

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО



Литые чудеса света



Реконструкция статуи Зевса Олимпийского.

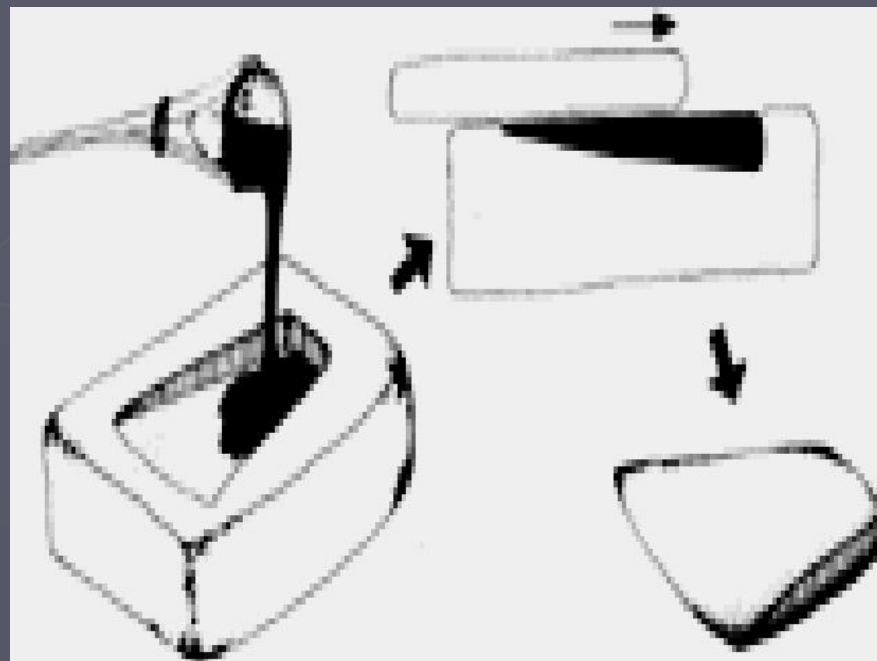


Колосс Родосский (292—280 гг. до н. э.),
бронза

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

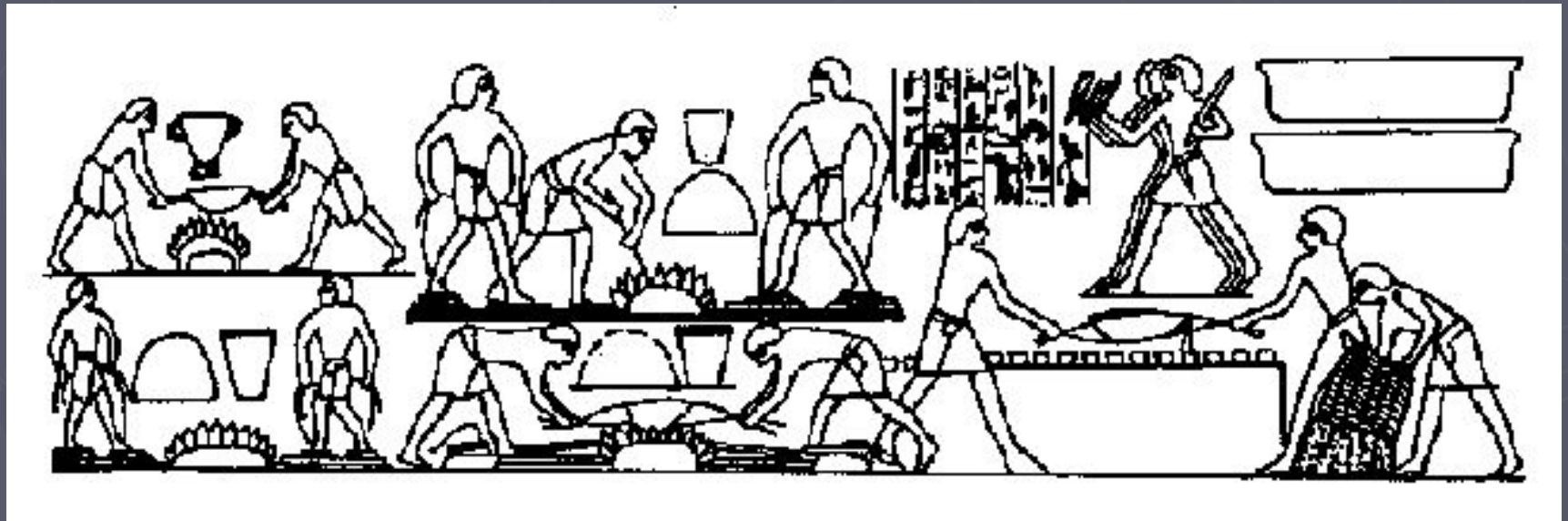


Глиняные формы для
отливок из меди



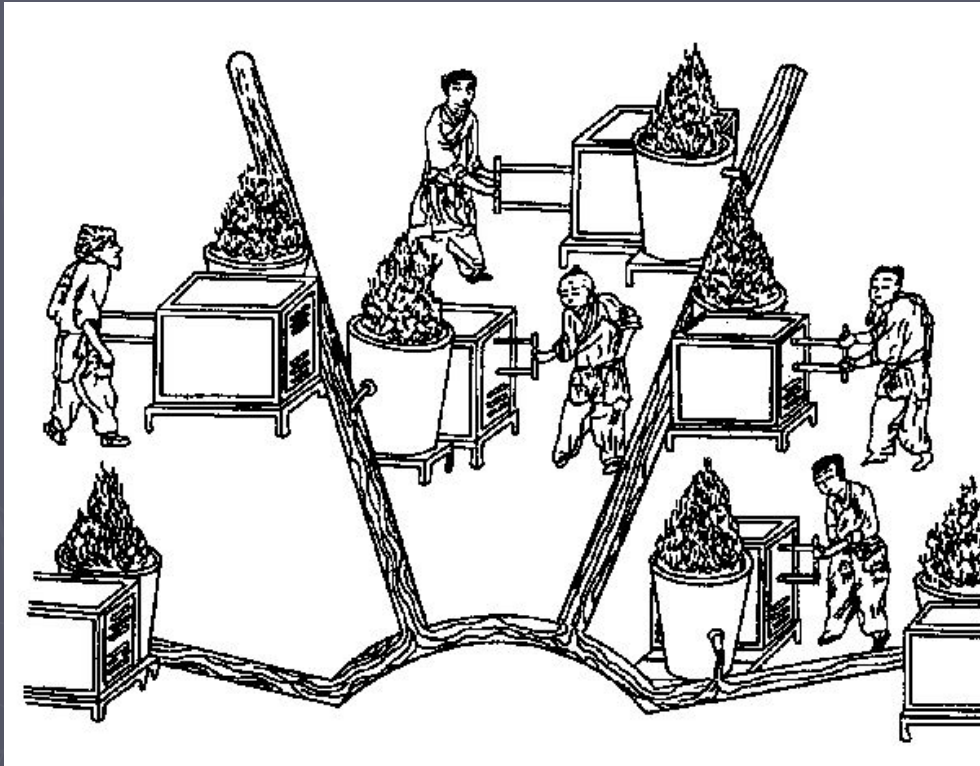
Литье в первобытную форму

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.

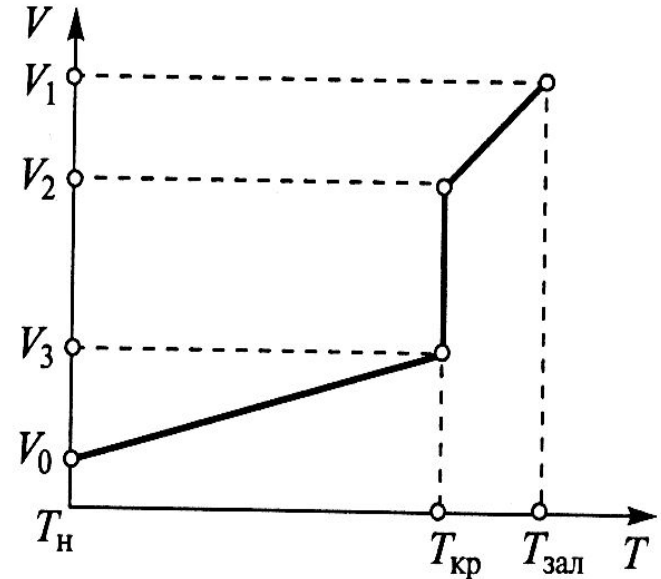
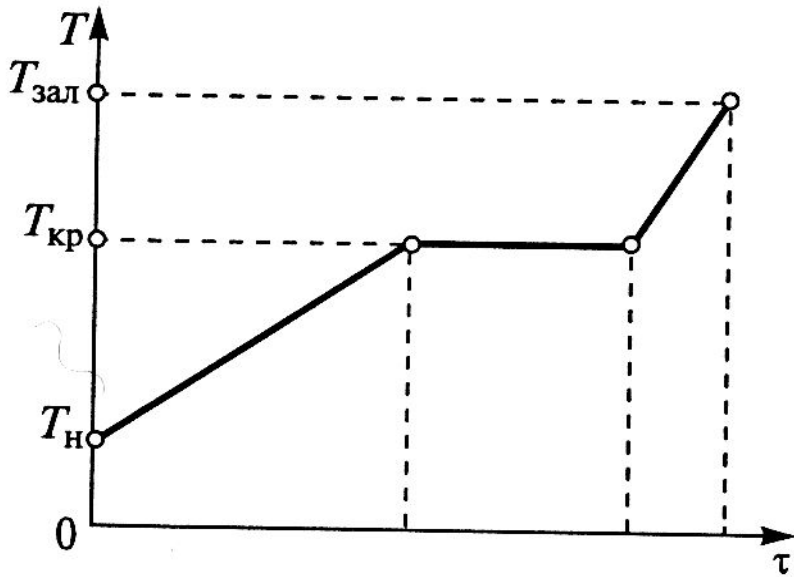


1733 — 1735 гг.

Плавление жидкого металла

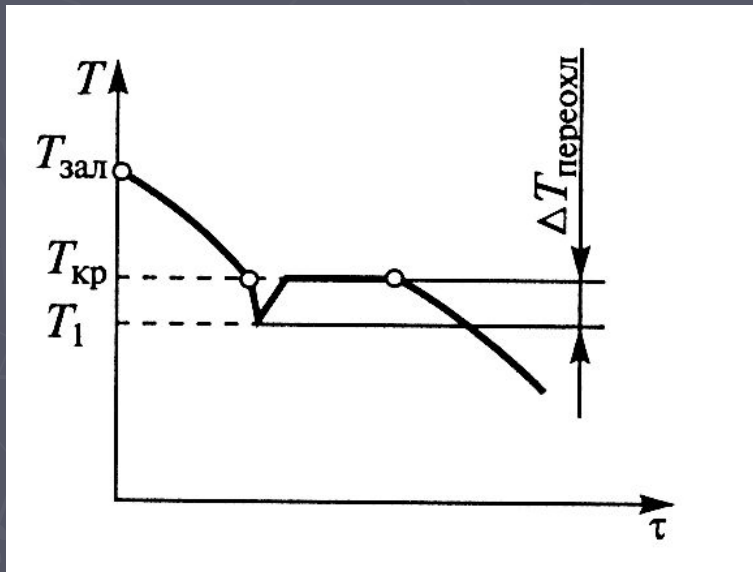
Кривая нагрева чистого металла
или эвтектического сплава

Изменение объема чистого
металла или эвтектического
сплава при нагреве

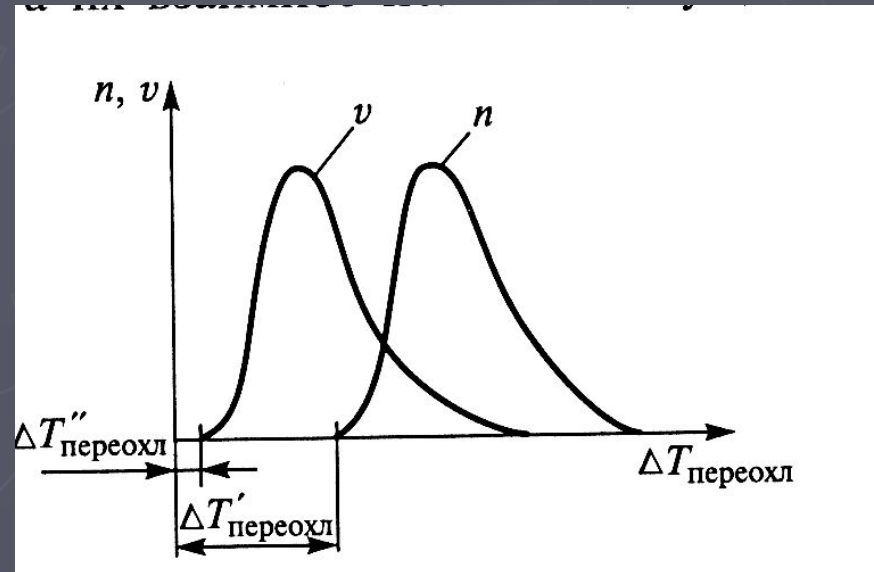


Кристаллизация сплава

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

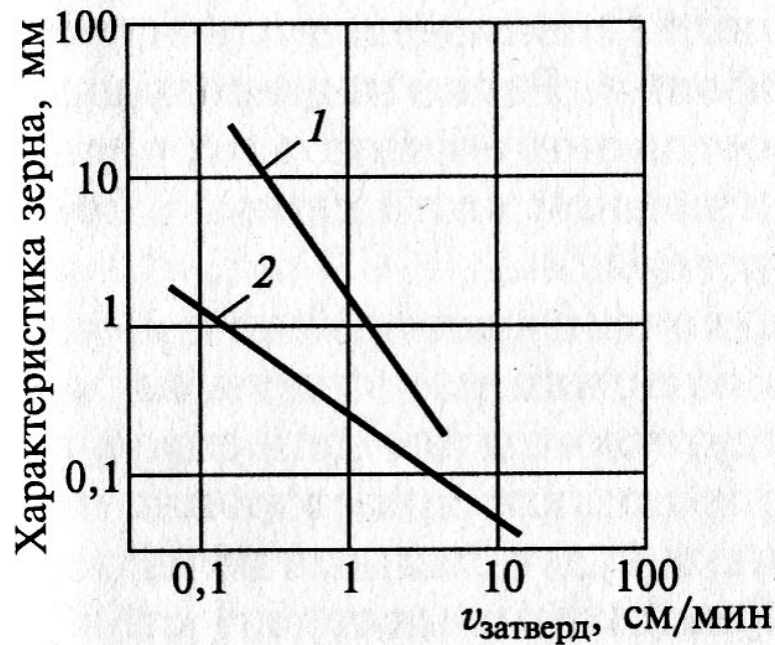
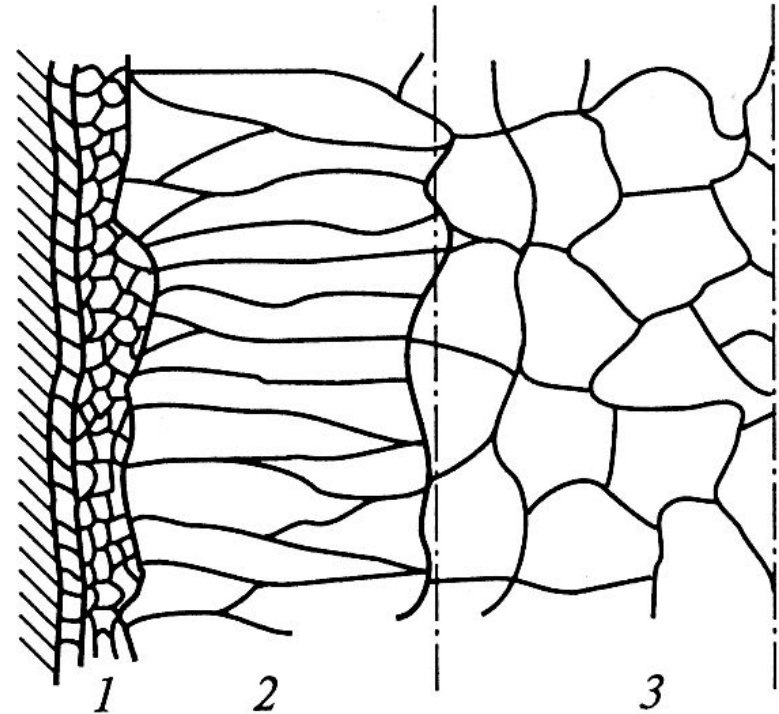


Схема кристаллического строения тела отливки



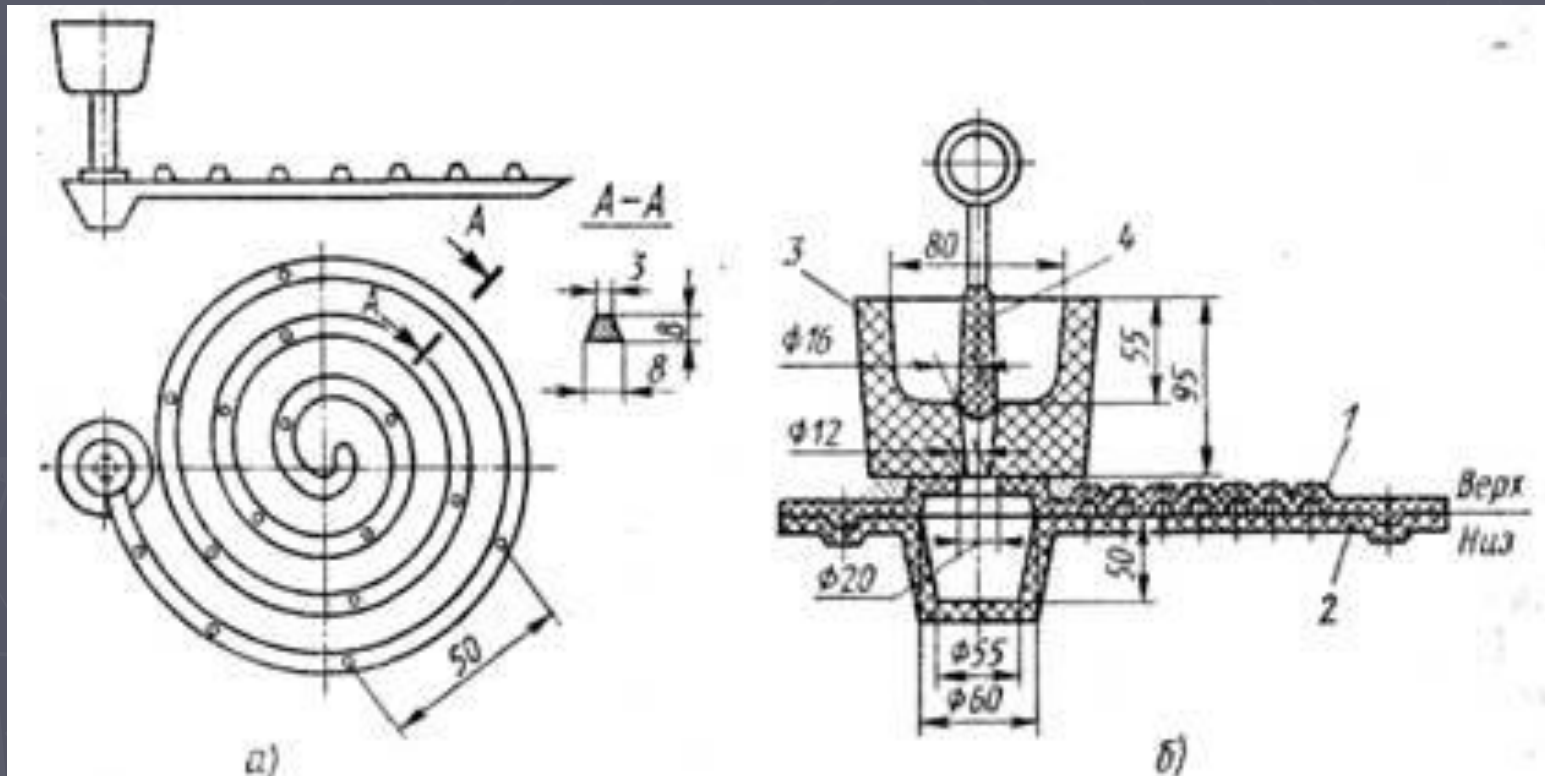
1 — средний размер дендритов
2 — расстояние между осями 2-ого порядка

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)

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

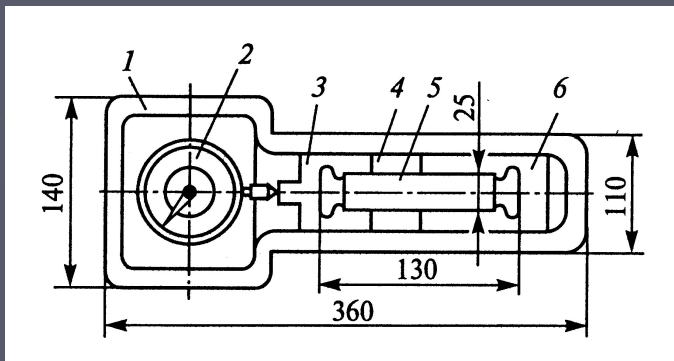


Схема формы для определения линейной усадки цветных сплавов по ГОСТ 16817

Коэффициенты усадки

линейной

объемной

$$\varepsilon_l = \alpha_{l\tilde{n}\delta} (\dot{O}_{\tilde{n}} - \dot{O}_i) 100\%$$

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

$\alpha_{l\tilde{n}\delta}$ – средний коэффициент линейного расширения сплава;

T_c – температура солидуса сплава;

T_H – температура окружающей среды.

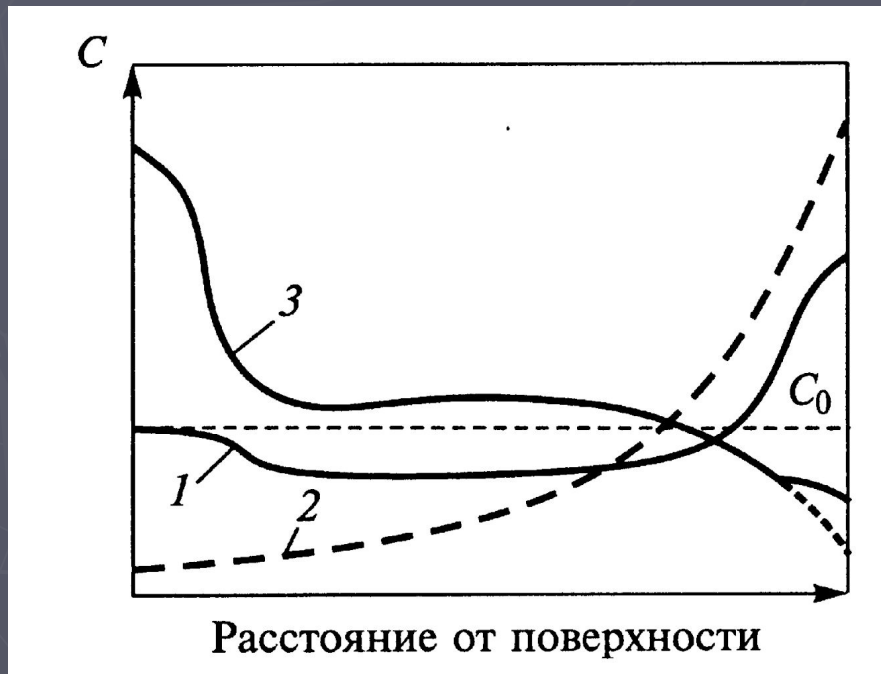
V_1 – объем сплава при температуре заливки;

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 Л-образная ликвация

Литейные свойства сплавов:

- ▶ Склонность к горячим трещинам;
- ▶ Склонность к холодным трещинам;
- ▶ Склонность сплавов к насыщению газами и образованию газовой пористости;
- ▶ Склонность компонентов сплавов к ликвации;
- ▶ Неметаллические включения в сплавах;
- ▶ Зависимость механических свойств от толщины стенки отливки

Современные виды литья

По видам форм	По видам моделей	По технологии заливки
Песчано-глинистые	Многоразовые	Под силой тяжести
Оболочковые	Выплавляемые	Под давлением
Кокиль	Газифицируемые	Центробежное
		Вакуумное всасывание

Литье в разовые песчано-глинистые формы



Проектирование
отливки

Проектирование
технологического
процесса

Изготовление
стержневой
смеси

Изготовление
формовочной
смеси

Проектирование и
изготовление
модельного комплекта

Изготовление
стержней

Подготовка
шихтовых
материалов

Изготовление и
сборка формы

Сушка
стержней

Плавка
металла

Заливка металла в
форму

Кристаллизация отливки в форме

Выбивка отливки из формы

Охлаждение до температуры 50°C

Первичная очистка, зачистка и удаление литниковой системы

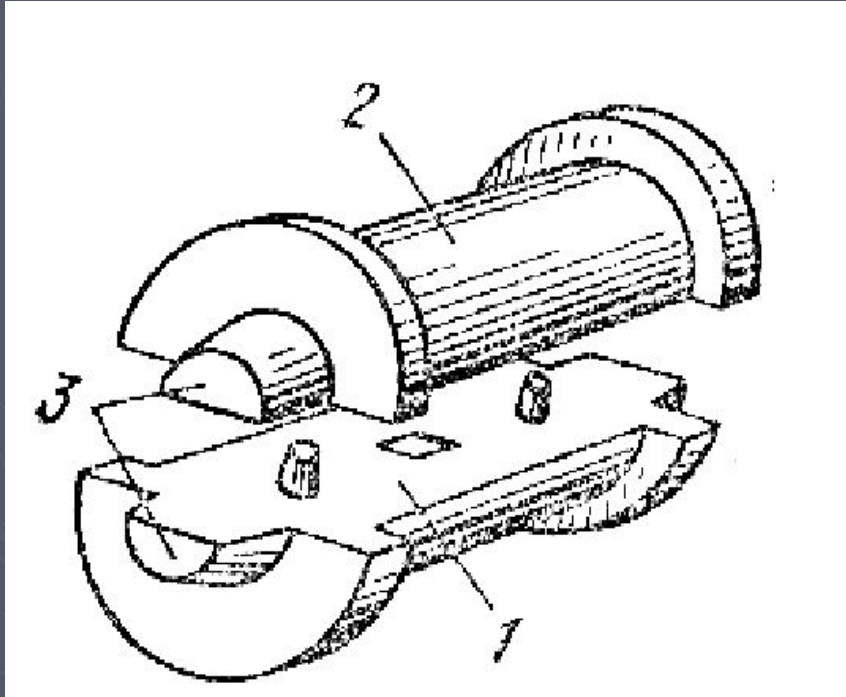
Термическая обработка

Окончательная очистка отливки

Контроль

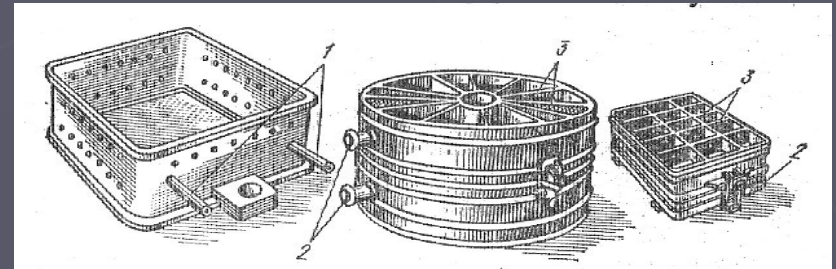
Основные элементы литья в песчано-глинистые формы

РАЗЪЕМНАЯ МОДЕЛЬ



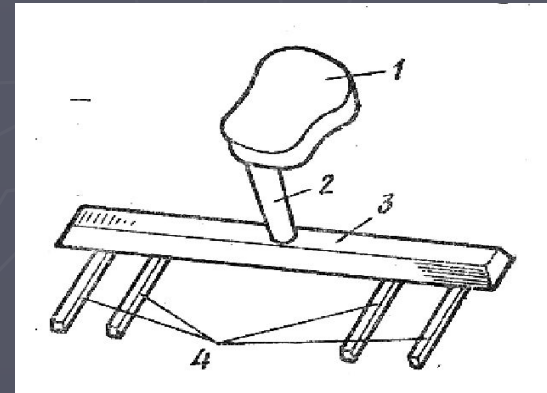
- 1 – верхняя половина
- 2 – нижняя половина
- 3 – стержневой знак

ОПОКИ



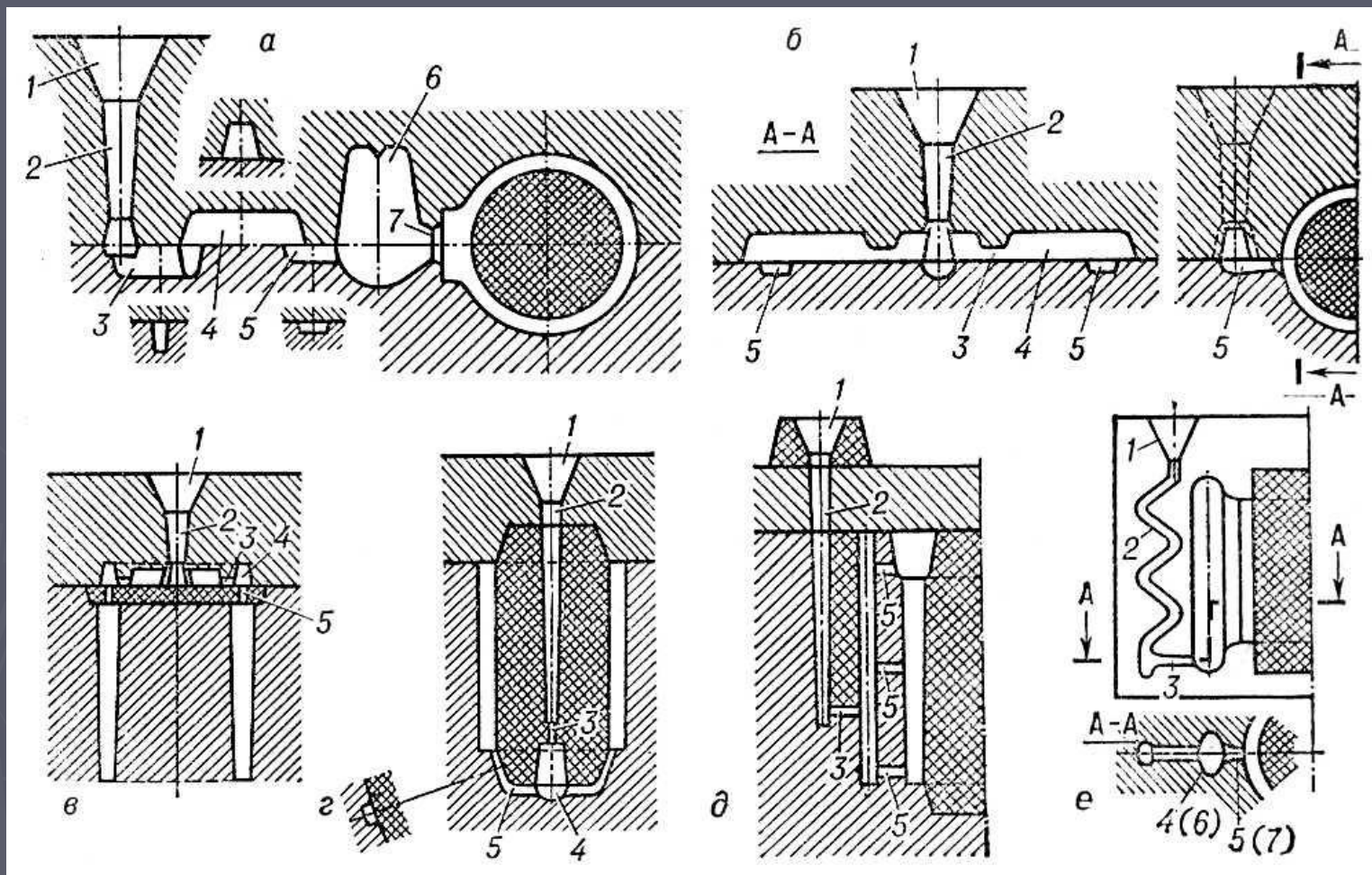
- 1- ручки 2– цапфы 3– ребра жесткости

ЛИТНИКОВАЯ СИСТЕМА



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

Виды литниковой системы



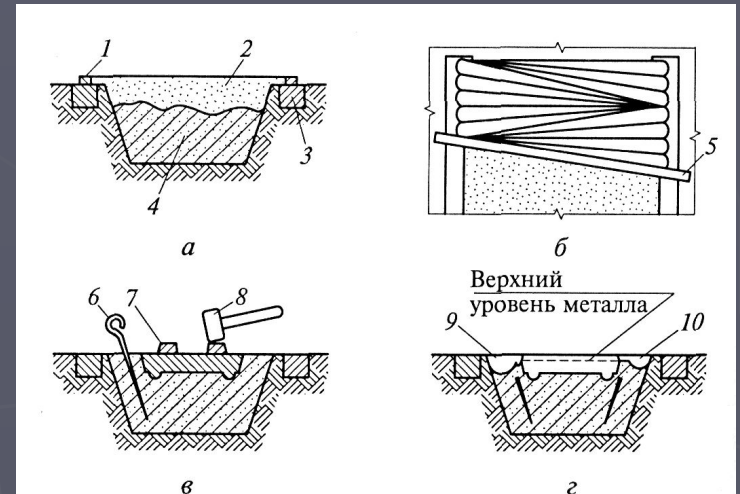
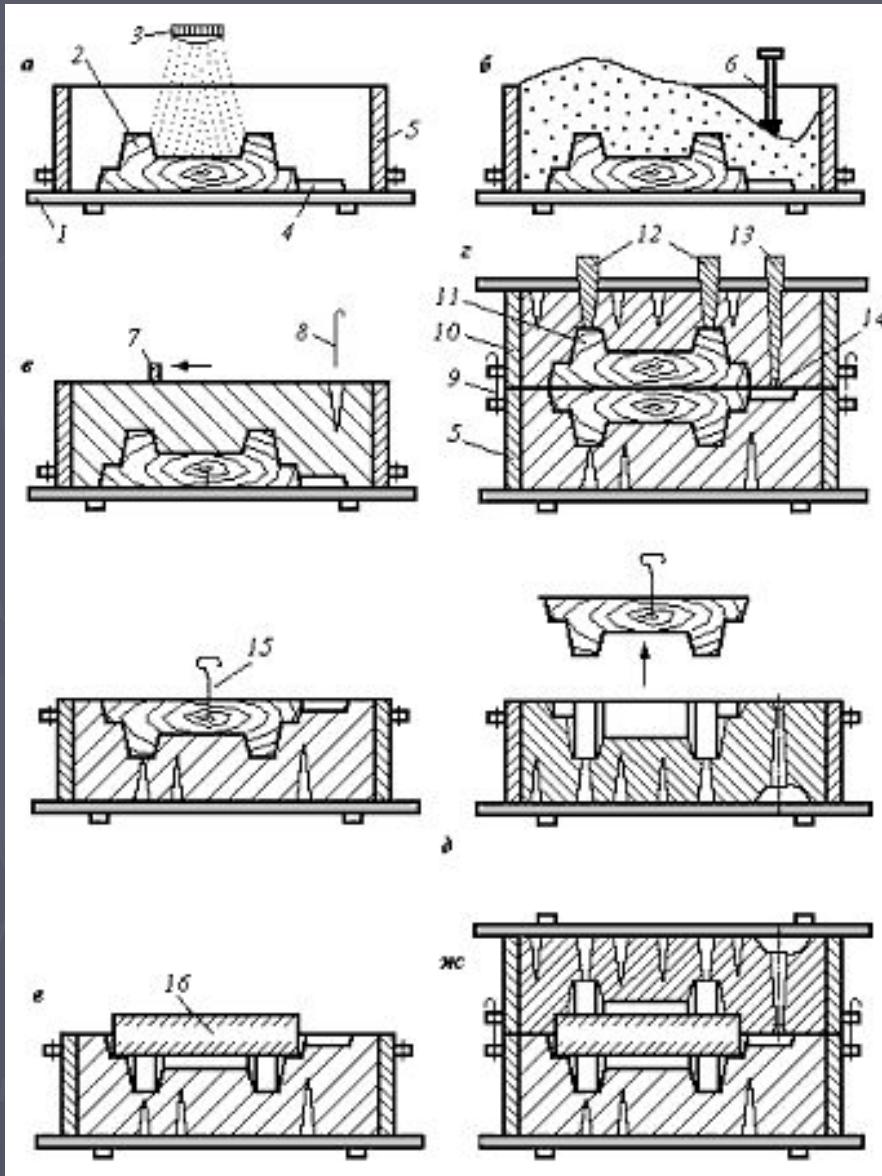
а , б — боковые; в — дождевая; г — сифонная; д — ярусная (этажная);

е — щелевая

1 — чаша (воронка); 2 — стояк; 3 — дроссель; 4 — шлакоуловитель;

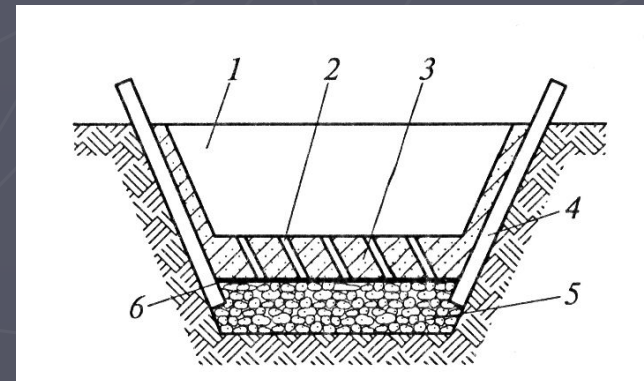
5 — питатель; 6 — боковая прибыль; 7 — шейка

Ручная формовка



Формовка в мягкой постели:

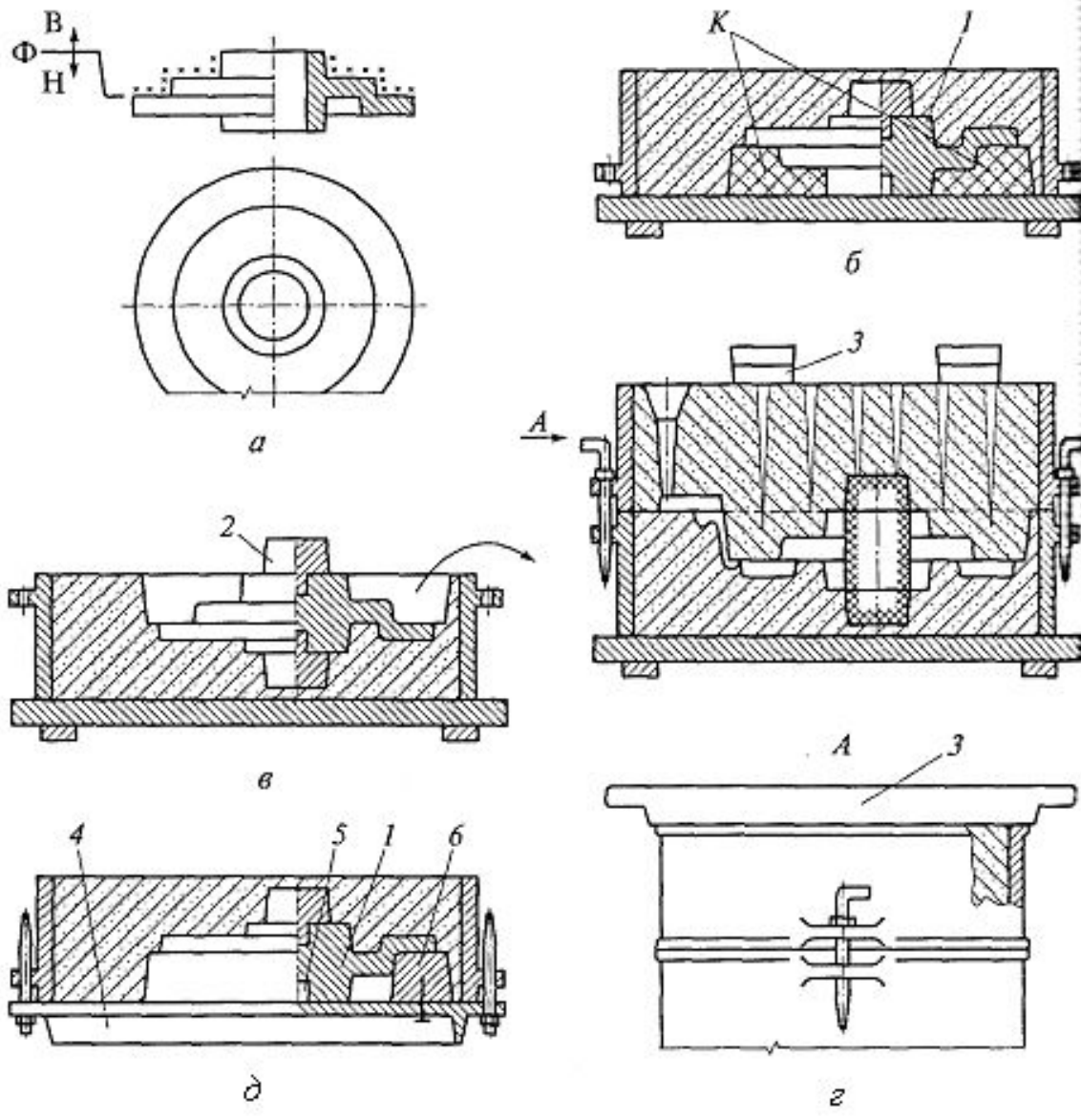
а, б – изготовление формы; в – осадка модели; г – готовая модель; 1 – деревянная рейка; 2 – облицовочная смесь; 3 – металлический брусок; 4 – формовочная смесь; 5 – деревянная планка; 6 – вентиляционная игла; 7 – модель; 8 – молоток; 9 – приемная литниковая чаша; 10 – сливной резервуар



Твердая постель, подготовленная к формовке:

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

Ручная формовка

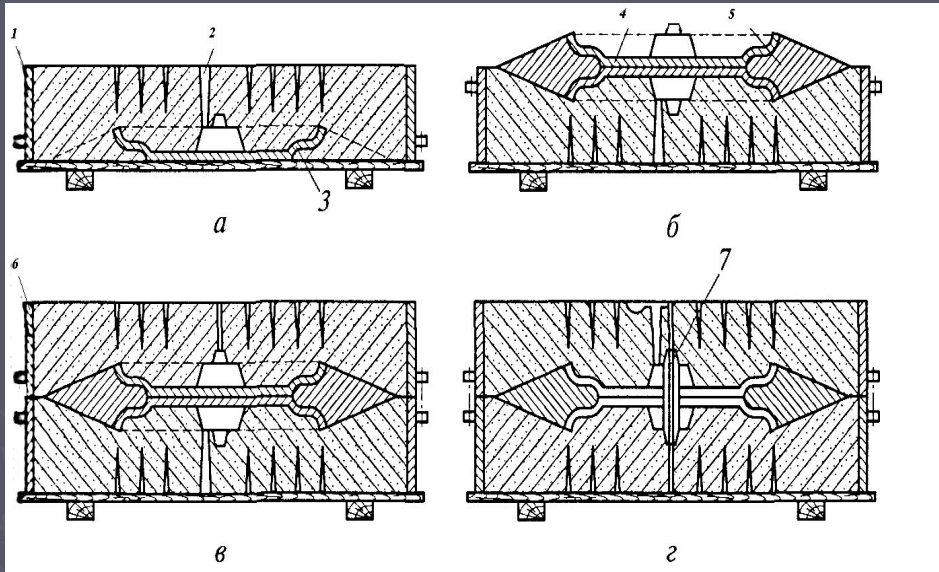


Формовка с подрезкой

а – отливка; б – уплотненная нижняя полуформа после излишков смеси; в – нижняя полуформа после сборки; г – 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; K – объем смеси, препятствующий извлечению модели

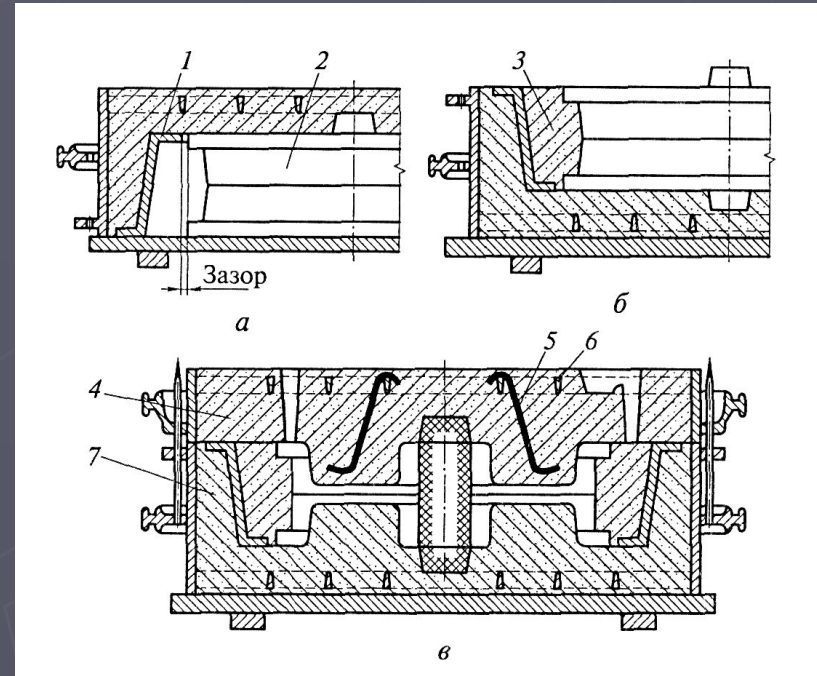
Ручная формовка

Формовка с перекидным болваном



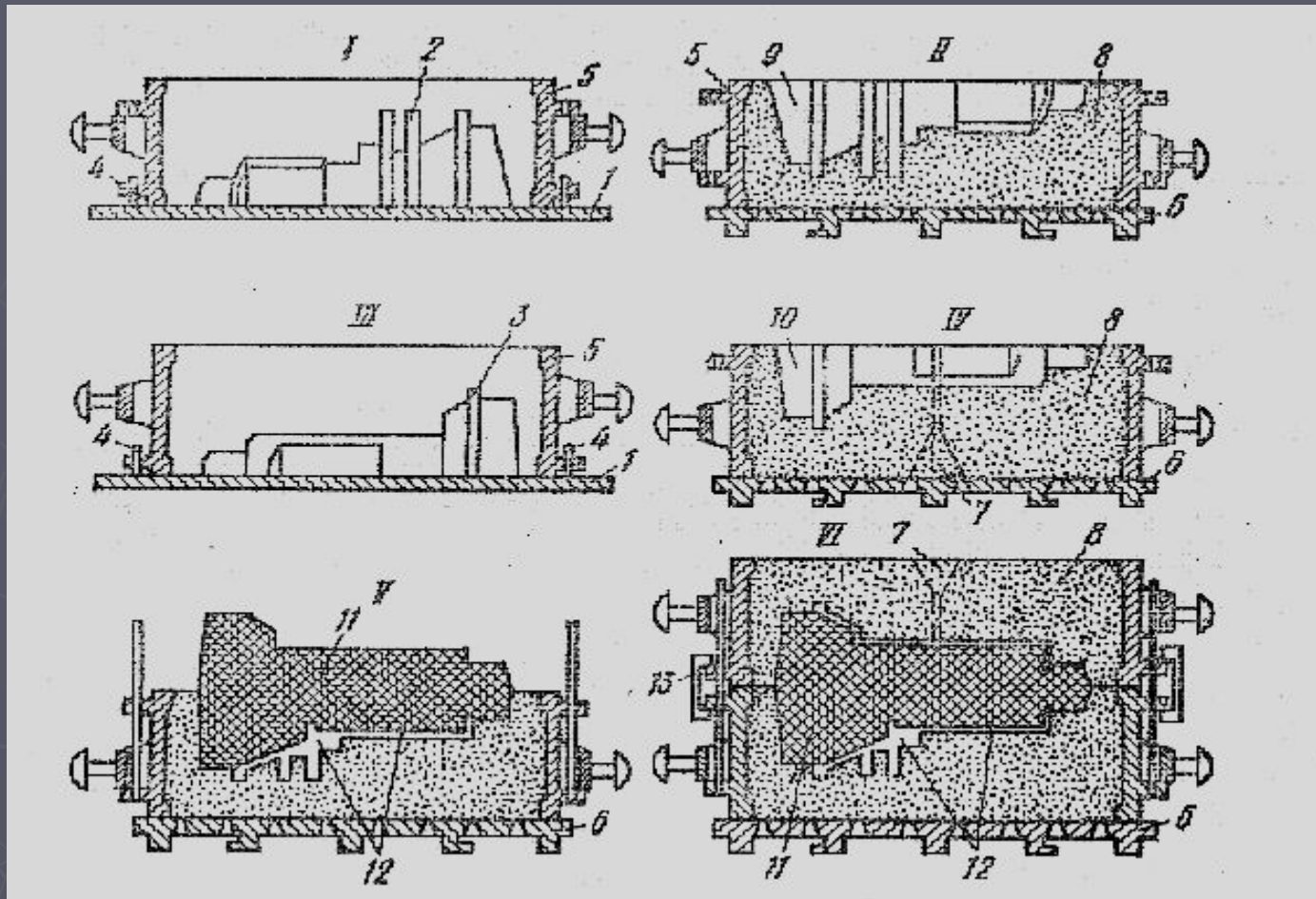
а – г последовательность операций при формовке отливки шкива; 1 – опока; 2 – модель стояка, 3 – верхняя половина модели; 4 – нижняя половина модели; 5 – перекидной болван; 6 – опока низа; 7 - стержень

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

Схема изготовления формы на формовочных машинах



I- оснастка нижней опоки II- набивка нижней опоки III- оснастка верхней опоки IV- набивка верхней опоки V- установка стержня VI- сборка формы

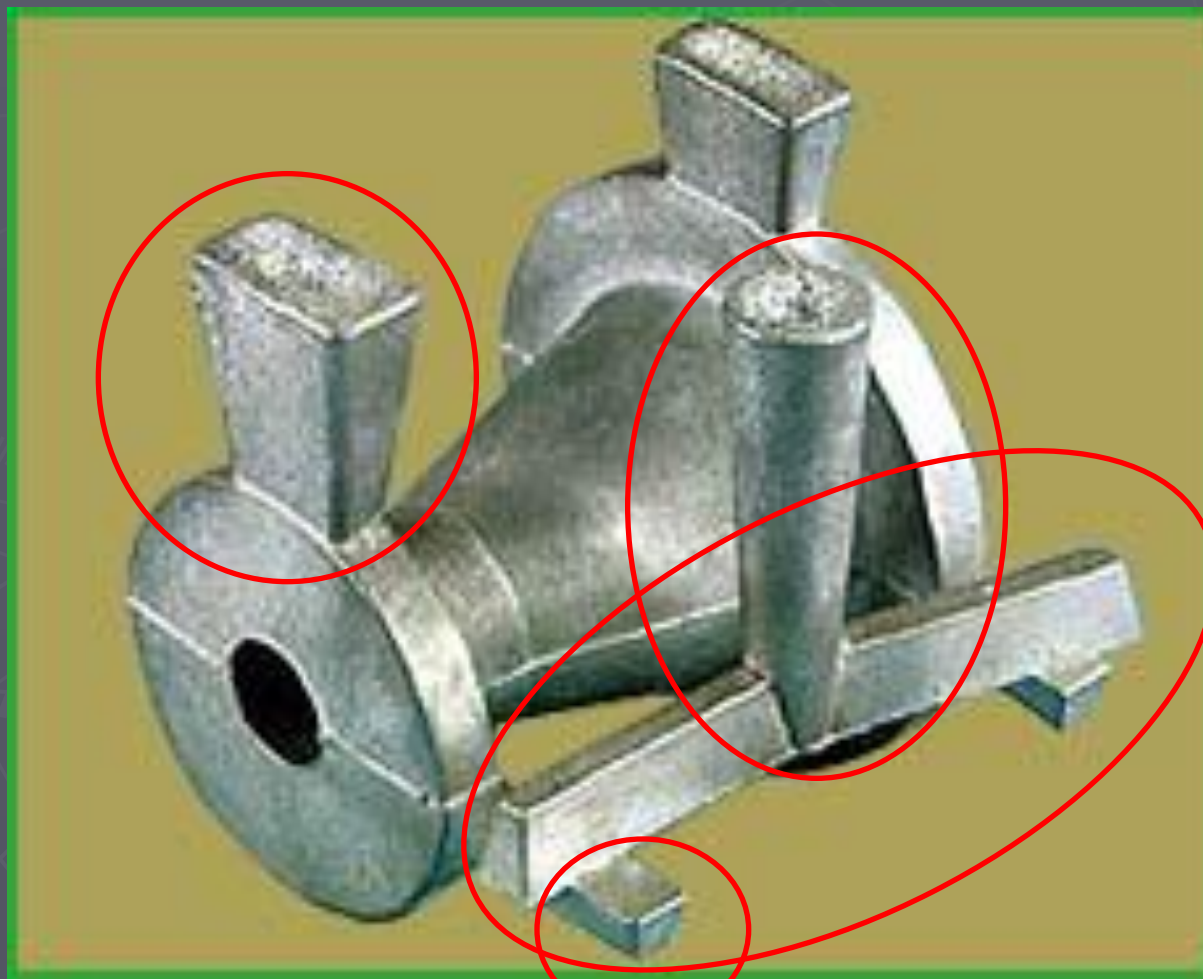
Заливка формы вручную



Выбивка отливки



Отливка с элементами литниковой системы



Автоматизированный цех литья в песчано-глинистые формы



Литье колоколов в глинистые формы



Формы для литья колоколов



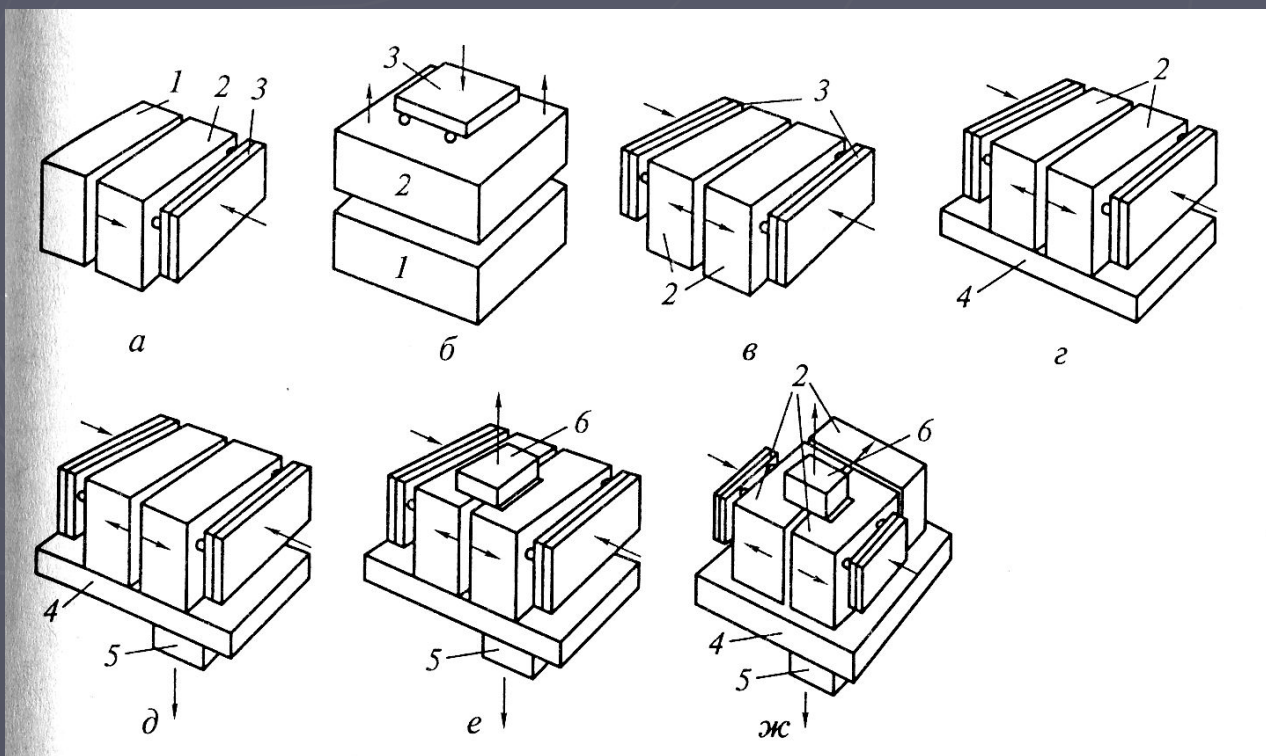
Литье колокола

Литье в кокиль



Виды кокилей

- ▶ Неразъемный (вытряхной);
- ▶ Разъемный:

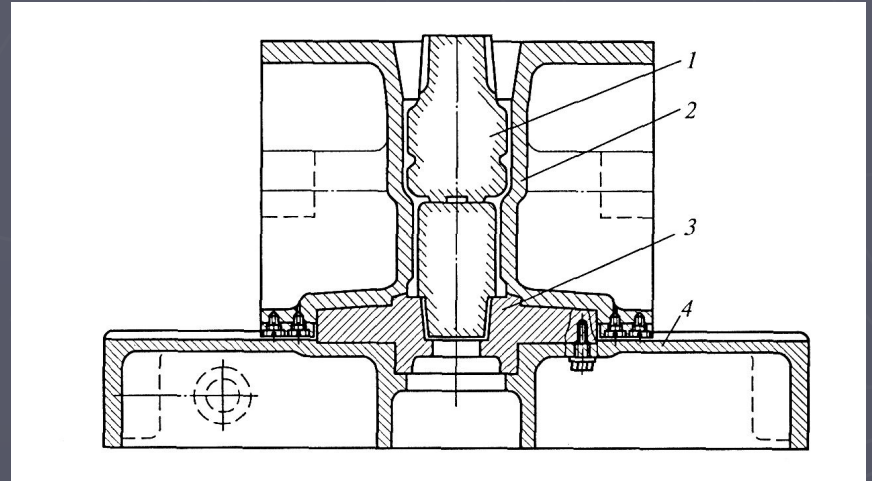
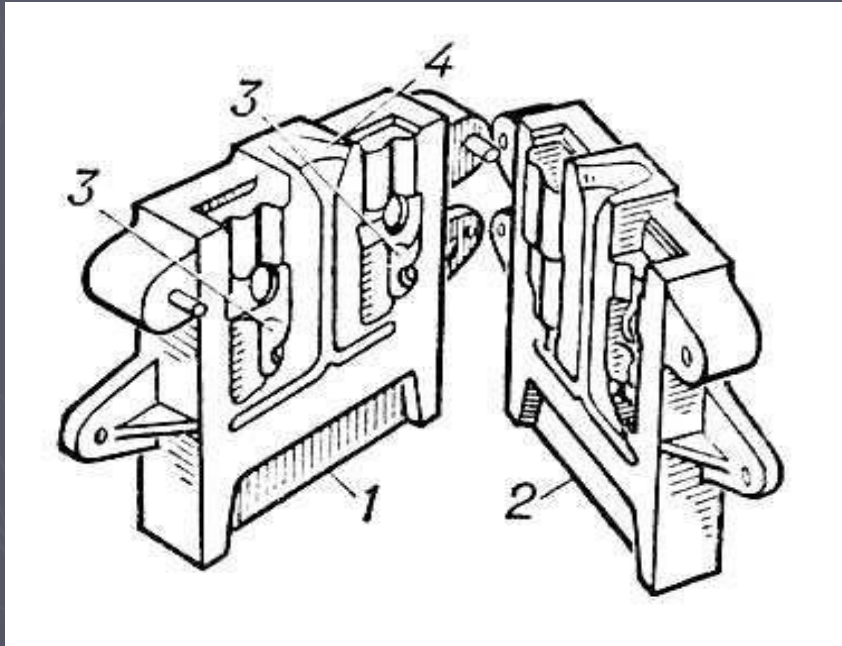


а, в, г, д, е, ж – с вертикальной плоскостью разъема;

б – с горизонтальной плоскостью разъема;

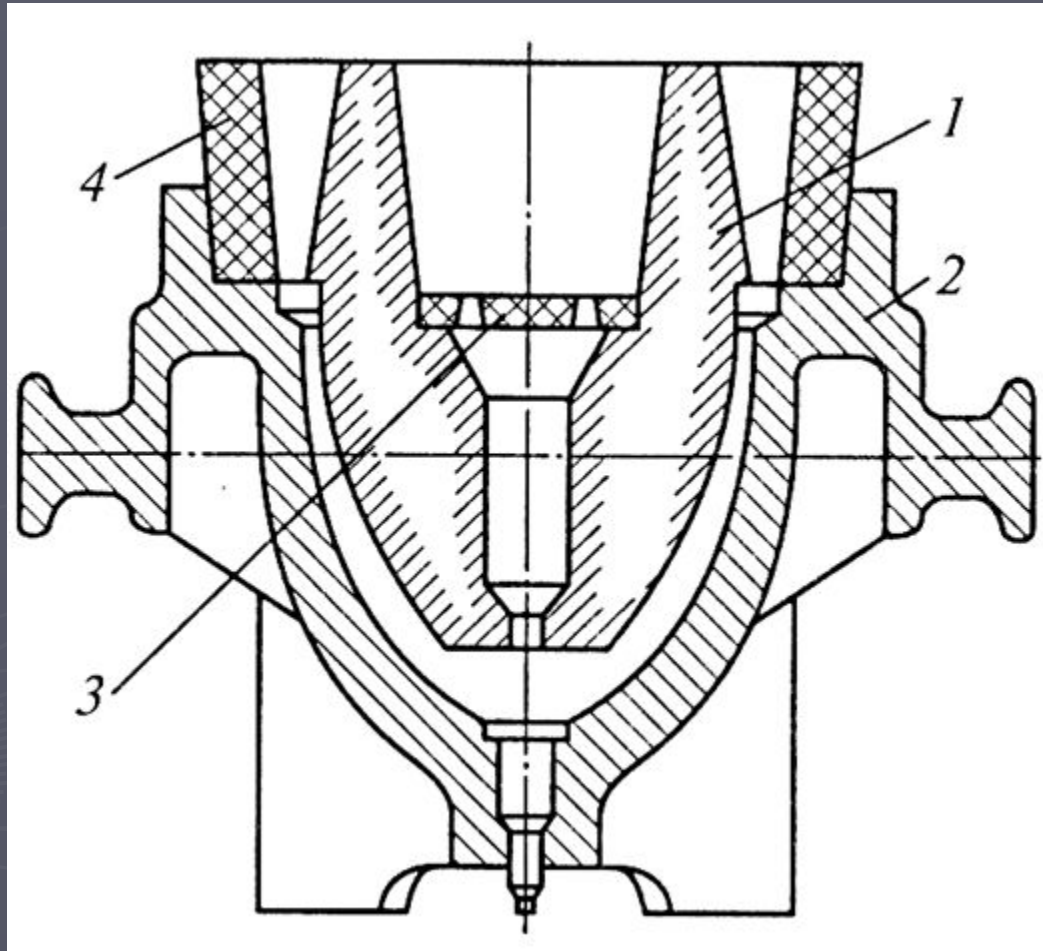
Разъемный кокиль

Кокиль с разъемом в вертикальной плоскости



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

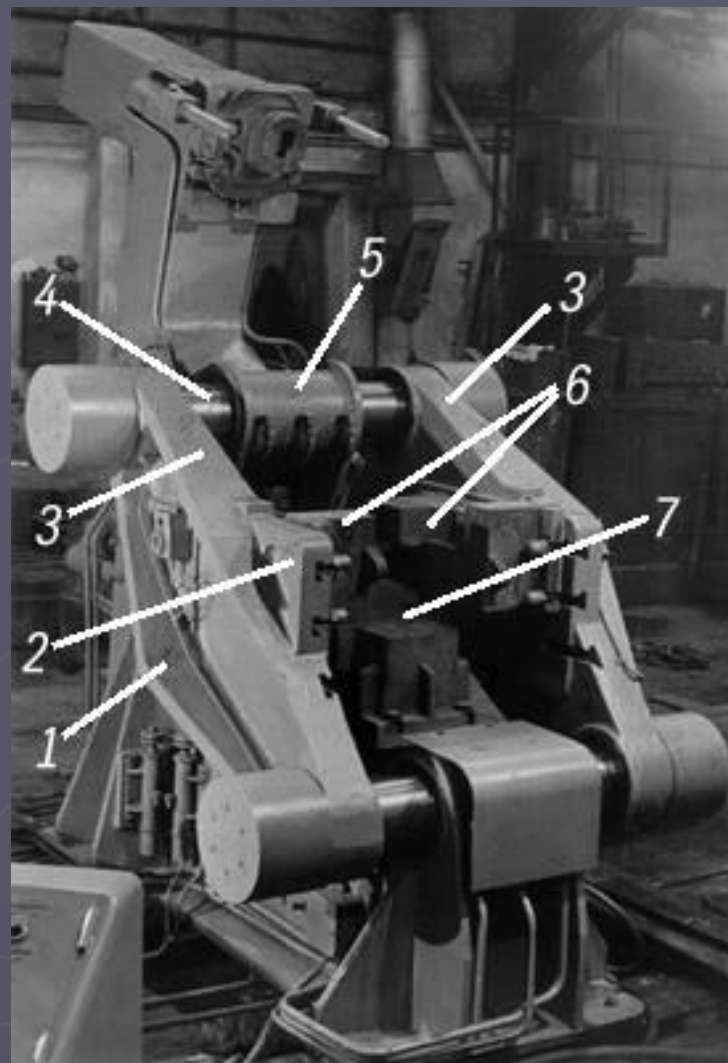
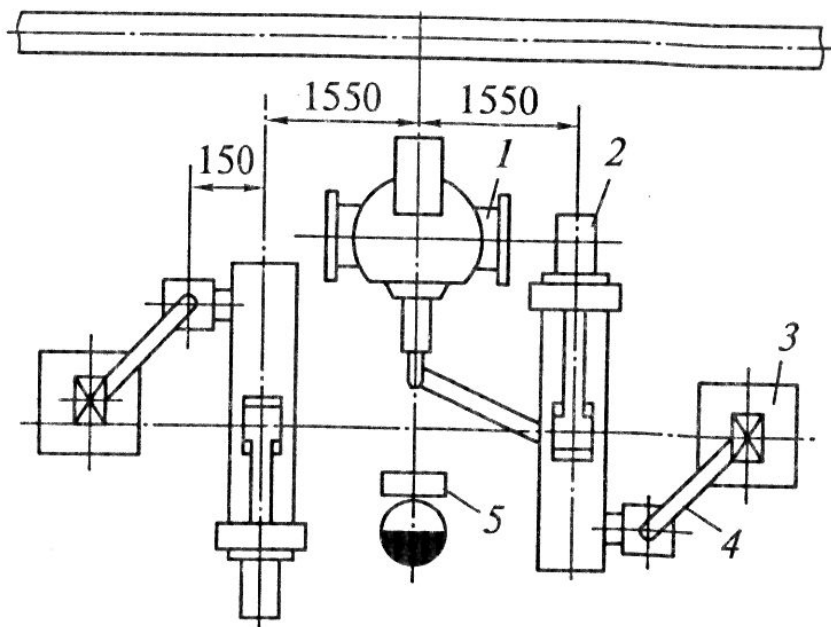
Неразъемный (вытряхной) кокиль



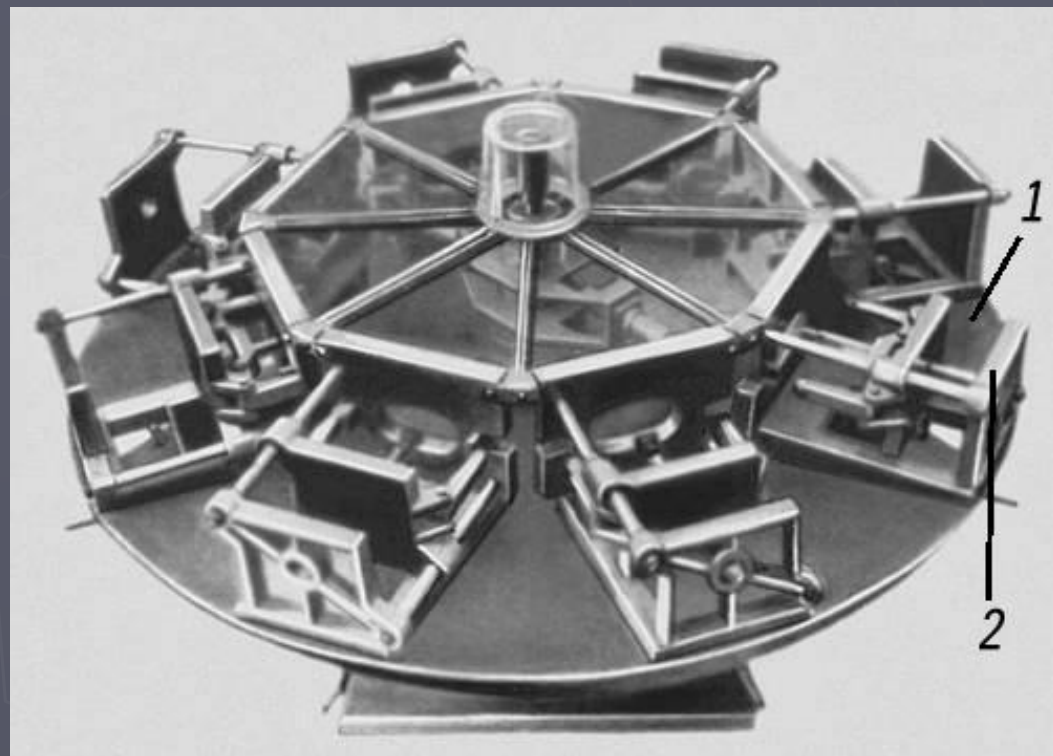
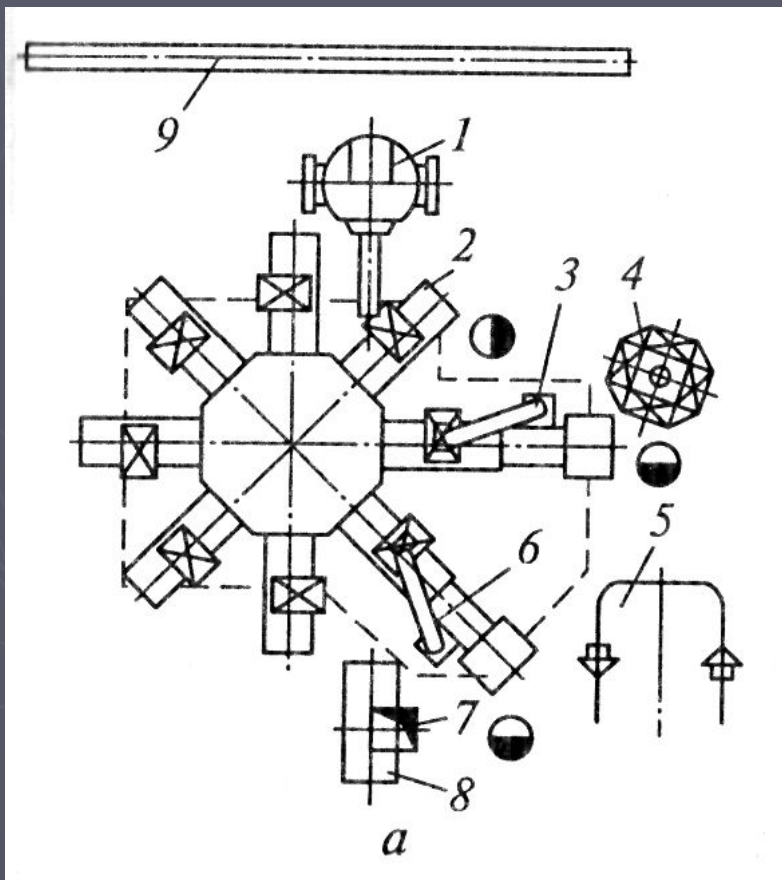
1 – песчаный стержень, 2 – металлическая форма, 3 – керамическая сетка (фильтровальная), 4 – керамическая втулка

Однопозиционная универсальная кокильная машина

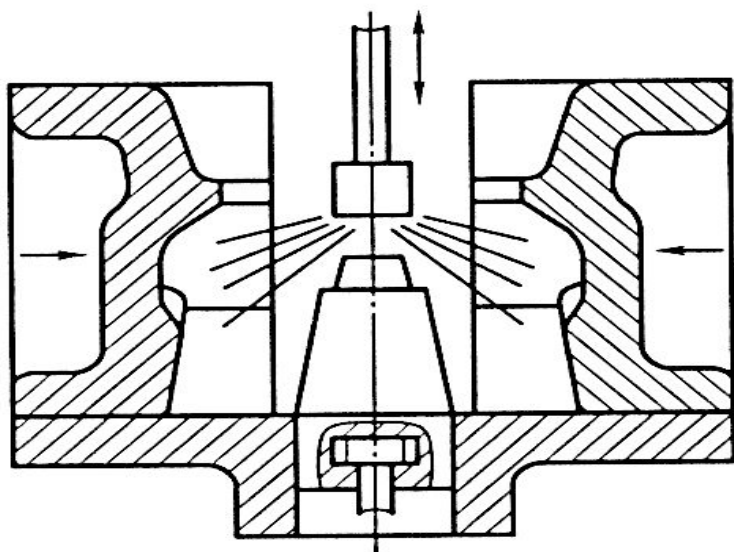
- 1 — станина;
- 2 — подвижные плиты;
- 3 — стойки;
- 4 — направляющие;
- 5 — гидравлический цилиндр;
- 6 — боковые части кокиля;
- 7 — нижняя плита кокиля.



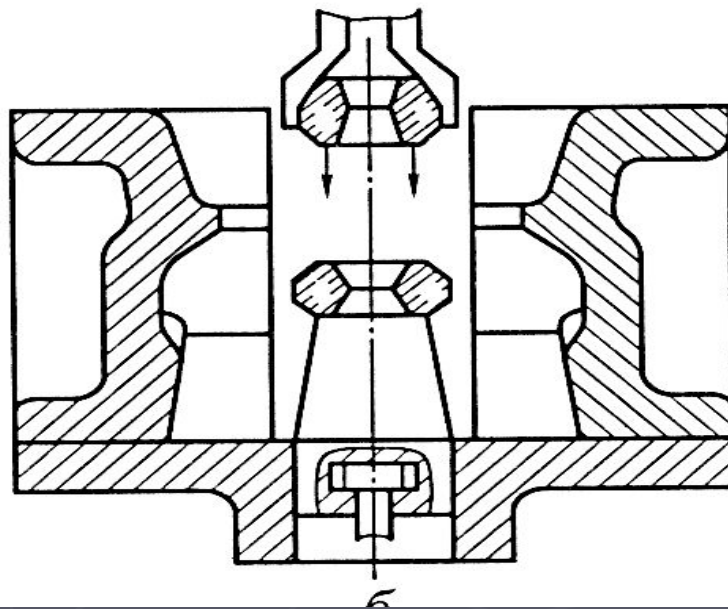
Многопозиционная кокильная машина



Технологический процесс литья в кокиль



Окраска кокиля



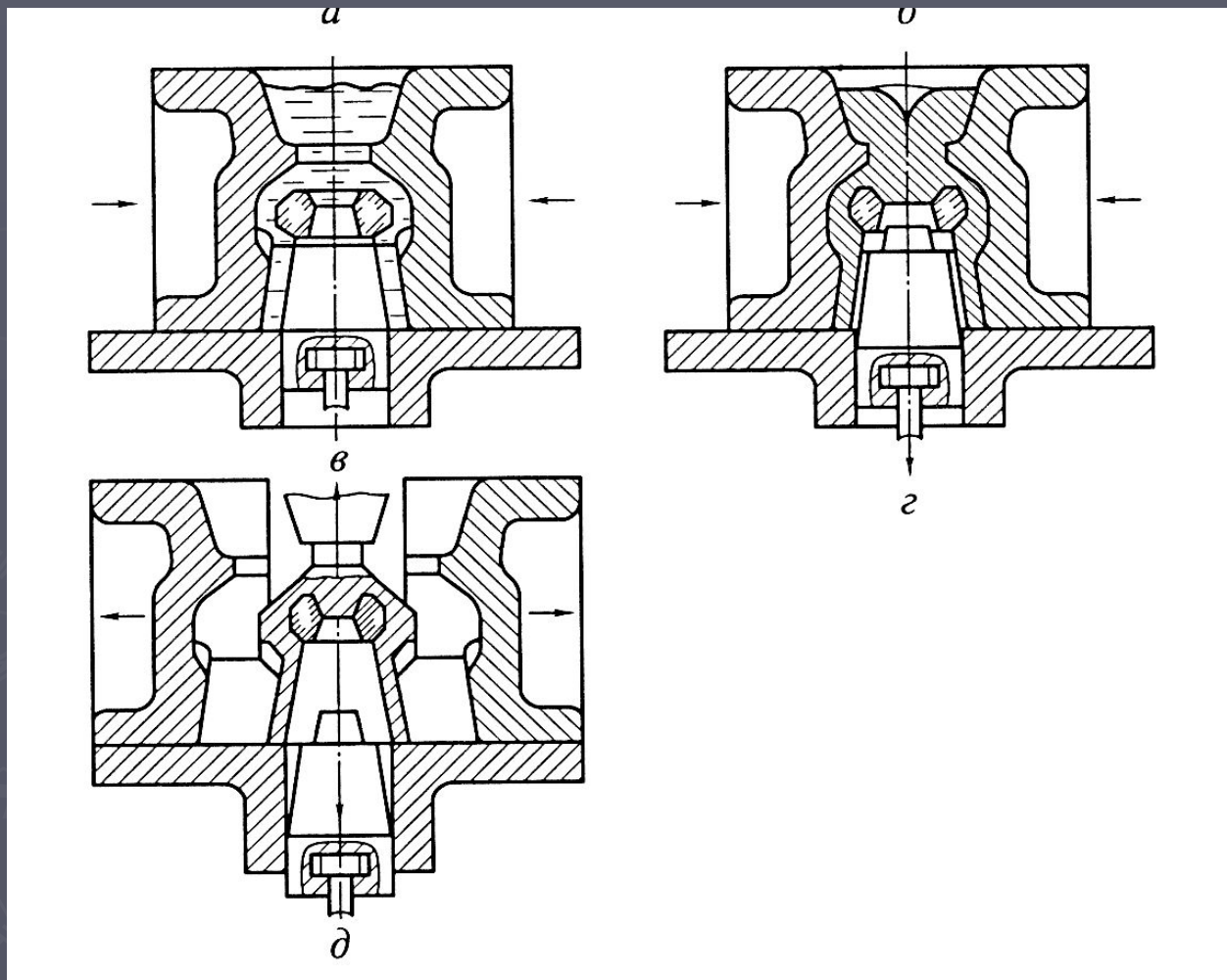
Установка стержней

Температура нагрева кокилей перед заливкой

Сплавы	Характер отливок	Толщина стенки отливок, 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)

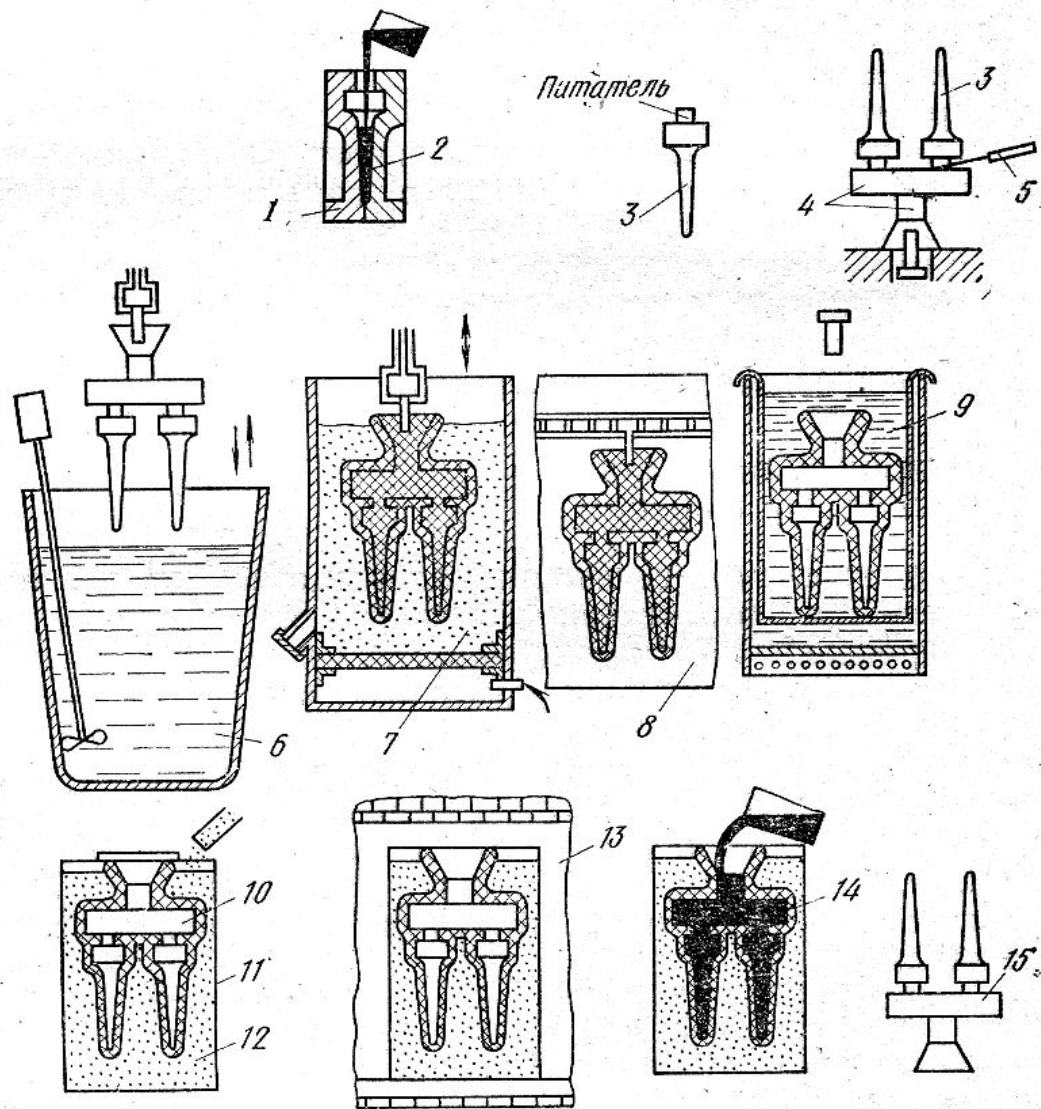
Сборка и заливка формы

Затвердевание отливки



Разборка кокиля

Литье по выплавляемым моделям



- 1 – металлическая прессформа
- 2 – смесь парафина и стеарина
- 3 – модель
- 4 – литниковая система
- 5 – паяльник
- 6 – жидкое облицовочное покрытие
- 7 – песок
- 8 – сушильный шкаф (6-8 часов)
- 9 – емкость с горячей водой
- 10 – оболочковая форма
- 11 – металлический жакет
- 12 – песок
- 13 - печь для обжига (850-900 C, 3-4 часа)
- 14 – расплавленный металл
- 15 - отливка

Воин

(бронзовое литье по
выплавленным моделям)



Шкатулка Виды Москвы

(бронза, литье по выплавленным
моделям)



Отливки по выплавляемым моделям



6-8 класс
точности

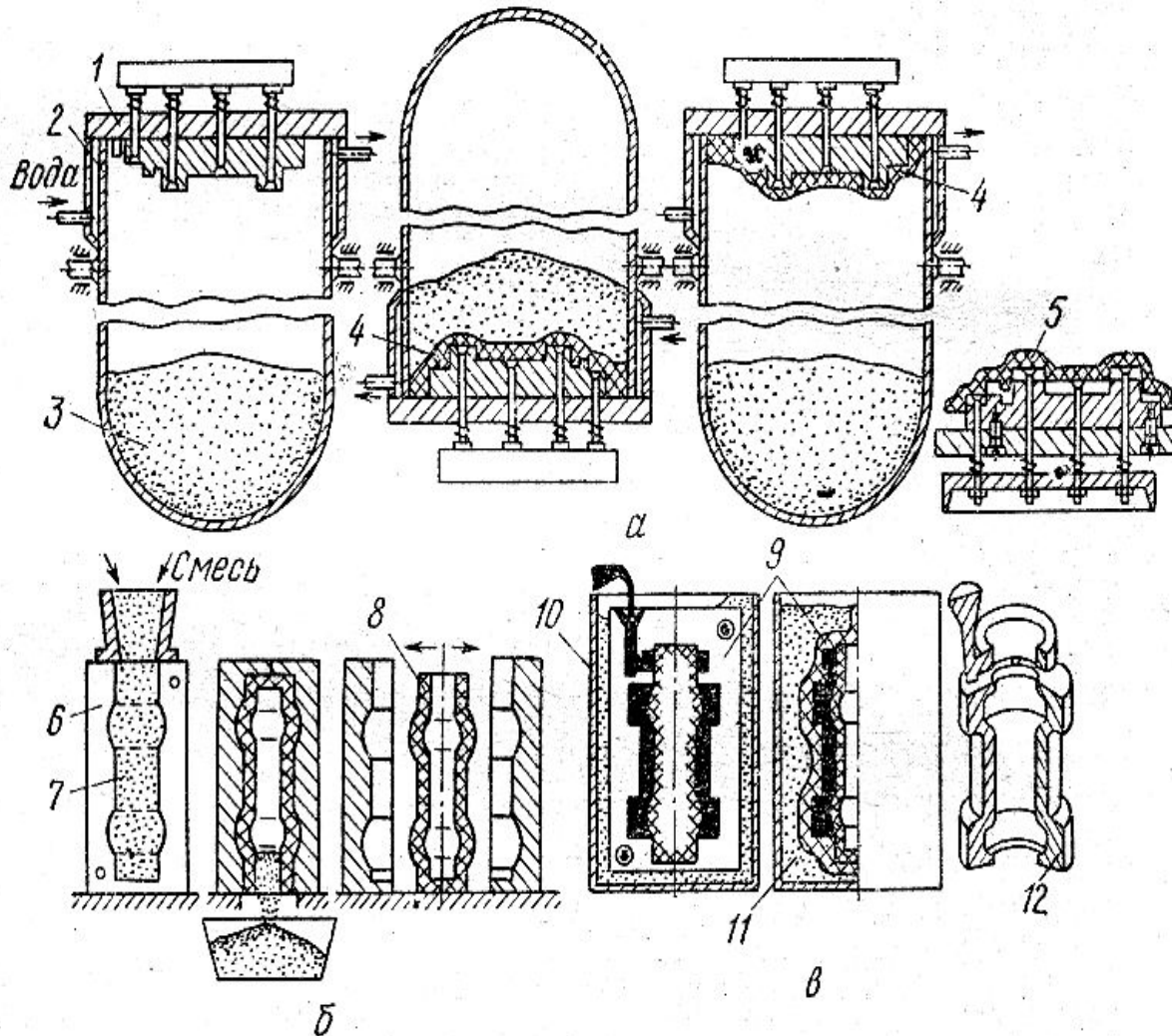
шероховатость
поверхности от
10 до 20 мкм

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



Получение формы

- 1 – плита с моделью (220-260 С)
- 2 – поворотный бункер
- 3 – песчано-смоляная смесь
- 4 – оболочка до отжига
- 5 – оболочка после отжига (260-300 С, 2-3 мин) и толкатели

Получение стержня

- 6 – стержневой ящик (220-260 С)
- 7 – песчано-смоляная смесь (на 15-20 с)
- 8 – пустотельный стержень

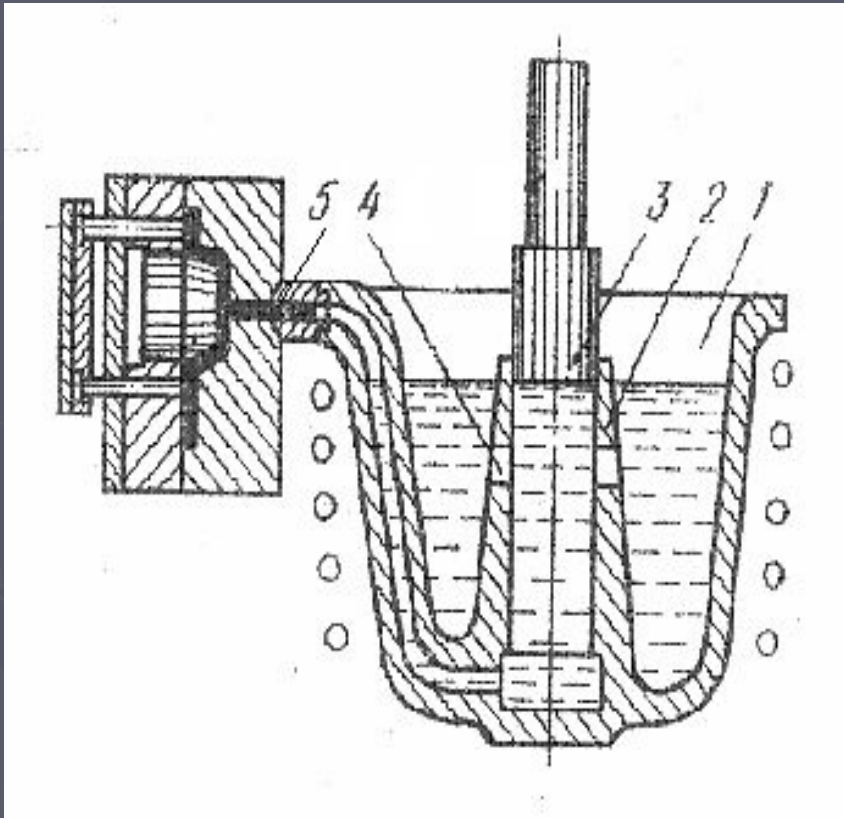
Заливка формы

- 9, 10 – ящик с оболочковой формой
- 11 – песок
- 12 - отливка

Последовательность операций при литье



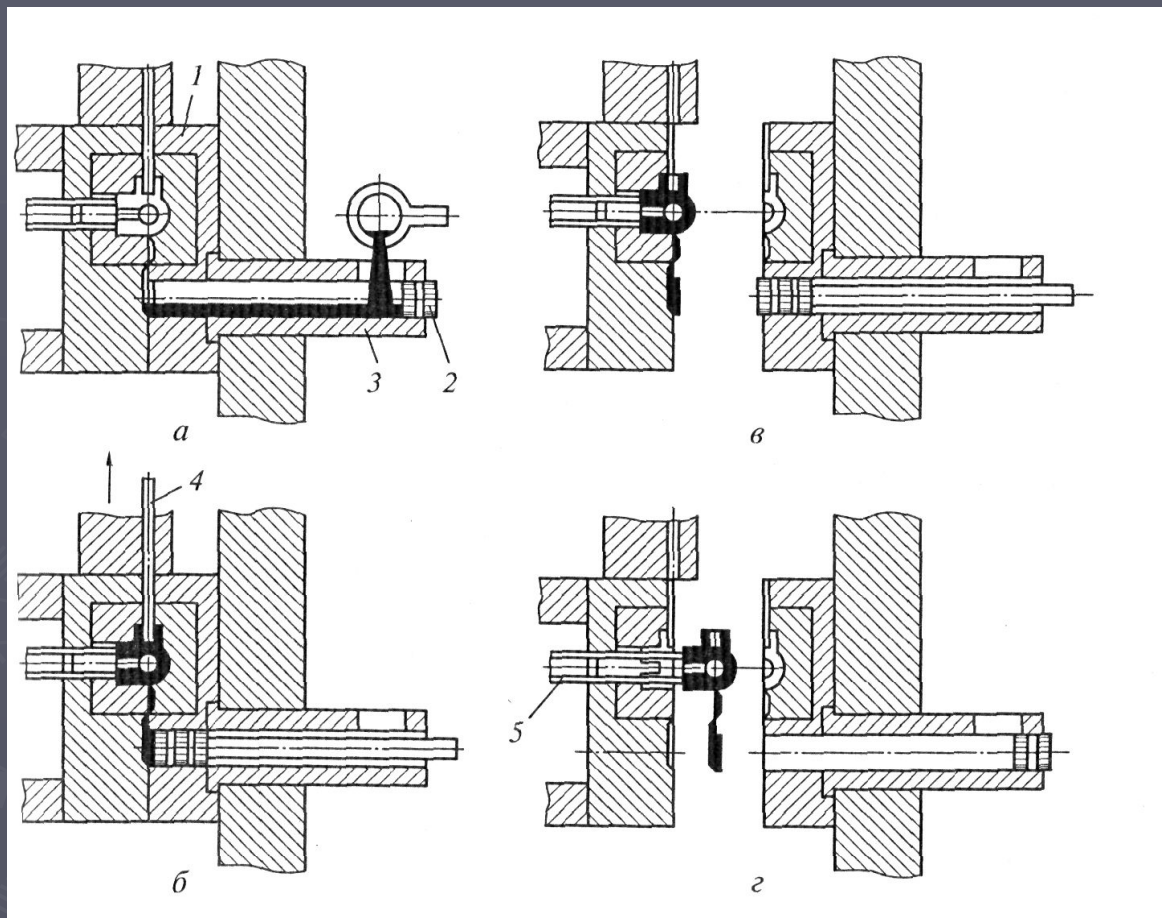
Литье под давлением



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

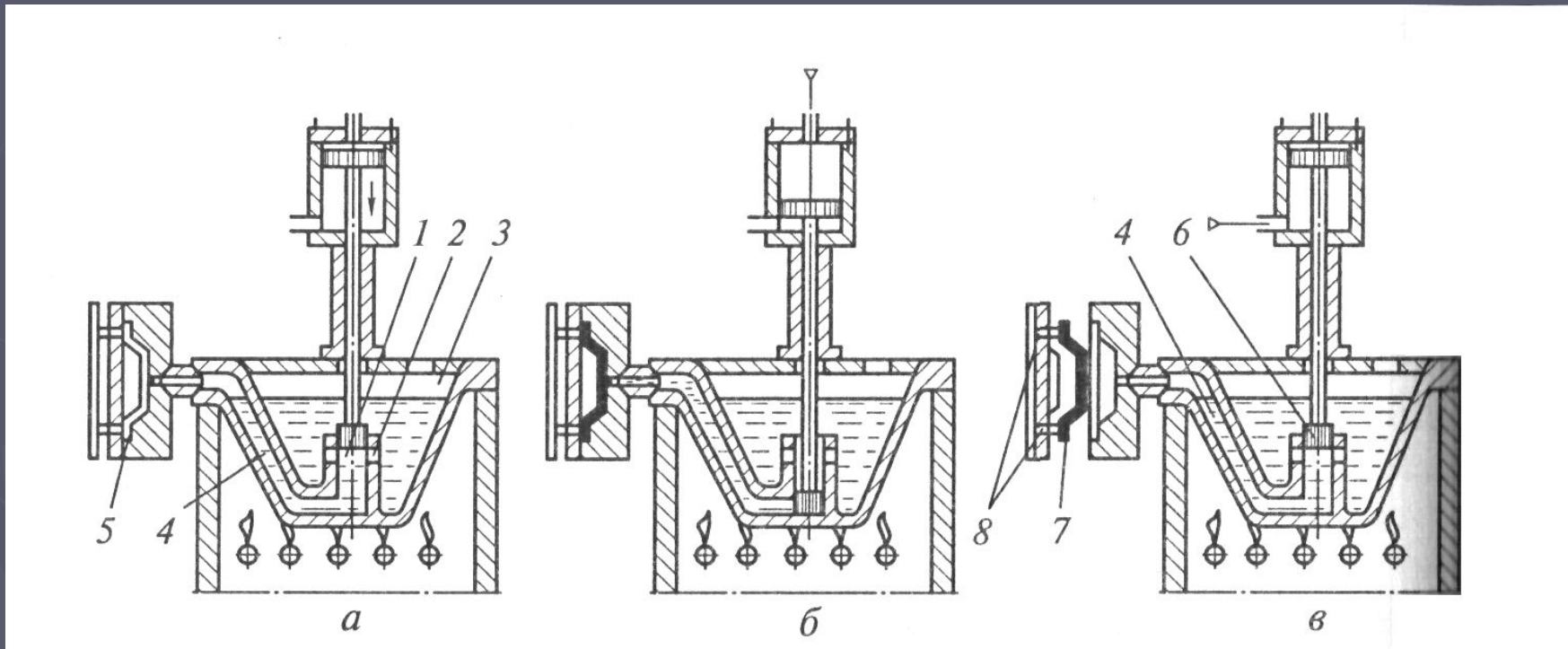


Литье под давлением на машине с холодной камерой прессования



а – подача расплава в камеру прессования; б – запрессовка; в – раскрытие пресс-формы; г – выталкивание отливки; 1 – пресс-форма; 2 – пресс-поршень; 3 – камера прессования; 4 – стержень; 5 – толкатель

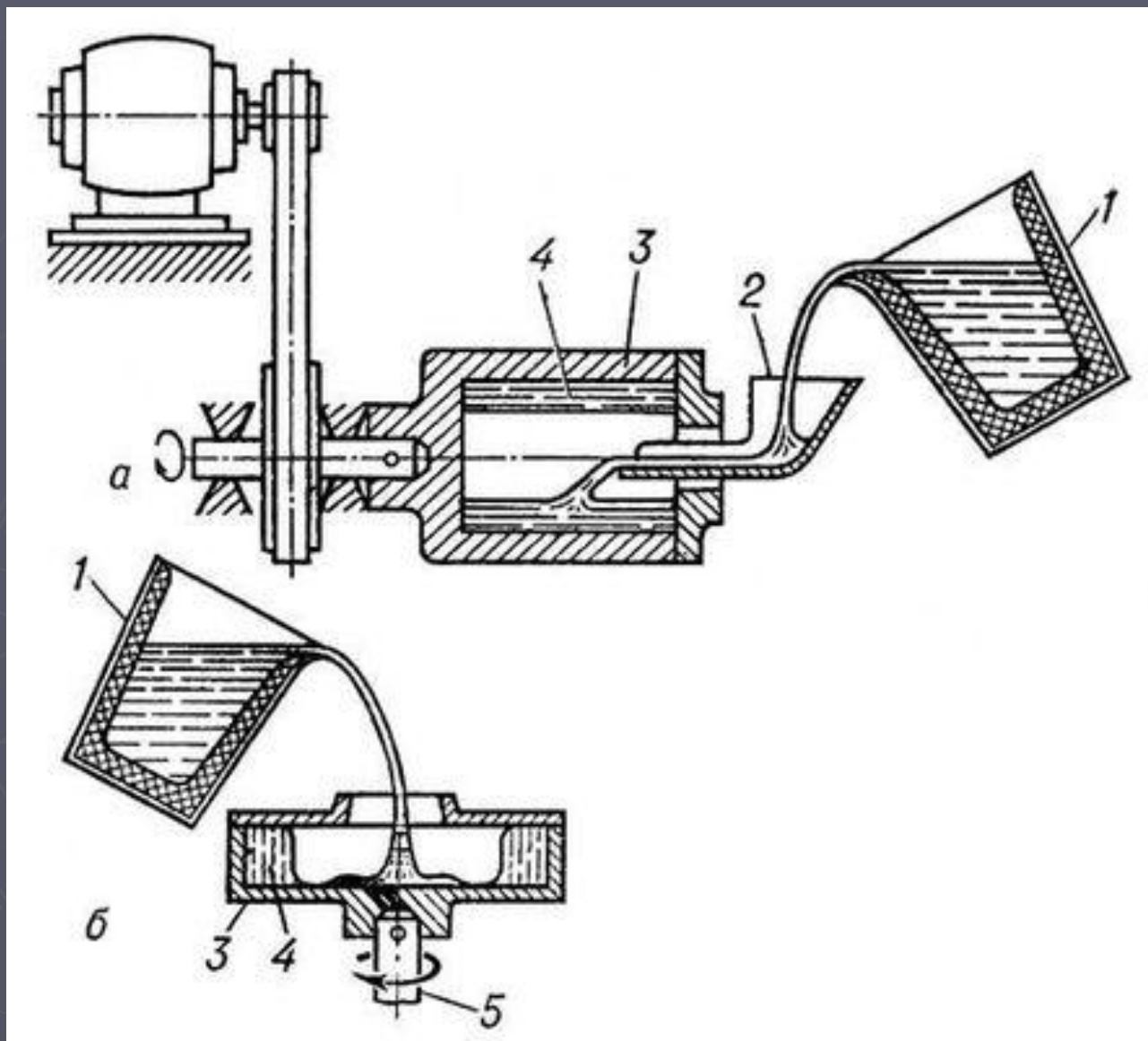
Литье под давлением на машине с горячей камерой прессования



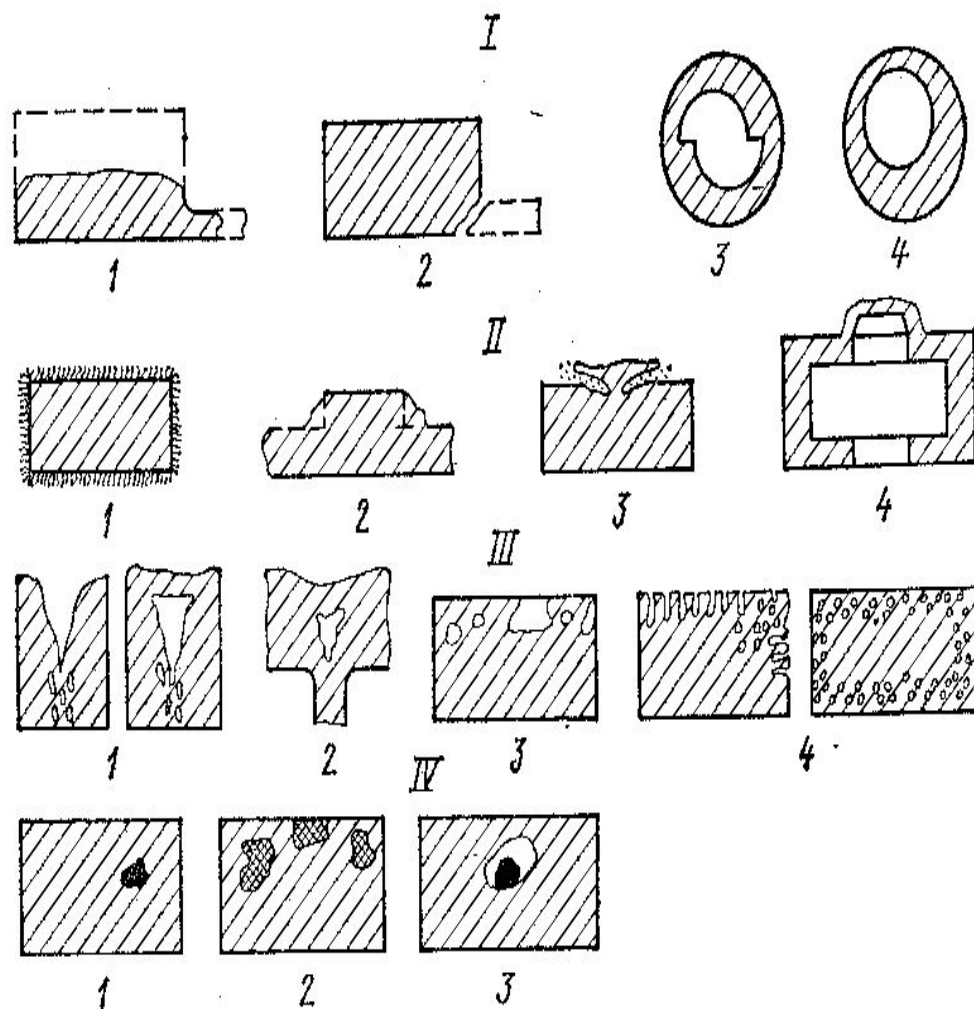
а – заполнение камеры прессования расплавом; б – запрессовка; в – раскрытие пресс-формы и выталкивание отливки;

1 – камера прессования; 2 – заливочное отверстие; 3 – тигель с расплавом; 4 – обогреваемый канал; 5 – пресс-форма; 6 – пресс-поршень; 7 – отливка; 8 – толкатели

Центробежное литье



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