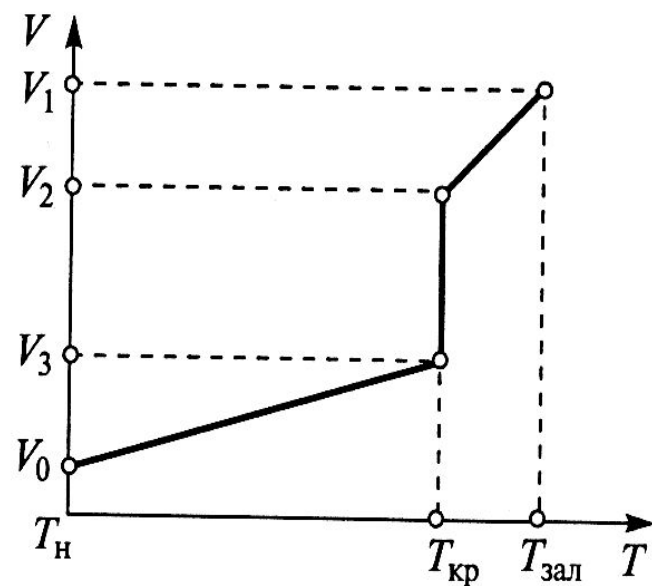
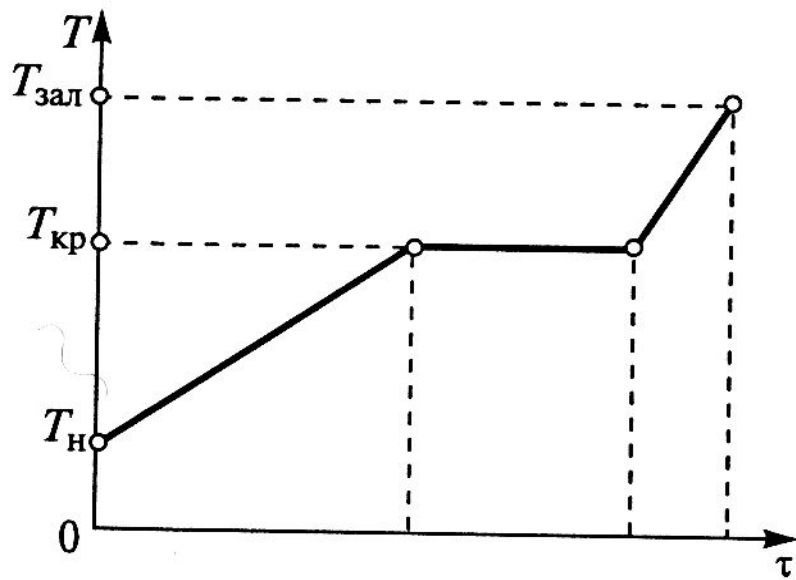


Получение отливки

Плавление жидкого металла

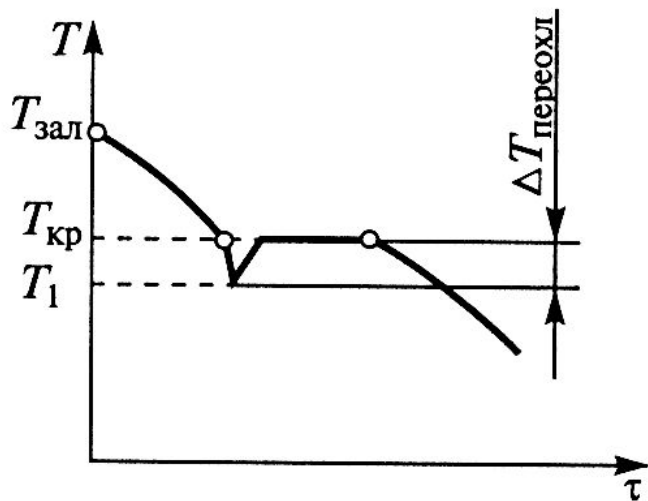
Кривая нагрева чистого металла
или эвтектического сплава

Изменение объема чистого
металла или эвтектического
сплава при нагреве

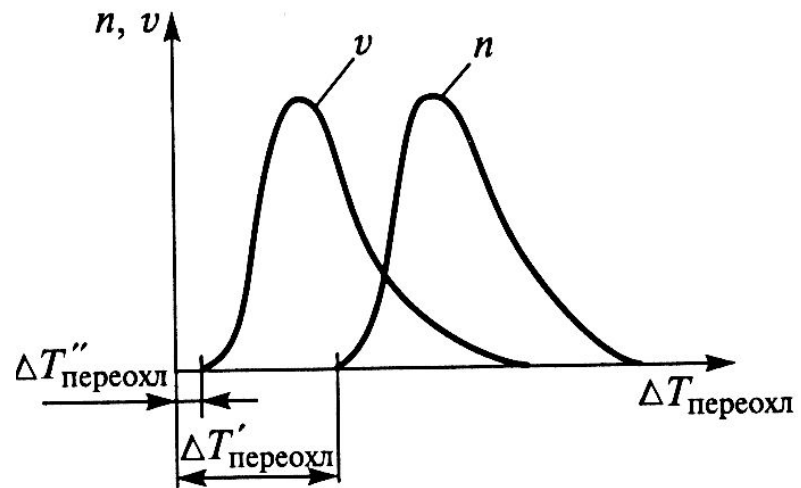


Кристаллизация сплава

Кривая охлаждения с
переохлаждением

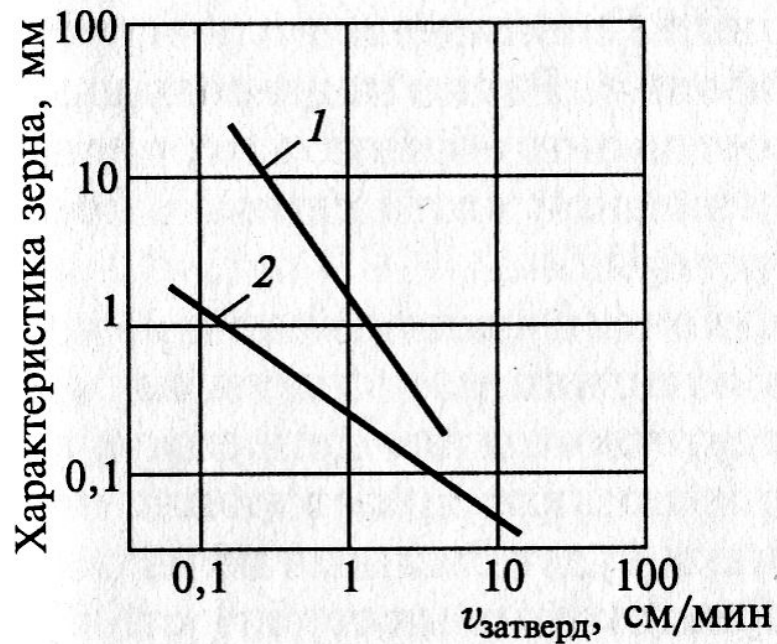


Схемы зависимостей скорости
 n зарождения центров
кристаллизации и линейной
скорости v роста кристаллов
от переохлаждения



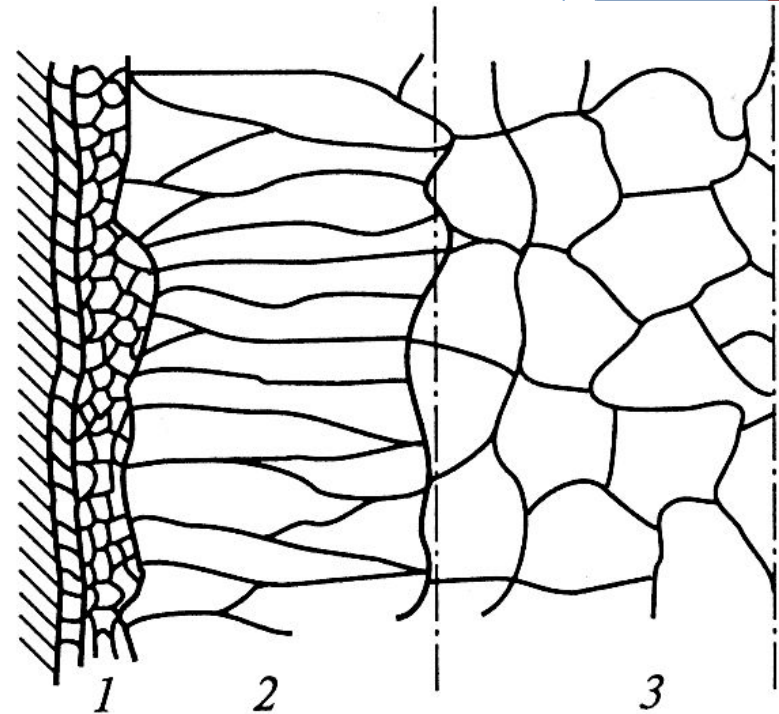
Формирование отливки

Зависимость характеристик зерна от скорости затвердевания



1 – средний размер дендритов
2 – расстояние между осями 2-ого порядка

Схема кристаллического строения тела отливки



1 – внешняя мелкозернистая зона
2 – зона столбчатых кристаллов
3 – центральная зона равноосных кристаллов

Кристаллизация сплава

- **модифицирование** — ввод малых количеств веществ (модификаторов) в расплав с целью измельчения зерна и улучшения механических свойств
- **применение вибрации** — интенсификация процесса образования обломков кристаллов и перемешивания расплава в незатвердевшей части отливки
- **использование ультразвуковых колебаний** — наложение колебаний с частотой $16 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^3$ колебаний в секунду
- **применение электромагнитных полей** — бегущие, пульсирующие, вращающиеся магнитные поля
- **введение в расплав микрохолодильников** — металлические порошки - модификаторы (0,1 мм) или дополнительные центры кристаллизации (раскислители, легирующие добавки, промежуточный сплав)

Классификация способов литья



Классификация способов литья

1 группа- Литье в разовые неразъемные литейные формы из дисперсных материалов с гравитационным способом заполнения

Литье по выплавляемым моделям

Литье по выжигаемым моделям

Литье по растворимым моделям

Литье по газифицируемым моделям

2 группа - литье в полупостоянные или постоянные формы разъемные формы с гравитационным способом заполнения

Литье в кокиль

Литье в углеродные (графитовые) формы

Классификация способов литья

3 группа- Способы литья с дополнительным воздействием на металл при заливке и кристаллизации

Литье под давлением

Литье при регулируемом давлении

Центробежное литье

Литье выжиманием

Литье погружением форм в расплав

4 группа - литье под всесторонним газовым давлением

Автоклавное литье

Литье с кристаллизацией под давлением (жидкая штамповка)

Классификация способов литья

5 группа- способы литья с воздействием на расплав

Электрическое воздействие

Электромагнитное воздействие

Обработка ультразвуком

6 группа - непрерывные и полунепрерывные процессы литья

Непрерывное литье

Литье вытягиванием из расплава

Полунепрерывное литье

Электрошлаковое литье

Литье с последовательным заполнением

Литье намораживанием

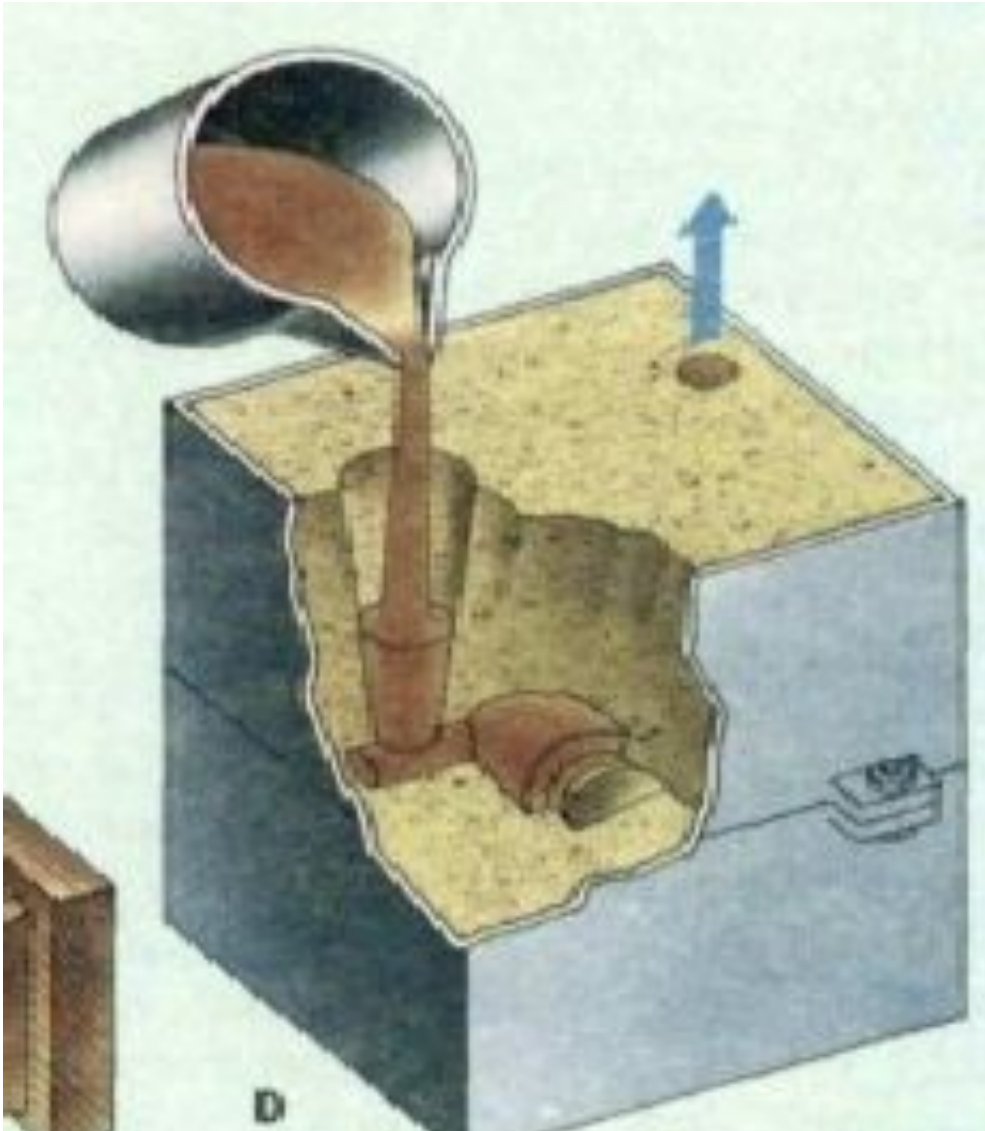
Классификация способов литья

7 группа- способы получения отливок с особыми свойствами

Армирование отливок

Отливки из композиционных материалов

Литье в разовые песчано-глинистые формы





Кристаллизация отливки в форме

Выбивка отливки из формы

Охлаждение до температуры 50°C

Первичная очистка, зачистка и удаление литниковой системы

Термическая обработка

Окончательная очистка отливки

Контроль

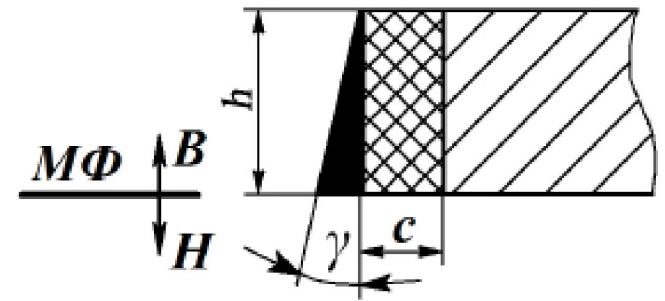
Разработка чертежа отливок

- ▶ Выбор положения отливки при заливке и выбор плоскости разъема
- ▶ Припуски на механическую обработку
- ▶ Формовочные уклоны

Припуски на механическую обработку, литейные уклоны, галтели

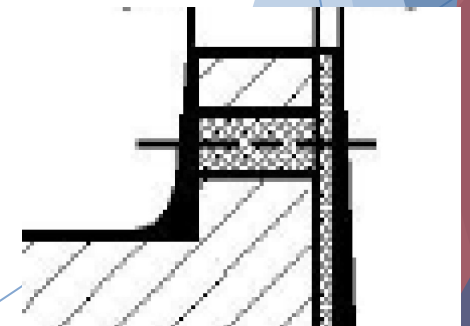
Габаритный размер, мм	Положение при заливке	Величина припуска (c , мм) для отливок из		
		чугуна	стали	цветных сплавов
До 120	Верх	2,5	3,5	3
	Низ, бок	2	3	2
121–260	Верх	3	5	4
	Низ, бок	2,5	3,5	3
261–500	Верх	4	6	5
	Низ, бок	3,5	4	4
501–800	Верх	5,5	7	6
	Низ, бок	4,5	5	5

Высота боковой поверхности, мм	Угол уклона γ для модели	
	деревянной	металлической или пластмассовой
До 20	3°	1°30'
21 – 50	1°30'	1°
51 – 100	1°	0°45'
101 – 200	0°45'	0°30'
201 – 300	0°30'	0°30'
301 – 800	0°30'	0°20'



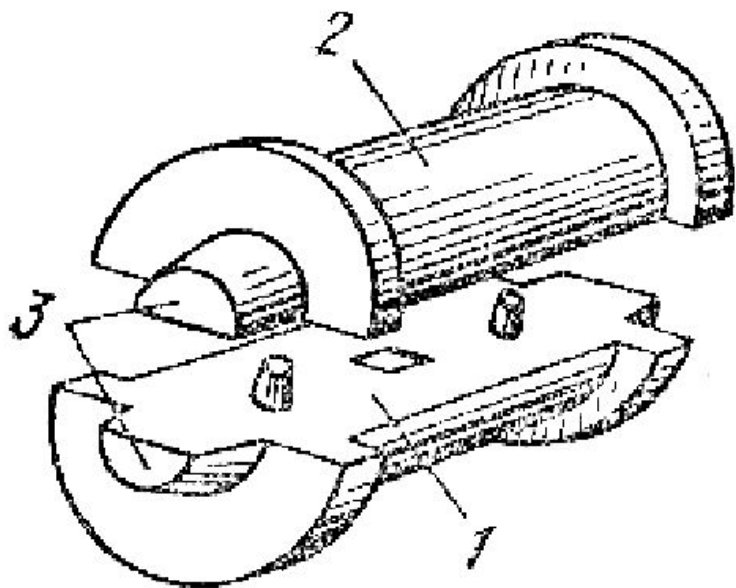
Радиус галтели R рассчитывают по соотношению

$$R = \left(\frac{a+b}{2} \right) c,$$



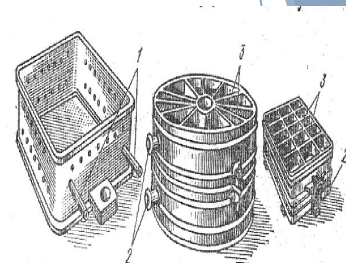
Основные элементы литья в песчано-глинистые формы

РАЗЪЕМНАЯ МОДЕЛЬ



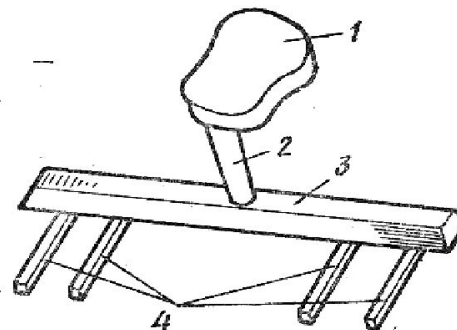
- 1 – верхняя половина
- 2 – нижняя половина
- 3 – стержневой знак

ОПОКИ



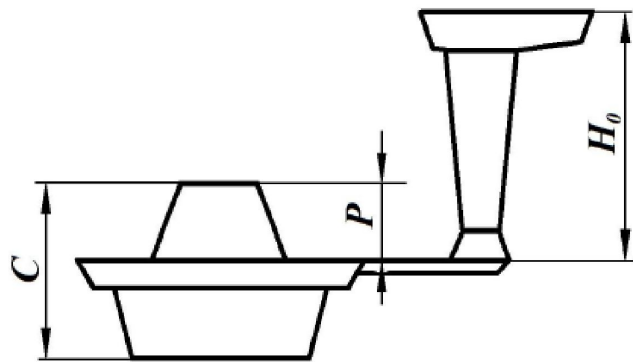
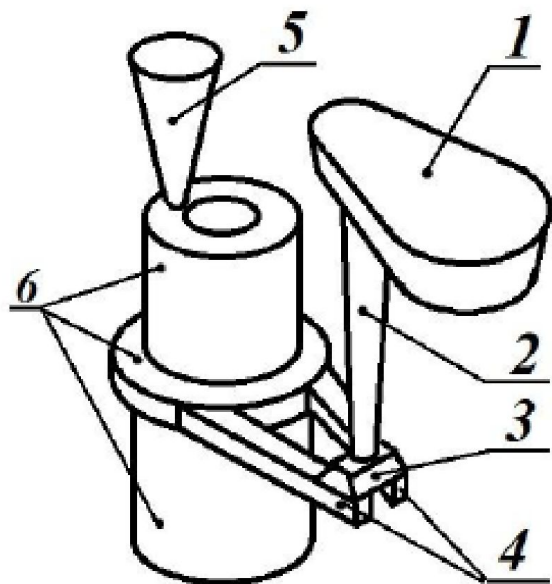
- 1- ручки 2– цапфы 3– ребра жесткости

ЛИТНИКОВАЯ СИСТЕМА



- 1 – литниковая чаша 2 – стояк
- 3 – шлакоуловитель 4 - питатель

Литниковая система



$$F_{nc} = \frac{Q}{\tau \mu \rho \sqrt{2g H_p}},$$

где Q – масса металла, прошедшего через минимальное сечение, кг;
 τ – продолжительность заливки, с;
 ρ – плотность металла (Приложение 2), кг/м³;
 μ – коэффициент расхода литниковой системы, учитывающий потери на трение, для тонкостенного сложного литья $\mu = 0,35$;
 H_p – расчетный напор, м;
 g – ускорение силы тяжести, $g = 9,81$ м/с².

По площади наименьшего сечения F_{nc} рассчитывают площади сечения остальных элементов литниковой системы по соотношениям:

1) для чугунных отливок

$$F_{лит.} : F_{ул.} : F_{ст.} = 1,0 : 1,1 : 1,2;$$

2) для отливок из медных сплавов

$$F_{лит.} : F_{ул.} : F_{ст.} = 4,0 : 2,0 : 1,0;$$

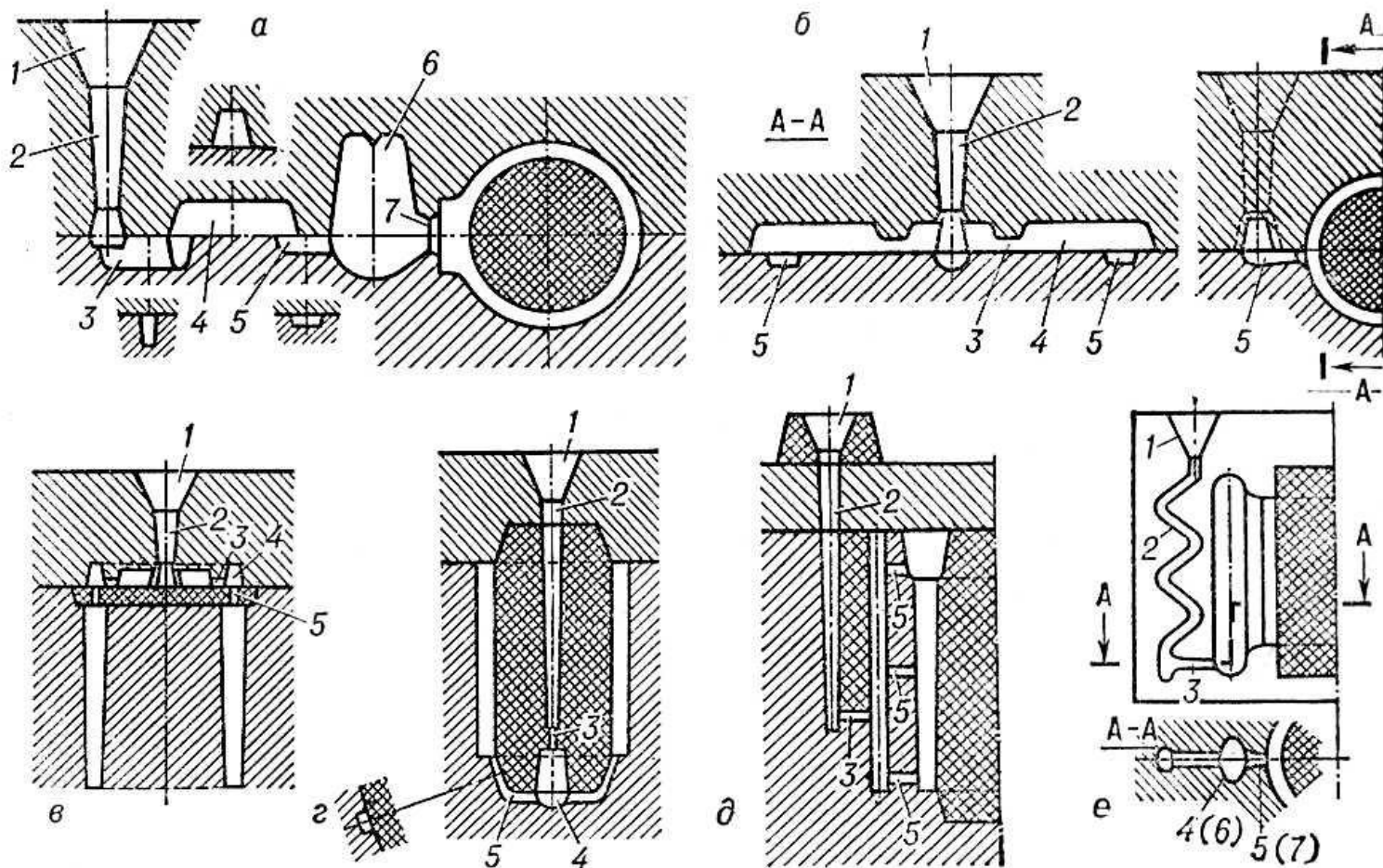
3) для отливок из алюминиевых сплавов

$$F_{лит.} : F_{ул.} : F_{ст.} = 5,0 : 2,5 : 1,0;$$

4) для остальных отливок

$$F_{лит.} : F_{ул.} : F_{ст.} = 1,0 : 1,2 : 1,4.$$

Виды литниковой системы



а , б — боковые; в — дождевая; г — сифонная; д — ярусная (этажная);

е — щелевая

1 — чаша (воронка); 2 — стояк; 3 — дроссель; 4 — шлакоуловитель;
5 — питатель; 6 — боковая прибыль; 7 — шейка

Свойства, составы, методы приготовления формовочных и стержневых смесей

Смеси, применяемые для изготовления форм, называются формовочными, а материалы, из которых они изготовлены, формовочными материалами. Смеси, применяемые для изготовления стержней, называются стержневыми.

Огнеупорность – способность формовочных смесей выдерживать высокие температуры, сохраняя целостность формы. Значение огнеупорности выбирается в зависимости от температуры заливки сплава

Требуемая огнеупорность формовочных материалов

Сплав	Температура плавления сплава	Огнеупорность, °С
Сталь, 35Л	1500	1700
Чугун, СЧ20	1170	1500
Бронза	1080	1200
Алюминиевый	600	800 – 1200

Прочность – способность форм противостоять внешнему воздействию без разрушения и без изменения геометрических параметров.

Свойства, составы, методы приготовления формовочных и стержневых смесей

Формуемость – способность формовочной смеси воспроизводить конфигурацию модели, заполнять карманы при свободной засыпке.

Податливость – способность нагретой смеси деформироваться под действием давления. Податливость необходима для предотвращения появления горячих и холодных трещин в отливках.

Выбиваемость (остаточная прочность) – способность формовочных смесей отделяться от отливки при выбивке. Остаточная прочность песчано-глинистых смесей должна быть менее $\sigma_{\text{ост}} = 0,2 \text{ Н/мм}^2$.

Пластичность – способность формовочных смесей деформироваться и сохранять полученную деформацию после снятия нагрузки.

Газотворность – способность формовочных смесей выделять газы при заливке металла. Газотворность влияет на образование газовых раковин в отливках.

Газопроницаемость – способность формовочной смеси пропускать газы.

Гигроскопичность – способность формовочных материалов адсорбировать влагу из окружающей среды.

Осыпаемость – склонность формовочной смеси к разрушению при истирании.

Уплотняемость – способность смеси уменьшать объем под действием приложенной внешней нагрузки.

Долговечность – способность формовочных смесей сохранять свою работоспособность при многократном использовании.

Свойства, составы, методы приготовления формовочных и стержневых смесей

Формовочные пески являются основным элементом формовочных смесей.

Классификационный признак	Критерий классификации	Группа по данному признаку	Значение критерия в песке		
			кварцевом	тощем	жирном
Содержание глинистой составляющей	Содержание глины, мас. %, не более	1	0,2	4,0	-
		2	0,5	8,0	-
		3	1,0	12,0	-
		4	1,5	-	-
		5	2,0	-	-
Содержание кремнезема	Содержание SiO ₂ , мас. %, не менее	K ₁	99	-	-
		K ₂	98	-	-
		K ₃	97	-	-
		K ₄	95	-	-
		K ₅	93	-	-
		T ₁	-	96	-
		T ₂	-	93	-
Коэффициент однородности	Коэффициент однородности, %	O ₁	Свыше 80		-
		O ₂	Свыше 70 до 80		-
		O ₃	Свыше 60 до 70		-
		O ₄	Свыше 50 до 60		-
		O ₅	До 50		-
Средний размер зерна	Средний размер зерна, мм	01	До 0,14		-
		016	Свыше 0,14 до 0,18		-
		02	Свыше 0,19 до 0,23		-
		025	Свыше 0,24 до 0,28		-
		03	Свыше 0,28		-
Предел прочности при сжатии	Предел прочности при сжатии во влажном состоянии, Н/мм ²	Ж ₁	Свыше 0,08		-
		Ж ₂	Свыше 0,05 до 0,08		-
		Ж ₃	До 0,05		-

Свойства, составы, методы приготовления формовочных и стержневых смесей

Помимо кварцевых песков в литейном производстве нашли применение и некварцевые пески.

Хромит (хромистый железняк) $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ имеет высокую температуру плавления 1800°C , низкую температуру спекания (1100°C), химически инертен к оксидам железа при высоких температурах в любой газовой атмосфере. Смеси на основе хромита обладают высокой прочностью при термическом ударе, хорошо противостоят образованию химического и механического пригара, ужимин.

Хромомagnesит получают в результате обжига смеси из 50-70 % хромитовой руды и 30-50 % металлургического магнезита. Имеет высокую температуру плавления до 2200°C , Применяется для изготовления крупных отливок из высоколегированных сталей.

Цирконовый песок (силикат циркония $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$) обладает высокой огнеупорностью – температура плавления $2430-2450^\circ\text{C}$, инертностью по отношению к расплавленному железу, марганцу и их оксидам, хорошо совместим с различными связующими. Смеси из цирконового песка применяется для изготовления отливок из тугоплавких материалов при высоком металлостатическом давлении.

Свойства, составы, методы приготовления формовочных и стержневых смесей

Формовочные глины применяются в качестве связующего материала и представляют собой горные породы, состоящие из тонкодисперсных частиц водных алюмосиликатов, обладающих связующей способностью во влажном или сухом состоянии и достаточной термохимической способностью.

Глины подразделяются на огнеупорные формовочные каолиновые и бентонитовые.

Классификация каолиновых глин

Показатель	Норма показателей по ГОСТ 3226-93		
	Высокая	Средняя	Низкая
Содержание Al_2O_3 , мас. %	Свыше 33,0	28,0...33,0	23,0...28,0
Содержания железа в пересчете на Fe_2O_3 , мас. %	3,0...4,5	1,5...3,0	Не более 1,5
Потери при прокаливании, мас. %	14,0...18,0	10,0...14,0	Не более 10,0
Коллоидальность, мас. %	Свыше 20,0	14,0...20,0	8,0...14,0
Концентрация обменных катионов, мг-экв/100 г сухой глины	Свыше 25,0	15,0...25,0	7,0...15,0

Марки и физико-механические свойства огнеупорных глин

Марка	Предел прочности при сжатии, N/mm^2 , не менее, по ГОСТ 3226-93	
	Влажное состояние глины	Сухое состояние глины
П1	0,050	0,35
П2	0,050	0,25
П3	0,050	0,15
С1	0,035	0,35
С2	0,035	0,25
С3	0,035	0,15
М1	0,20	0,35
М2	0,20	0,25
М3	0,20	0,15

П – прочные, С – среднепрочные, М – малопрочные; 1 – высокосвязующие, 2 – среднесвязующие, 3 – малосвязующие

Свойства, составы, методы приготовления формовочных и стержневых смесей

Химико-минералогические показатели бентонитовых глин

Показатель	Норма по ГОСТ 28177-89
Содержания в глине мас. %:	
монтмориллонита, не менее	30,0
карбонатов в пересчёте на CaCO_3 , не более	10,0
сульфидной серы, не более	0,3
железа в пересчёте на Fe_2O_3 , не более	12,0
Концентрация обменных катионов мг-экв/100г сухой глины, не менее	30,0
Коллоидальность, мас. %, не менее	10,0
Водопоглощение, ед., не менее	1,0

Показатель	Норма по ГОСТ 28177-89
Содержание в глине, мас. %:	
монтмориллонита:	
высокое	Свыше 70
среднее	Свыше 50 до 70
низкое	Свыше 30 до 50
карбоната в пересчёте на CaCO_3 :	
низкое	До 2
среднее	Свыше 2 до 5
высокое	Свыше 5 до 10
сульфидной серы:	
высокое	Свыше 0,2 до 0,3
низкое	До 0,2
железа в пересчёте на Fe_2O_3 :	
низкое	До 4
среднее	Свыше 4 до 8
высокое	Свыше 8 до 12
Концентрация обменных катионов мг-экв/100г сухой глины:	
высокая	Свыше 80
средняя	Свыше 50 до 80
низкая	Свыше 30 до 50
Коллоидальность, мас. %:	
высокая	Свыше 80
средняя	Свыше 40 до 80
низкая	Свыше 10 до 40
Водопоглощение, ед.:	
высокое	Свыше 6,5
среднее	Свыше 5,1 до 6,5
низкое	Свыше 1 до 5

Классификационные признаки формовочных бентонитовых глин в зависимости от химико-минералогических показателей

По физико-механическим свойствам бентонитовые глины подразделяются на три группы: прочная (П) глина с пределом прочности при сжатии не менее 0,09 Н/мм², среднепрочная (С) – не менее 0,07 Н/мм² и малопрочная (М) – не менее 0,05 Н/мм².

Свойства, составы, методы приготовления формовочных и стержневых смесей

В формовочные смеси для придания специальных свойств добавляют вспомогательные материалы:

- противопопригарные добавки – каменноугольную пыль, мазут и другие углеродистые вещества;
- добавки для стабилизации влажности песчано-бентонитовой смеси, улучшения ее пластичности и качества отпечатка – крахмалит (модифицированный набухающий крахмал), экструзионные крахмалосодержащие реагенты, меляссу, злаковые добавки;
- противоужиминные добавки – выгорающие добавки (уголь, крахмалит, древесная мука);
- добавки для увеличения текучести смесей – ПАВ, углещелочной реагент, ичеган и окзил (продукты переработки лигнина и лигносульфоната);
- добавки для увеличения податливости сухих смесей – древесные опилки или мука.

Диапазон изменения влажности формовочных смесей находится в пределах 2-8 %, а стержневых – в пределах 0-4 %.

Свойства, составы, методы приготовления формовочных и стержневых смесей

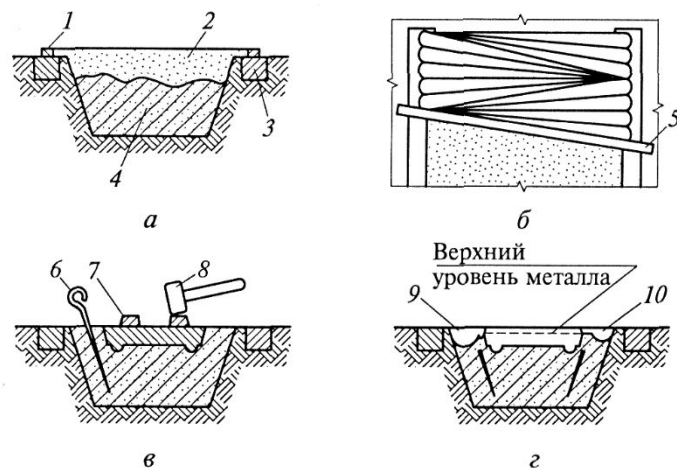
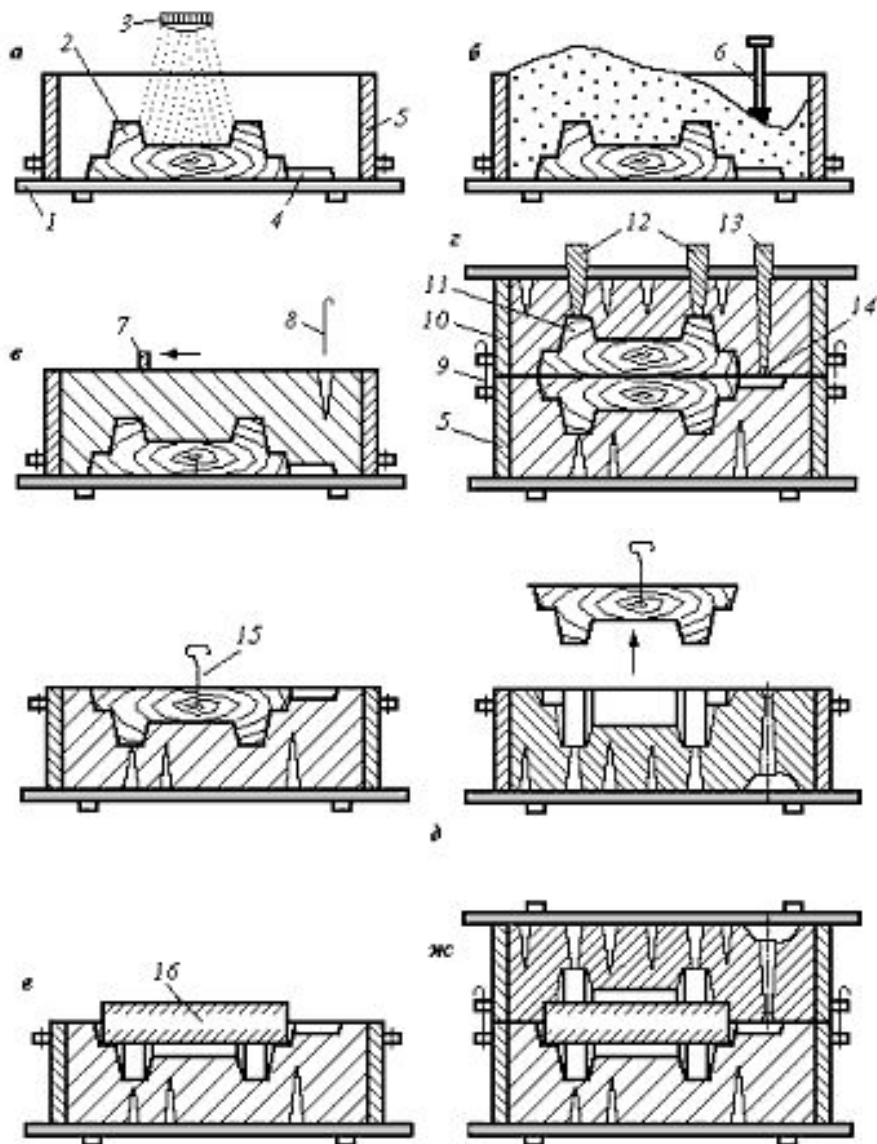
Формовочные смеси классифицируют по следующим признакам:

1. по применению – на облицовочные, наполнительные и единые;
2. по состоянию формы перед заливкой – на смеси для сырых, сухих, подсушенных и самотвердеющих форм;
3. по виду сплава – для чугуна, стали и сплавов цветных металлов.

Технологический процесс изготовления смесей состоит из следующих этапов:

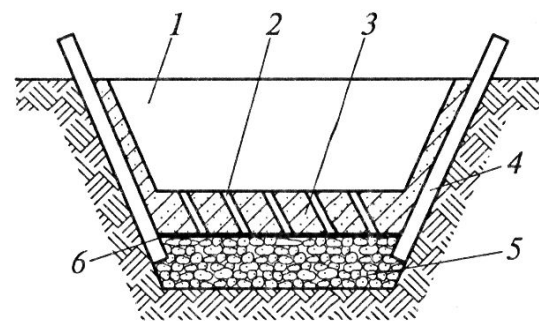
1. дозирование исходных материалов;
2. подача их в бегуны и смешивание;
3. вылеживание приготовленной смеси;
4. разрыхление.

Ручная формовка



Формовка в мягкой постели:

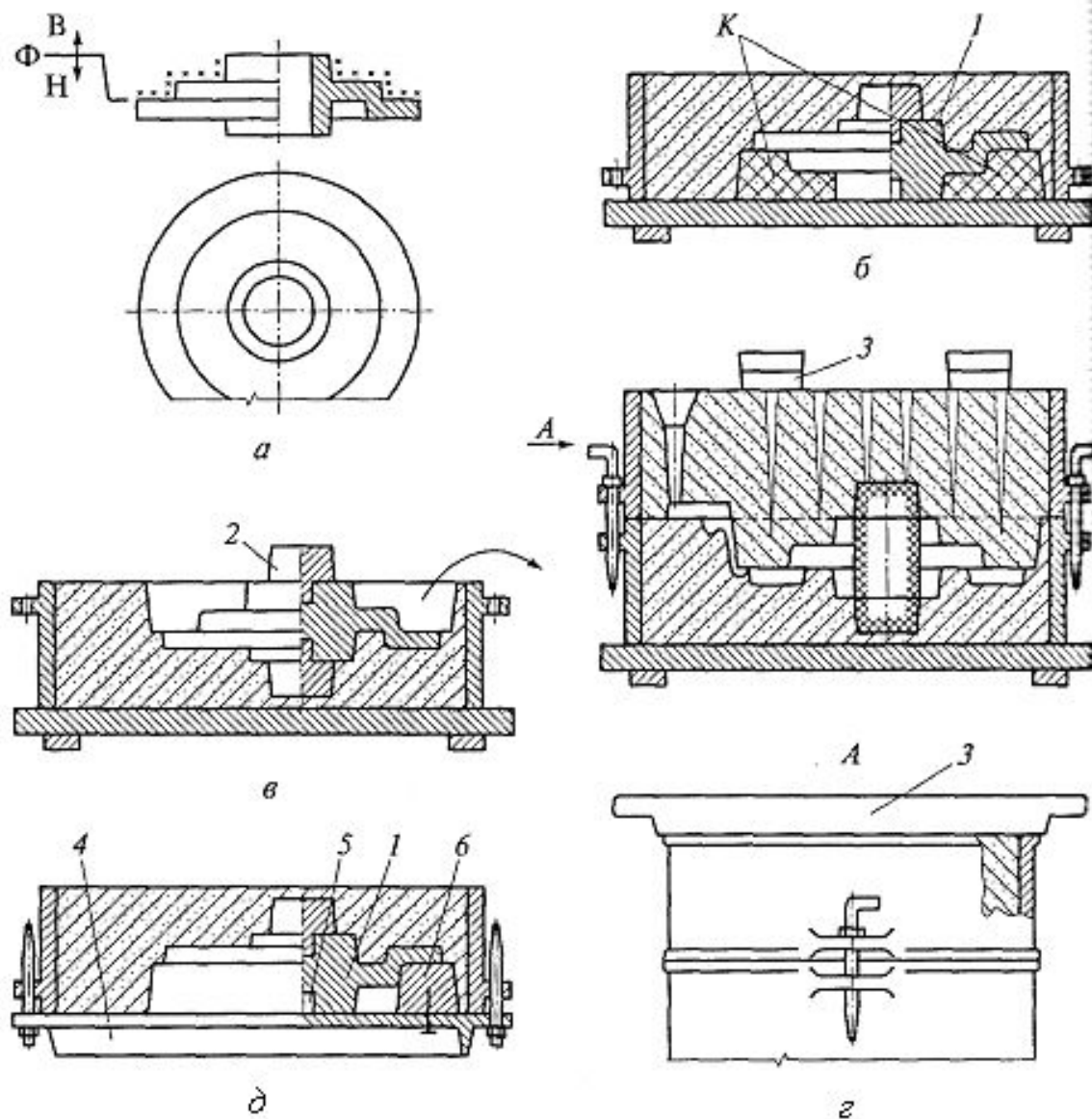
а, б – изготовление формы; в – осадка модели; г – готовая модель; 1 – деревянная рейка; 2 – облицовочная смесь; 3 – металлический брусок; 4 – формовочная смесь; 5 – деревянная планка; 6 – вентиляционная игла; 7 – модель; 8 – молоток; 9 – приемная литниковая чаша; 10 – сливной резервуар



Твердая постель, подготовленная к формовке:

1 – яма; 2 – вентиляционный канал; 3 – формовочная смесь; 4 – труба; 5 – слой кокса; 6 – мешковина

Ручная формовка

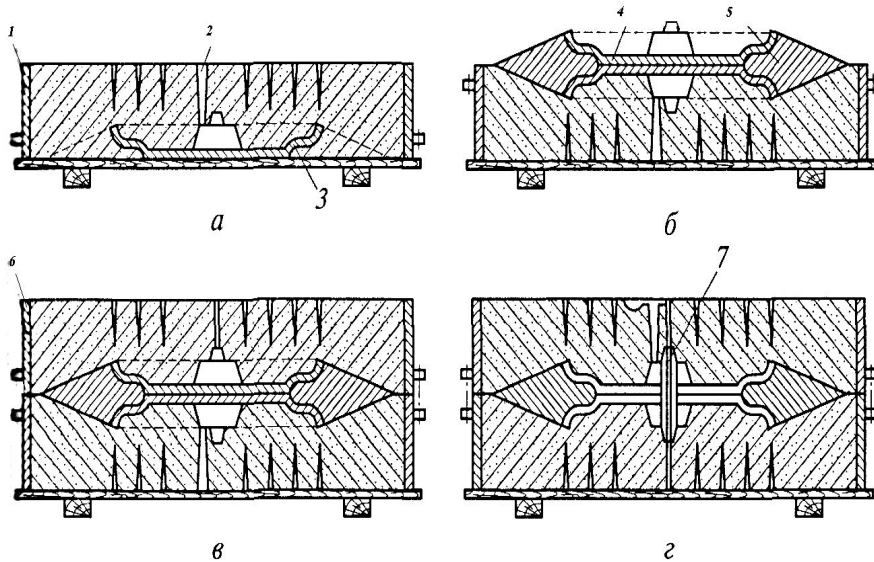


Формовка с подрезкой

а – отливка; б – уплотненная нижняя полуформа; в – нижняя полуформа после излишков смеси; г – форма в сборе; д – формовка по фасонной модельной плите; 1 – модель; 2 – модель верхнего знака; 3 – груз; 4 – модельная плита; 5 – гнездо для знака; 6 – модель подрезки; Φ – разъем модели; К – объем смеси, препятствующий извлечению модели

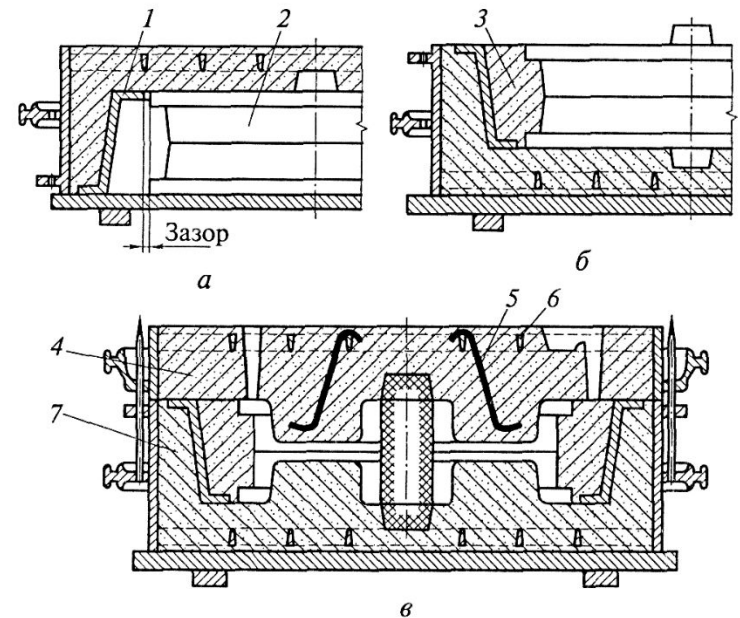
Ручная формовка

Формовка с перекидным болваном



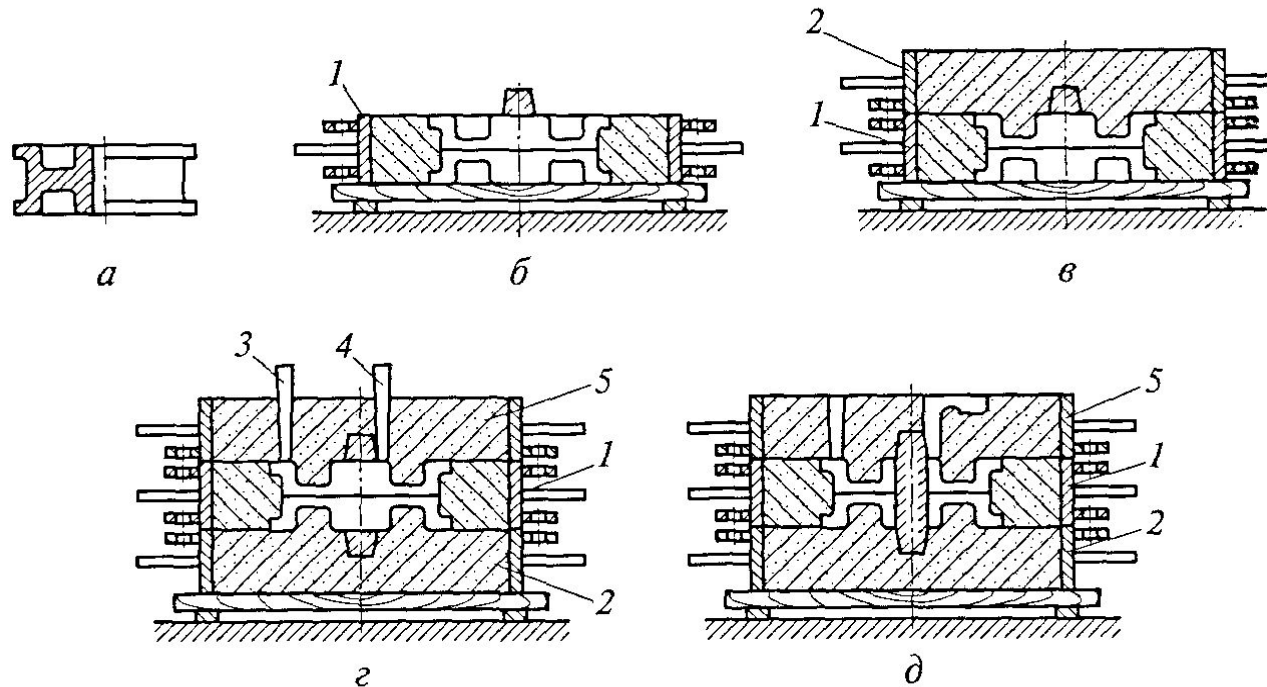
а – г последовательность операций при формовке отливки шкива; 1 – опока; 2 – модель стояка, 3 – верхняя половина модели; 4 – нижняя половина модели; 5 – перекидной болван; 6 – опока низа; 7 - стержень

Формовка с подъемным болваном



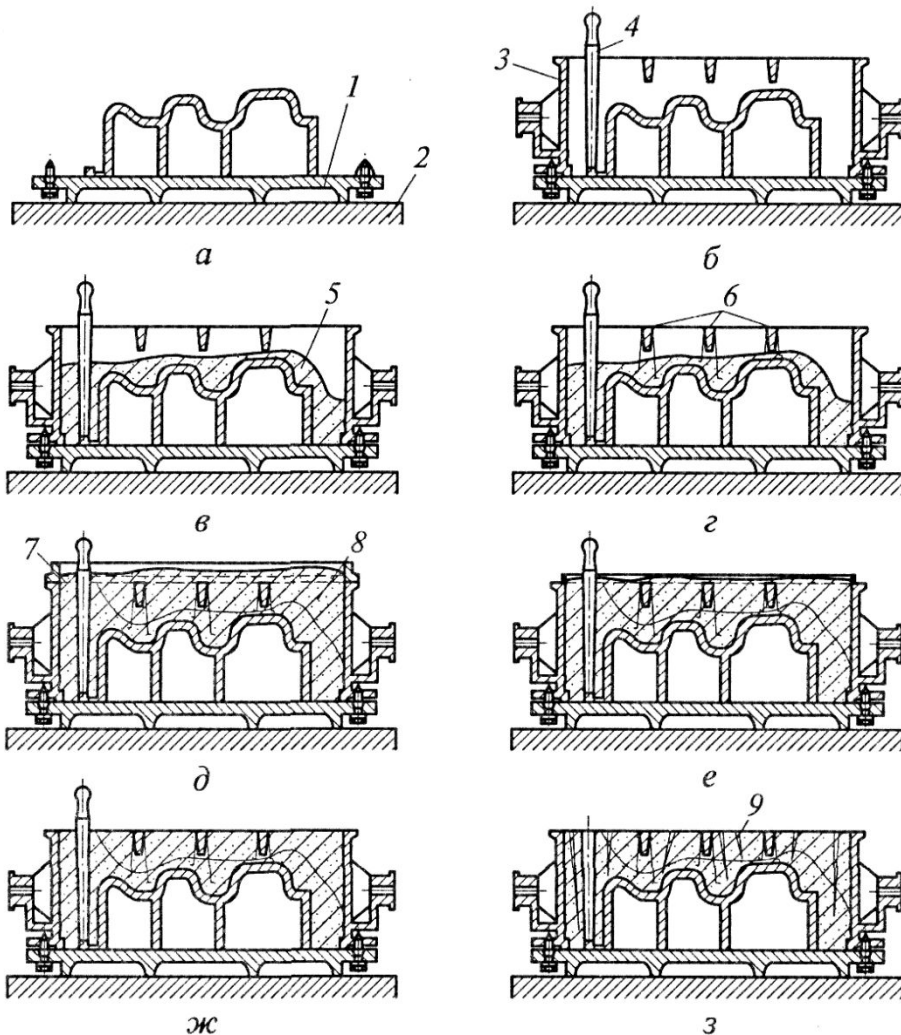
а - формовка нижней опоки;
б - уплотнение смеси между моделью и обечайкой;
в - форма в сбор;
1 - стальная обечайка; 2 - модель; 3 - подъемный болван; 4 - верхняя полуформа; 5 - крючок; 6 - крестовина; 7 - нижняя полуформа

Ручная формовка



Формовка в трех опоках по разъемной модели: а – отливка; б-д – последовательность выполнения операций формовки; 1 – средняя полуформа (опока); 3 – модель выпора; 4 – модель стояка; 5 - верхняя полуформа (опока)

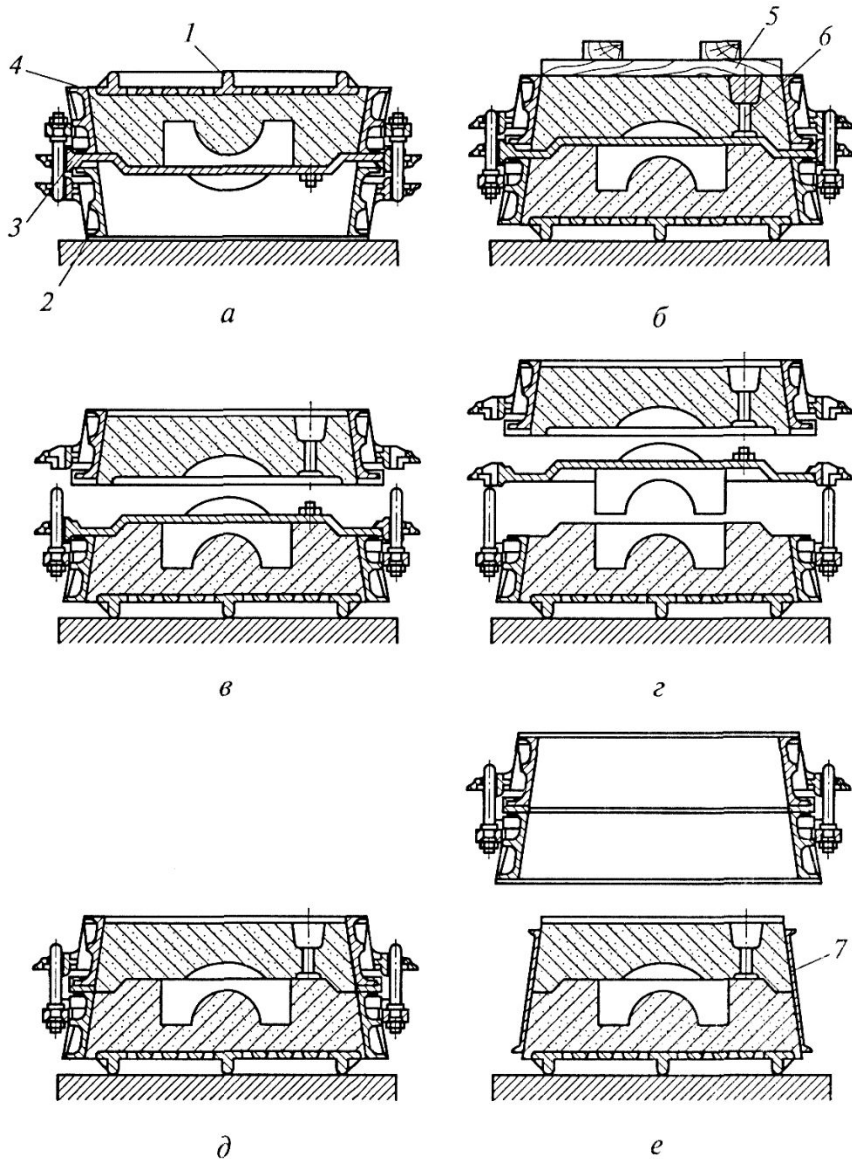
Схема изготовления формы на формовочных машинах



Последовательность выполнения операций машинной формовкой:

- а – модельная плита с моделью;
- б – модельная плита с установленной на ней верхней опокой;
- в – засыпка облицовочной смеси в опоку;
- г – установка крючков на крестовины;
- д – засыпка наполнительной смеси;
- е – уплотнение смеси

Схема изготовления формы на формовочных машинах



Последовательность выполнения операций изготовления безопочной формы:

а – изготовление нижней полуформы;

б – изготовление верхней полуформы

в – снятие верхней полуформы;

г – снятие двустороннее модельной плиты;

д – сборка формы;

е – снятие опок и надевание жакета;

1 – подопочный щиток;

2 – верхняя опока;

3 – модельная плита;

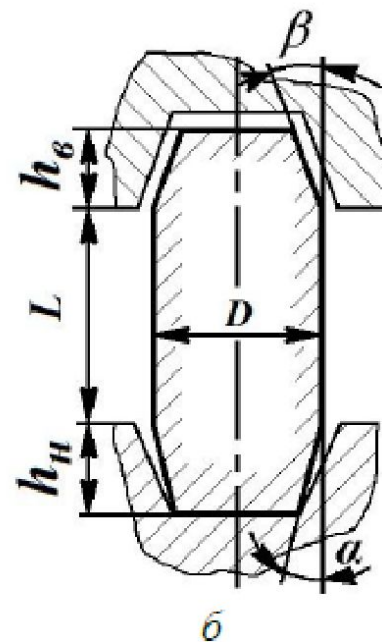
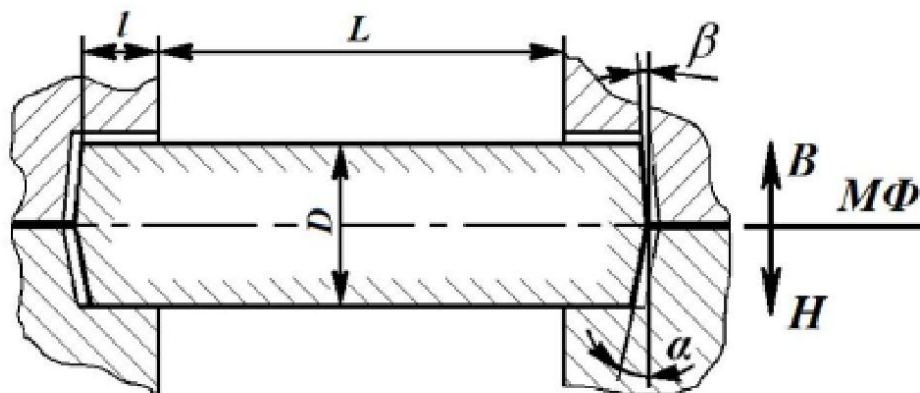
4 – нижняя опока;

5 – прессовая плита;

6 – пружинный стояк;

7 - стальной жакет

Стержни и стержневые знаки



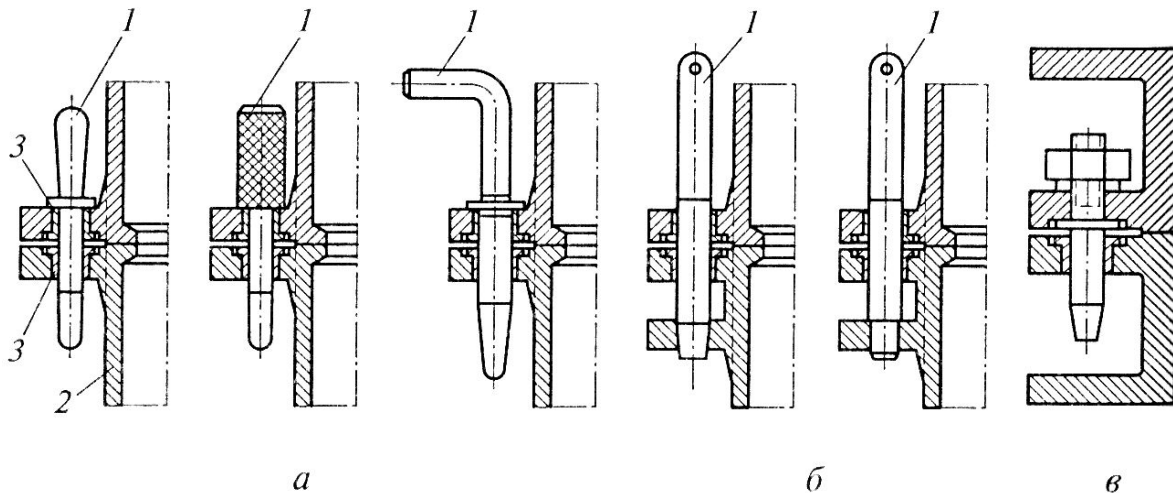
Длина горизонтальных знаков

D , мм	Длина знака (l , мм, не более) при длине стержня L (см. рис. 6, а)					
	<50	50-150	150-300	300-500	500-700	>700
≤ 25	15	25	40	-	-	-
26 – 50	20	30	45	60	-	-
51 – 100	25	35	50	70	90	110
101 – 200	30	40	55	80	100	120
201 – 300	-	50	60	90	110	130

Высота нижних вертикальных знаков

D , мм	Высота знака (h_n , мм, не более) при длине стержня L (см. рис. 6, б)					
	<50	50-150	150-300	300-500	500-700	>700
≤ 25	20	25	-	-	-	-
26 – 50	20	40	60	70	-	-
51 – 100	25	35	50	70	100	120
101 – 200	30	30	40	60	90	110
201 – 300	35	35	40	50	80	100

Сборка формы



Примеры соединения опок при помощи штырей: а – опоки небольшого размера; б – средние и крупные опоки; в – опоки для автоматических линий; 1 – контрольный штырь; 2 – опока; 3 – втулка

Плавка металла

Плавка – это совокупность физических и химических процессов, происходящих в плавильной печи при получении жидкого металла с заданными свойствами. В литейном производстве используют продукты первичной плавки (первичные шихтовые материалы) и вторичные металлы.

Первичные металлические материалы получают на металлургических предприятиях. В литейных цехах используют:

- чушковые чугуны: чугуны литейные, передельные доменные чугуны,
- ферросплавы: ферросилиций, ферромарганец, силикомарганец, силикокальций, феррохром, ферросиликохром, ферротитан и т.п.;
- металлы цветные первичные: алюминий первичный, медь, магний первичный, цинк, олово, свинец, никель и т.д.

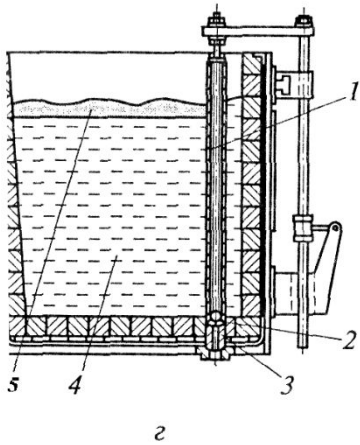
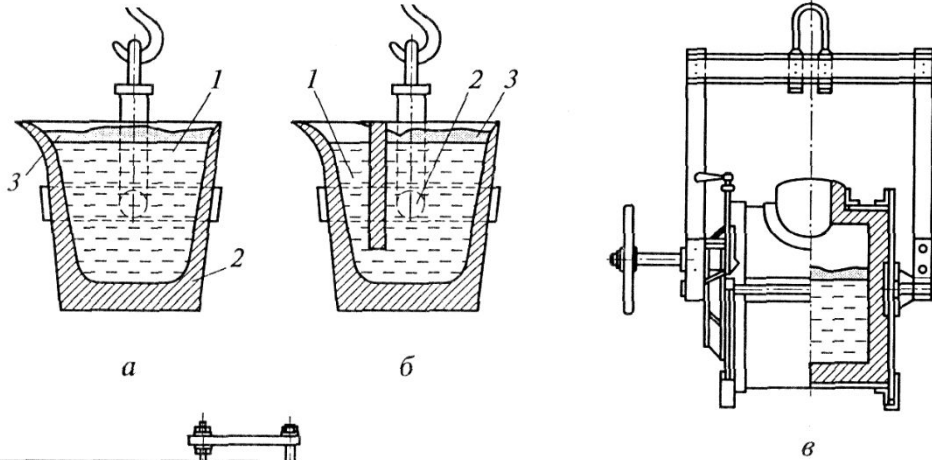
Вторичные металлические материалы различают по их физическому состоянию и качеству: кусковые (габаритные и негабаритные), прессованные (брикетированные и пакетированные), лом, отходы и стружка.

Для плавки сплавов используются:

- для плавки чугуна: вагранки, дуговые печи и индукционные печи;
- для плавки стали: мартеновские печи, конвертеры, дуговые печи, индукционные тигельные печи, плазменные печи;
- для плавки алюминиевых сплавов: индукционные тигельные и каналные печи, электрические печи сопротивления, топливные печи, пламенные отражательные печи, шахтно-пламенные печи;
- для плавки магниевых сплавов: тигельные печи или дуплекс-процесс: пламенная отражательная печь – тигельная печь;
- для плавки цинковых сплавов: тигельные печи, индукционные каналные печи;
- для плавки медных сплавов: индукционные тигельные печи.

Плавка сплавов включает также операции рафинирования, раскисления, модифицирования и дегазации.

Заливка форм



Типы заливочных ковшей:

а – с носком: 1 – жидкий металл; 2 – ковш; 3 – шлак;

б – чайниковые: 1 – жидкий металл; 2 – цапфа; 3 – шлак;

в – барабанные; г – стопорные: 1 – стопор; 2 – пробка; 3 – стопорный стакан; 4 – жидкий металл; 5 – шлак

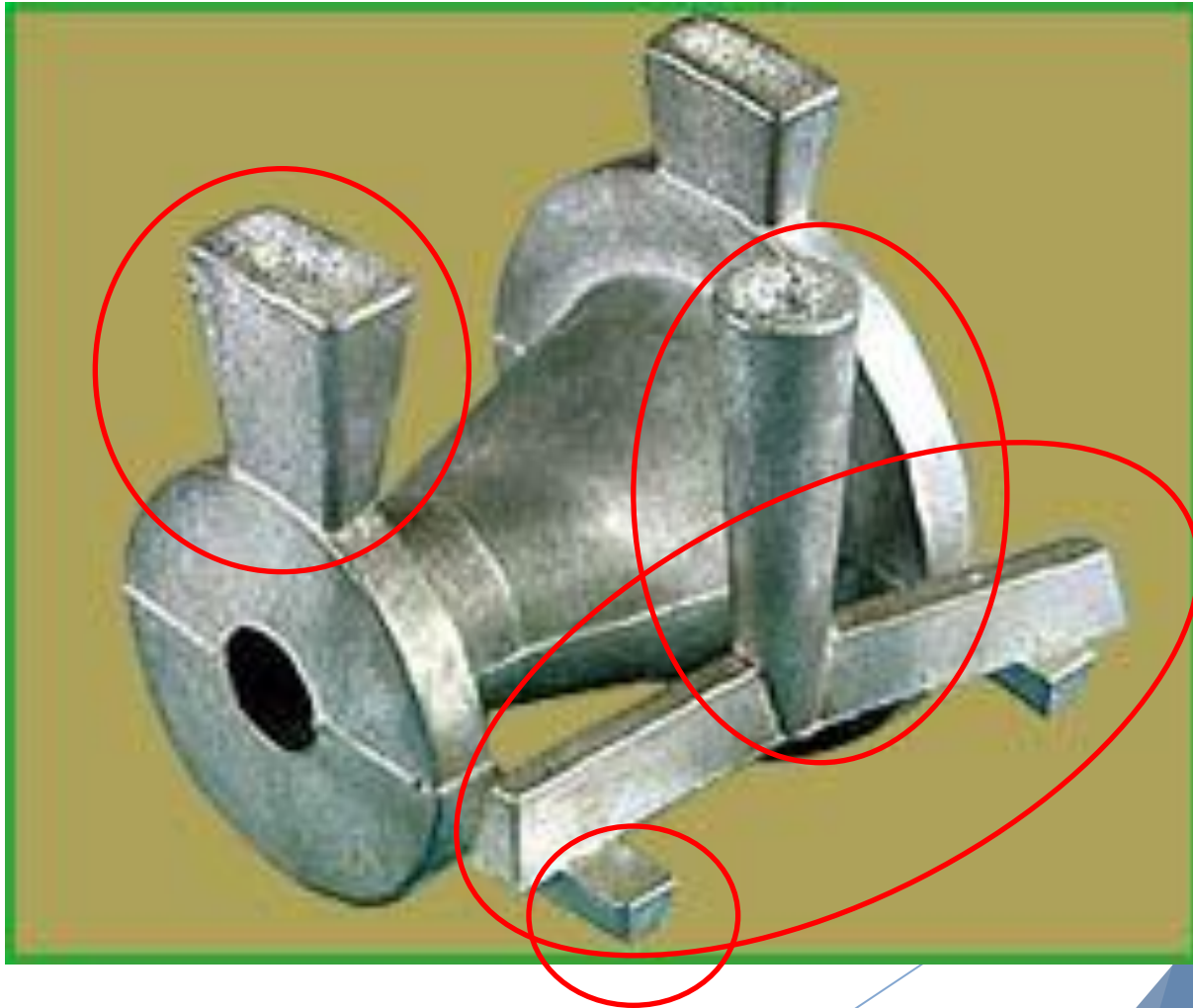
Заливка формы вручную



Выбивка отливки



Отливка с элементами литниковой системы



Автоматизированный цех литья в песчано-глинистые



Литье колоколов в глинистые формы



Формы для литья колоколов



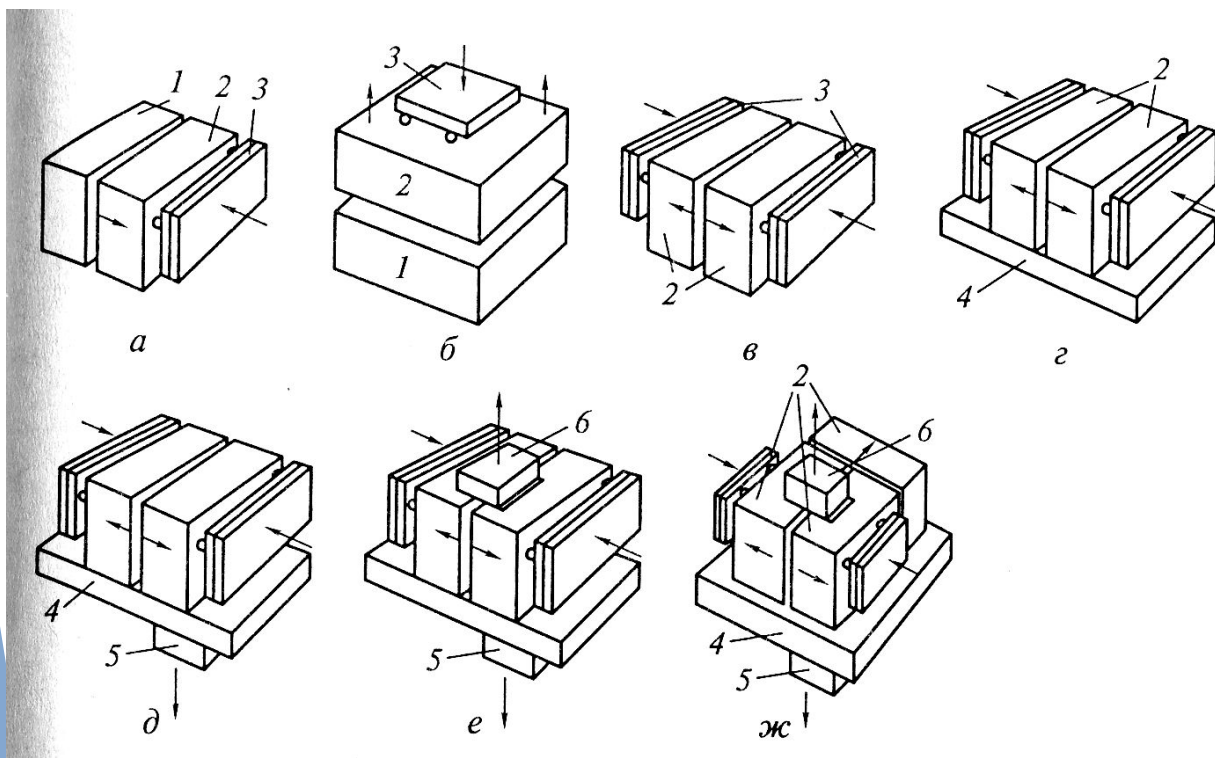
Литье колокола

Литье в кокиль



Виды кокилей

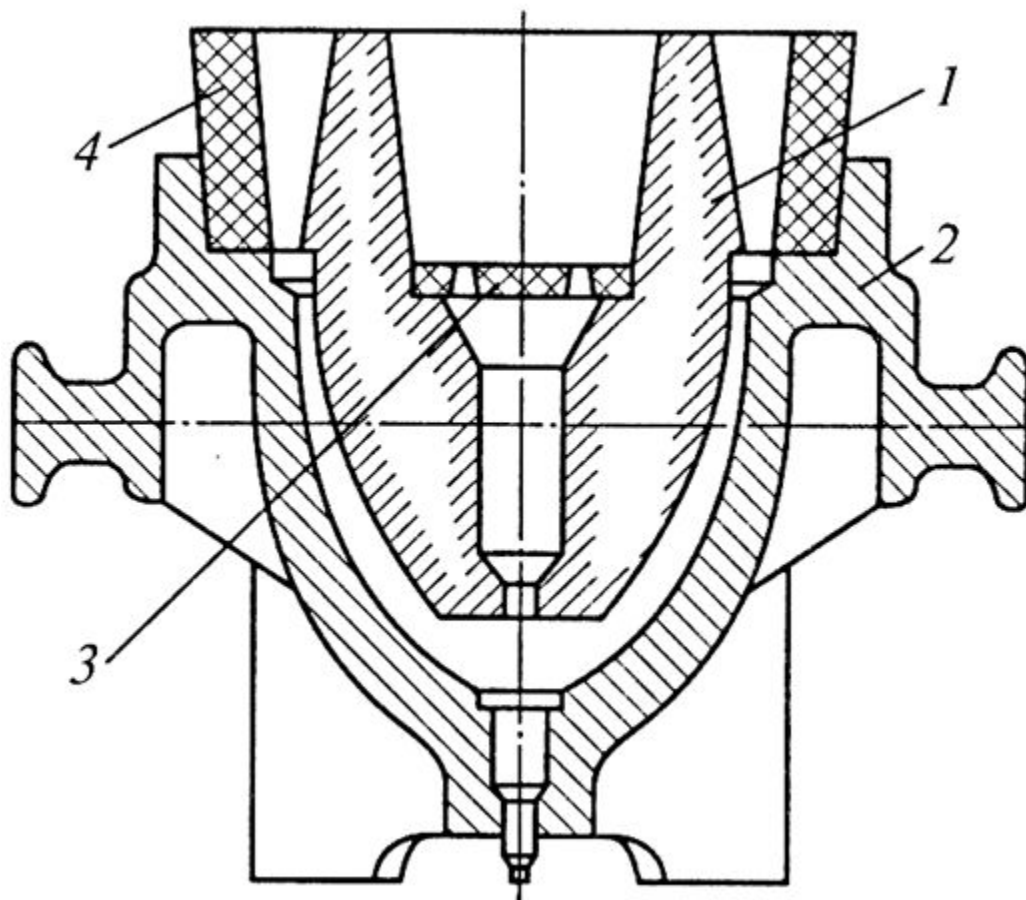
- ▶ Неразъемный (вытряхной);
- ▶ Разъемный:



а, в, г, д, е, ж – с вертикальной плоскостью разъема;

б – с горизонтальной плоскостью разъема;

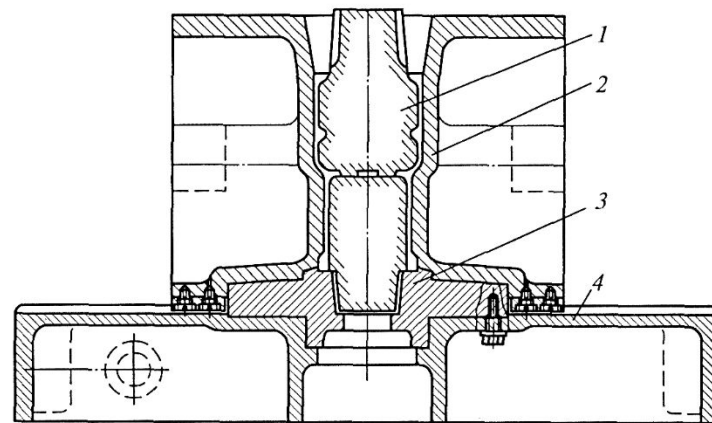
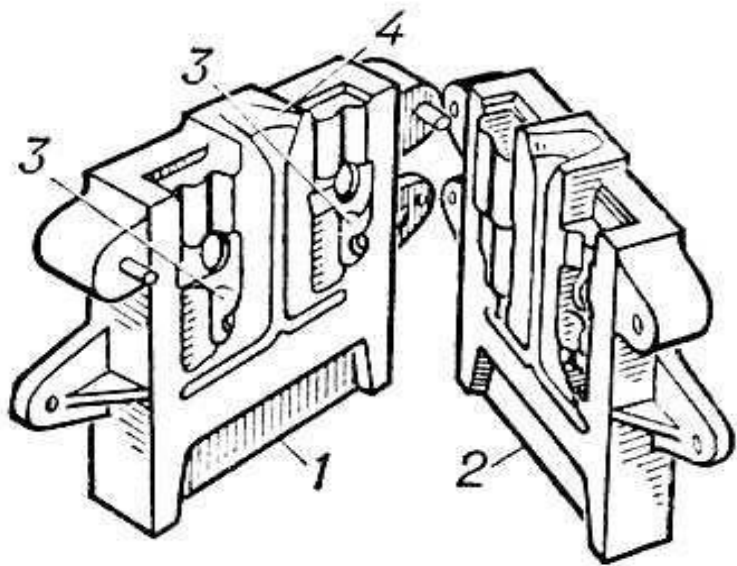
Неразъемный (вытряхной) кокиль



1 – песчаный стержень, 2 – металлическая форма, 3 – керамическая сетка (фильтровальная), 4 – керамическая втулка

Разъемный кокиль

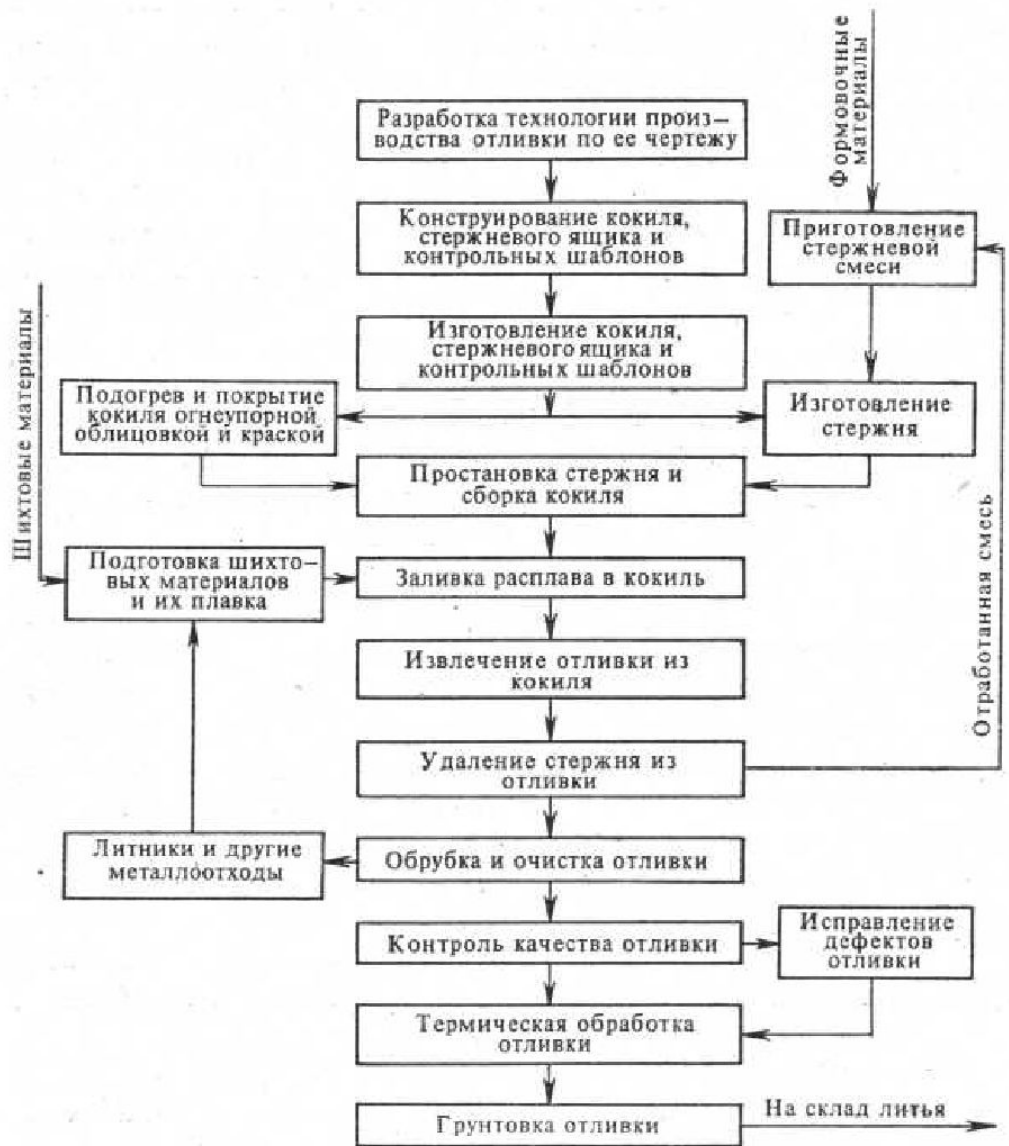
Кокиль с разъемом в вертикальной плоскости



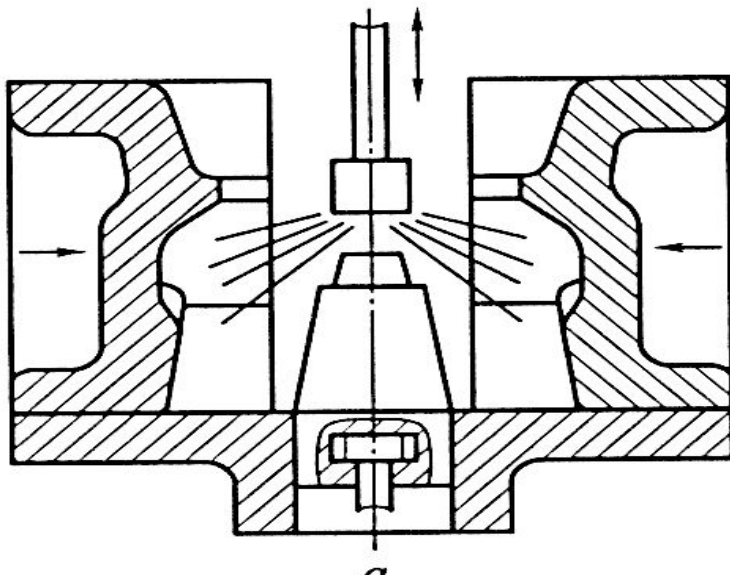
Кокиль с вертикальной плоскостью разъема и поддоном: 1 – песчаный стержень, 2 – половинка кокиля, 3 – вставка, 4 - поддон

1 и 2 — половины кокиля;
3 — гнёзда; 4 — литниковая система

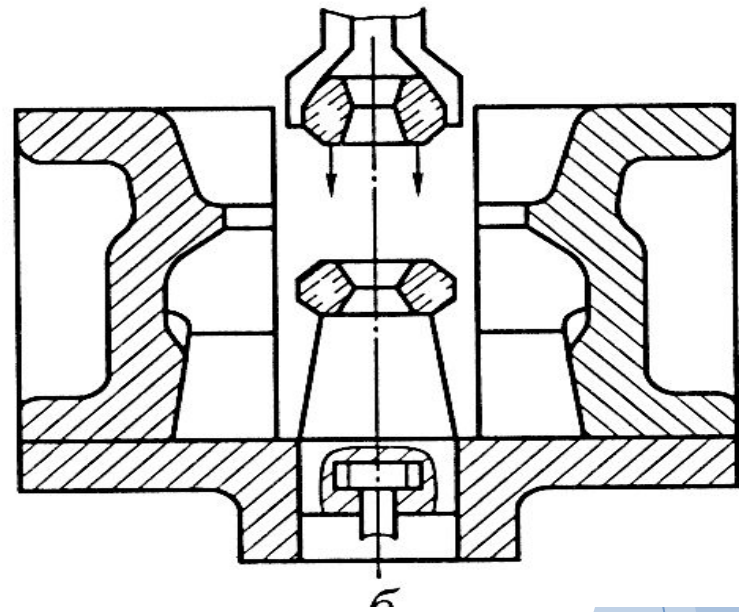
Схема технологического процесса литья в постоянные формы



Технологический процесс литья в кокиль



Окраска кокиля

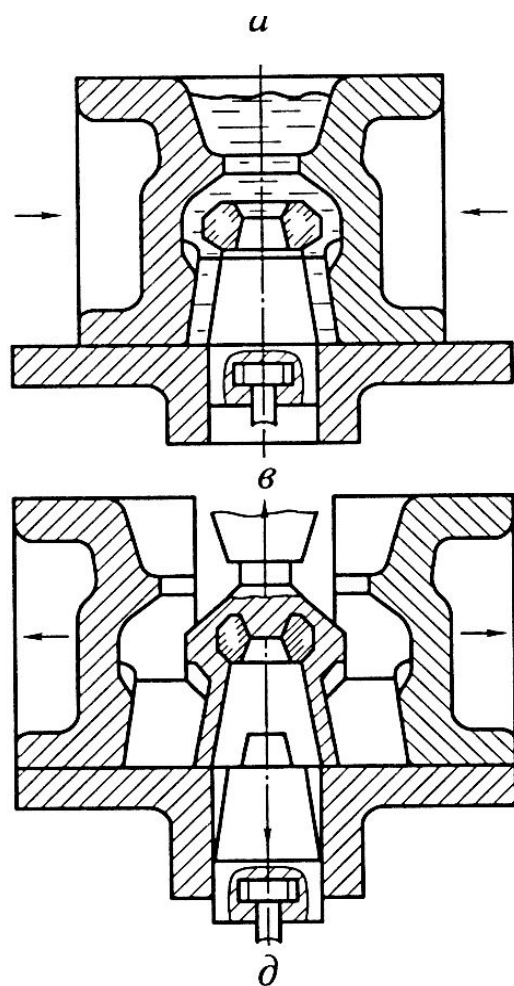


Установка стержней

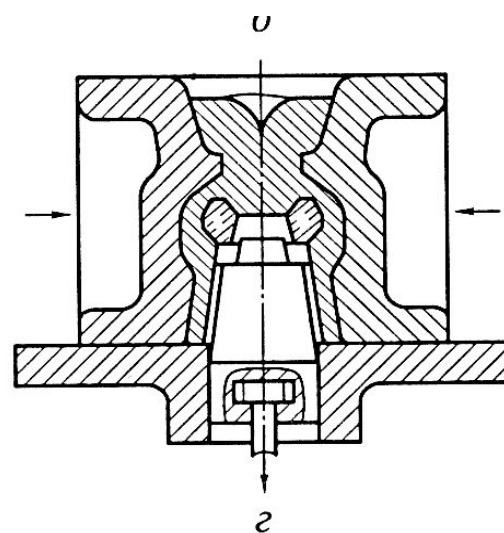
Температура нагрева кокилей перед заливкой

Сплавы	Характер отливок	Толщина стенки отливков, мм	Температура нагрева кокиля, К (°С)
Алюминиевые	Тонкостенные ребристые, ребристые корпусные, простые без ребер	2,2 – 4,0	673-693 (400-420)
		5-10	623-673 (350-400)
		Менее 8	523-623 (250-350)
		Более 8	473-523 (200-250)
Магниевые	Тонкостенные сложные Толстостенные	3-4	623-673 (350-400)
		-	523-623(250-350)
Медные	Средней сложности	5-10	393-473 (120-200)
Серый чугун	Разная сложность отливок	Менее 5	673-723 (400-450)
		5-10	573-673 (300-400)
		10-20	523-673 (250-400)
		20-40	423-523 (150-250)
Сталь	Тонкостенные Толстостенные	-	573 (300)
		-	423 (150)

Сборка и заливка формы



Затвердевание отливки



Разборка кокиля

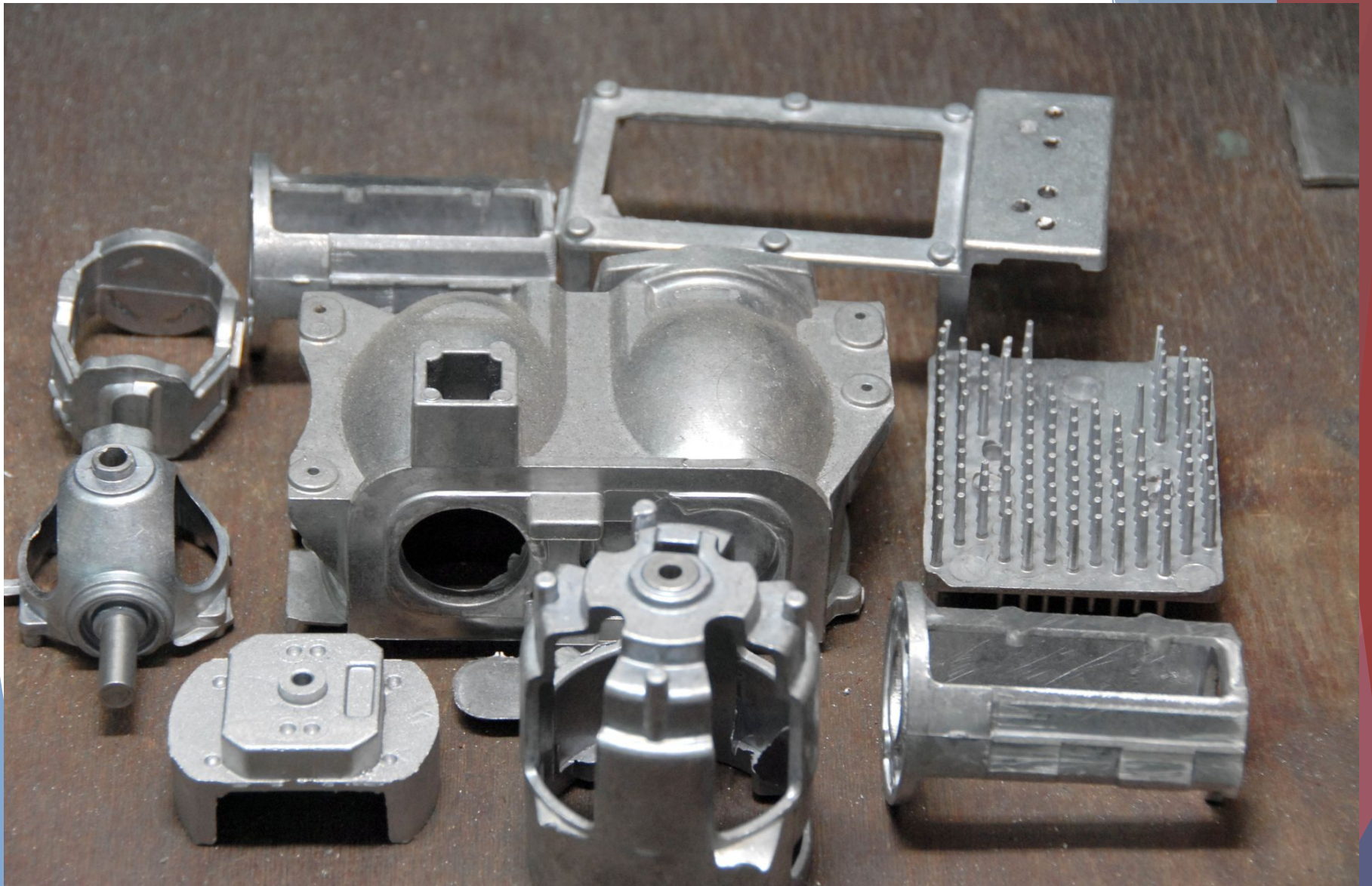
Особенности формирования отливки в кокиле

Металлическая форма отличается от песчаной большей теплопроводностью, прочностью, отсутствием газопроницаемости и газотворности. В связи с этим формирование отливки имеет ряд особенностей:

- охлаждение отливки в кокиле происходит с большей скоростью, что приводит к тому, что при одинаковых условиях заливки (гидростатическом напоре и температуре) заполняемость формы в кокиле хуже;
- повышенная скорость охлаждения способствует получению отливок высокого качества, имеющих более плотную мелкозернистую структуру металла и лучшие механические свойства;
- кокиль практически неподатлив и более интенсивно препятствует усадке отливки, что затрудняет извлечение ее из формы и может вызвать появление внутренних напряжений, коробление отливки и появление трещин;
- отсутствуют погрешности, вызываемые упругими и остаточными деформациями формы, отливки в кокиле имеют большую точность размеров с минимальным припуском на механическую обработку;
- физико-химическое взаимодействие металла отливки и кокиля минимально, что определяет высокое качество поверхности отливки, отливки не имеют пригара.

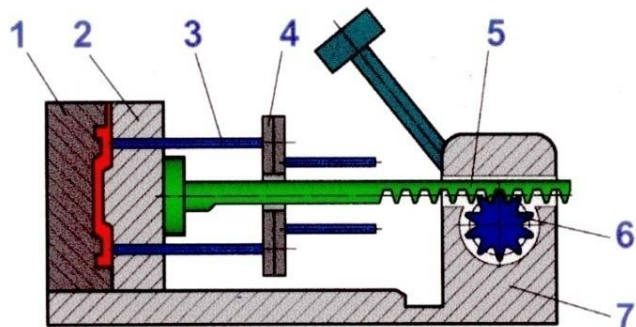
Возможности литья в кокиль

- ❖ *Отливки из стали, чугуна и цветных сплавов*
- ❖ *Масса отливок от 10 г до 100 кг*
- ❖ *Размер отливок до 1 м*
- ❖ *Толщина стенки отливки более 5 мм*
- ❖ *Максимальная толщина стенки - 10 см*
- ❖ *Минимальный диаметр отверстия более 5 мм*
- ❖ *Размерная точность - 4 - 5 класс*
- ❖ *Чистота поверхности - R_z до 20*



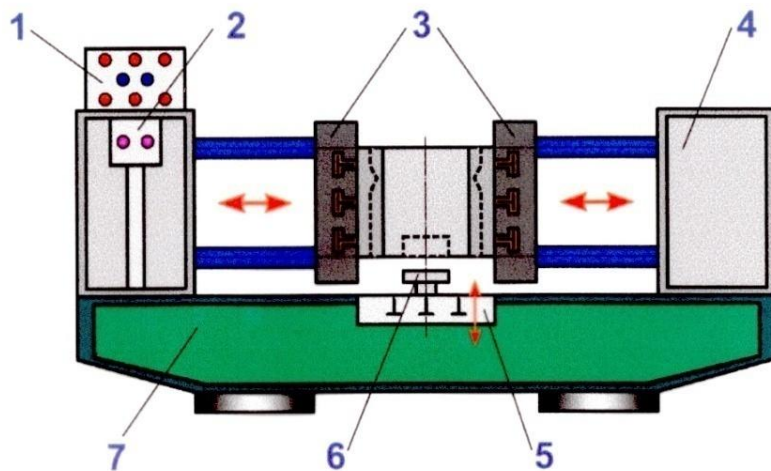
УСТАНОВКИ ДЛЯ КОКИЛЬНОГО ЛИТЬЯ

Ручной кокильный станок



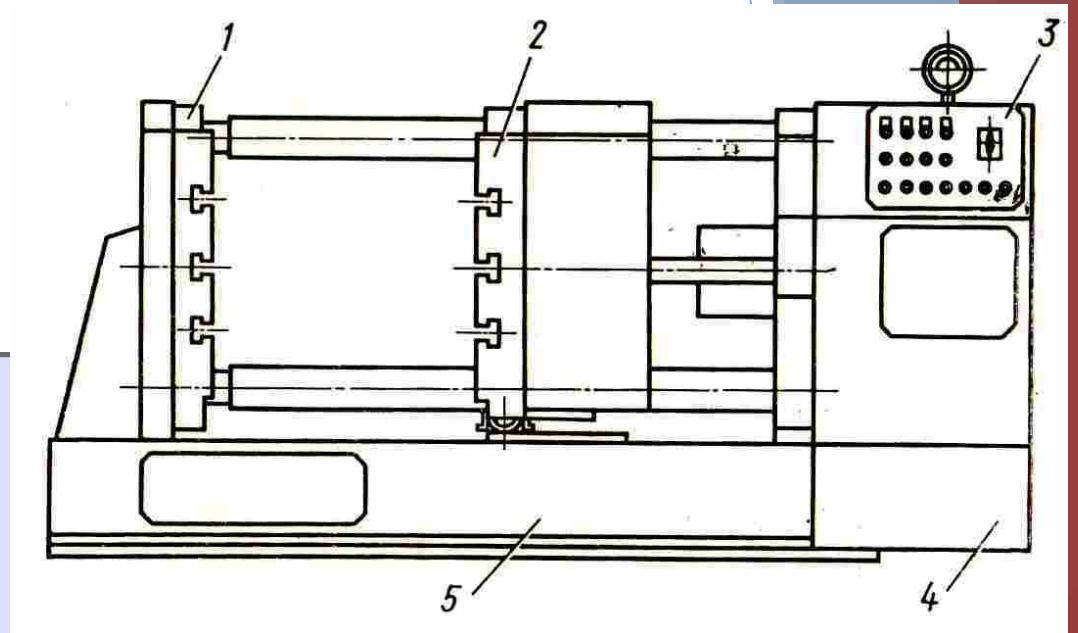
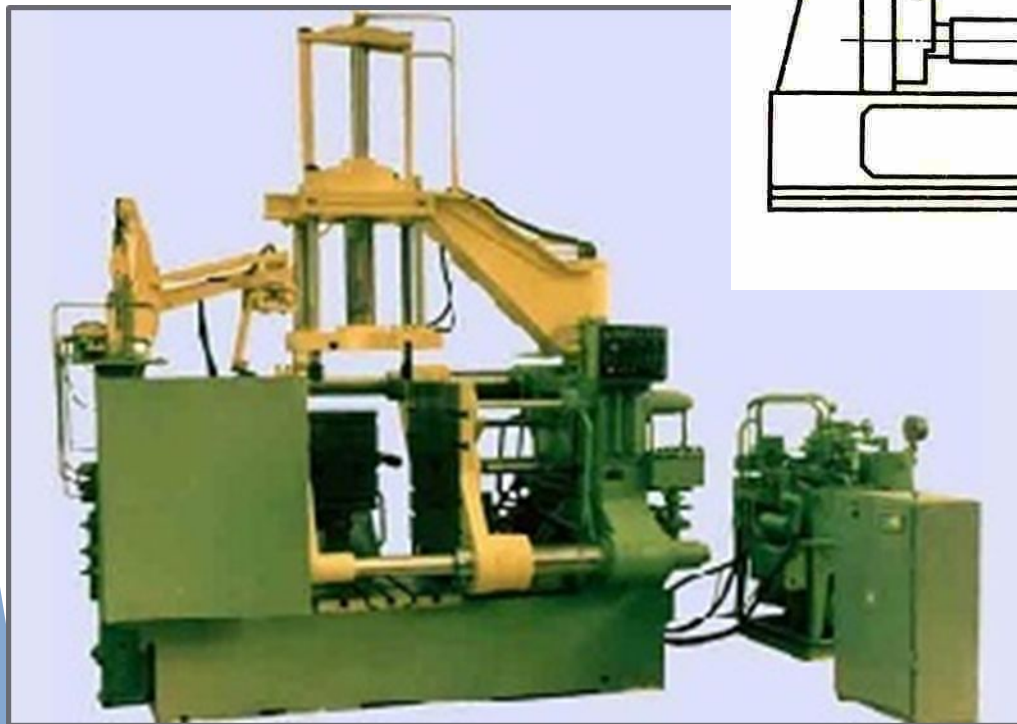
- 1 - неподвижная полуформа; 2 - подвижная полуформа;
3 - толкатели; 4 - плита толкателей; 5 - рейка зубчатая;
6 - зубчатый валик; 7 - основание кокиля.

Кокильная машина

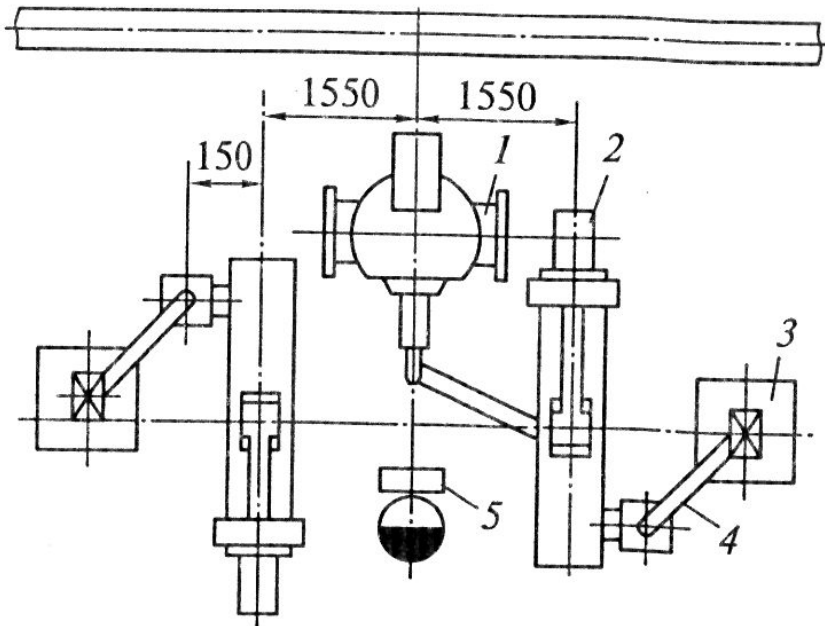


- 1 - наладочный пульт; 2 - рабочий пульт; 3 - подкокильные плиты;
4 - гидропанели; 5 - поддон; 6 - механизм извлечения стержня;
7 - рама.

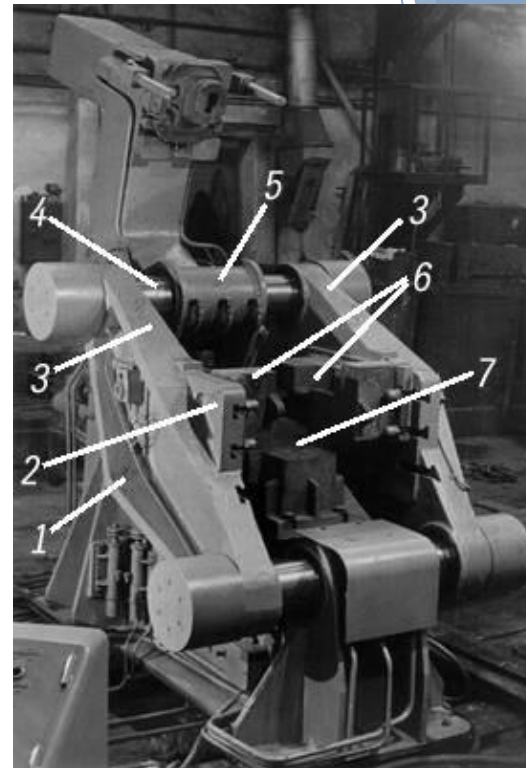
Кокильные машины



Однопозиционная универсальная кокильная машина

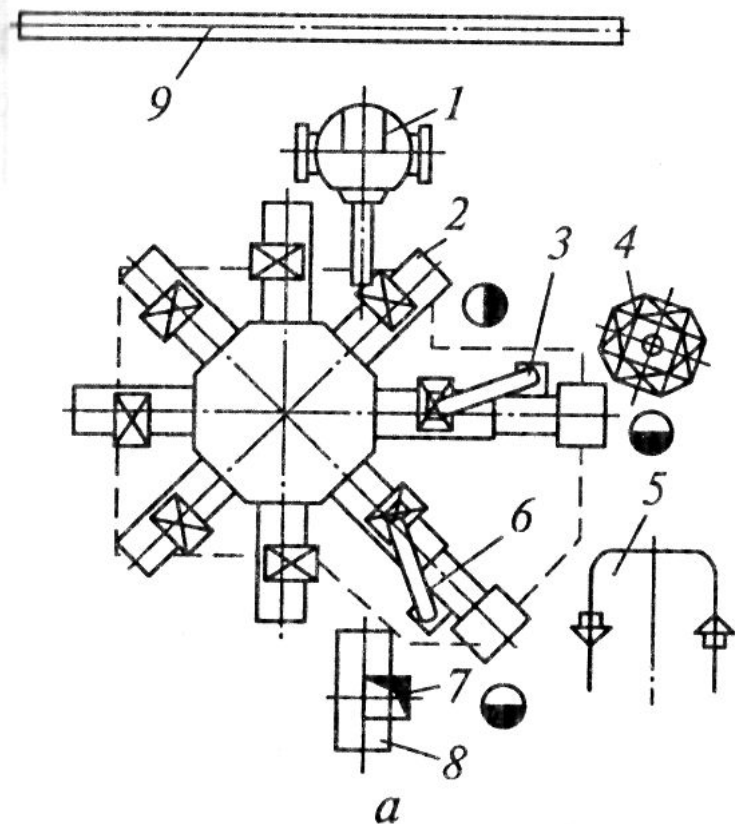


- 1 – дозатор, 2 – кокильная машина,
3 – тара для отливок, 4 – манипулятор,
5 – пульт управления



- 1 – станина;
2 – подвижные плиты;
3 – стойки;
4 – направляющие;
5 – гидравлический цилиндр;
6 – боковые части кокиля;
7 – нижняя плита кокиля.

Многопозиционная кокильная машина



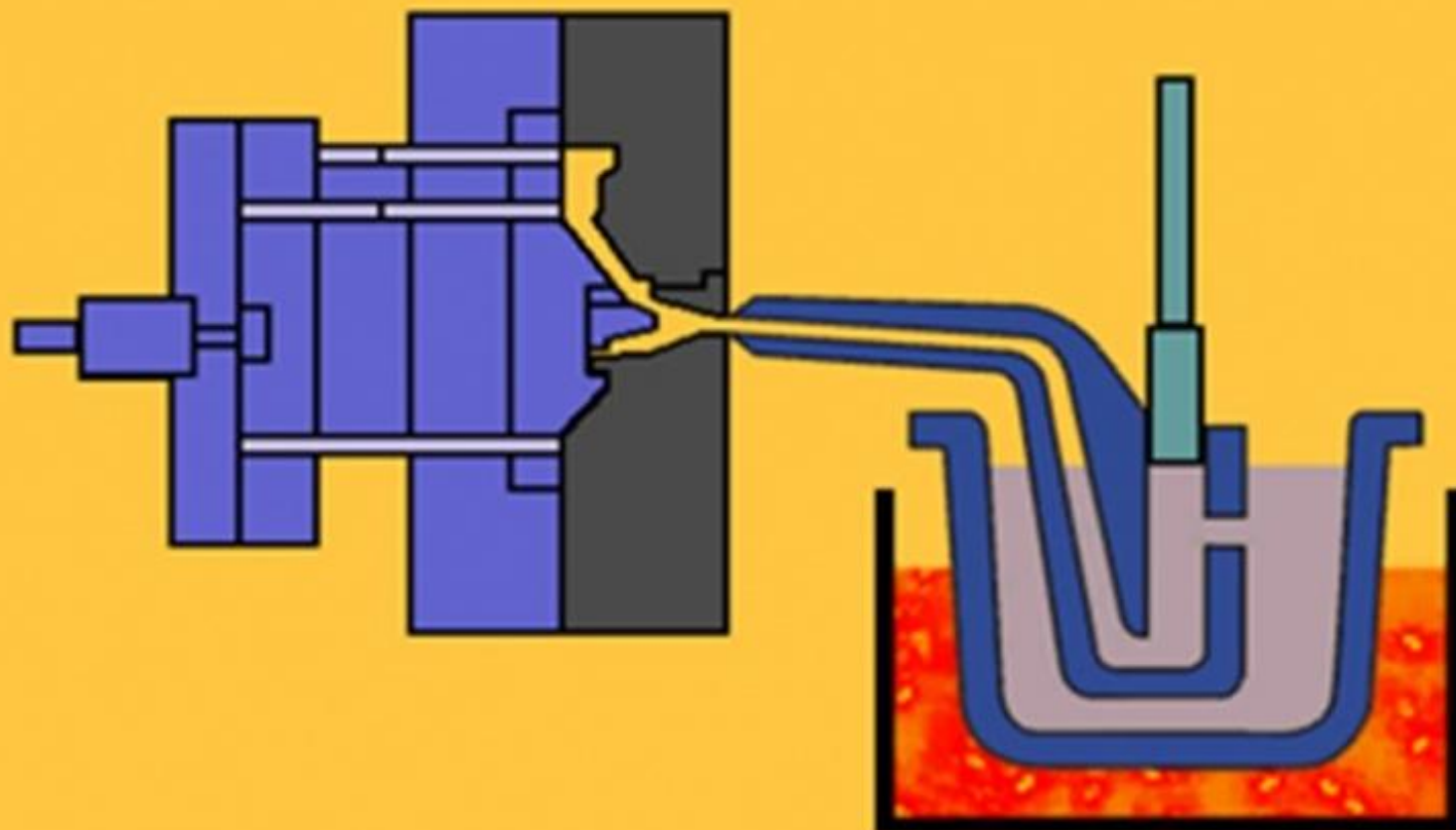
Преимущества литья в кокиль

- ▶ **Повышение физико-механических и эксплуатационных свойств отливок**
- ▶ **Увеличение выхода использованного для изготовления металла**
- ▶ **Повышение размерной точности и качества поверхности отливок**
- ▶ **Уменьшение допусков и припусков на механическую обработку (на 40 - 50%)**
- ▶ **Частичное или полное исключение из производства формовочных материалов**
- ▶ **Увеличение производительности труда и съема отливок с производственной площади**
- ▶ **Улучшение санитарно-гигиенических условий труда**

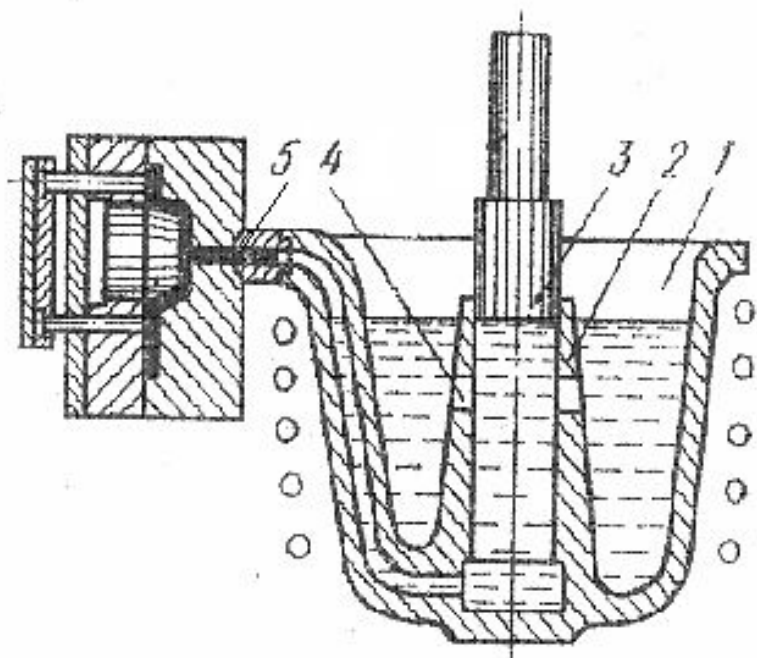
Недостатки литья в кокиль

- ❖ **Коробление формы при больших размерах отливок**
- ❖ **Высокая стоимость изготовления форм**
- ❖ **Трудность литья деталей сложной конфигурации**

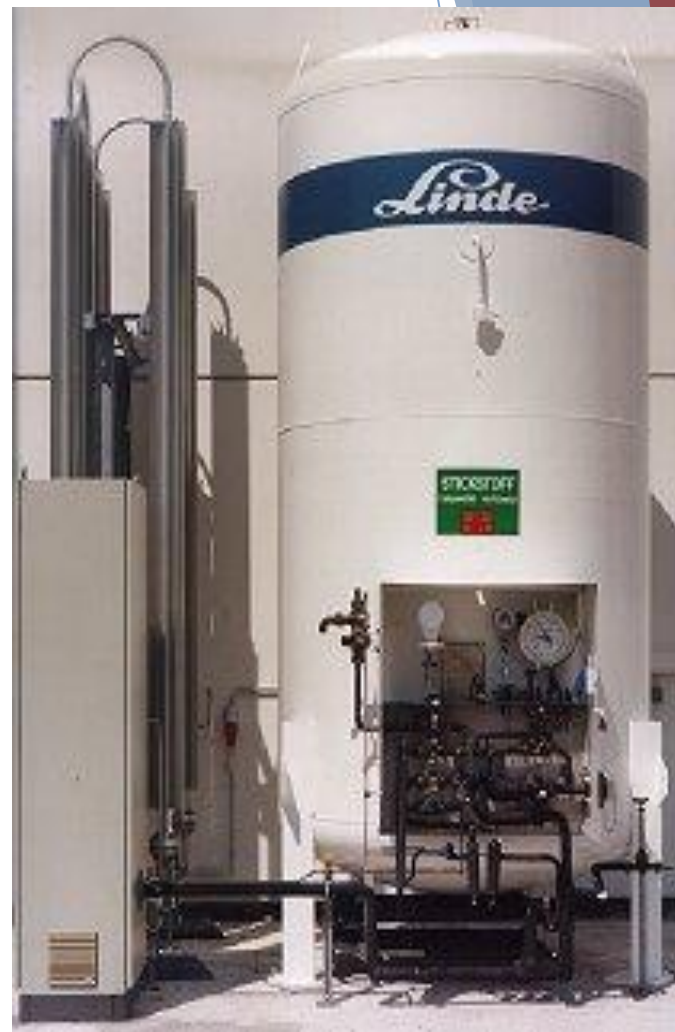
Литье под давлением



Литье под давлением



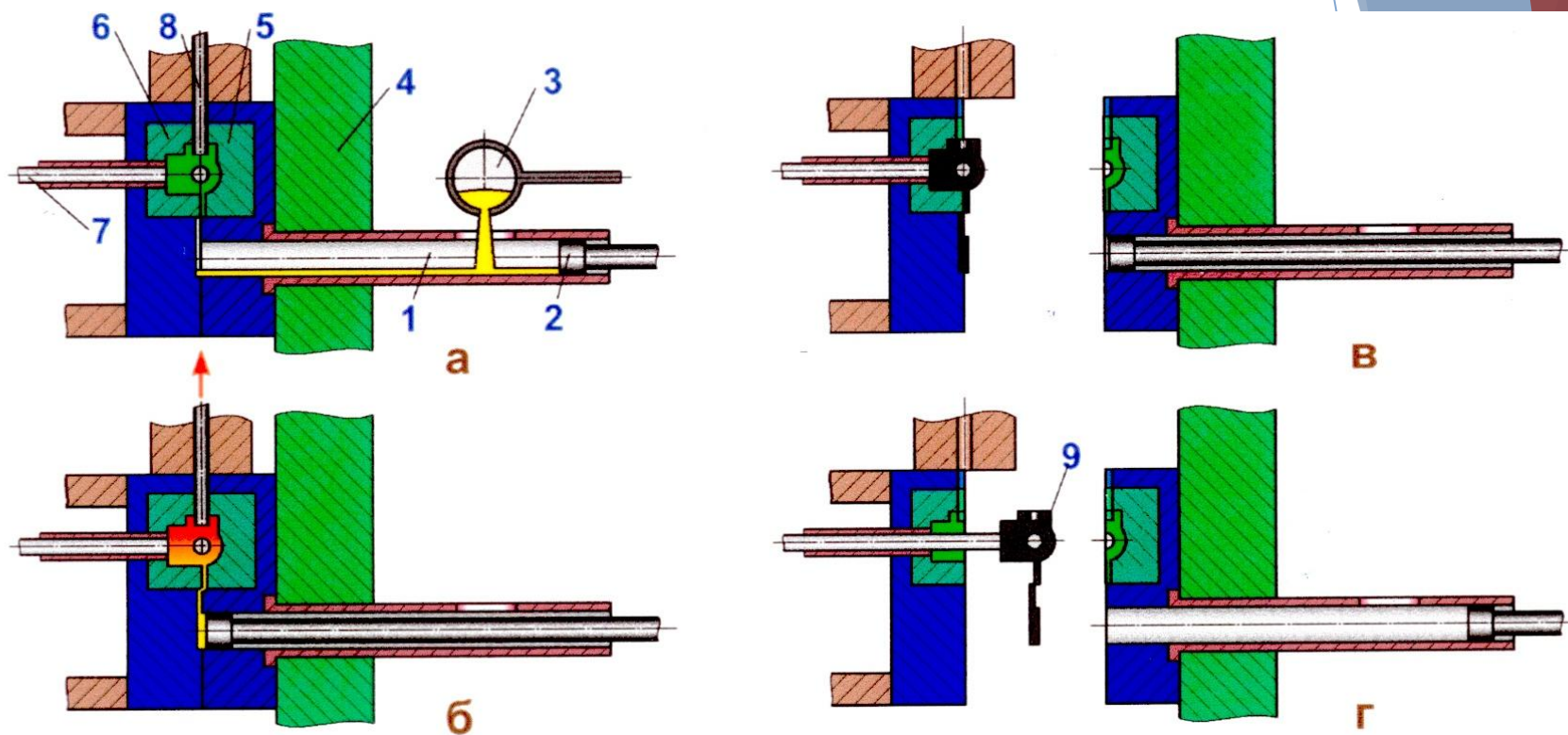
1 – чугу́нный тигель с печью, 2 – камера прессования, 3 – плунжер, 4 – отверстие для заполнения камеры, 5 – полость прессформы



Литье под поршневым давлением

- ❖ Получение точных отливок с чистой поверхностью, практически не требующих обработки резанием
- ❖ Отливки сложные по конфигурации
- ❖ Толщина стенки 0,5 - 7 мм
- ❖ Размерная точность отливок - 3 - 7 класс
- ❖ Шероховатость поверхности $R = 10 - 20$
- ❖ Четкий конструктивный рельеф на поверхности отливок
- ❖ Готовые отверстия диаметром до 1 мм

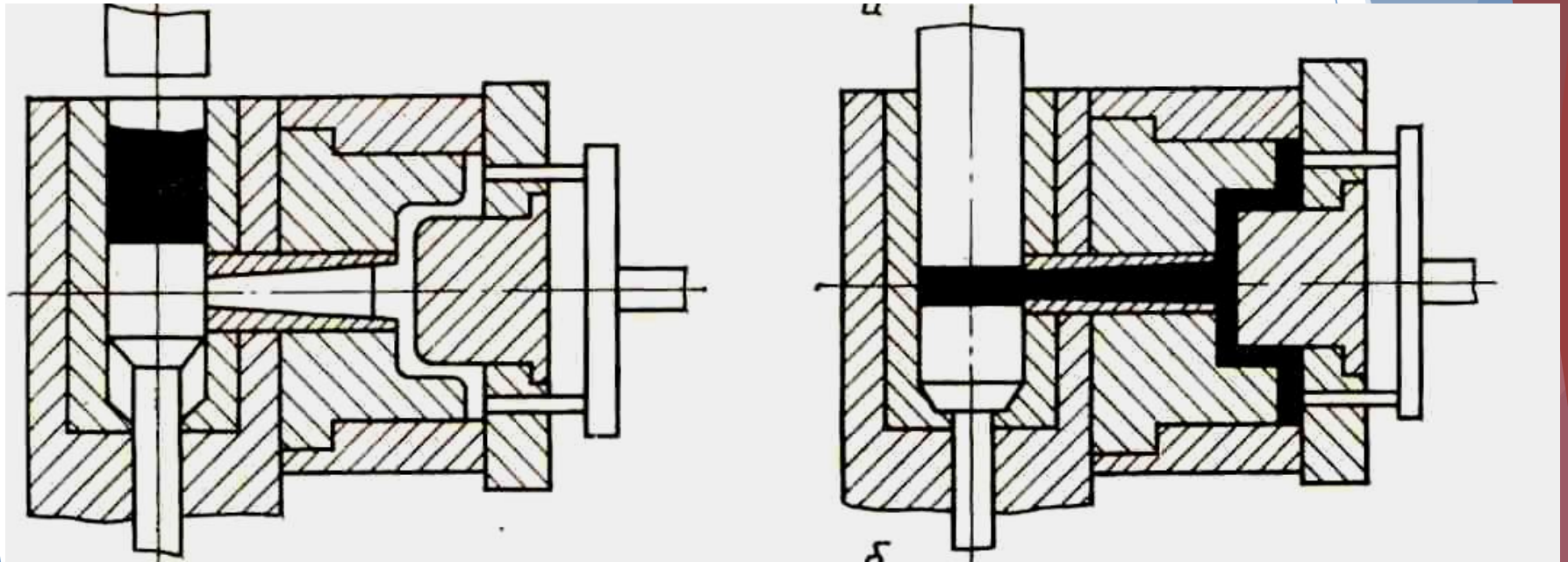
Литье под давлением на машине с холодной горизонтальной камерой прессования



а - заливка металла в камеру прессования; **б** - запрессовка металла в пресс-форму;
в - раскрытие пресс-формы; **г** - удаление стержня и извлечение отливки из пресс-формы.

1 - камера прессования; 2 - прессующий поршень; 3 - заливочный ковш; 4 - неподвижная плита; 5 - неподвижная часть пресс-формы; 6 - подвижная часть пресс-формы; 7 - толкатель; 8 - вертикальный стержень; 9 - отливка.

Схема литья под давлением на машине с холодной вертикальной камерой прессования



Машина литья под давлением с холодной камерой прессования



Формирование отливок при литье под поршневым давлением

- ▶ **Заполнение полости формы расплавом с большой скоростью**
- ▶ **Гидравлический удар**
- ▶ **Затвердевание отливки с большой интенсивностью**

Заполнение формы

Время заполнения формы - доли секунды

.....

Скорость движения расплава - до 60 м/с

.....

Расплав фонтанирует

.....

Из формы удаляется только до 30% газов

.....

***Образование воздушно-металлической
эмульсии***

Гидравлический удар

Полезное действие

Прижимает металл к рабочей поверхности пресс-формы и способствует четкому оформлению конфигурации отливки.

Увеличивается интенсивность теплообмена, уменьшается время затвердевания отливки.

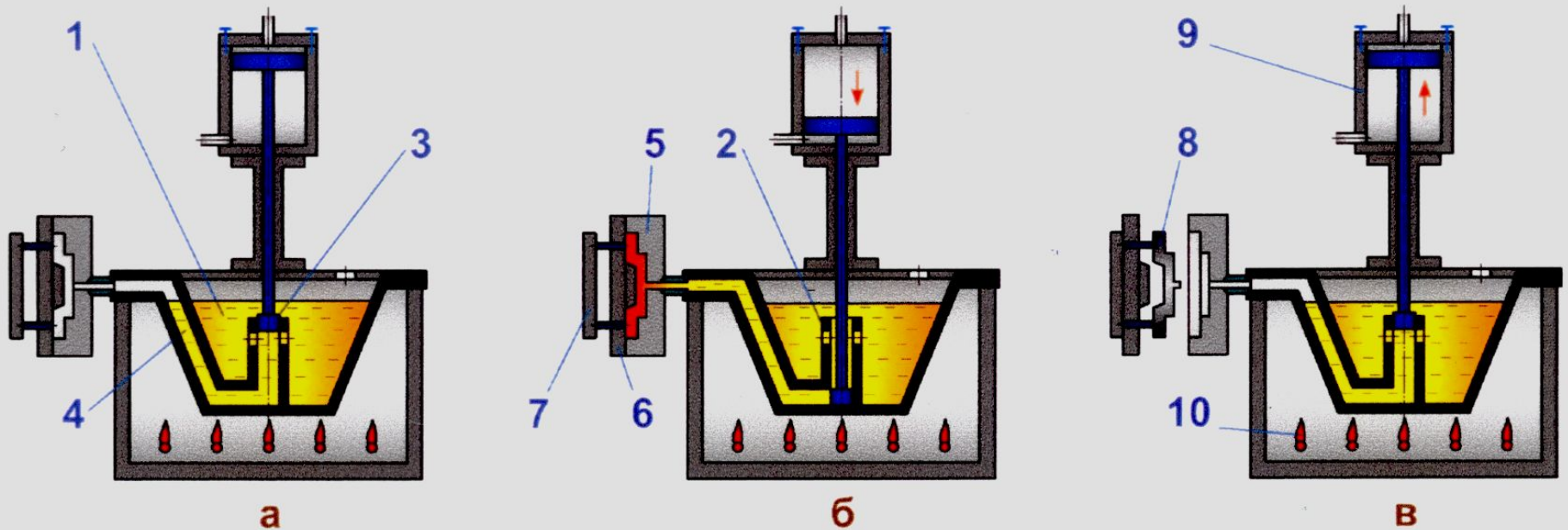
Поверхностный слой отливки (0,02 - 0,2 мм) плотный, без воздушной пористости.

• • • • •

Вредное действие

Смещение подвижной части пресс-формы и образование облоя по разъему

Литье под давлением на машине с горячей камерой прессования



а - исходное положение; б - запрессовка металла в пресс-форму; в - извлечение отливки.

1 - тигель с расплавом металла; **2** - камера прессования; **3** - прессующий поршень;
4 - металлопровод; **5** - неподвижная часть пресс-формы; **6** - подвижная часть пресс-формы;
7 - плита толкателей; **8** - отливка; **9** - гидроцилиндр механизма прессования; **10** - система нагрева расплава.

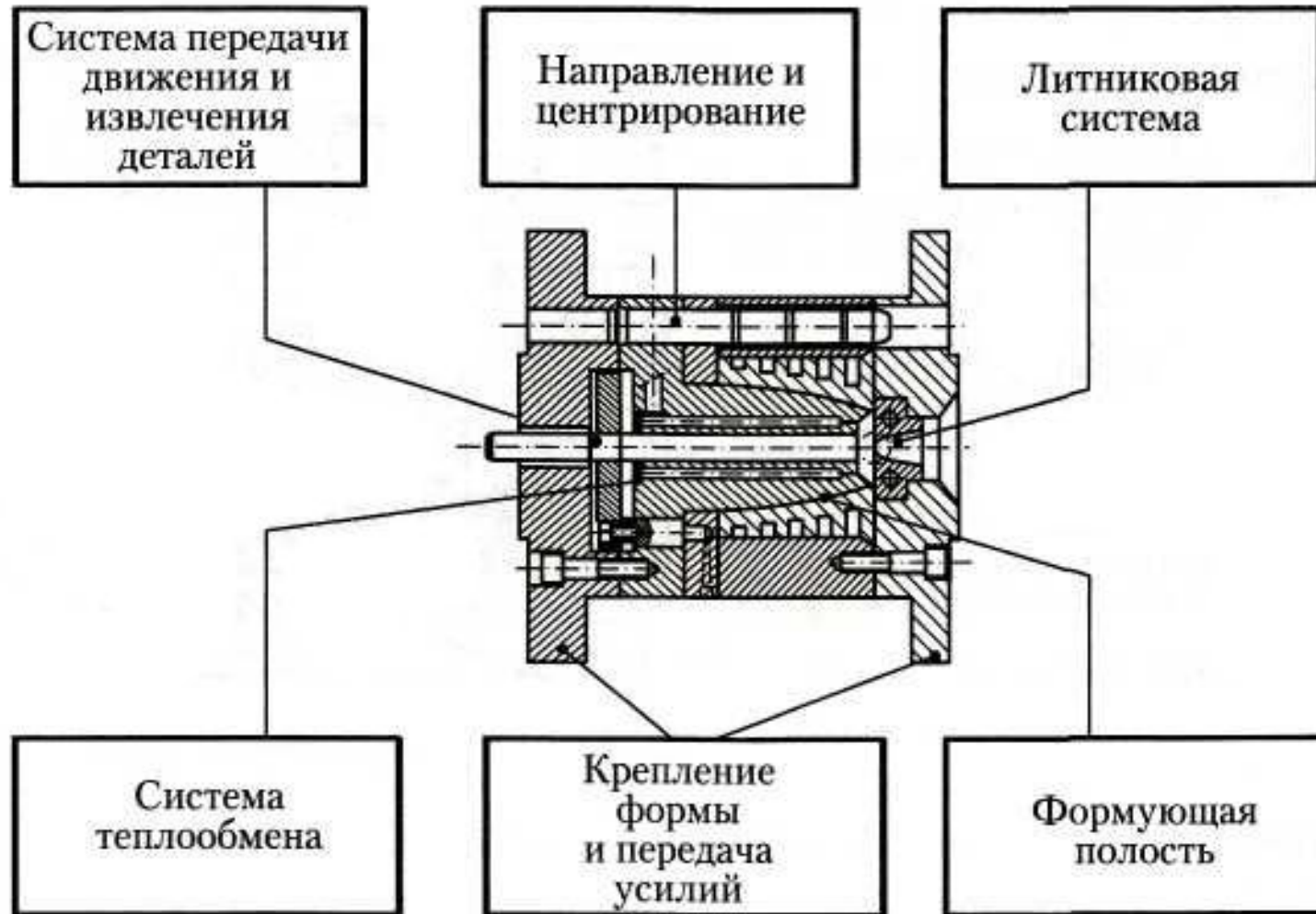
Машина литья под давлением с горячей камерой прессования



Особенности литья под давлением

- кратковременность заполнения пресс-формы расплавом, что дает возможность выполнения отливок из сплавов с низкой жидкотекучестью с малой толщиной стенки (менее 1 мм);
- негазопроницаемость материала пресс-формы, газ из формы не успевает удалиться полностью, что приводит к образованию у отливок таких дефектов, как неслитины, неспаи, раковины и газовоздушная пористость;
- высокая интенсивность теплообмена между расплавом и пресс-формой приводит к образованию мелкозернистой структуры отливки;
- давление на металл продолжается до кристаллизации питателя, в результате улучшается питание отливки, уменьшение усадочной и газовой пористости;
- металлическая форма имеет точные размеры и низкую шероховатость рабочих поверхностей, отливки выполненные по такой форме имеют высокую точность по массе, геометрии и размерам.

Конструкция пресс-форм





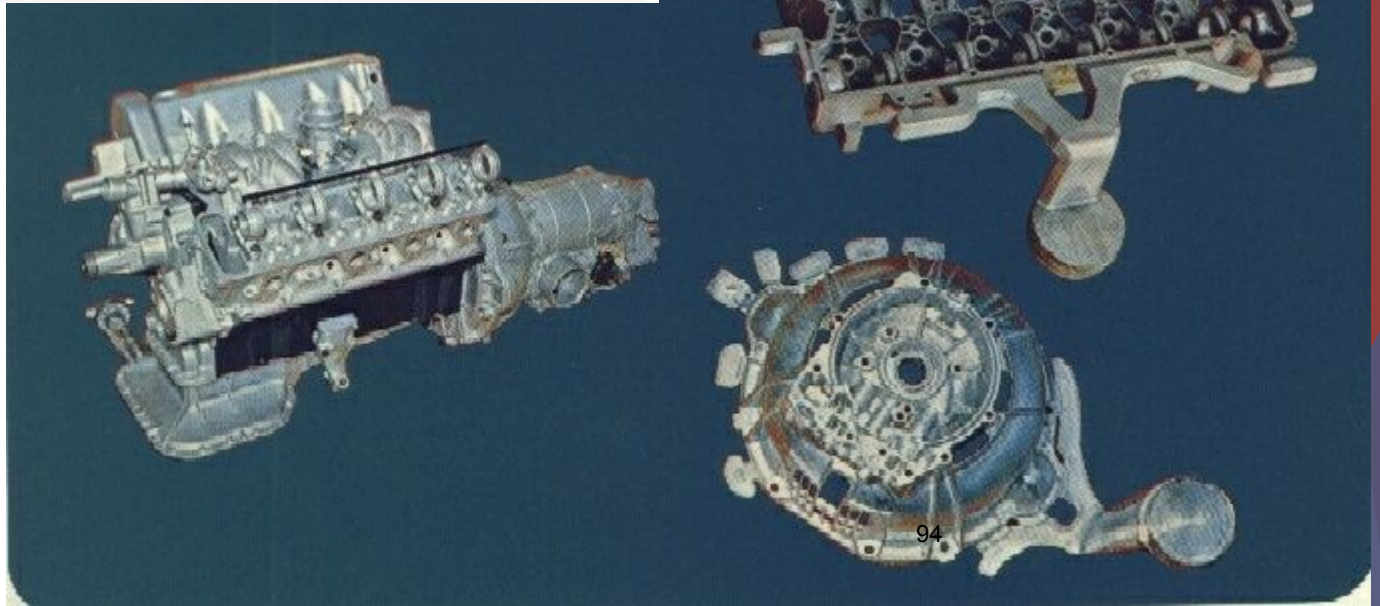
ПРЕСС-ФОРМА

для

ЛИТЬЯ

ПОД

ДАВЛЕНИЕМ



Литье под регулируемым газовым давлением

- ▶ *Литье под низким давлением*
- ▶ *Литье с противодавлением*
- ▶ *Вакуумное всасывание*

Литье под низким давлением

При литье под низким давлением давление газа в полости формы (p_{ϕ}) равно атмосферному (p_a), а заливка осуществляется благодаря созданию избыточного давления газа над поверхностью расплава в тигле установки ($p_{\Pi} = p_{изб}$). Низкое давление равно

$$\Delta p = p_{\Pi} - p_{\phi} = p_{изб} - p_a$$

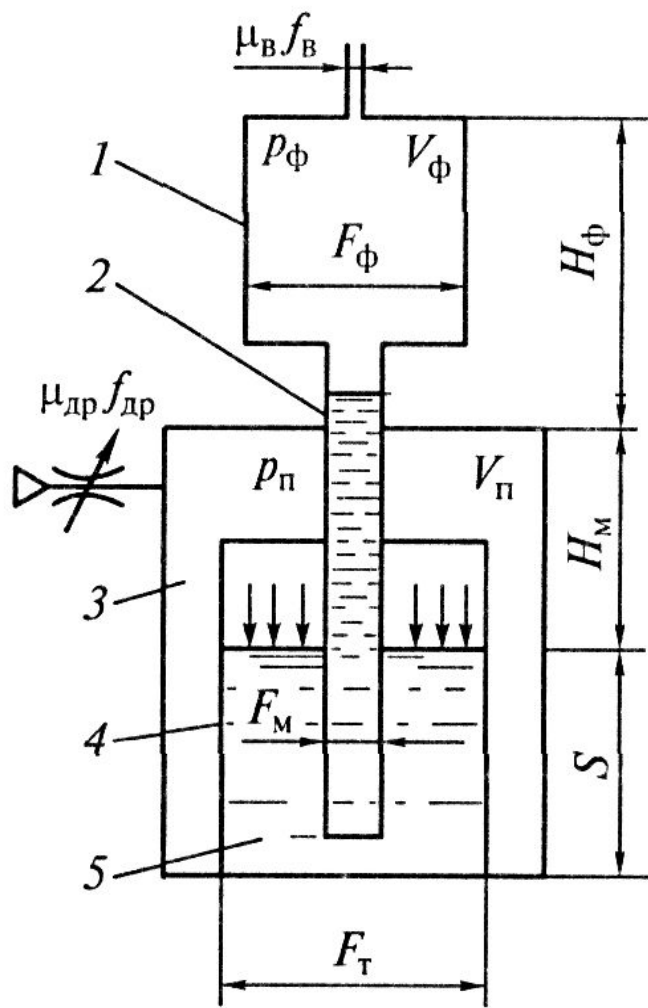
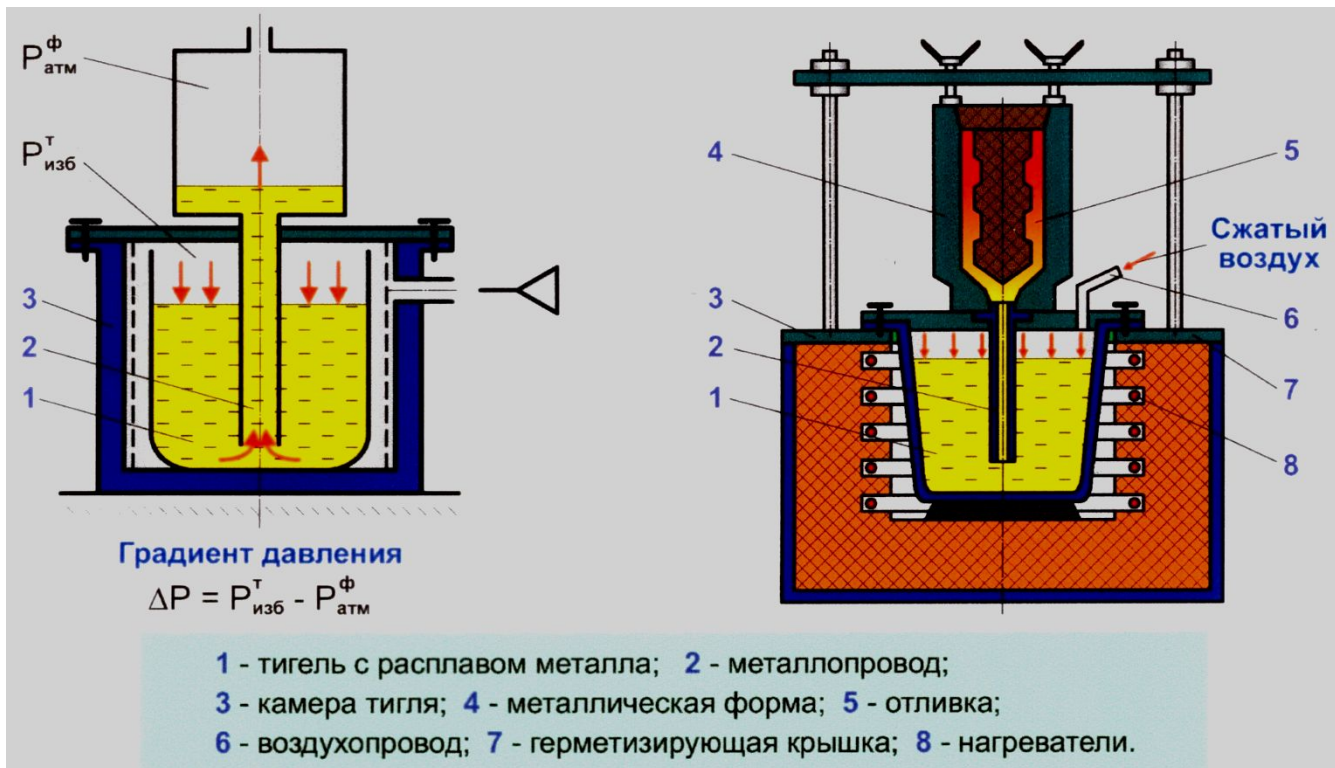


Схема установки для литья под низким давлением: 1 – литейная форма; 2 – металлопровод; 3 – герметичная печь установки; 4 – тигель с расплавом; 5 – расплав; 6 – камера, герметизирующая форму

Схема и установка для литья под низким давлением



Литье под низким давлением

Заполнение полости формы под действием избыточного давления воздуха или газа (0,02 - 0,06 МПа)

Спокойное заполнение формы без перемешивания расплава и его окисления

Заполнение формы расплавом снизу вверх непосредственно из печи

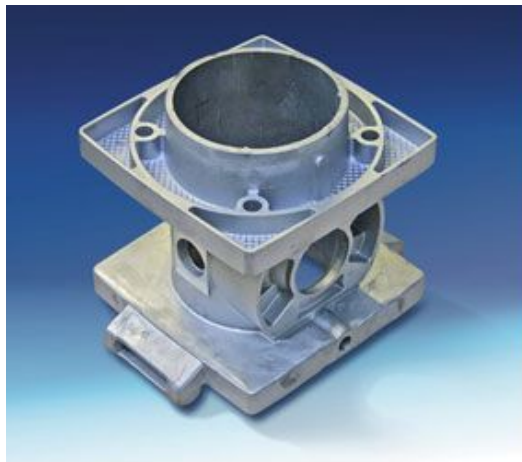


Участок литья под низким давлением

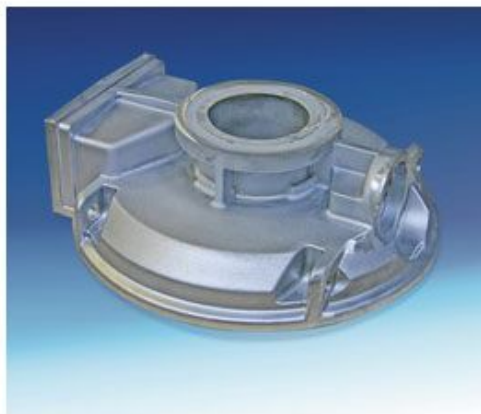


Характеристика литья под низким давлением

- ▶ *Можно получать отливки из сильно окисляющихся сплавов на основе Al, Mg, Cu*
- ▶ *Более высокая размерная точность, чем при литье в кокиль*
- ▶ *Шероховатость как при кокильном литье*
- ▶ *Размер отливок от нескольких сантиметров до метра*
- ▶ *Толщина стенки от 3 мм*
- ▶ *Отсутствие газовой пористости как в отливках, полученных литьем под поршневым давлением*
- ▶ *Можно подвергать термообработке*



Фланец
Сплав: GK-ALSi7MG - 4,7 кг



Соединительный корпус
Сплав: GK-ALSi7MG - 20,2 кг



Корпус M30
Сплав: GK-ALSi7MG - 19 кг



Сравнение гравитационного литья и литья под низким давлением:
гравитационное: масса отливки 21,3 кг; коэффициент использования: 54%;
литье под низким давлением: масса отливки 12,2 кг, коэффициент использования: 92%

Недостатки метода

Трудности с устройством питания массивных частей отливок с помощью прибылей

Сложности технологического характера: необходимо тщательно уплотнять части установки и огнеупорный металлопровод

Схема и установка для литья с противодавлением

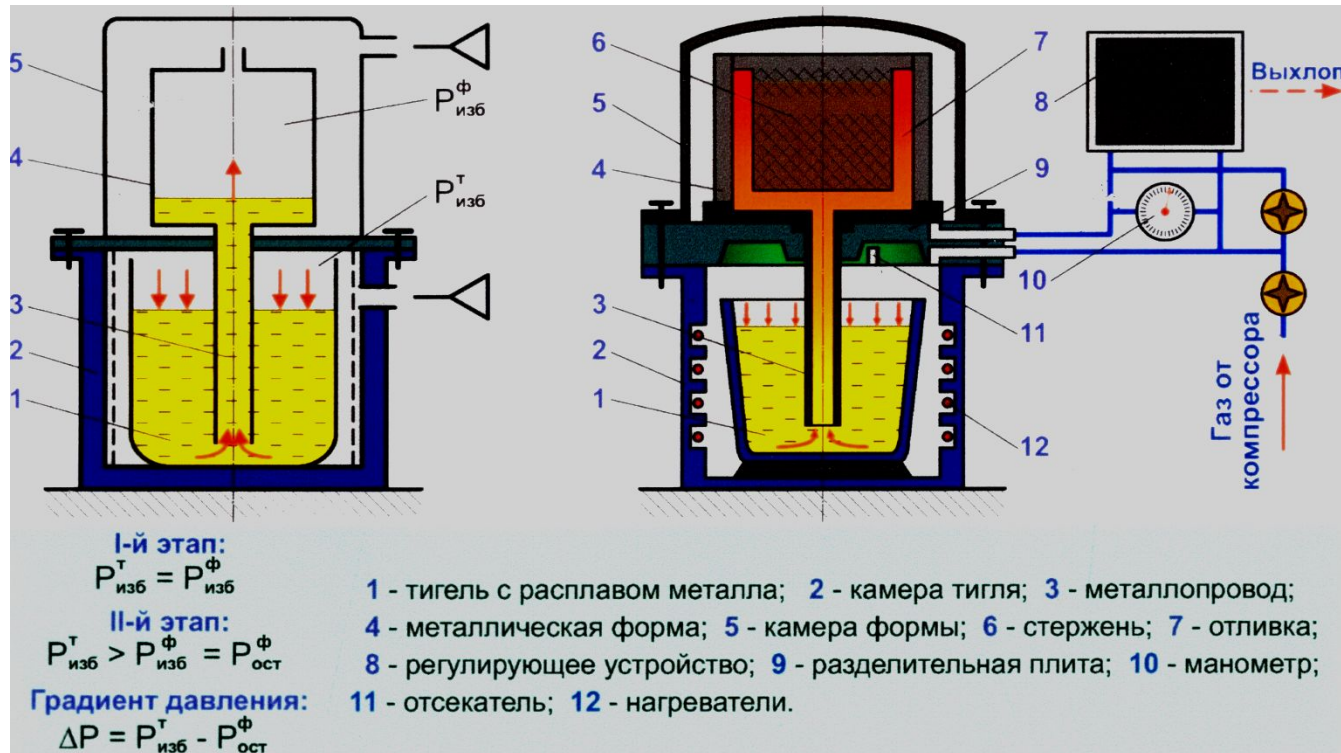
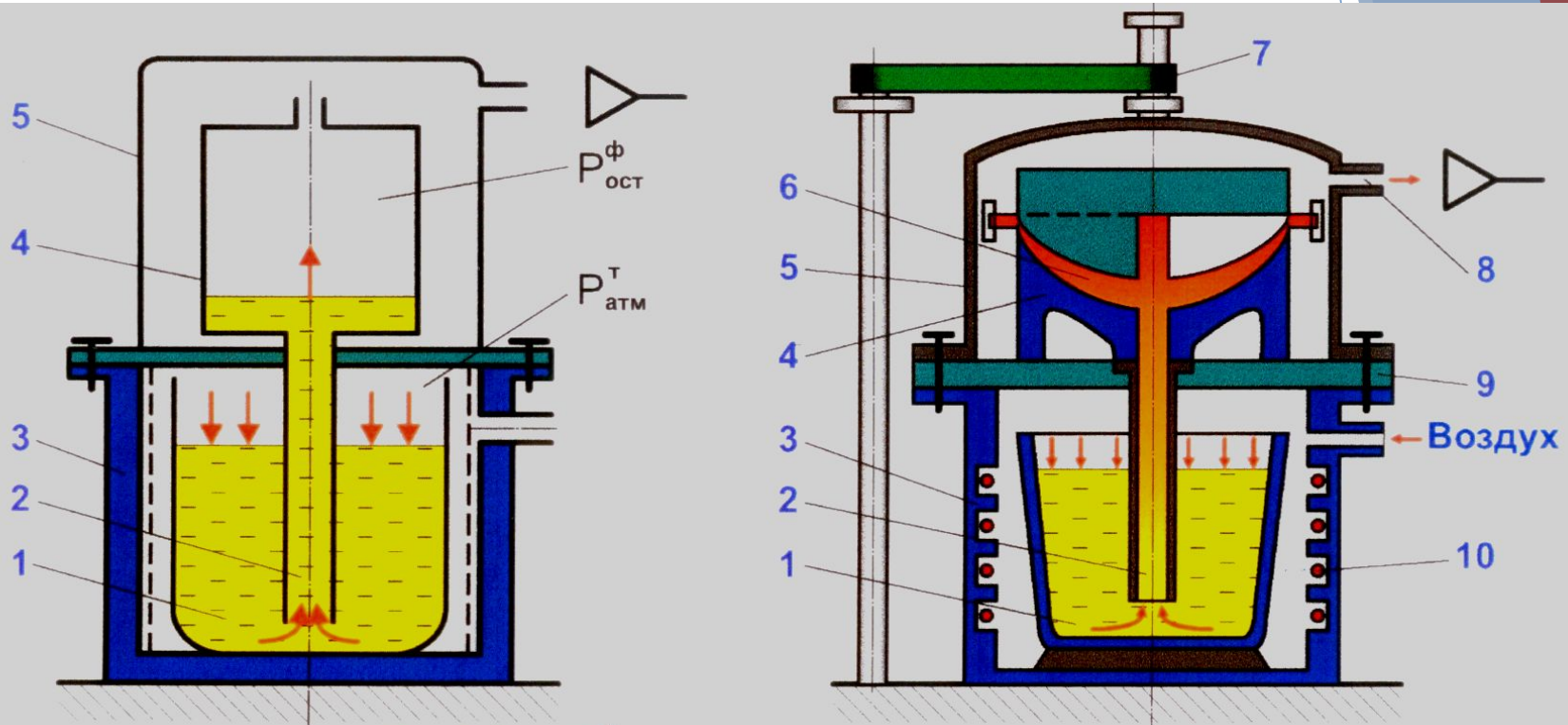




Схема и установка для литья вакуумным всасыванием фасонных отливок



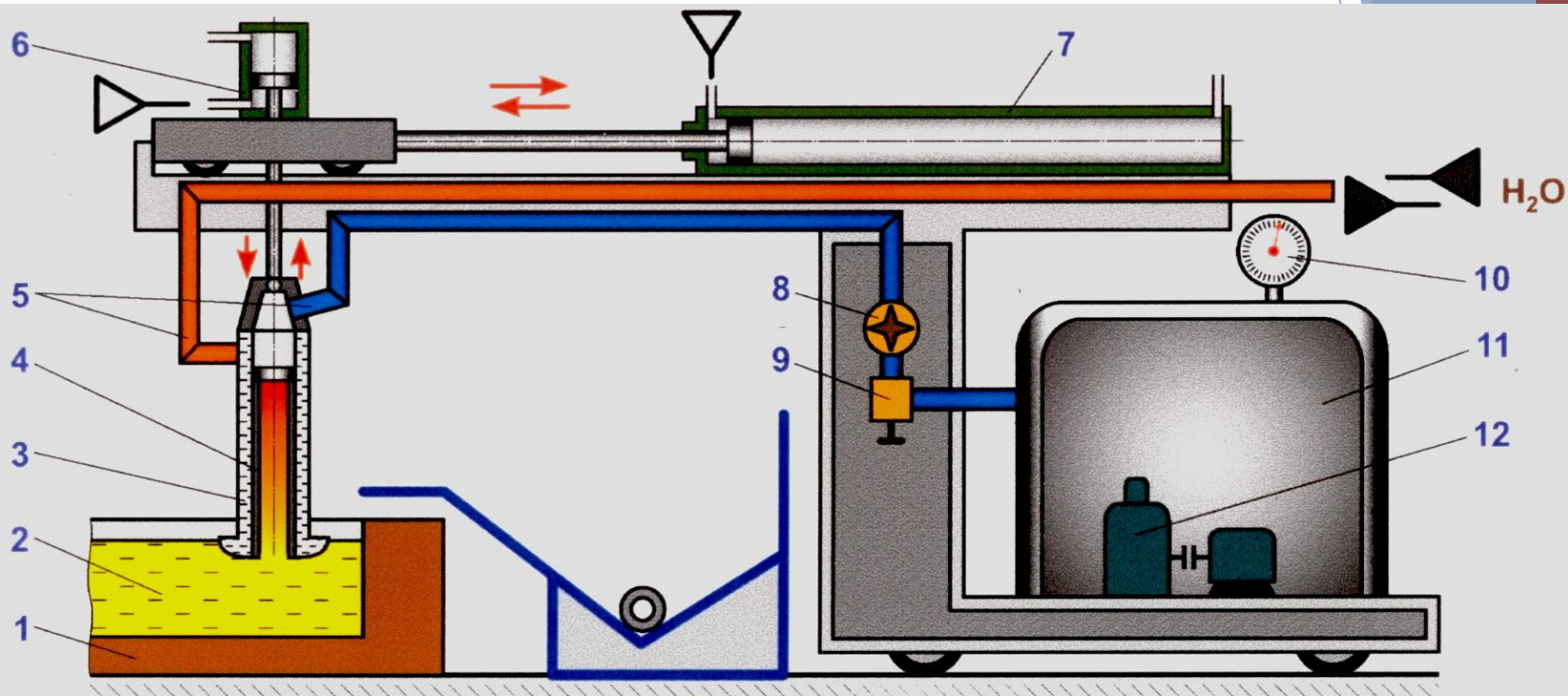
Градиент давления: $\Delta P = P_{\text{атм}}^{\text{Т}} - P_{\text{ост}}^{\text{Ф}}$

- 1 - тигель с расплавом металла; 2 - металлопровод; 3 - камера тигля;
4 - металлическая форма; 5 - камера формы; 6 - отливка; 7 - подъемное устройство;
8 - вакуум-провод, соединенный с ресивером; 9 - разделительная плита; 10 - нагреватели.

Вакуумное всасывание

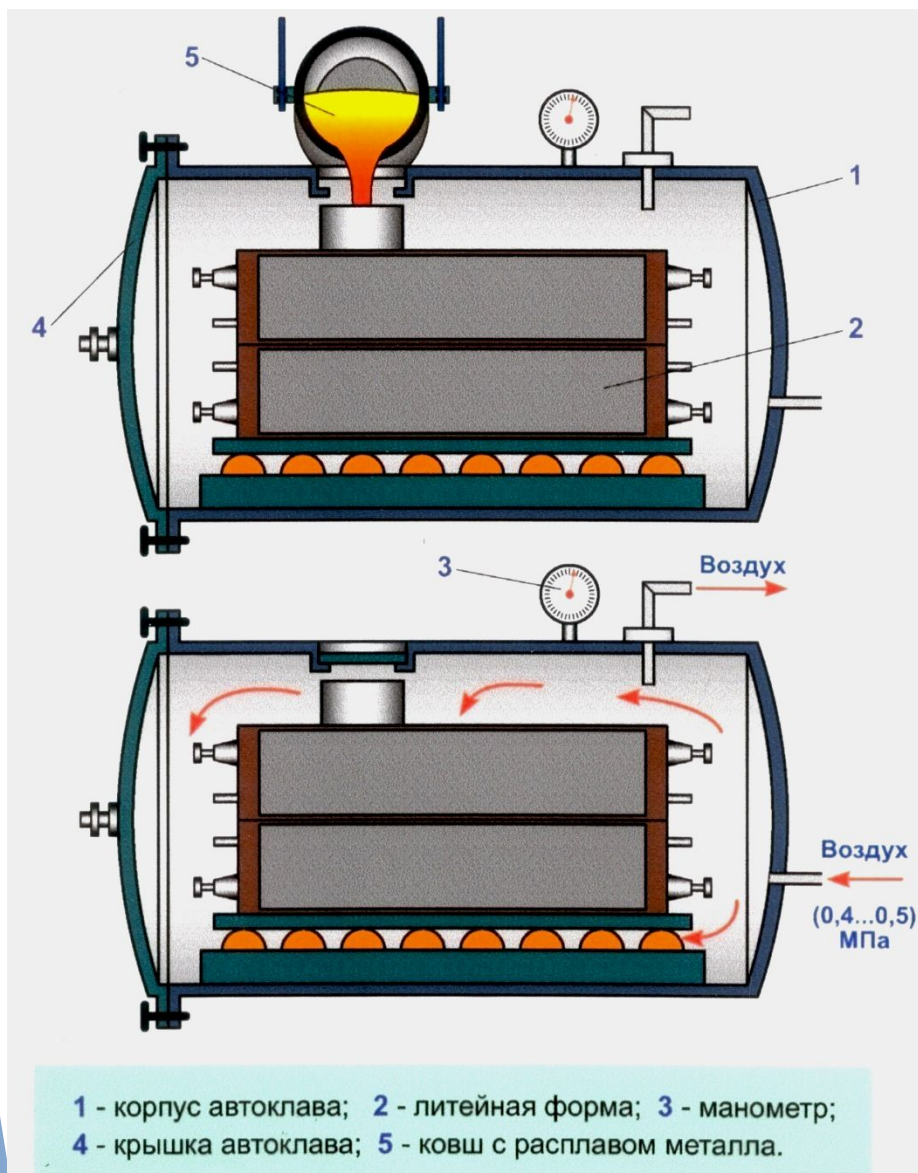
- ❖ *Очень тонкостенные отливки (для сплавов на основе алюминия - до 1 мм)*
- ❖ *Внутренние полости можно получать используя песчаные стержни или выливанием не успевшего затвердеть металла*
- ❖ *Для литья втулок, колец, деталей паровой арматуры, мелких шестерен, крыльчаток вентиляторов электродвигателей и т.п.*
- ❖ *Отливки из бронз, латуней и др. сплавов на основе меди*

Схема установки для литья вакуумным всасыванием втулок, гильз, слитков



1 - футеровка тигля; 2 - расплав металла; 3 - водоохлаждаемый кристаллизатор;
4 - литая заготовка; 5 - трубопроводы; 6 - пневмоцилиндр для подъема и опускания кристаллизатора; 7 - пневмоцилиндр для поворота кристаллизатора; 8 - распределительный кран; 9 - натекатель; 10 - вакуумметр; 11 - вакуумный ресивер; 12 - вакуумный насос.

Схема заливки форм в автоклаве



Расплав получают и заливают в форму под атмосферным давлением. Затвердевание отливки осуществляется в автоклаве под создаваемым избыточным давлением воздуха или инертного газа.

Литье по выплавляемым моделям

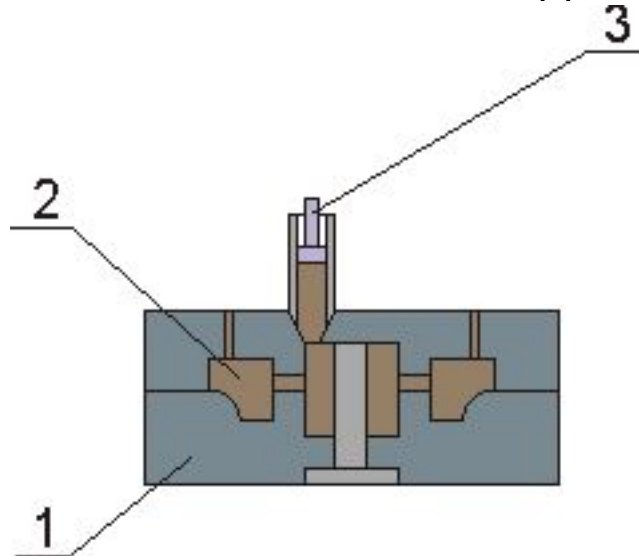


1. ЛИТЬЁ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

Способ основан:

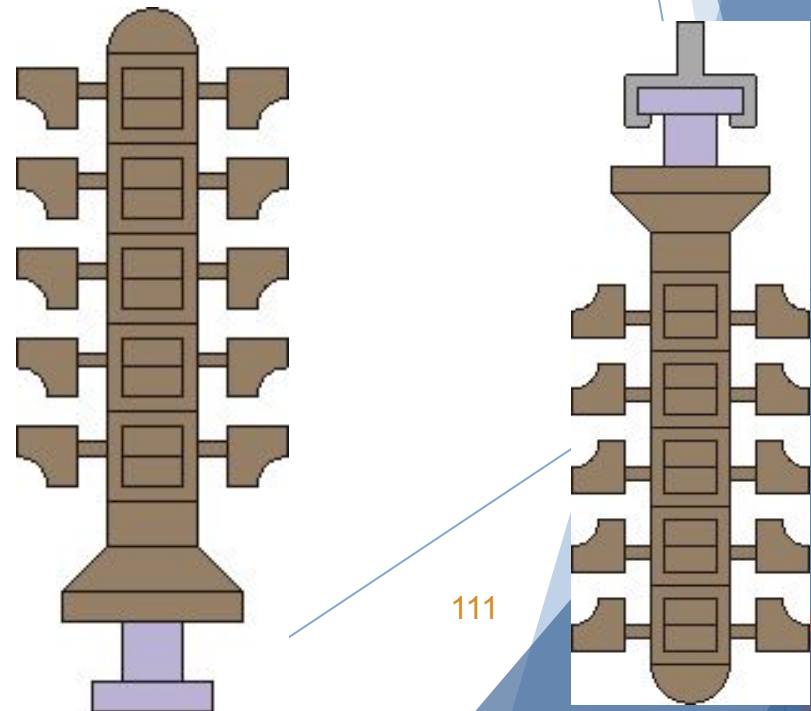
-) на применении металлической модели (пресс-формы) из лёгкого выплавляемого материала (50% парафина, 50% стеарина) с температурой плавления 42...45 °С изготовленной с большой точностью;
-) специальных облицовочных материалов, которые в жидком состоянии наносят на модель. Облицовочный слой состоит из 30-40% гидролизного этилсиликата и 60-70% кварцевой муки. При высыхании и нагревании формы при высоких температурах образует прочную корку, сохраняя весьма точным отпечаток модели. При этом способе отливка не имеет швов, так как форма не имеет разъёмов.

Изготовление
выплавляемой модели



- 1 – металлическая пресс-форма;
- 2 – модельный состав;
- 3 – поршень

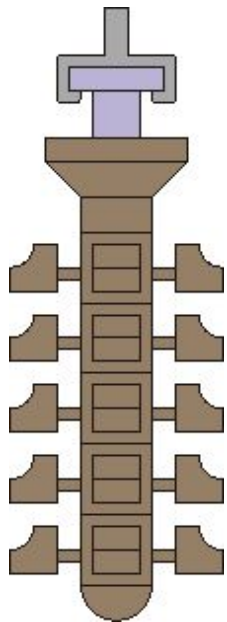
Сборка моделей с
литниковой системой



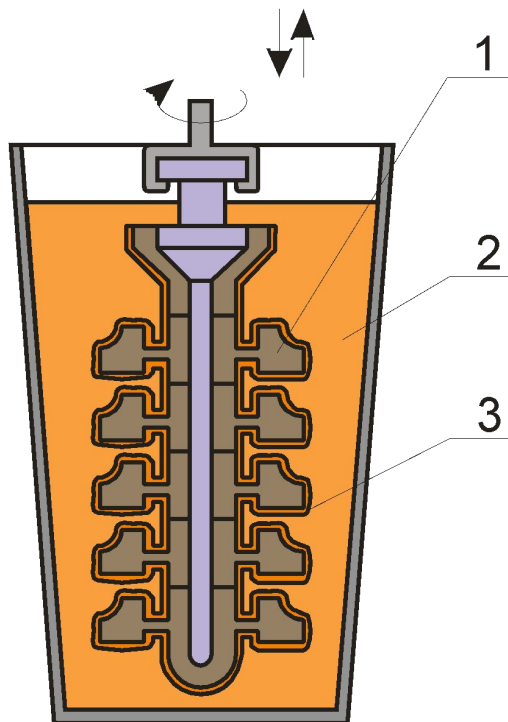
111

ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

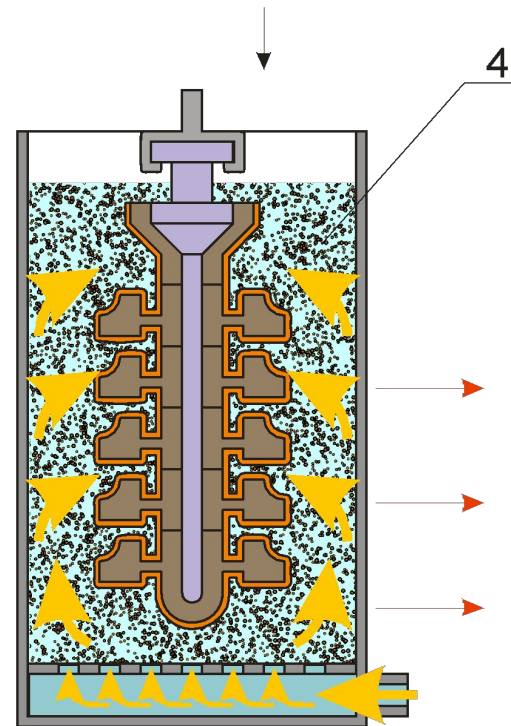
1. Сборка формы



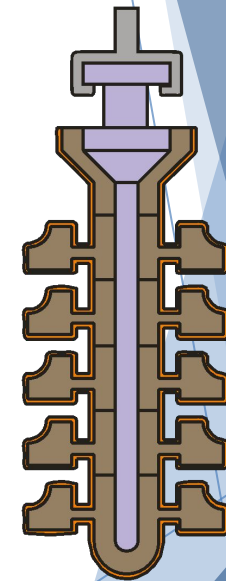
2. Нанесение облицовочного слоя



3. Обсыпание кварцевым песком

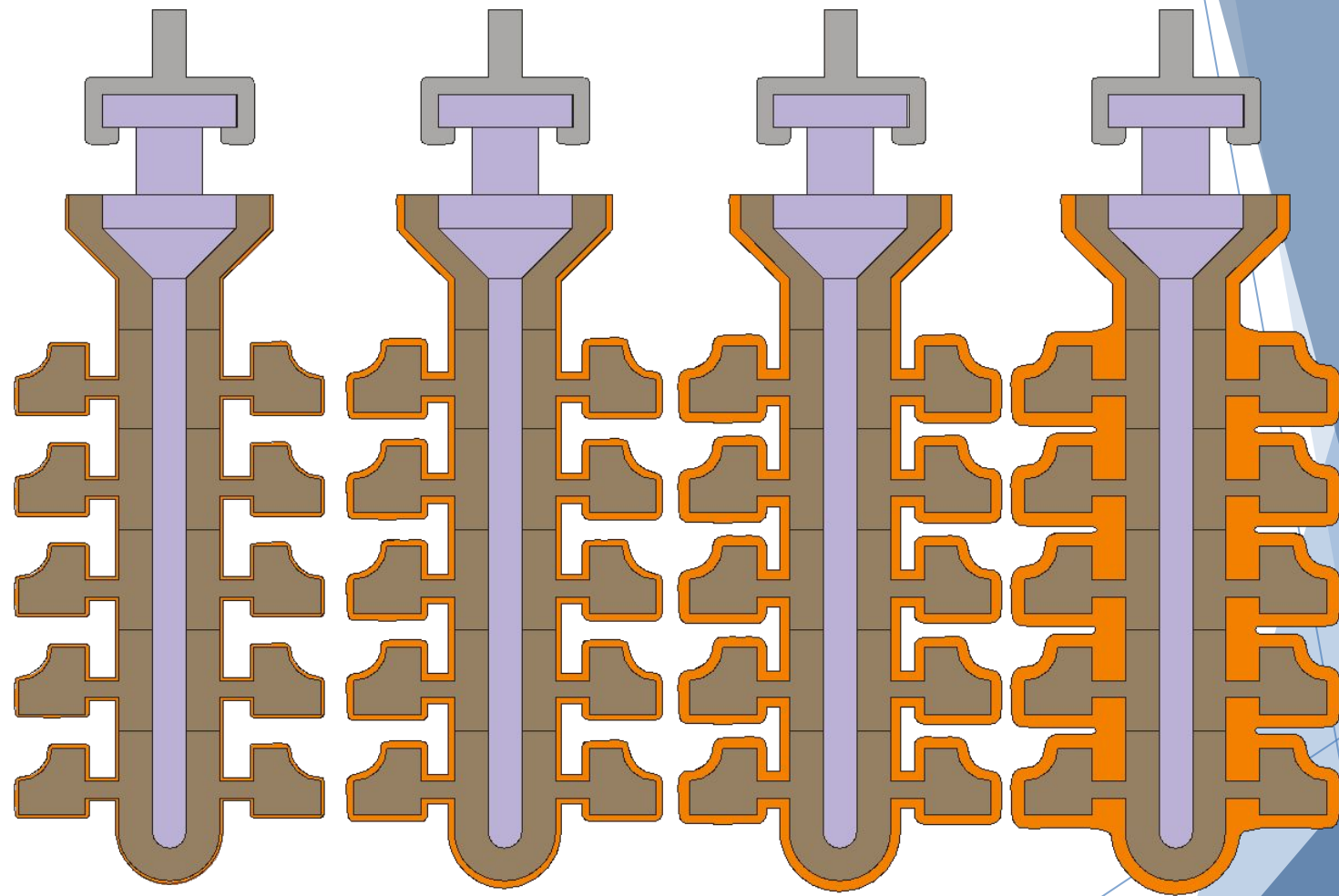


4. Сушка горячим воздухом



1 – литейная форма; 2 – облицовочный состав; 3 – оболочка; 4 – взвесь песка.

НАРАЩИВАНИЕ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ



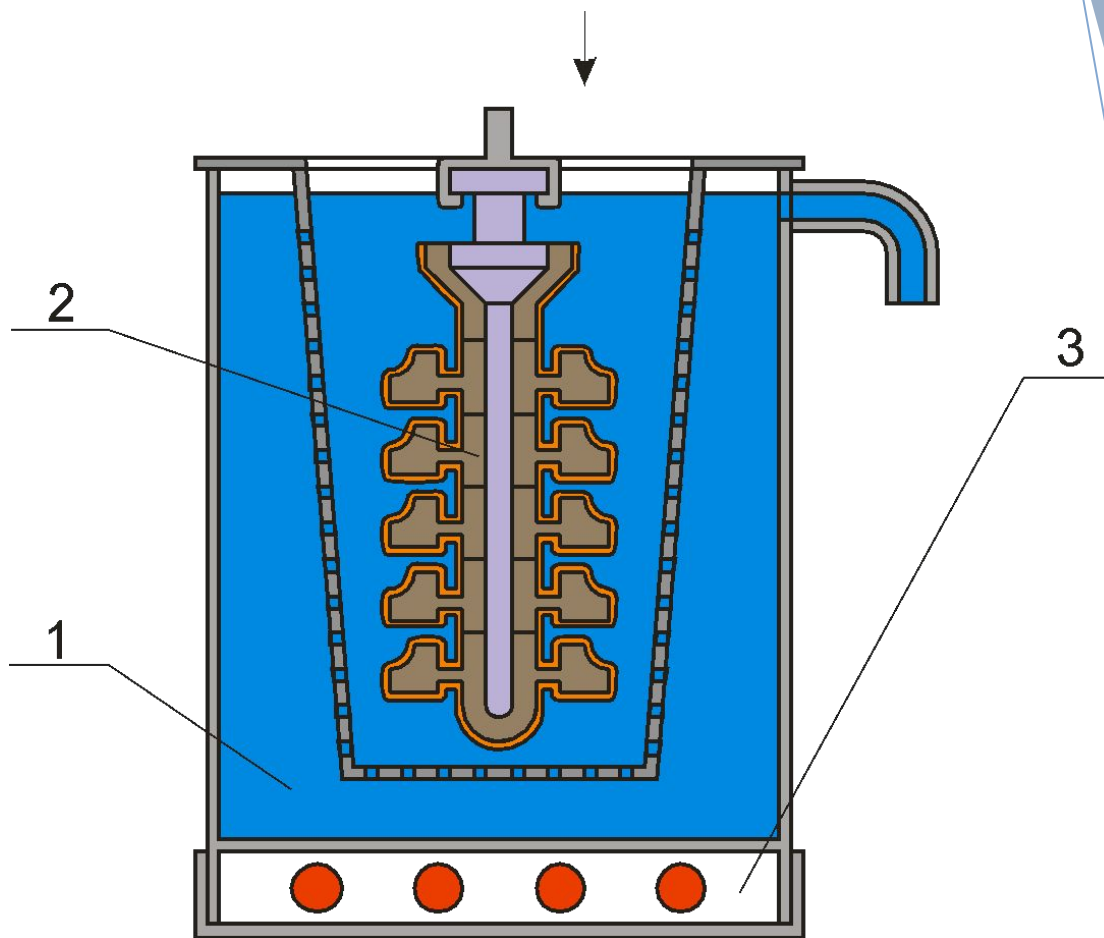
1-й слой

2-й слой

3-й слой

n-й слой

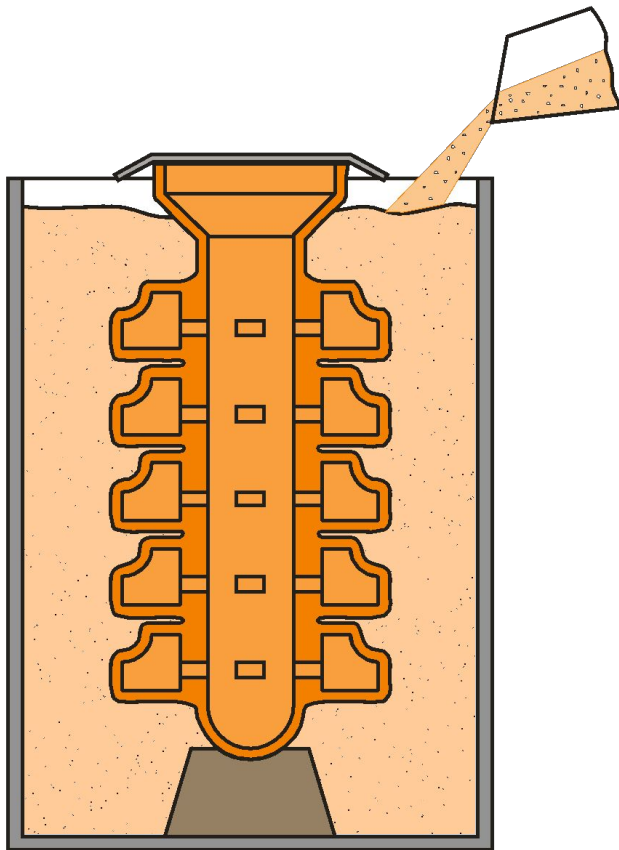
ИЗВЛЧЕНИЕ МОДЕЛЬНОГО СОСТАВА



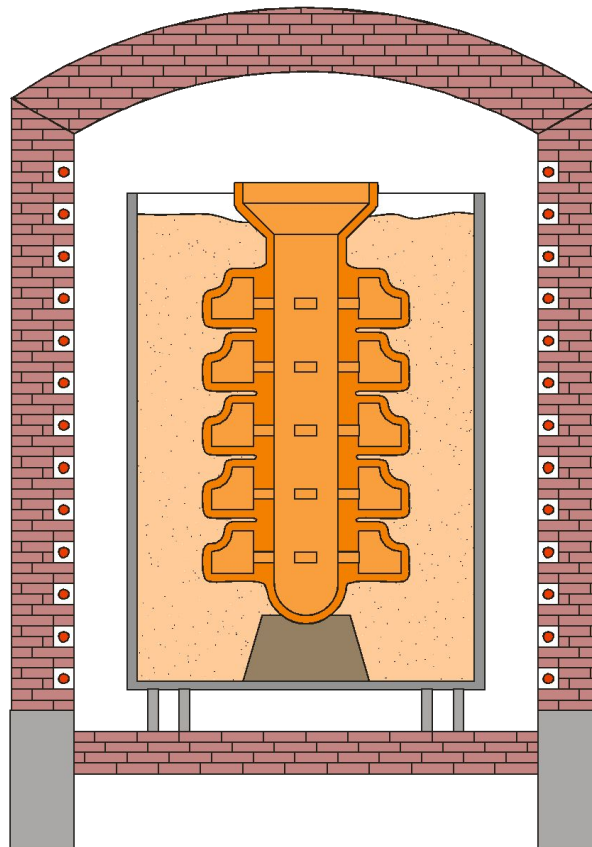
- 1 – горячая вода;
- 2 – модельный состав;
- 3 – нагревательный элемент.

Термическая обработка формы

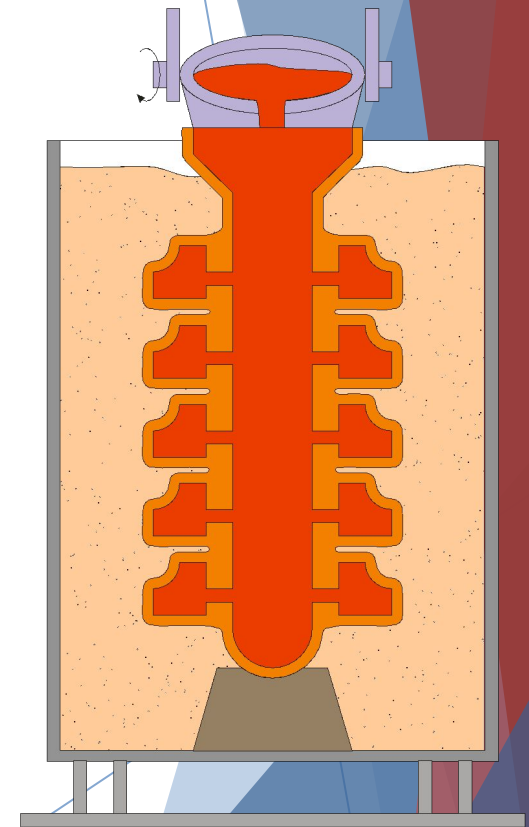
5. Засыпка песка



6. Прокаливание формы



7. Заливка металла в форму



Литье по выплавляемым моделям



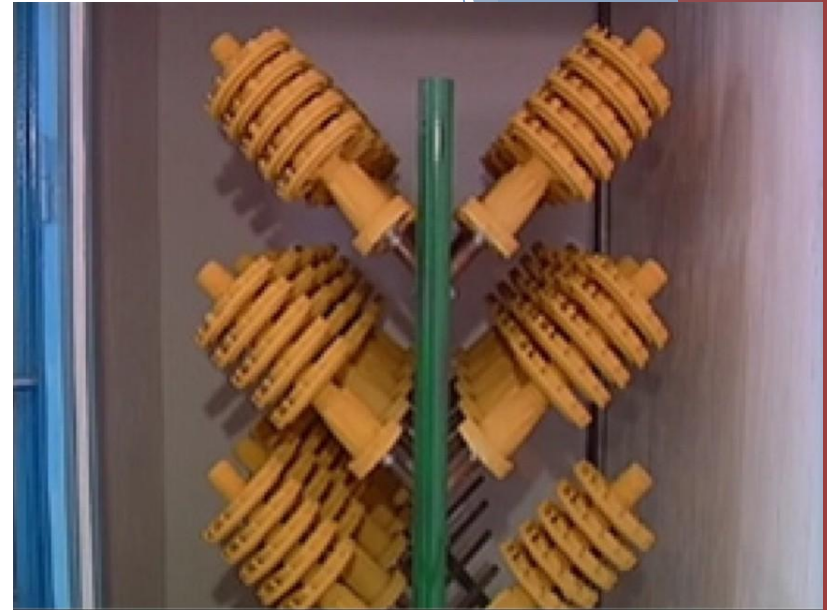
ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

Преимущества:

- высокая точность;
- малая шероховатость поверхности;
- низкие припуски на механическую обработку.

Недостатки:

- сложность процесса;
- продолжительность процесса до 4 суток;
- применение только для отливок массой до 50 кг;
- высокая себестоимость отливок.



Воин

(бронзовое литье по
выплавляемым моделям)



Шкатулка Виды Москвы

(бронза, литье по выплавляемым
моделям)



Отливки по выплавляемым моделям



6-8 класс
точности

шероховатость
поверхности от
10 до 20 мкм

толщина
стенки не
менее 3 мм

развес литья
от 20 г. до 20
кг

припуски на
механическую
обработку в
пределах
0,5-1,0 мм



Литье в оболочковые формы

ЛИТЬЁ В ОБОЛОЧКОВЫЕ ФОРМЫ

Свое название оболочковые формы получили благодаря своей конструкции: они изготавливаются без применения опок и имеют небольшую толщину от 5 до 25 мм.

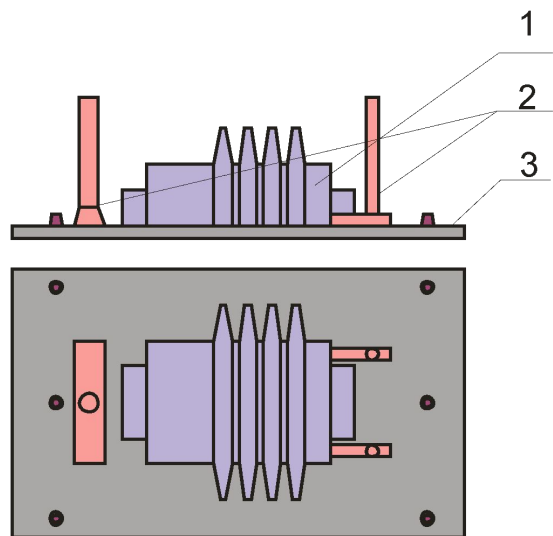
Состав смеси: кварцевый песок до 95%; терморезистивная смола - 4...6%; пластификаторы до 1%.

Свойствами смеси :

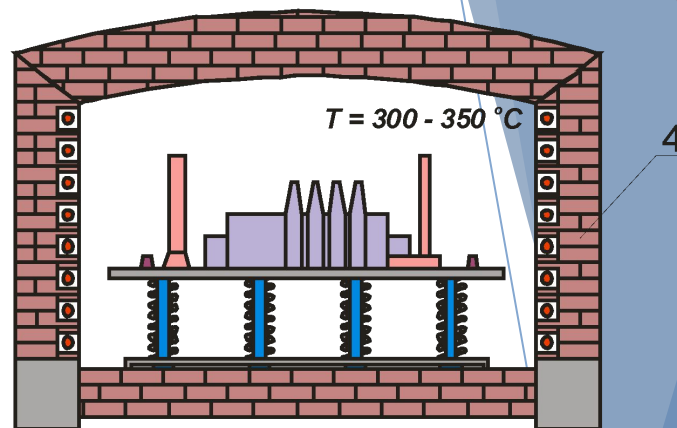
- в исходном состоянии она сухая и сыпучая;
- при нагреве до температуры 160...220°С становится пластично-вязкая из-за расплавления связующего материала;
- при дальнейшем нагреве (свыше 250°С) необратимо затвердевает и получает высокую прочность (до 4МПа на разрыв);
- после заливки металла смола выгорает, форма легко разрушается, а кварцевый песок используется повторно.

Модель, подмодельная плита, элементы литниковой системы изготавливаются из металла (чугун, сталь, бронза).

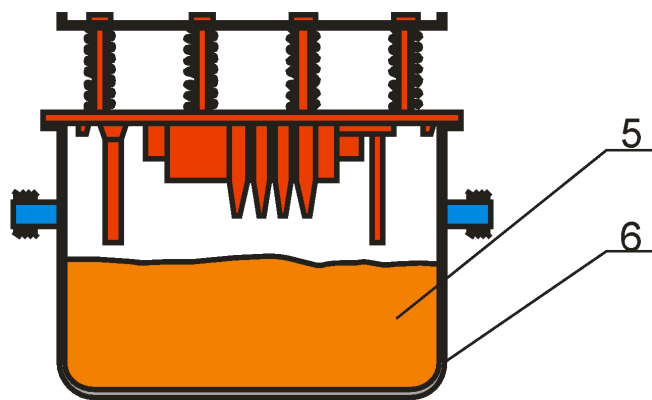
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОЛОЧКОВЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ



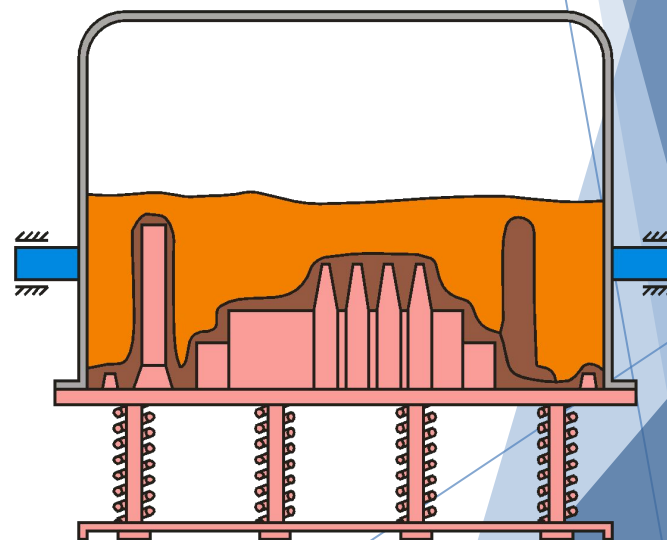
1-й этап



2-й этап



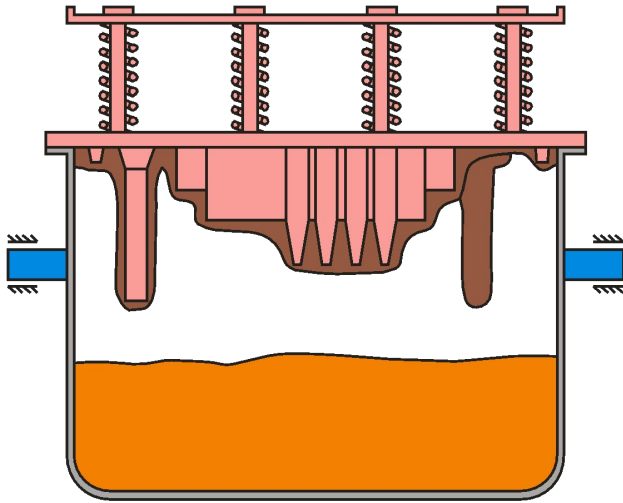
3-й этап



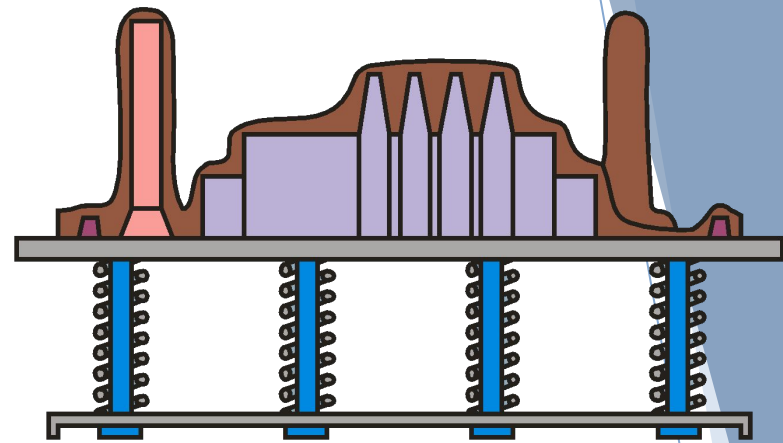
4-й этап

1 – модель; 2 – элементы литниковой системы;
3 – подмодельная плита; 4 – печь; 5 –
формовочная смесь; 6 – поворотный бункер.

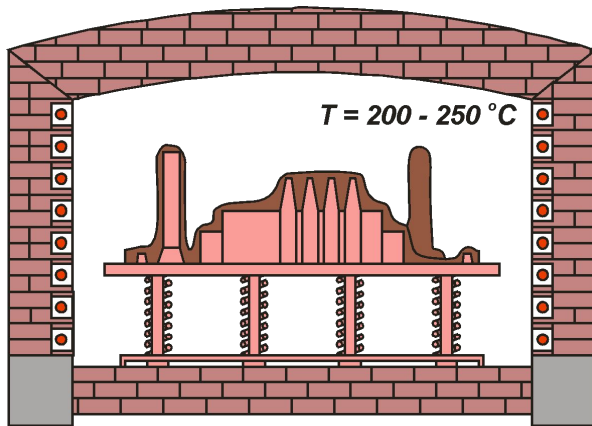
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОЛОЧКОВЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ



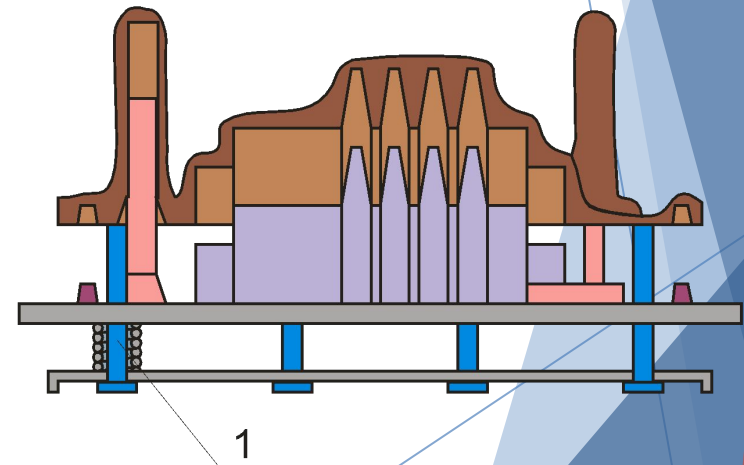
5-й этап



6-й этап



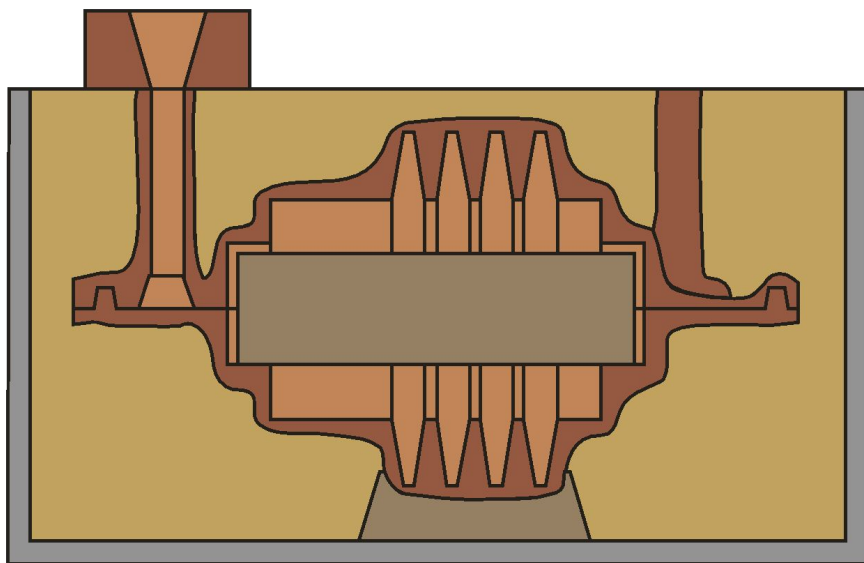
7-й этап



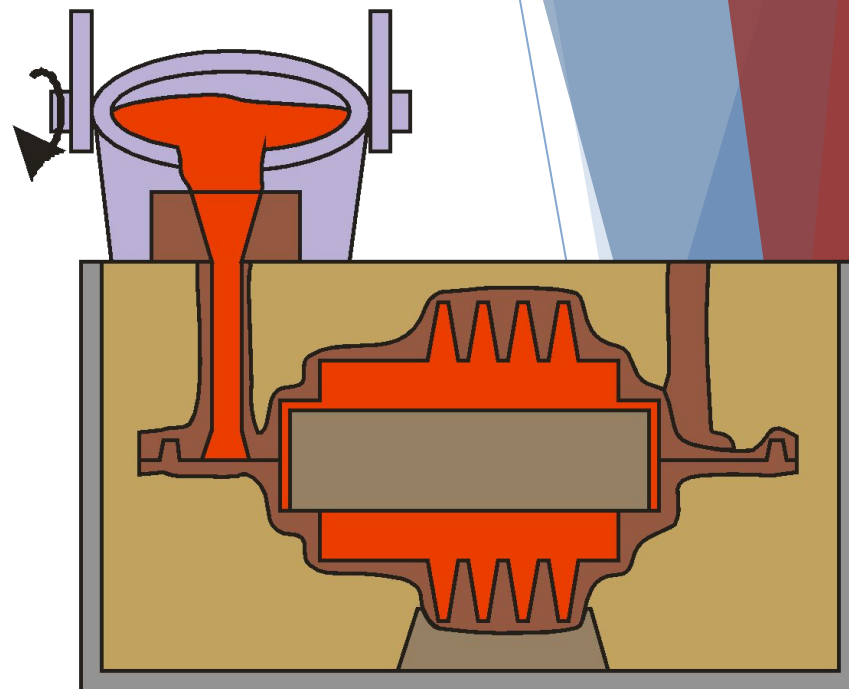
8-й этап

123
1 – пружинные толкатели.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОЛОЧКОВЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ



9-й этап



10-й этап

ЛИТЬЁ В ОБОЛОЧКОВЫЕ ФОРМЫ

Преимущества:

- повышенная точность отливок и хорошее качество ее поверхности;
- процесс хорошо автоматизируется;
- производительность труда повышается 1,5...2 раза (по сравнению с песчано-глинистыми формами);
- облегчение условия труда рабочих;
- сокращение в 3...4 раза дефекты отливок по пригару, трещинам, газовым раковинам;
- отпадает трудоемкая операция выбивки отливок из формы и стержней из отливки;
- уменьшается в 10...20 раз расход смесей.

Недостатки:

- ограниченность применения - массой отливок до 50...60 кг;
- дороговизна используемых смесей из-за высокой стоимости смолы.

Центробежное литье



Центробежное литье

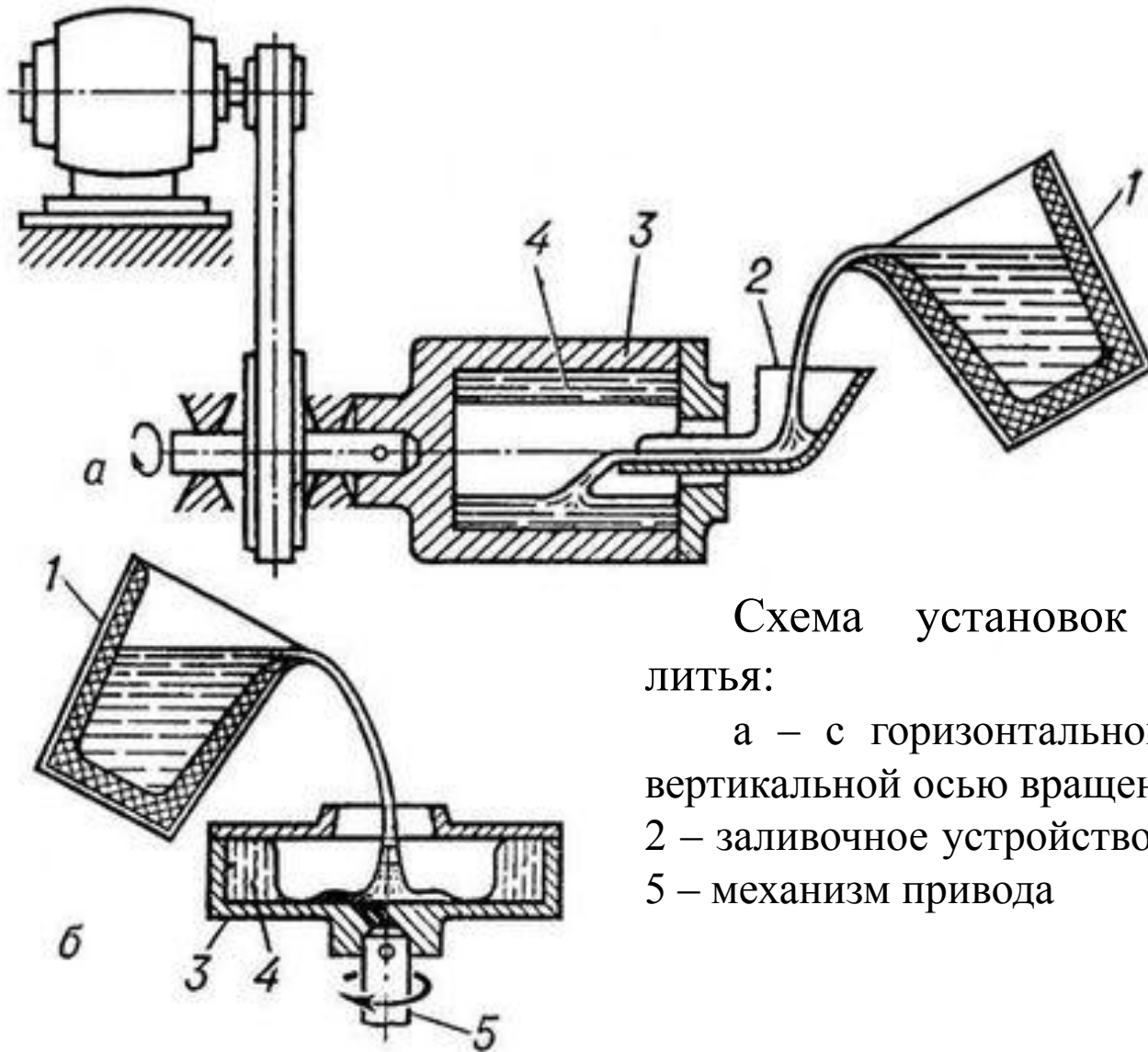


Схема установок для центробежного литья:

а – с горизонтальной осью вращения; б – с вертикальной осью вращения: 1 – ковш с металлом, 2 – заливочное устройство, 3 – форма; 4 – отливка, 5 – механизм привода

Центробежное литье

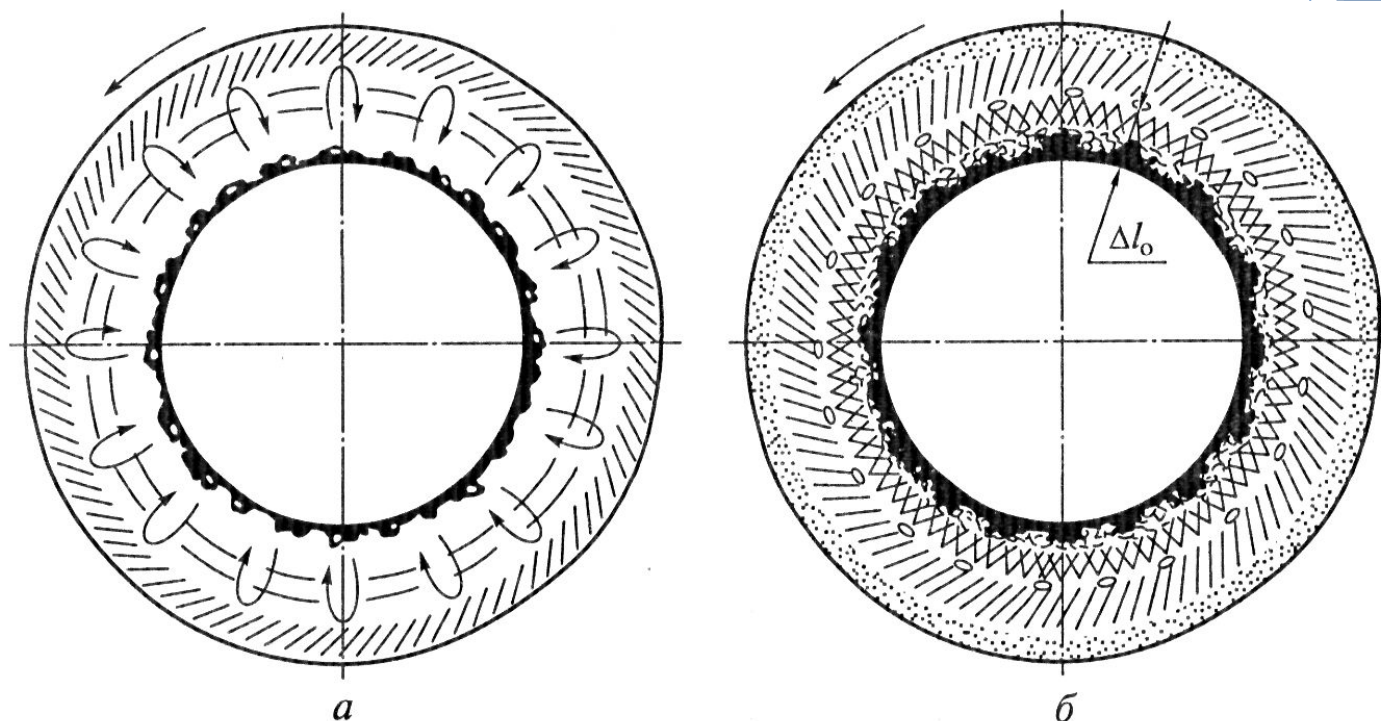


Схема возникновения конвективных потоков во вращающемся затвердевающем расплаве (а) и схема кристаллизации строения отливки (б).

Преимущества центробежного литья

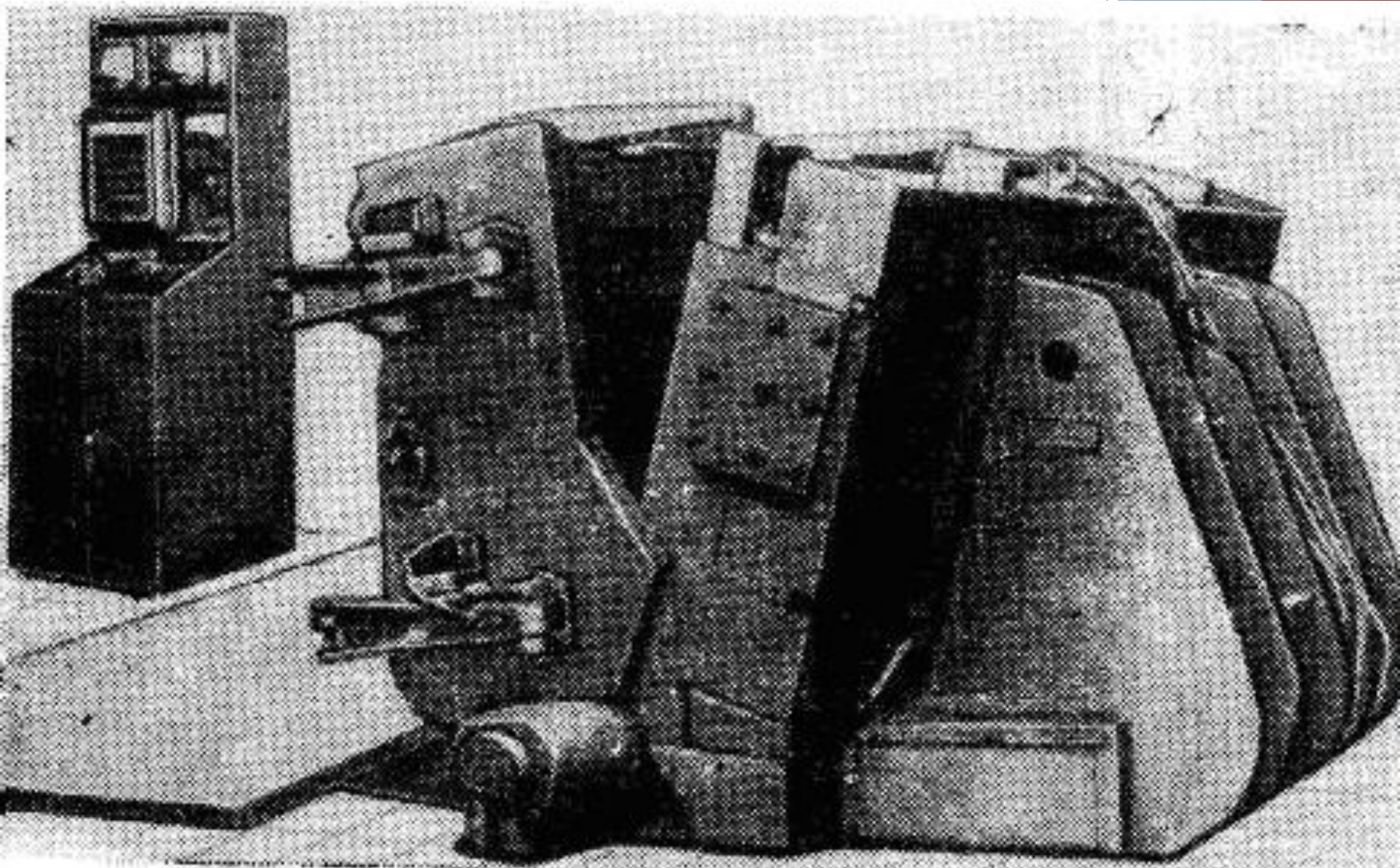
- ❖ *При литье полых цилиндров для образования отверстия не требуется стержень*
- ❖ *Минимальный расход металла на литники*
- ❖ *Улучшение заполняемости форм сплавами с пониженной жидкотекучестью (титан и его сплавы)*
- ❖ *Плотные отливки без газовых, усадочных раковин и рыхлот*
- ❖ *Скопление легких неметаллических включений на внутренней поверхности отливки*
- ❖ *Высокая производительность способа, легко поддается механизации и автоматизации*

Недостатки центробежного литья

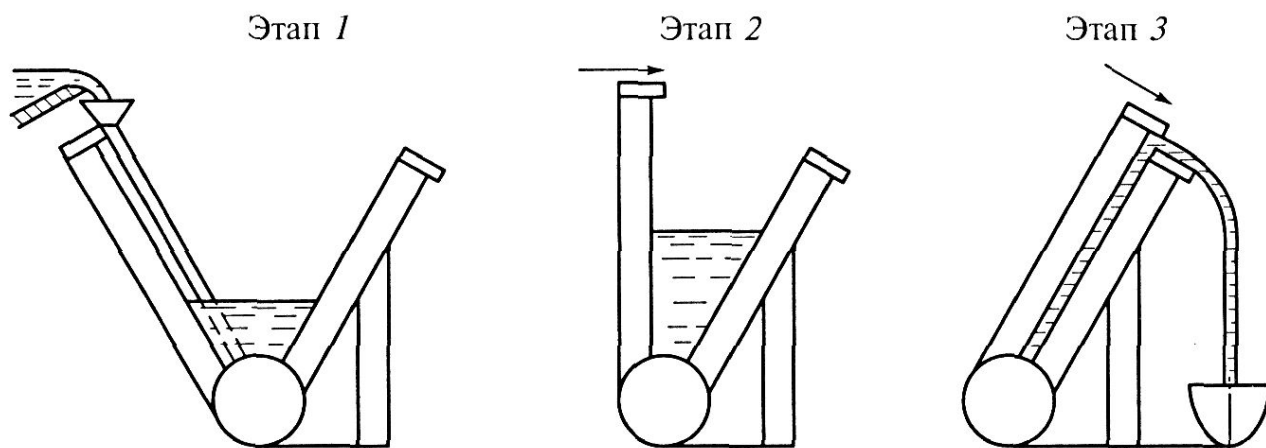
- Значительное развитие ликвационных процессов под действием центробежных сил*
- Неточность диаметра свободной поверхности отливок*
- Увеличение припуска на механическую обработку внутренней поверхности для удаления неровностей, плен и шлаковых включений*



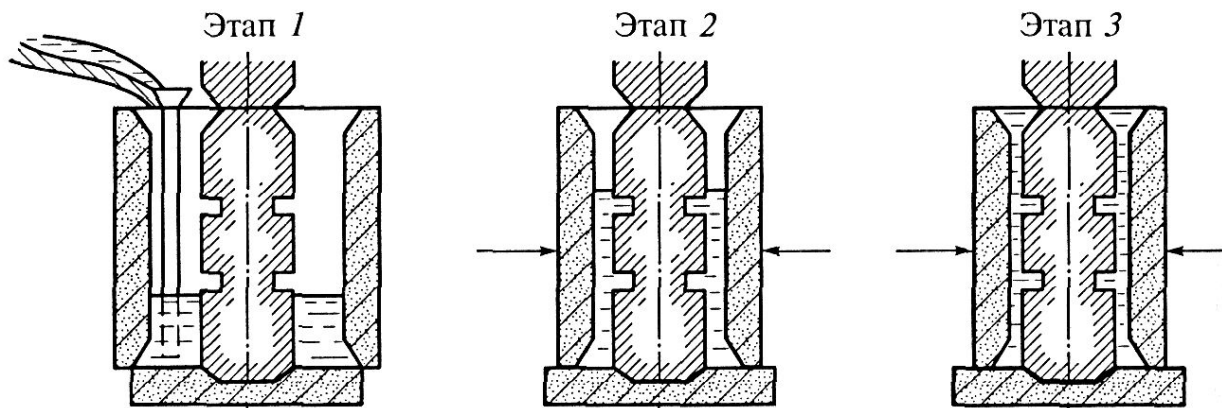
Литье выжиманием



Литье выжиманием



a



б

Схемы технологических процессов литья выжиманием:

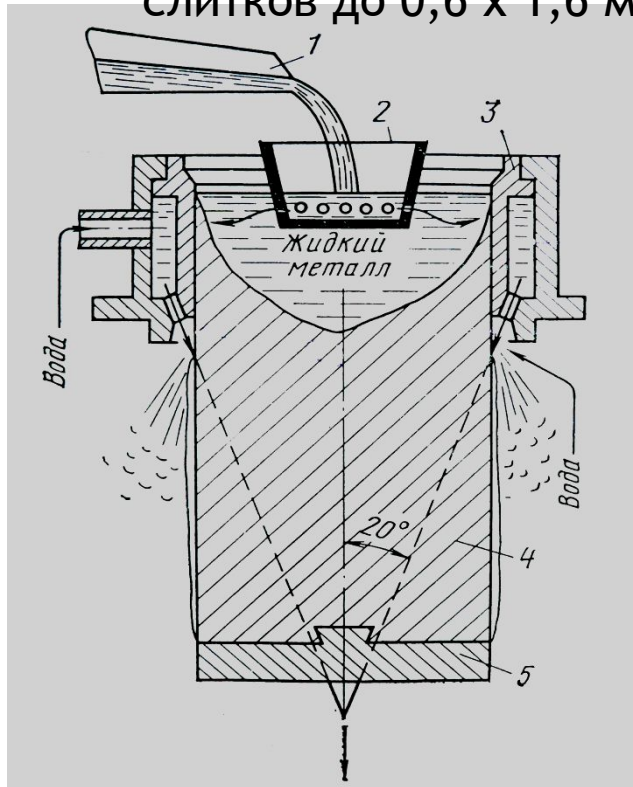
a – поворотом подвижной полуформы; *б* – плоскопараллельным перемещением полуформ

Непрерывное и полунепрерывное литье



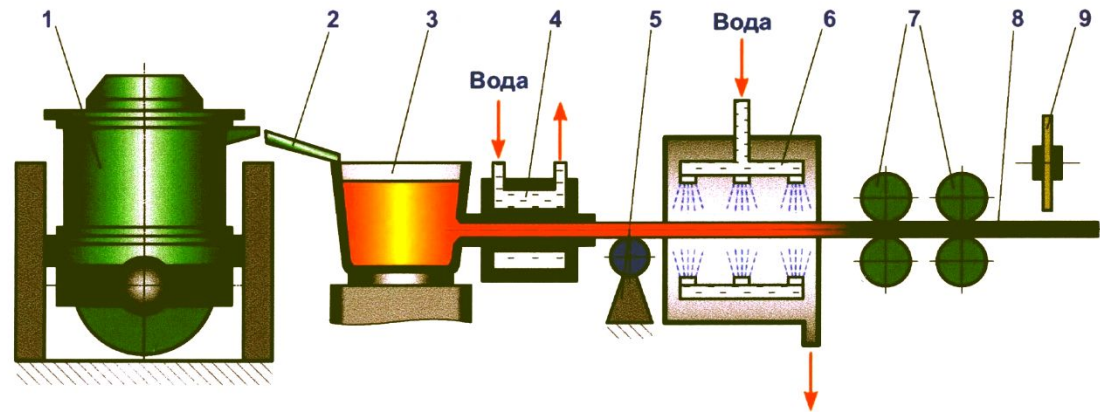
Непрерывное литье слитков

Размер слитков
диаметр до 1,5 м; сечение плоских
слитков до 0,6 x 1,6 м



- 1 – желоб
- 2 – распределительная воронка
- 3 – кристаллизатор
- 4 – слиток
- 5 – поддон

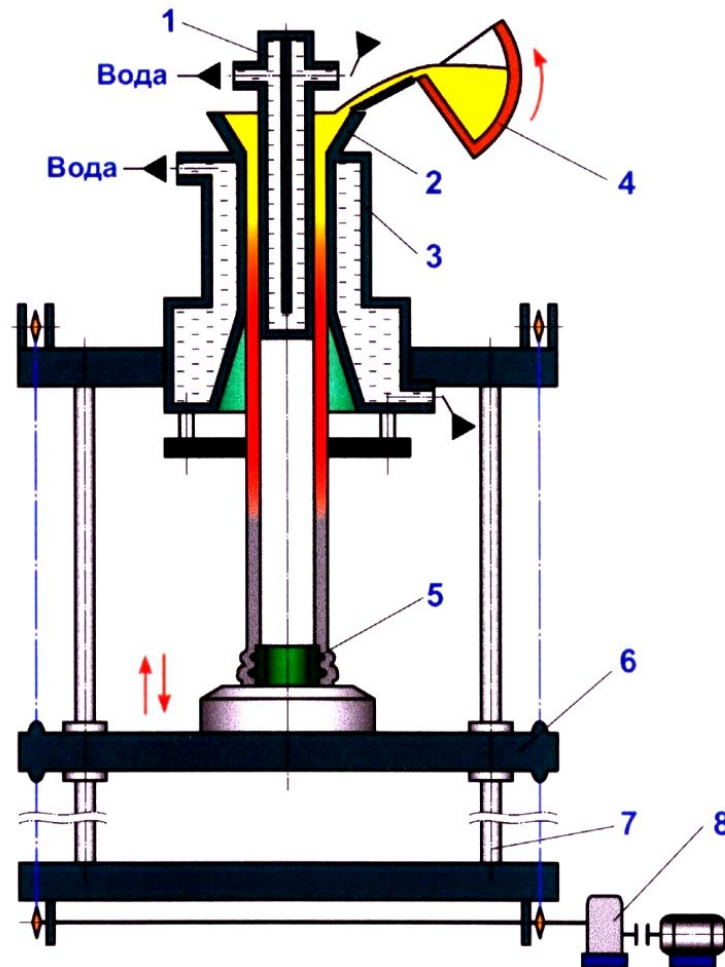
СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ



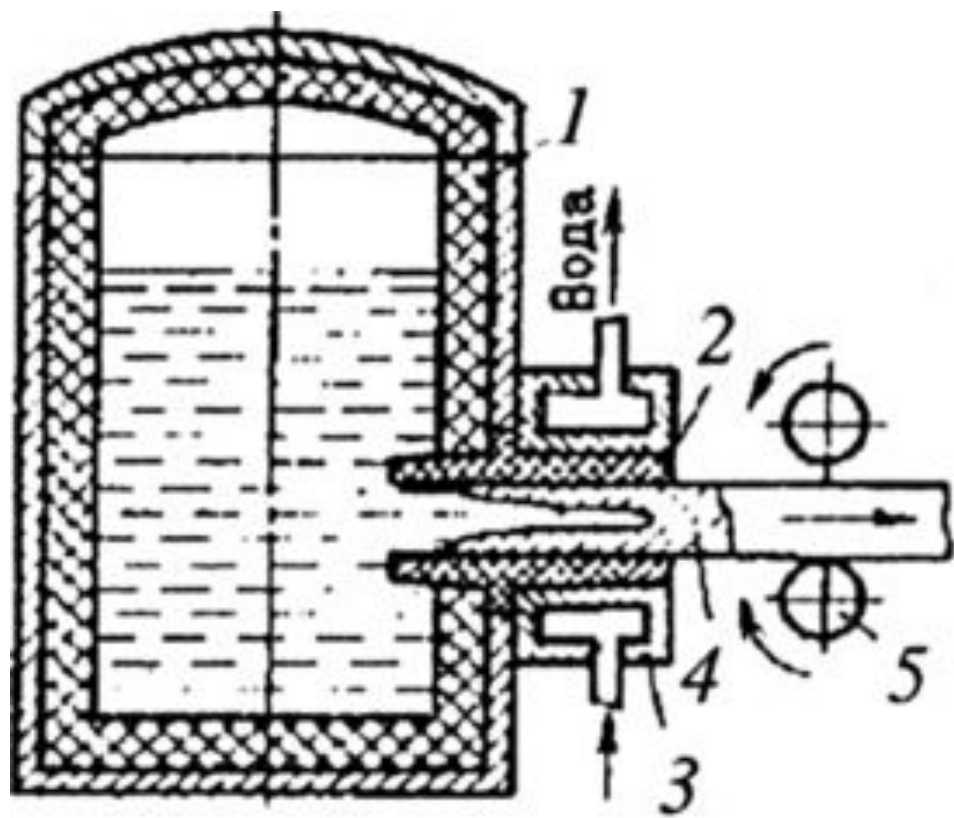
- 1 - плавильная печь; 2 - приемный лоток; 3 - печь выдержки;
- 4 - водоохлаждаемый кристаллизатор; 5 - стойка; 6 - панель охлаждения;
- 7 - ролики вытяжные; 8 - заготовка; 9 - отрезной круг.

Полунеprывное литье слитков

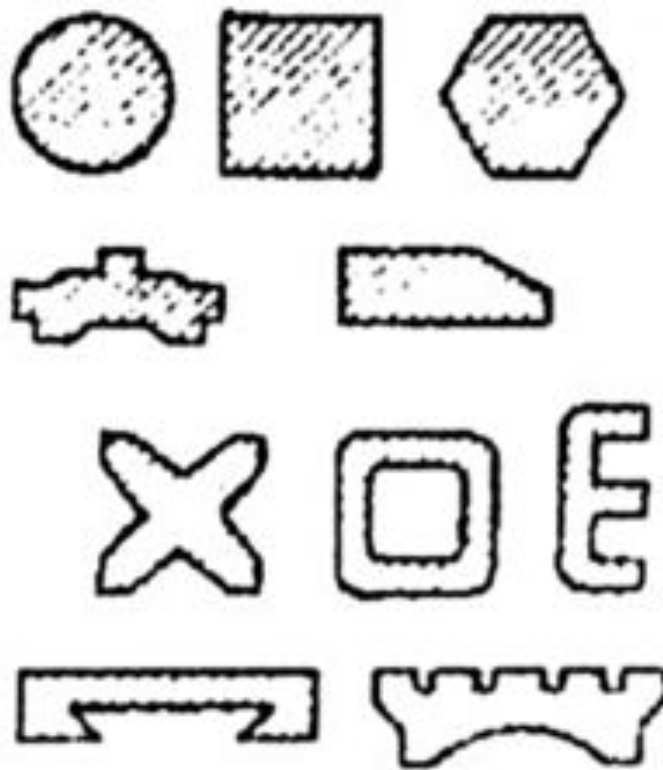
СХЕМА УСТАНОВКИ
ПОЛУНЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ТРУБ



- 1 - водоохлаждаемый конусный металлический стержень;
- 2 - металлоприемник; 3 - водоохлаждаемый кристаллизатор;
- 4 - ковш-дозатор расплава; 5 - захват для заготовки;
- 6 - подвижный стол; 7 - направляющая колонка; 8 - привод стола.



a

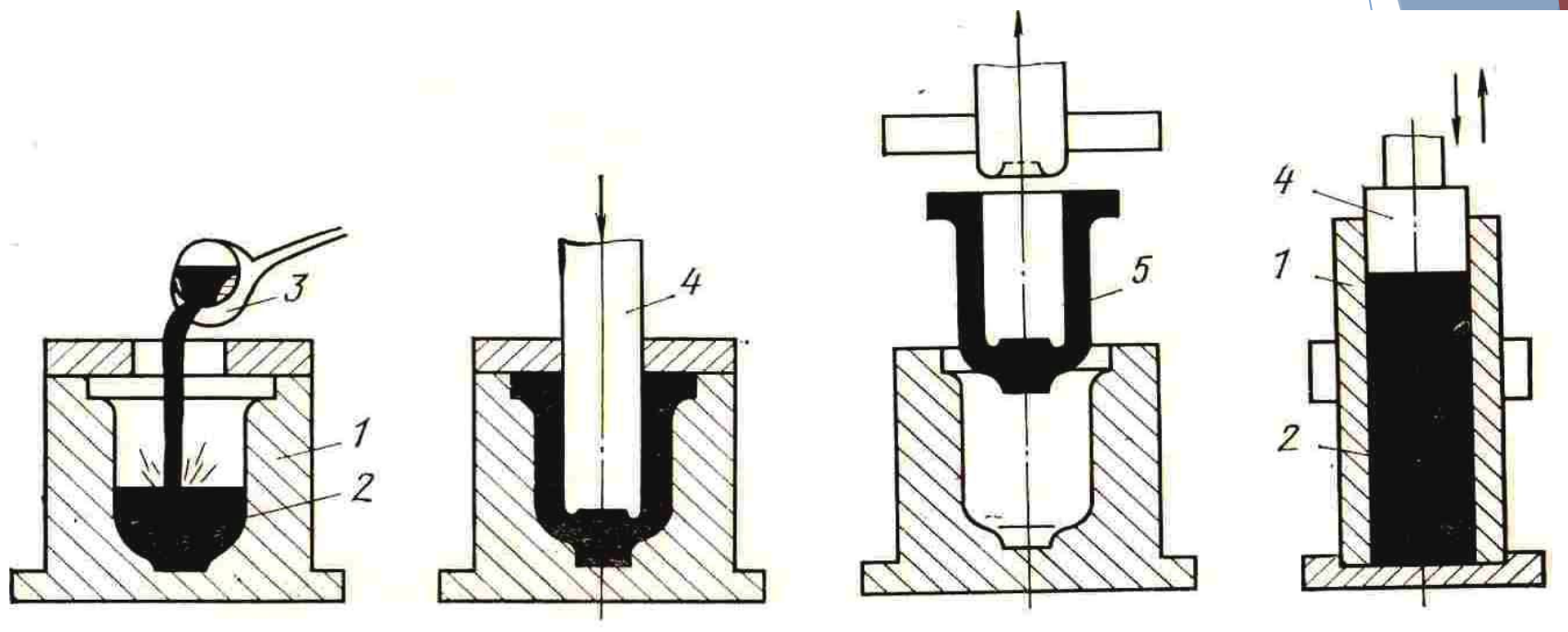


б

Штамповка жидких сплавов

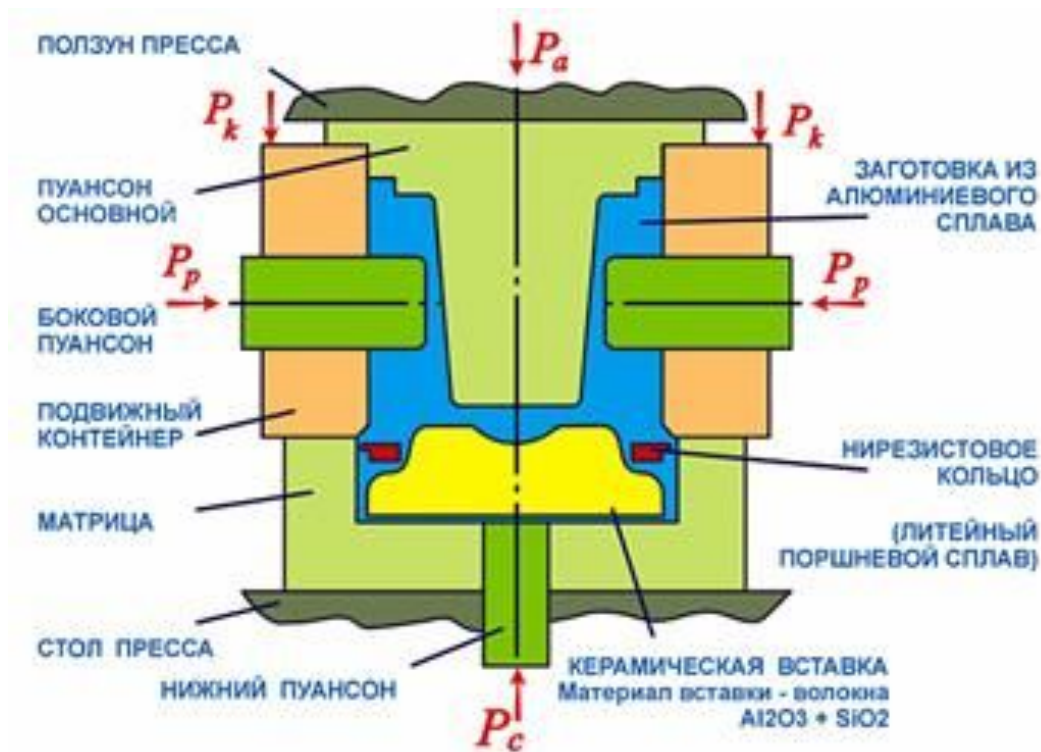


Жидкая штамповка (Литье с кристаллизацией под давлением)



1 – металлическая пресс-форма, 2 – жидкий металл, 3 – ложка,
4 – пуансон, 5 – готовая отливка

Внешний вид поршня с керамической волокнистой вставкой и схема жидкой штамповки поршня на специальном прессе





Жидкая штамповка (кристаллизация под давлением)

- ▶ *Отливки не имеют газовых и воздушных пузырей*
- ▶ *Плотное литье независимо от толщины детали*
- ▶ *Отсутствие литниковой системы и прибылей (выход годного 90 - 98%)*
- ▶ *Можно получать плотные отливки и слитки из сплавов с широким интервалом кристаллизации*
- ▶ *Класс точности 5 - 7*
- ▶ *Чистота поверхности 4 - 5 класс*

Литейные дефекты

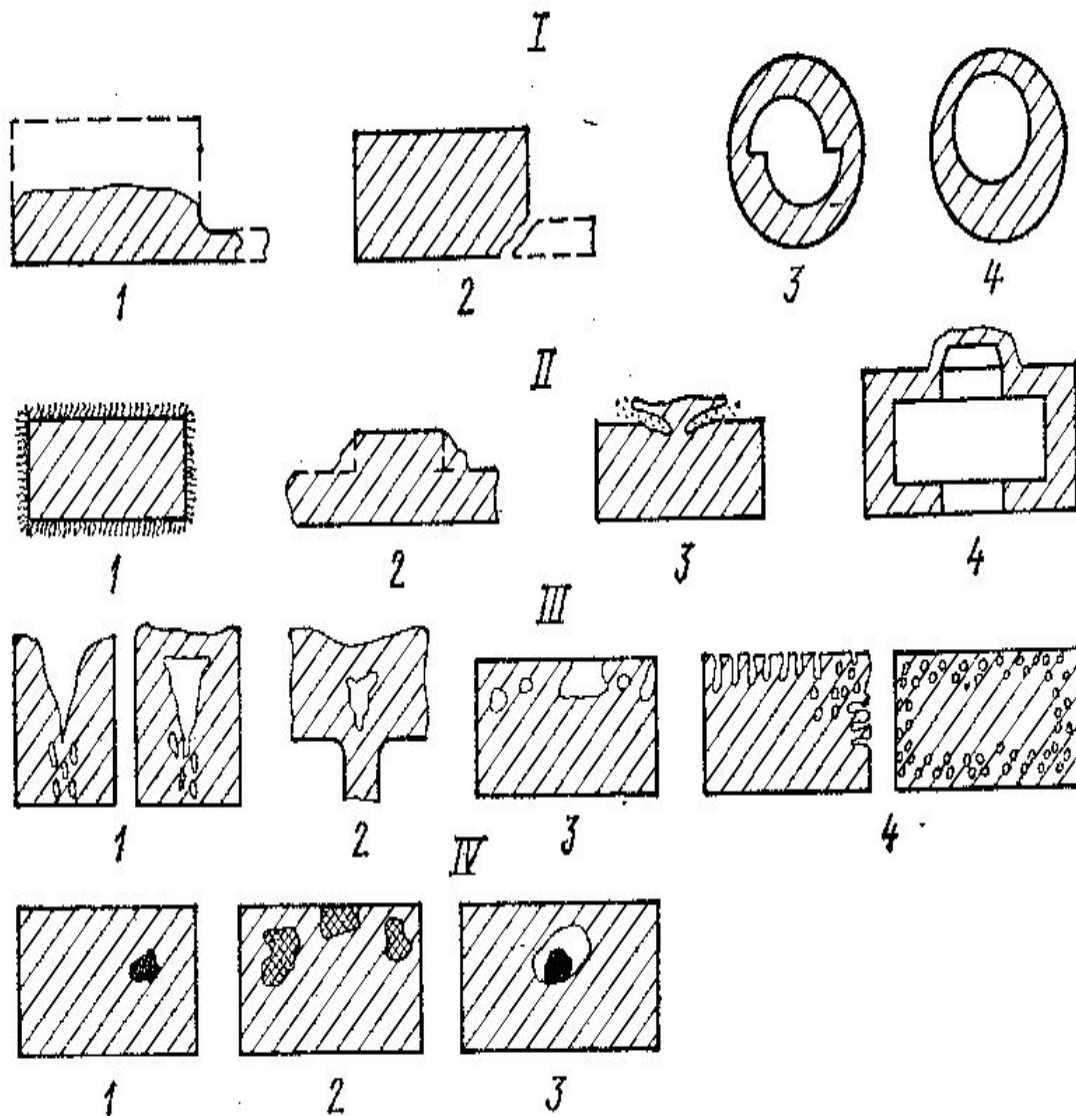


Контроль качества отливки

Контроль качества отливок предусматривает проверку следующих параметров:

- ▶ - контроль точности отливок - на соответствие их параметров заданным нормам точности: классу точности размеров, степени коробления, степени точности поверхности, классу точности массы;
- ▶ - контроль химического состава - осуществляется этапе плавки для корректировки химического состава сплава;
- ▶ - контроль герметичности - применяется для отливок, работающих под избыточным давлением;
- ▶ - контроль температуры.

Дефекты литья



I – дефекты геометрии

1 – недолив, 2 – вылом, 3 – перекос, 4 – разностенность

II – дефекты поверхности

1 – пригар, 2 – нарост, 3 – ужимина, 4 – залив

III – несплошности

1 – усадочные раковины, 2 – утяжина, 3 – газовые раковины, 4 – пористость

IV – включения

1 – металлические, 2 – неметаллические, 3 – королек

Литейные дефекты

№№	Описание дефекта	Причины или признаки дефектов
<i>Несоответствие по геометрии</i>		
1	<i>Вылом</i> – несоответствие конфигурации и размера отливки при выбивке, обрубке, отливке литников и прибылей, очистке и транспортировании	Большие сечения питателей и прибылей
2	<i>Зарез</i> – искажение наружной конфигурации отливки, возникающее в результате воздействия режущего инструмента при отрезке литниковой системы, обрубке и зачистке	Нарушение технологии окончательной механической обработки
3	<i>Незалив</i> – несоответствие конфигурации отливки чертежу вследствие износа модели или недостаточной отделки формы	Износ моделей и стержневых ящиков в процессе эксплуатации и хранения.
4	<i>Коробление</i> – искажение конфигурации отливки под влиянием напряжений, возникающих при охлаждении, или в результате неправильной модели	Деформация модели, перепады температур в процессе охлаждения, остаточные напряжения
5	<i>Недолив</i> – неполное образование отливки вследствие незаполнения полости литейной формы металлов при заливке	Нехватка металла или вытекание его из формы, недостаточная жидкотекучесть сплава
6	<i>Неслитина</i> – дефект в виде произвольной формы отверстия или сквозной щели в стенке отливки, образовавшийся в результате потери текучести металла при заливке	Низкая жидкотекучесть, высокая длительность заливки
7	<i>Обжим</i> – нарушение конфигурации, возникающий вследствие деформации формы из-за механических воздействий до или во время заливки	Образуется вблизи плоскости разъема в виде прилива или утолщения произвольной формы
8	<i>Перекося</i> – дефект в виде смещения одной части отливки относительно осей или поверхностей другой части по разъему формы, модели или опок вследствие их неточной установки и фиксации при формовке и сборке	Неисправность модельной или опочной оснастки, небрежность изготовления и сборки формы
9	<i>Подутость</i> – дефект в виде местного утолщения отливки вследствие распирающего неравномерно или недостаточно уплотненной песчаной формы заливаемым металлом	Большое металлостатическое давление и при заливке в сырые формы с недостаточной степенью уплотнения
10	<i>Прорыв металла</i> – дефект в виде неполного образования или неправильной формы отливки	Недостаточная прочность формы

№№	Описание дефекта	Причины или признаки дефектов
11	<i>Разностенность</i> – дефект в виде увеличения или уменьшения толщины стенок отливок вследствие смещения, деформации или всплытия стержня	Смещение, деформация или всплытие стержня
12	<i>Стержневой перекос</i> – дефект в виде смещения отверстия, полостей или части отливки, выполняемых с помощью стержня, вследствие его перекоса	Смещение, деформация или всплытие стержня
13	<i>Стержневой залив</i> – дефект в виде залитых металлом отверстия или полости в отливке из-за непроставленного в литейной форме стержня или его обрушения	Неправильная установка или сборка разъемного стержня
14	<i>Уход металла</i> – дефект в виду пустоты в теле отливки, ограниченный тонкой коркой затвердевшего металла	Вытекание металла из формы при ее слабом креплении или недостаточной массы груза
<i>Дефекты поверхности</i>		
1	<i>Газовая шероховатость</i> – сферообразные углубления на поверхности отливки, возникающие вследствие роста газовых раковин на поверхности раздела металл–форма	Наличие водорода и окси углерода в металле, низкая газопроницаемость смеси
2	<i>Грубая поверхность</i> – дефект в виде шероховатости поверхности с параметрами, превышающими допустимые значения	Крупнодисперсные материалы формовочной смеси, слабая формовка
3	<i>Залив</i> – металлический прилив или выступ, расположенный по разъемам формы, стержней или по стержневым знакам	Деформация формы при ее изготовлении и сборке
4	<i>Засор</i> – дефект в виде формовочного материала, захваченного потоками жидкого металла и внедрившегося в поверхностные слои отливки	Размыв литейной формы при ее слабой формовке
5	<i>Нарост</i> – выступ произвольной формы, образовавшийся из загрязненного формовочными материалами металла	Местное разрушение литейной формы
6	<i>Окисление</i> – дефект в виде окисленного слоя металла на поверхности отливки, получаемый после отжига отливок из белого чугуна на ковкий чугун	Окисление поверхности отливки при отжиге в воздушной атмосфере
7	<i>Плёна</i> – дефект в виде самостоятельного металлического или окисного слоя на поверхности отливки	Недостаточно спокойная заливка

№№	Описание дефекта	Причины или признаки дефектов
8	<i>Поверхностное повреждение</i> – искажение поверхности отливки, возникшее при выбивке, транспортировке и очистке	Механические повреждения отливки при выбивке, транспортировке и очистке
9	<i>Пригар</i> – трудноотделяемый специфический слой на поверхности отливки, различают механический, термический и химический	Физическое или химическое взаимодействие формовочной смеси с металлом
10	<i>Просечка</i> – невысокие прожилки на поверхности отливки, возникшие вследствие затекания металла в трещины на поверхности формы или стержня	Термические напряжения формовочной смеси
11	<i>Складчатость</i> – дефект в виде незначительных гладких возвышений и углублений на поверхности отливки	Пониженная жидкотекучесть металла
12	<i>Спай</i> – углубления на поверхности отливки, образованные не полностью слившимися потоками металла с недостаточной температурой или прерванного при заливке	Снижение жидкотекучести металла
13	<i>Ужимина</i> – углубления с пологими краями, заполненные формовочным материалом и прикрытые слоем металла	Отслоение формовочной смеси при заливке

Несплошности в теле отливки

1	Вскип – скопление раковин и наростов	Парообразование в местах переувлажнения литейной формы или проникновения газов из стержней в полость формы
2	<i>Газовая пористость</i> – мелкие поры, образовавшиеся в отливке в результате выделения газов из металла при его затвердевании	Низкая газопроницаемость формовочной смеси, повышенная газотворность формы и стержня
3	<i>Газовая раковина</i> – полость, образованная выделившимися из металла или внедрившимися в металл газами	Низкая газопроницаемость формовочной смеси, повышенная газотворность формы и стержня
4	<i>Горячая трещина</i> – разрыв или надрыв тела отливки усадочного происхождения, возникший в интервале температур затвердевания, имеет неровную окисленную поверхность	Превышение уровня временных усадочных напряжений значения временного сопротивления при разрыве
5	<i>Графитовая пористость</i> – дефект отливок из серого чугуна в виде сосредоточенных или паукообразных выделений графита, вызывающие неплотности при испытании гидравлическим или газовым давлением	Грубая форма пластинчатого графита в сером чугуне, которая приводит к образованию микропор
6	<i>Залитый шлак</i> – частичное заполнение литейной формы шлаком	Плохая очистка металла, неправильно выполненная литниковая система

№№	Описание дефекта	Причины или признаки дефектов
7	<i>Межкристаллитная трещина</i> – разрыв тела отливки при ее охлаждении в форме на границах первичных зерен аустенита в температурном интервале распада	Характерна для железоуглеродистых сплавов
8	<i>Непровар</i> жеребеек – несплошность соединения металла отливок с поверхностью жеребеек	Загрязнение, несоответствие масс, пониженная температура заливаемого металла
9	<i>Песчаная раковина</i> – полость, частично или полностью заполненная формовочным материалом	Низкая прочность формовочной смеси, слабая формовка
10	<i>Рыхлота</i> – дефект в виде скопления мелких усадочных раковин	Усадочные явления в отливке
11	<i>Ситовидная раковина</i> – удлиненные тонкие раковины, ориентированные нормально поверхности отливки	Низкая газопроницаемость формовочной смеси, повышенная газотворность формы и стержня
12	<i>Утяжина</i> – углубления с закругленными краями на поверхности отливок	Усадка металла при затвердевании
13	<i>Усадочная пористость</i> – мелкие поры, образовавшиеся вследствие усадки металла во время его затвердевания при недостаточном питании отливки	Усадка металла при затвердевании
14	<i>Усадочная раковина</i> – открытая или закрытая полость с грубой поверхностью.	Усадка металла при затвердевании
15	<i>Холодная трещина</i> – разрыв тела затвердевшей отливки вследствие внутренних напряжений или механического воздействия, имеет светлую чистую поверхность	Превышение уровня временных усадочных напряжений значения временного сопротивления при разрыве в заданных условиях деформирования
16	<i>Шлаковая раковина</i> – полость, частично или полностью заполненная шлаком	Загрязнение расплава шлаком из ковша
<i>Включения</i>		
1	<i>Королек</i> – металлический шарик из материала отливки, отдельно застывший и несплавившийся с ней	Разбрызгивание металла при заливке и попадание застывших капелек в полость формы
2	<i>Металлические включения</i> – инородные металлические включения, имеющие поверхность раздела с отливкой	Нерастворение ферросплавов при внедрении их в ковш перед заливкой
3	<i>Неметаллические включения</i> – неметаллические частицы, попавшие в металл механическим путем или образовавшиеся в результате химического взаимодействия компонентов при расплавлении и заливке металла	Загрязнение металла

№№	Описание дефекта	Причины или признаки дефектов
<i>Несоответствие по структуре</i>		
1	Ликвация – местные скопления химических элементов или соединений в теле отливке	Избирательная кристаллизация и другие причины
2	Отбел – образование структурно-свободного цементита в отдельных участках отливок из чугуна	Дефект не подлежит исправлению
3	Половинчатость – появление структуры серого чугуна в отливках из белого	
4	Флокен – разрыв в теле стальной отливки, проходящий через объемы первичных зерен аустенита и образующийся под действием внутренних напряжений и под влиянием растворенного в стали водорода	