

# ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО



# Литые чудеса света



Реконструкция статуи Зевса Олимпийского.

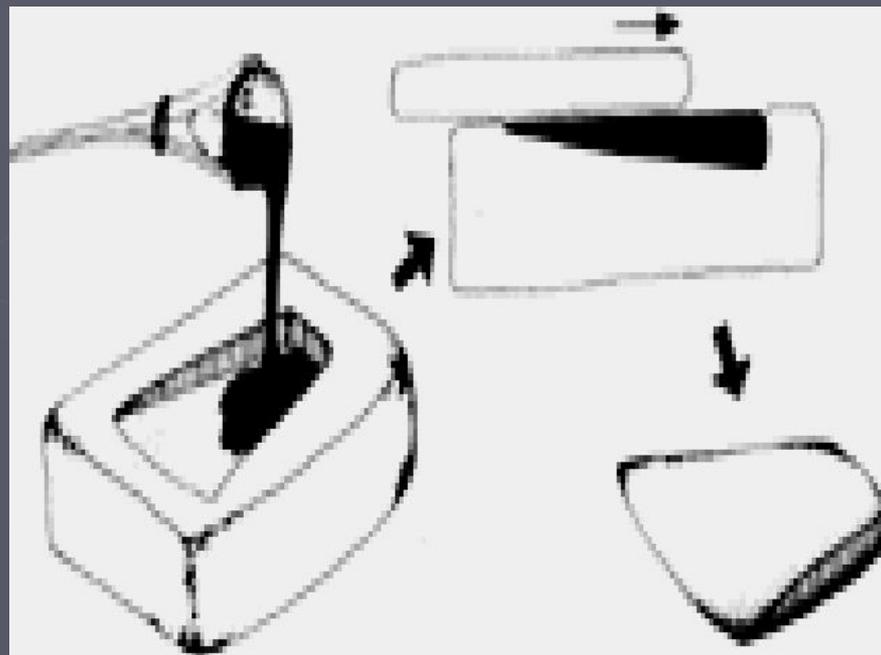


Колосс Родосский (292—280 гг. до н. э.),  
бронза

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

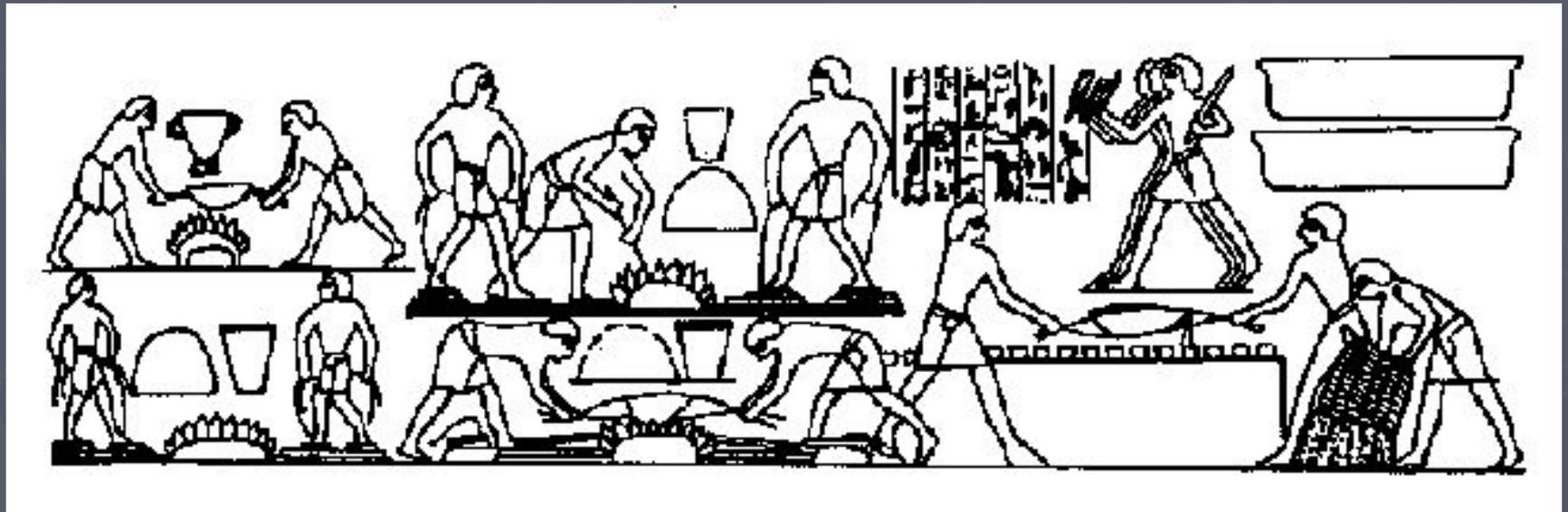


Глиняные формы для  
отливок из меди



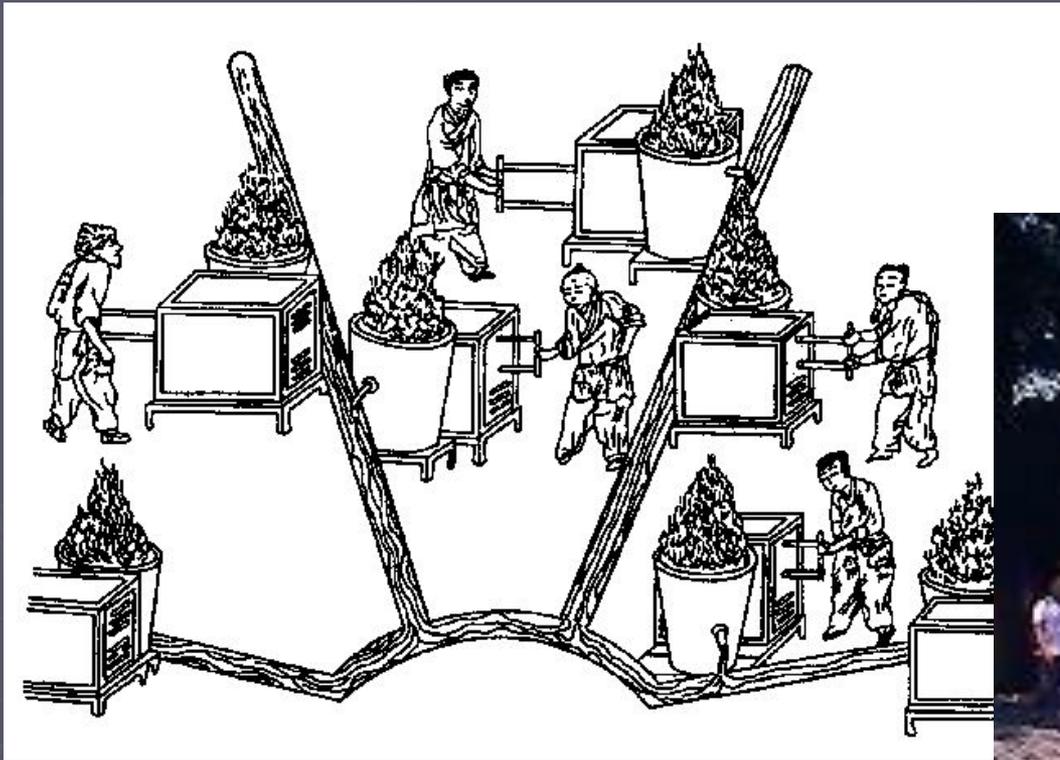
Литье в первобытную форму

# 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.

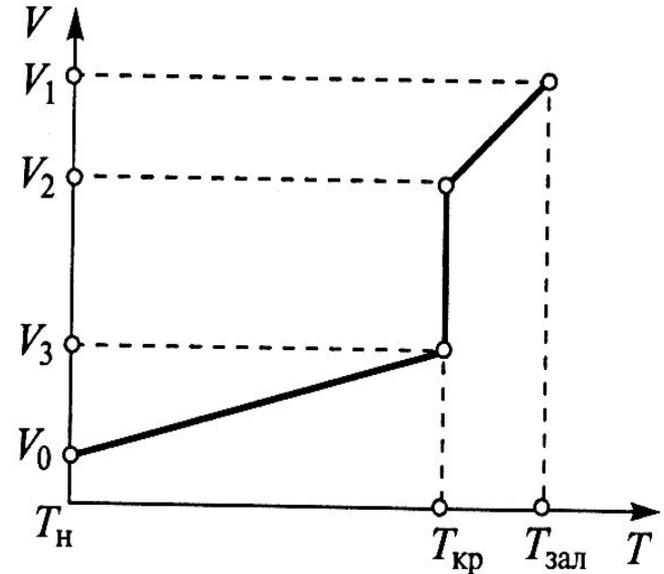
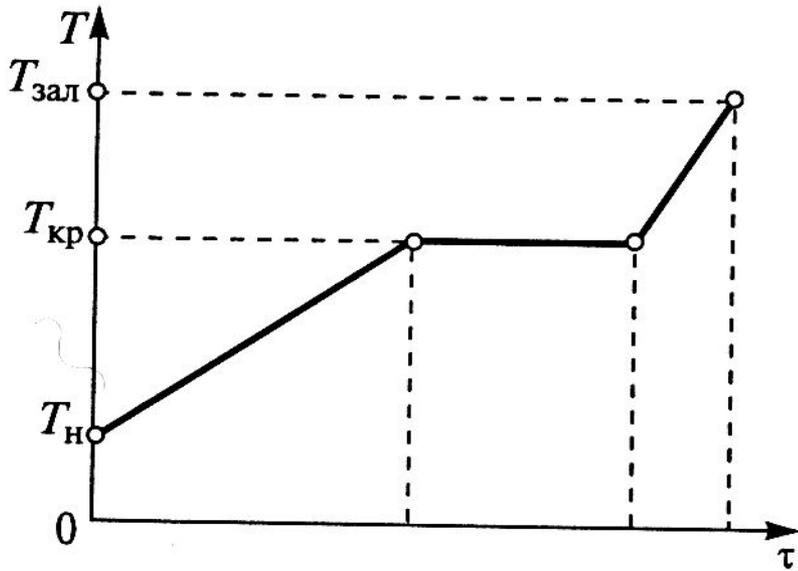


1733 — 1735 гг.

# Плавление жидкого металла

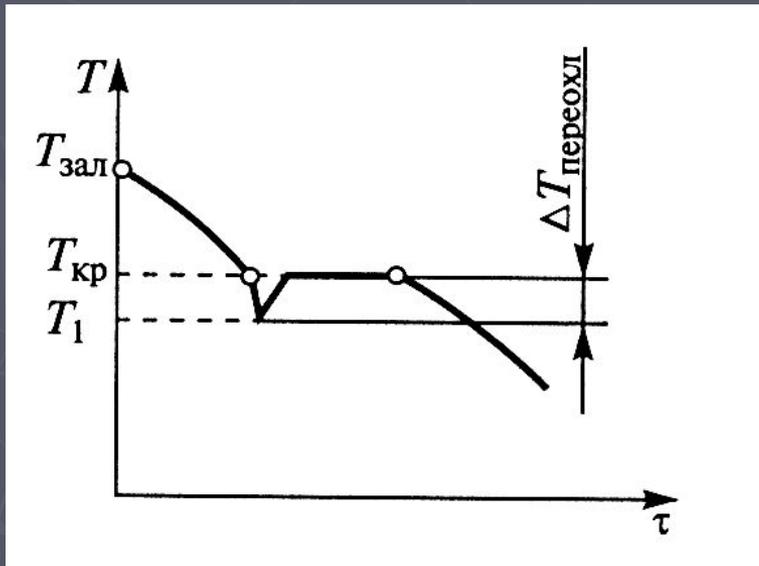
Кривая нагрева чистого металла  
или эвтектического сплава

Изменение объема чистого  
металла или эвтектического  
сплава при нагреве

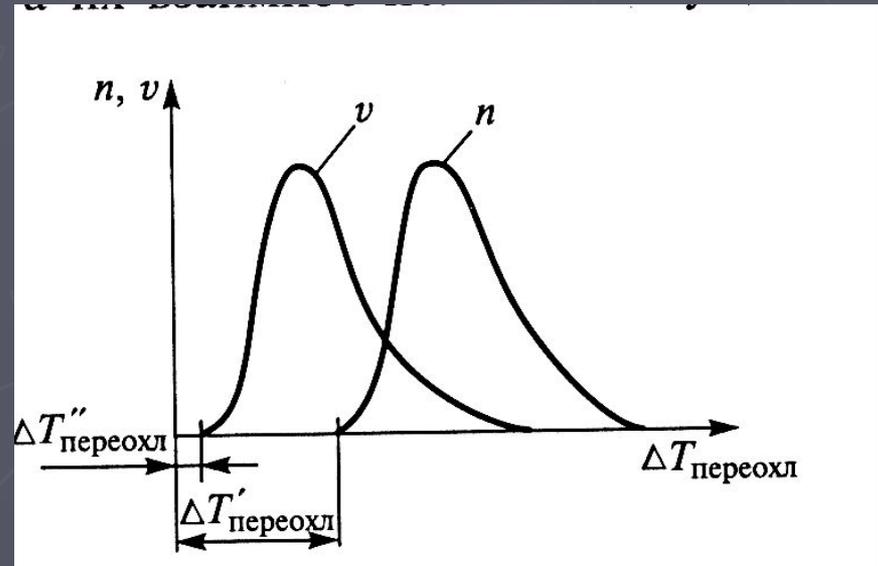


# Кристаллизация сплава

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

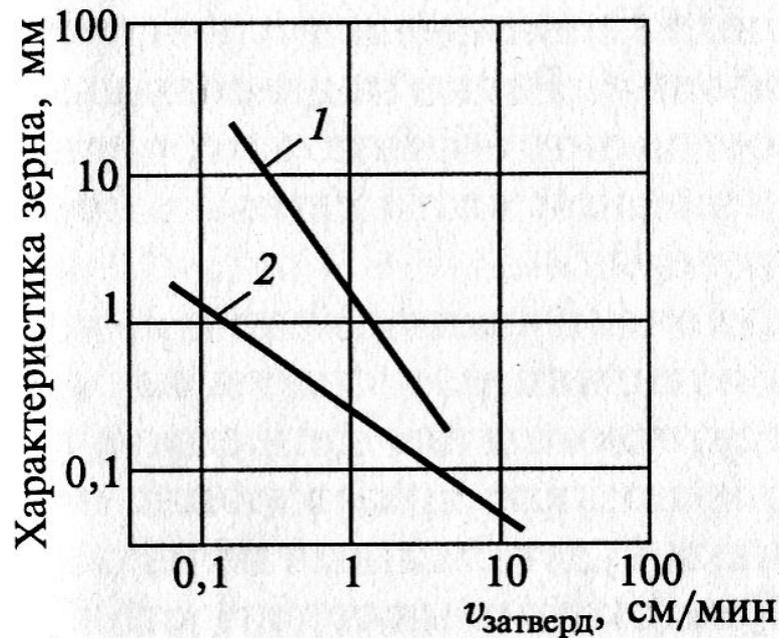
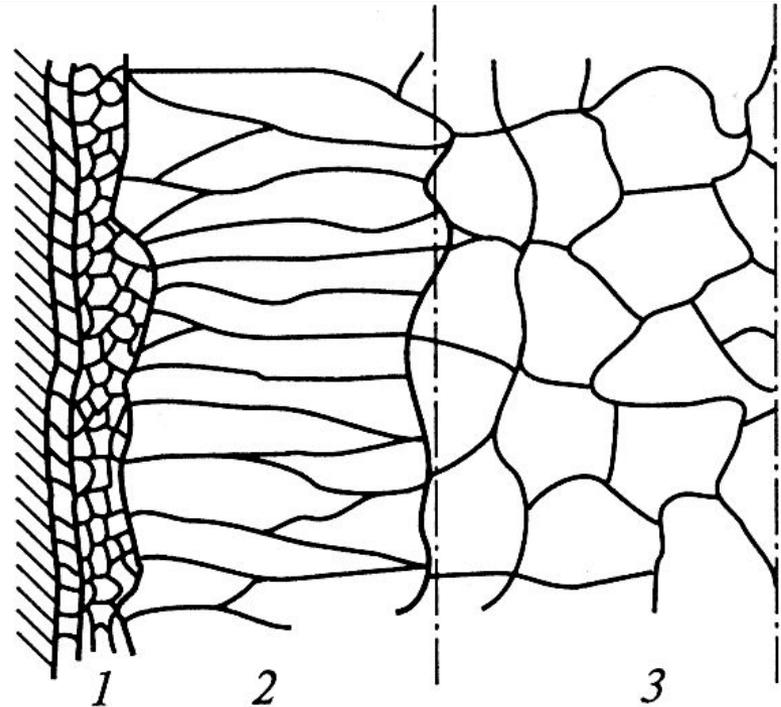


Схема кристаллического строения тела отливки



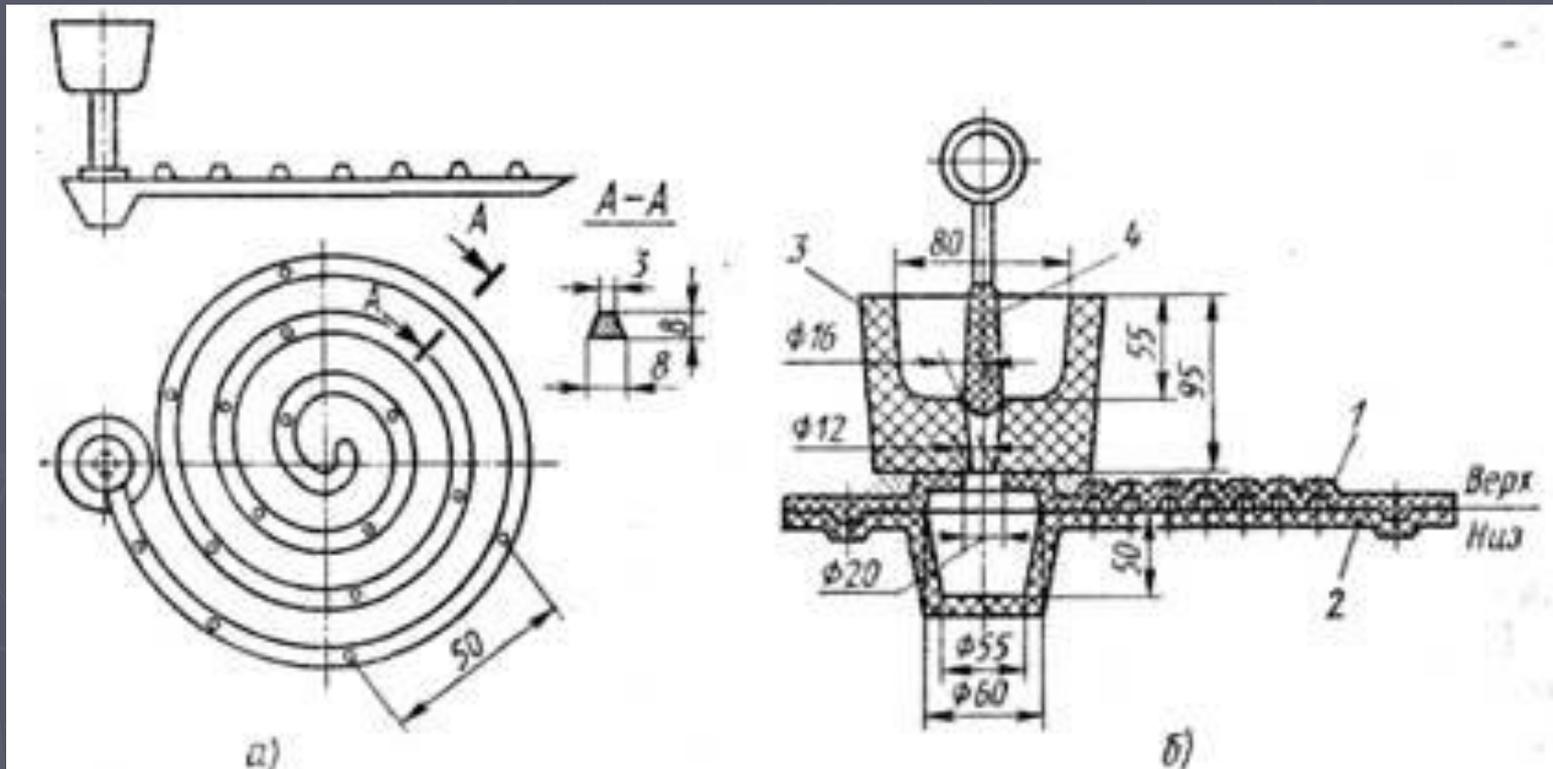
1 — средний размер дендритов  
2 — расстояние между осями 2-ого порядка

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

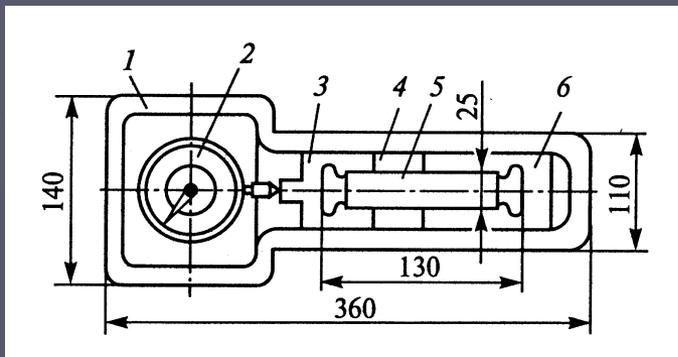


Схема формы для определения линейной усадки цветных сплавов по ГОСТ 16817

## 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.

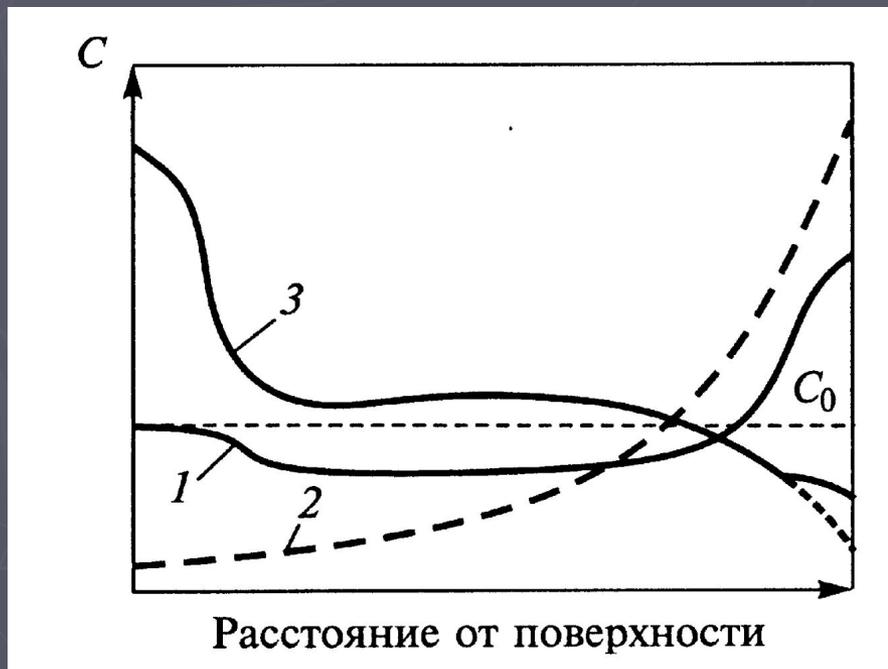
$V_1$  – объем сплава при температуре заливки;

$V_0$  – 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

<b>По видам форм</b>	<b>По видам моделей</b>	<b>По технологии заливки</b>
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  $50^{\circ}\text{C}$

Первичная очистка, зачистка и удаление литниковой системы

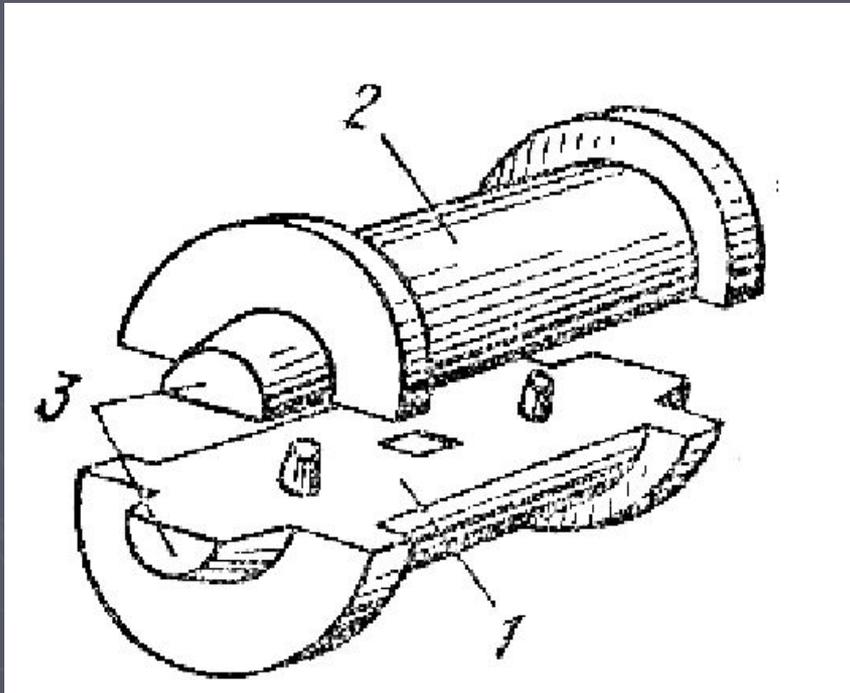
Термическая обработка

Окончательная очистка отливки

Контроль

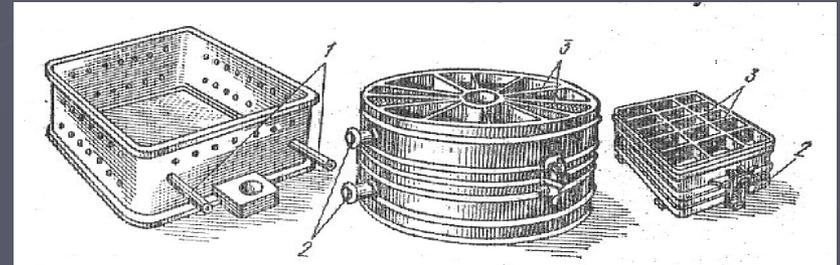
# Основные элементы литья в песчано-глинистые формы

## РАЗЪЕМНАЯ МОДЕЛЬ



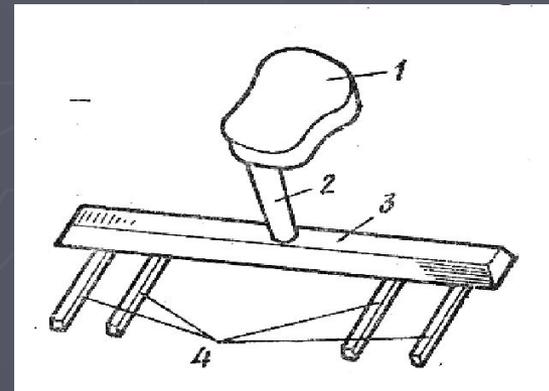
- 1 – верхняя половина
- 2 – нижняя половина
- 3 – стержневой знак

## ОПОКИ



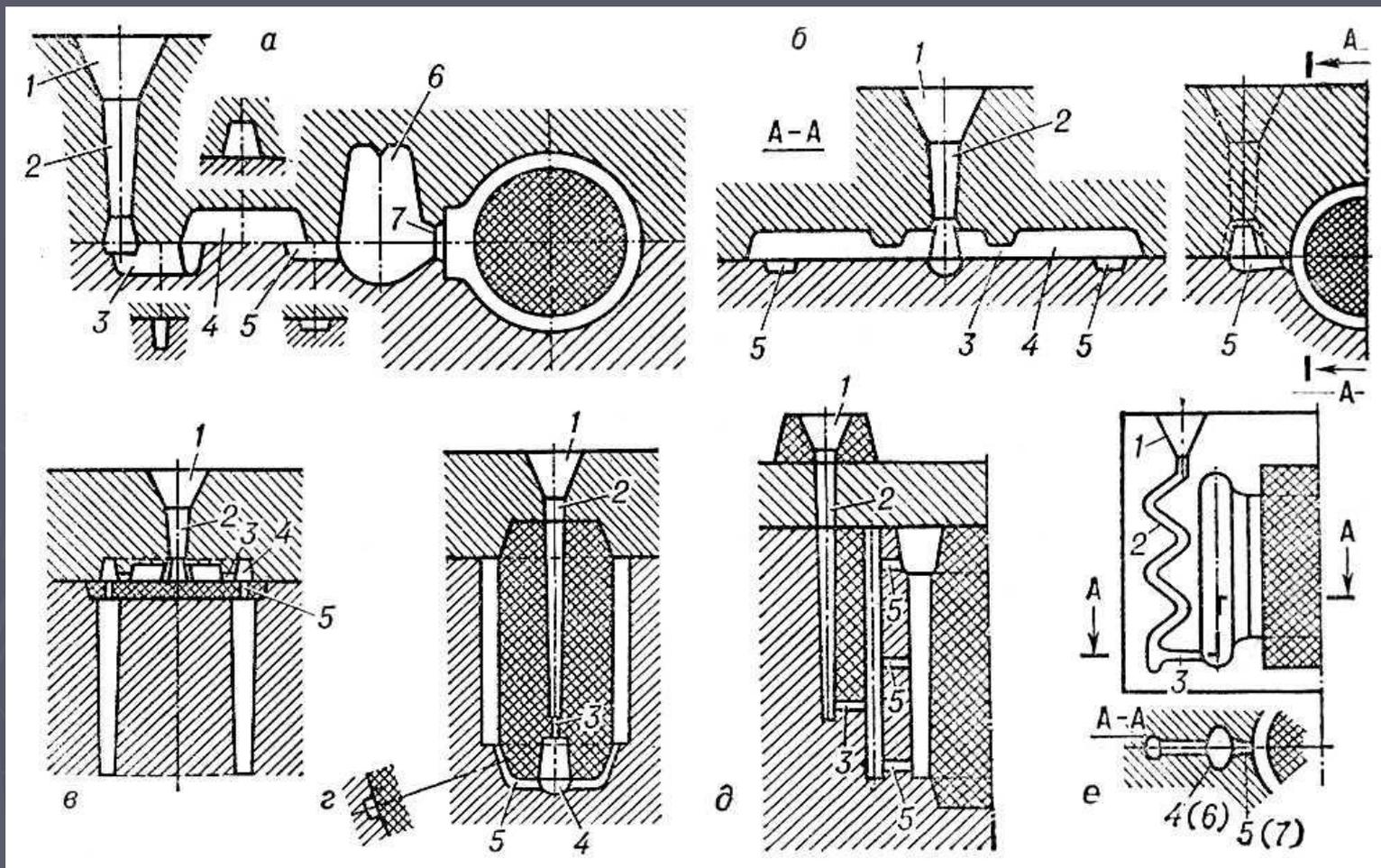
- 1- ручки 2– цапфы 3– ребра жесткости

## ЛИТНИКОВАЯ СИСТЕМА



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

# Виды литниковой системы



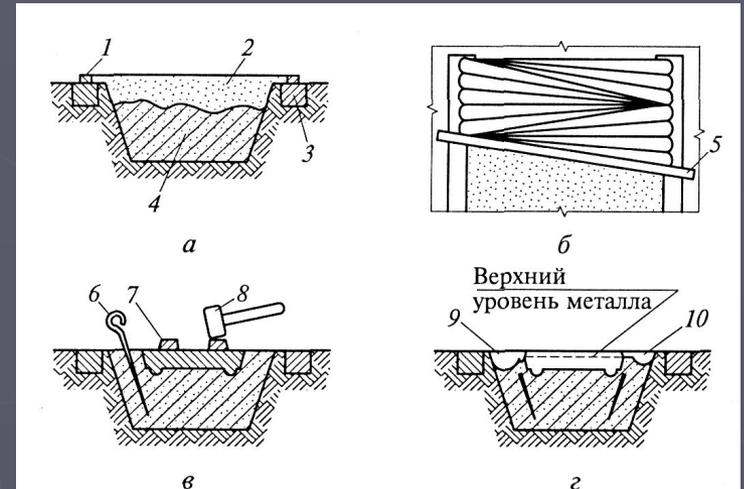
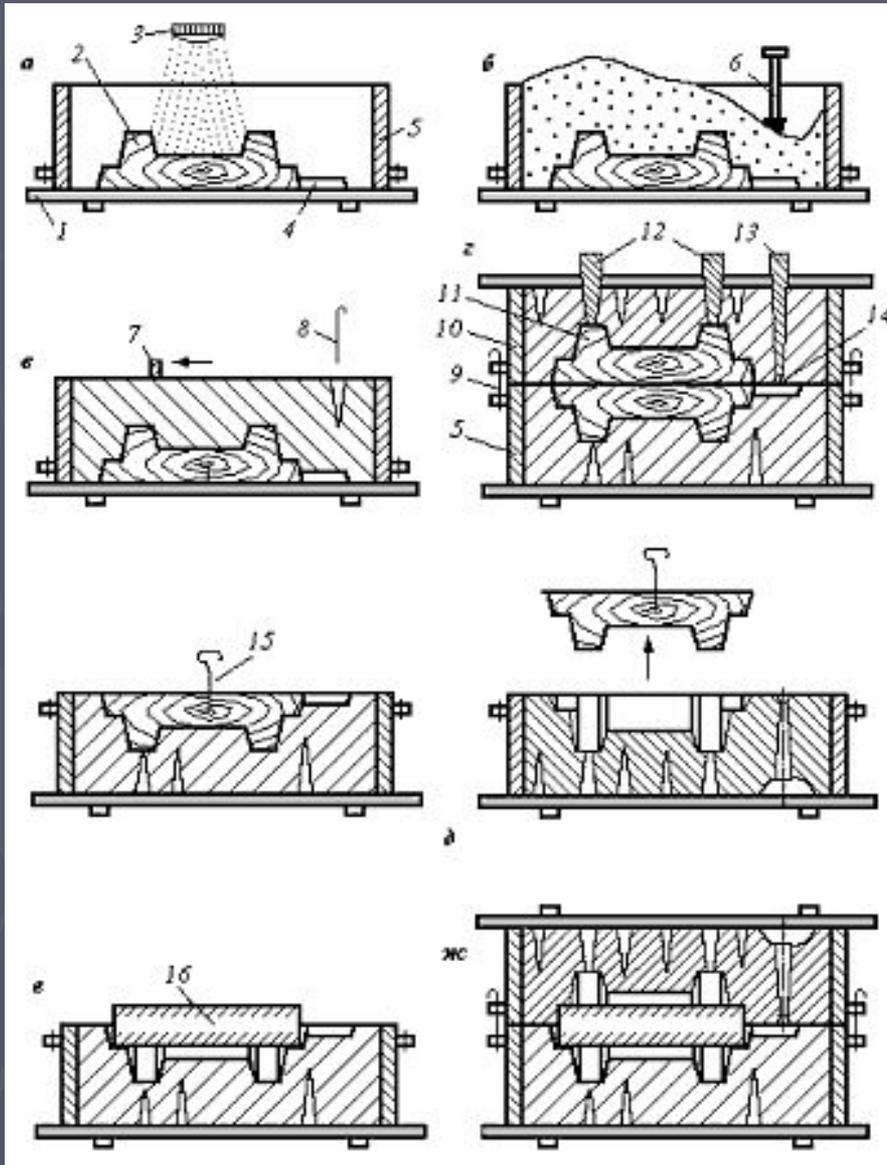
а, б — боковые; в — дождевая; г — сифонная; д — ярусная (этажная);

е — щелевая

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

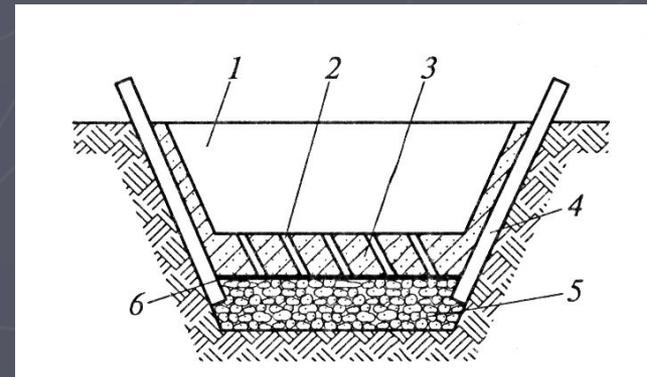
5 — питатель; 6 — боковая прибыль; 7 — шейка

# Ручная формовка



## Формовка в мягкой постели:

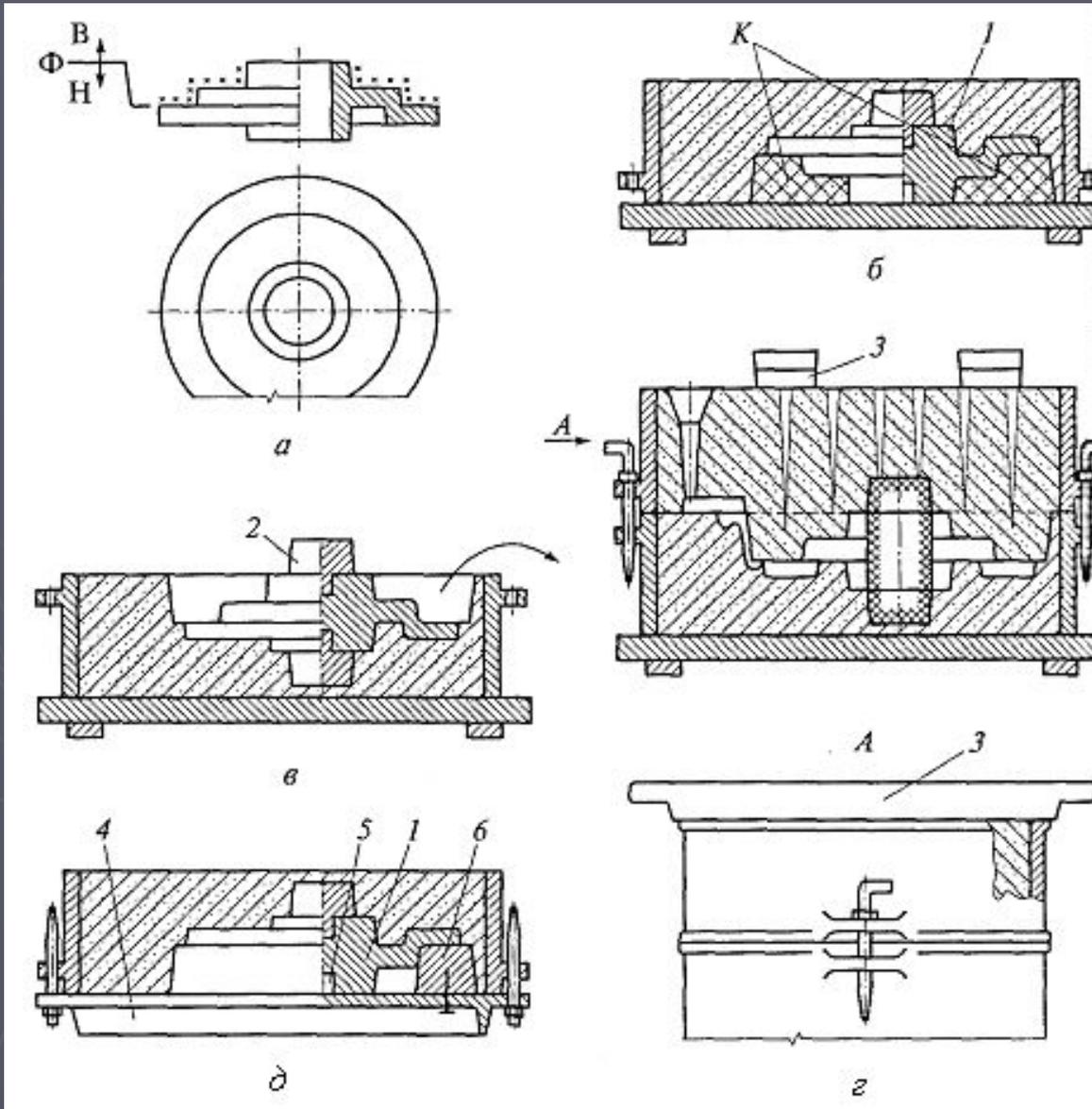
а, б – изготовление формы; в – осадка модели; г – готовая модель; 1 – деревянная рейка; 2 – облицовочная смесь; 3 – металлический брусок; 4 – формовочная смесь; 5 – деревянная планка; 6 – вентиляционная игла; 7 – модель; 8 – молоток; 9 – приемная литниковая чаша; 10 – сливной резервуар



## Твердая постель, подготовленная к формовке:

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

# Ручная формовка

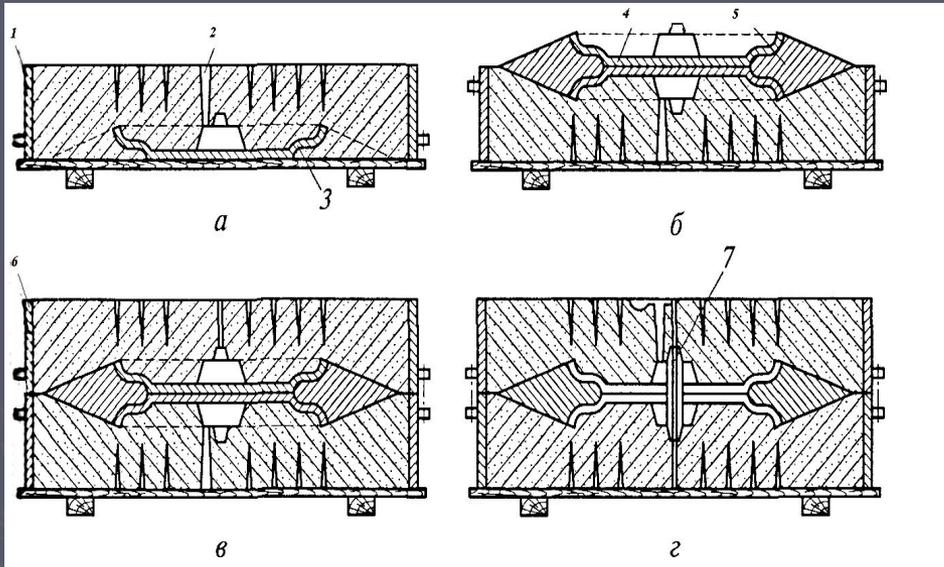


## Формовка с подрезкой

а – отливка; б – уплотненная нижняя полуформа после излишков смеси; в – 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;  $\Phi$  – разъем модели; К – объем смеси, препятствующий извлечению модели

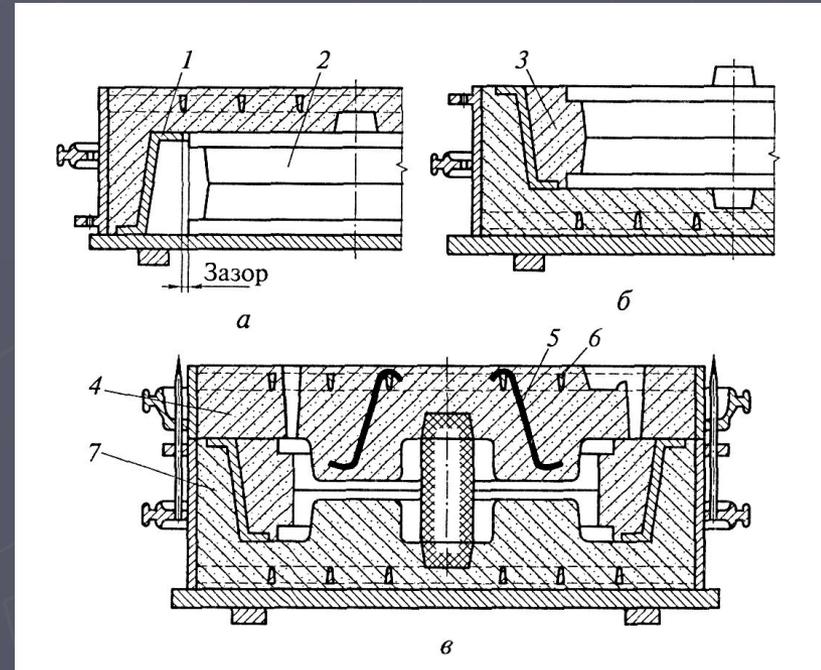
# Ручная формовка

## Формовка с перекидным болваном



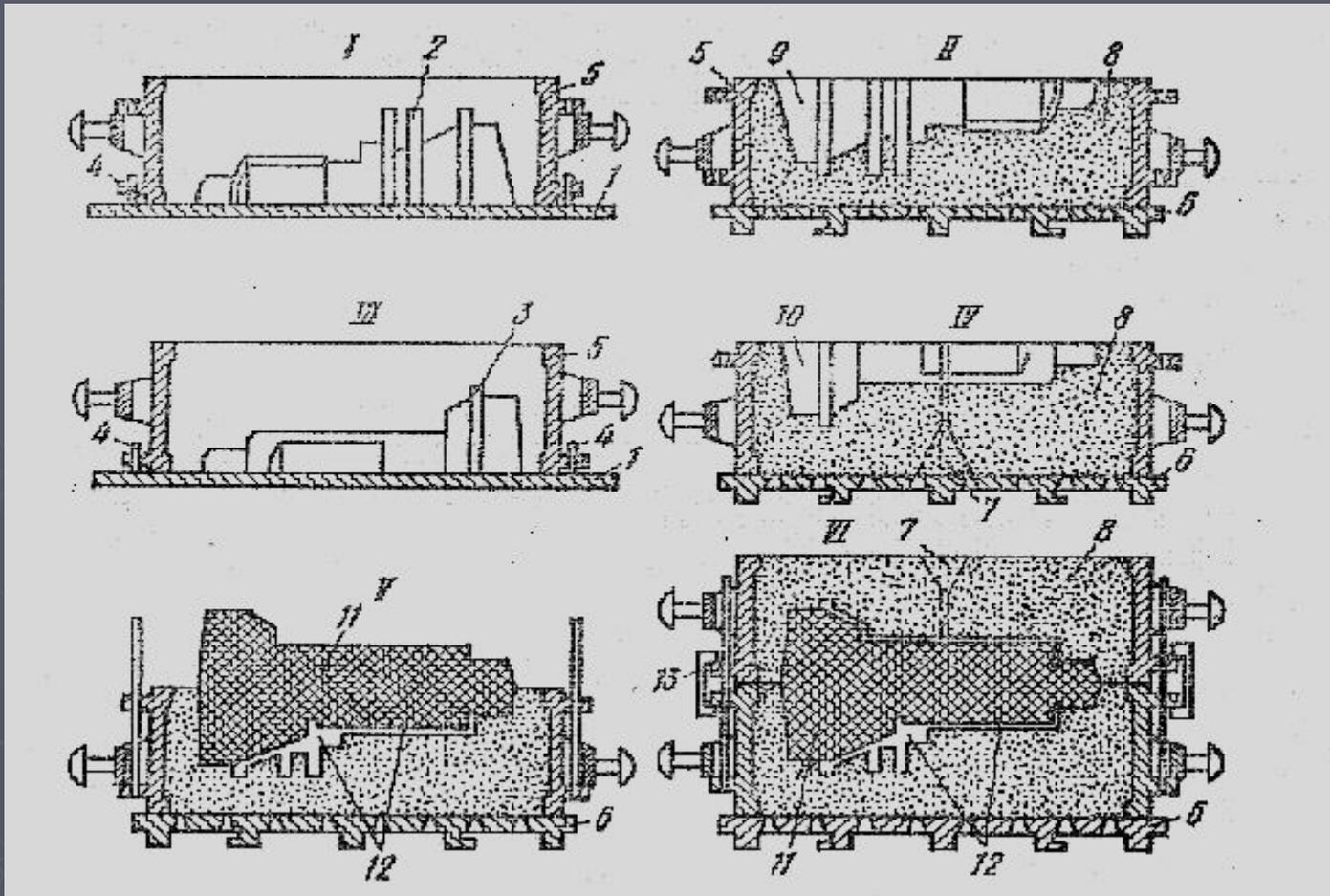
а – г последовательность операций при формовке отливки шкива; 1 – опока; 2 – модель стояка, 3 – верхняя половина модели; 4 – нижняя половина модели; 5 – перекидной болван; 6 – опока низа; 7 - стержень

## 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

# 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

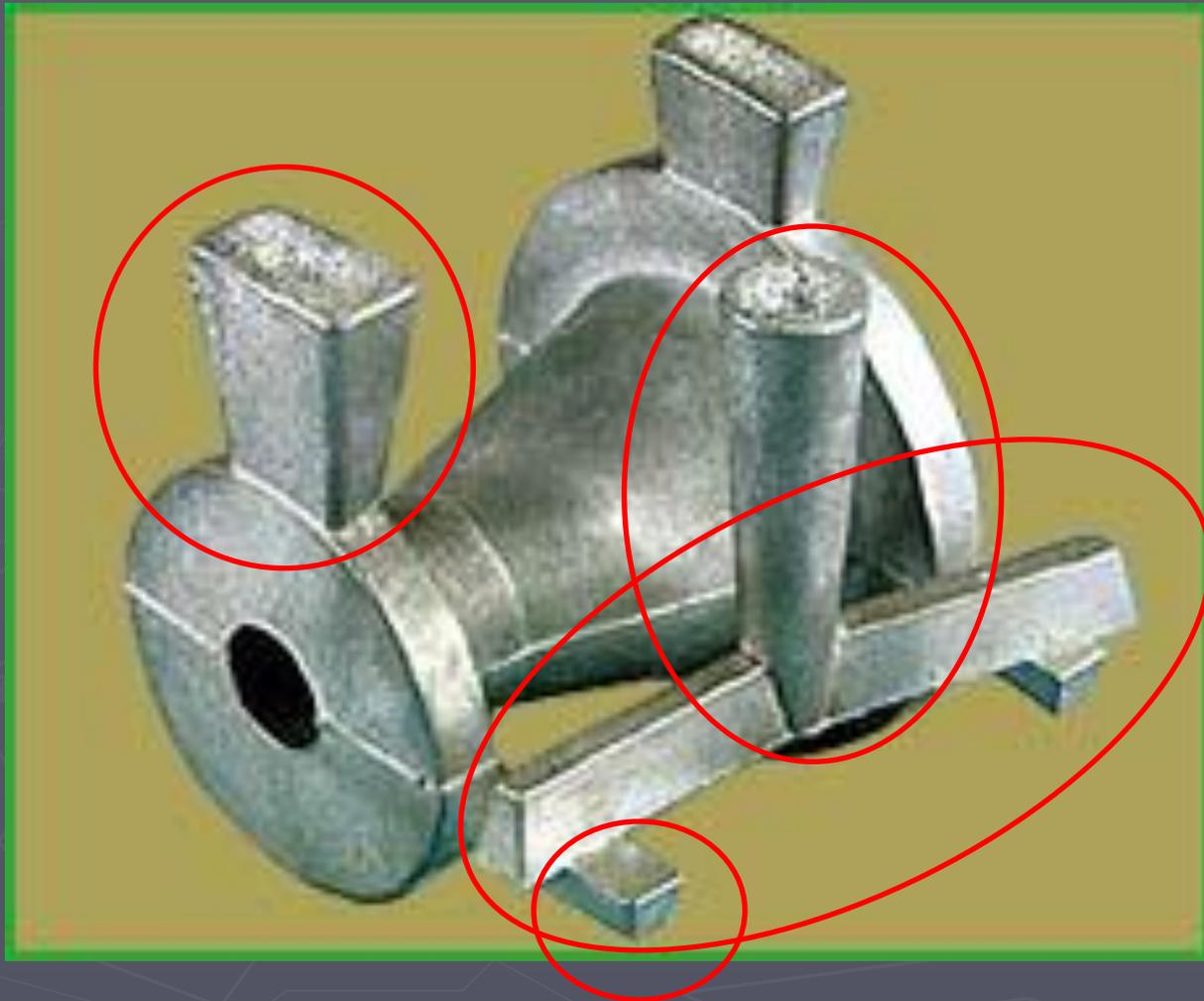
# Заливка формы вручную



# Выбивка отливки



# Отливка с элементами литниковой системы



# Автоматизированный цех литья в песчано-глинистые формы



# Литье колоколов в глинистые формы



Формы для литья колоколов



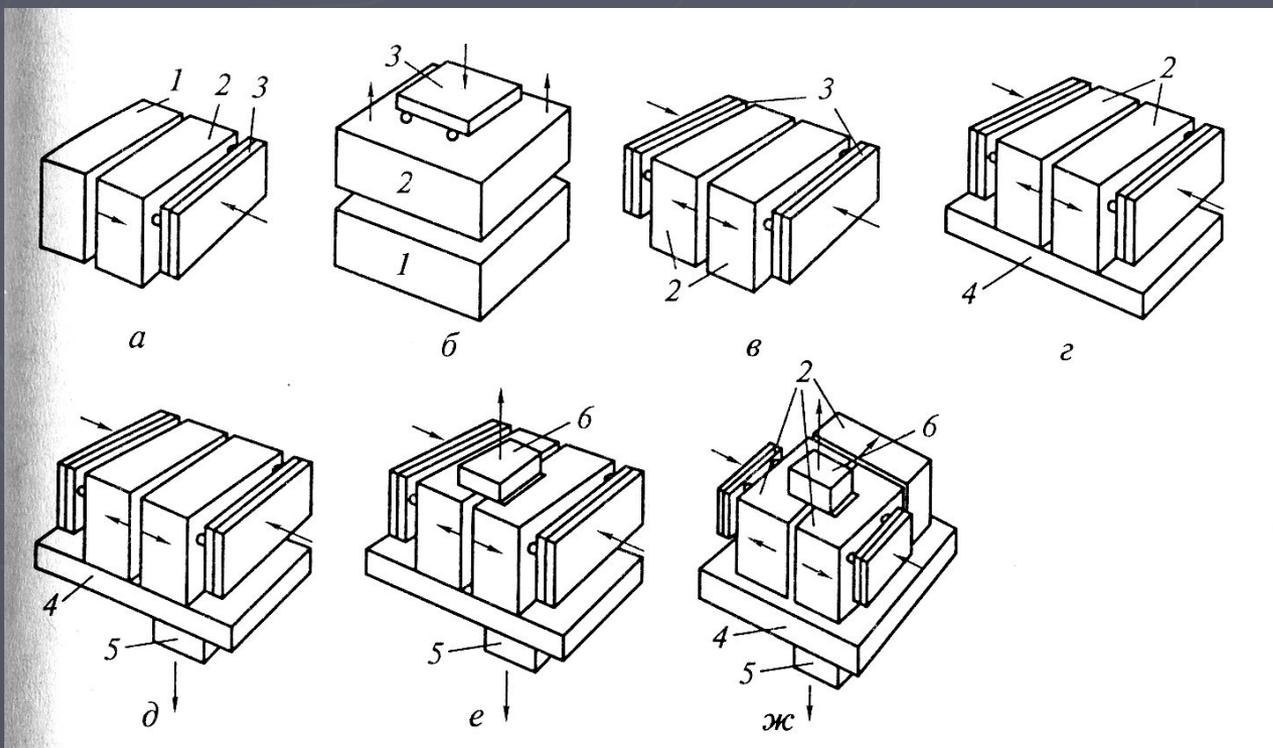
Литье колокола

# Литье в кокиль



# Виды кокилей

- ▶ Неразъемный (вытряхной);
- ▶ Разъемный:

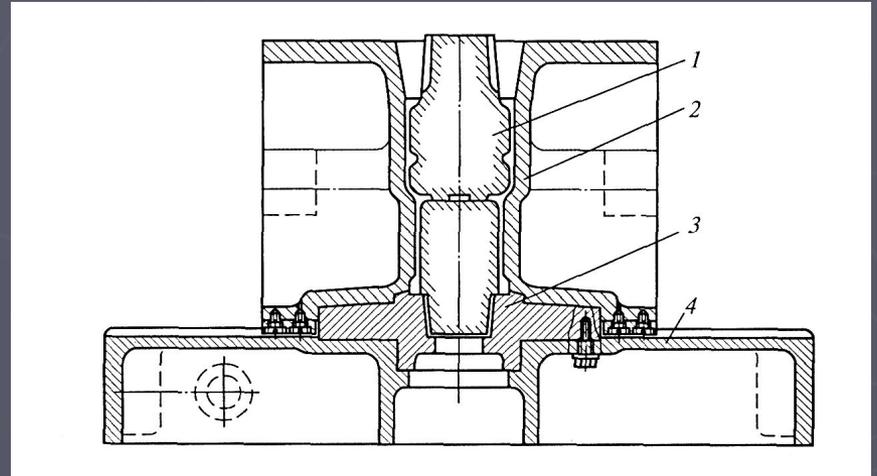
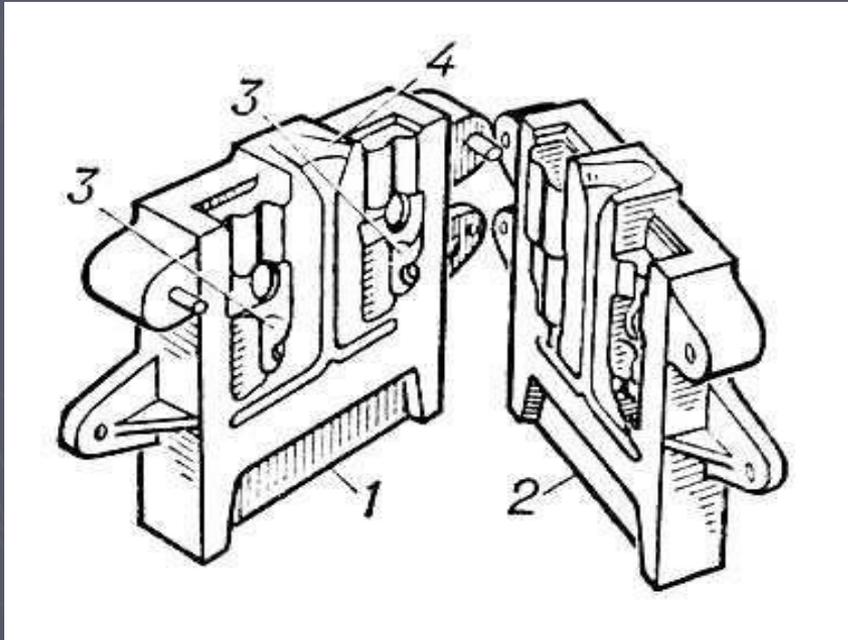


а, в, г, д, е, ж – с вертикальной плоскостью разъема;

б – с горизонтальной плоскостью разъема;

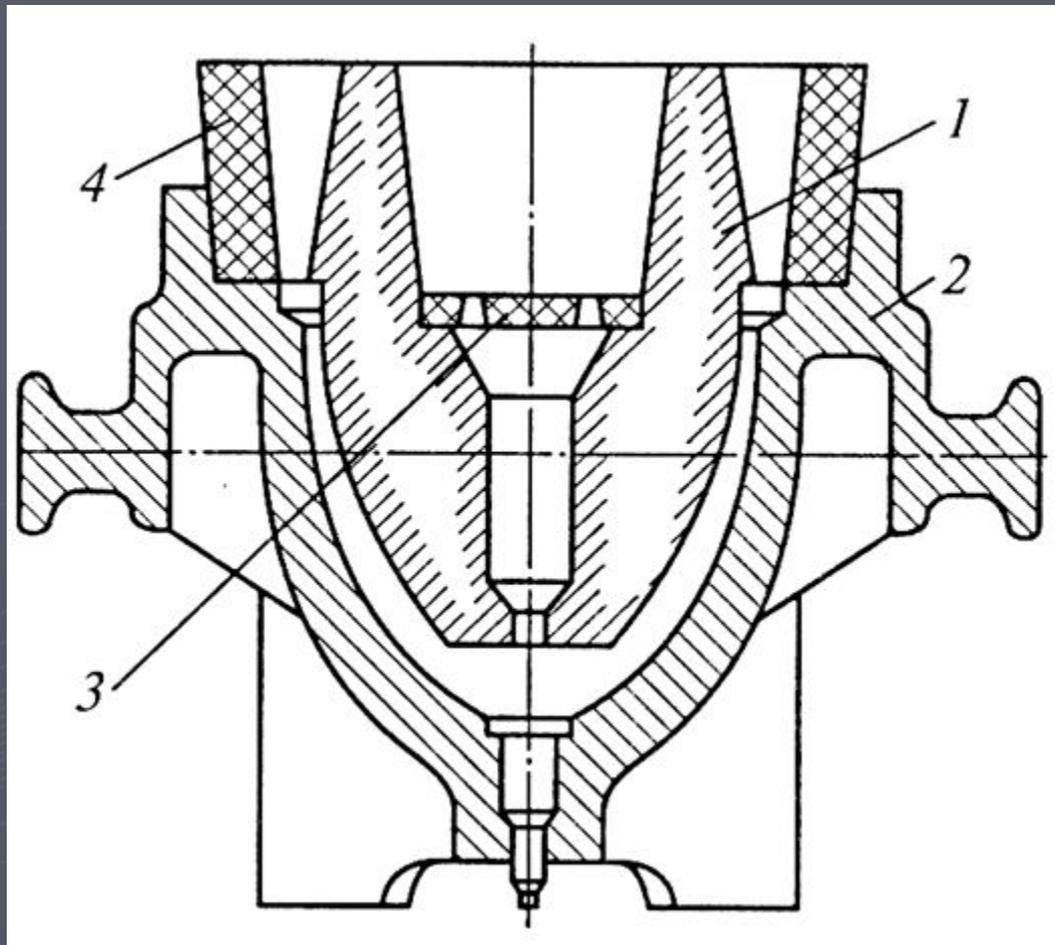
# Разъемный кокиль

Кокиль с разъемом в вертикальной плоскости



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

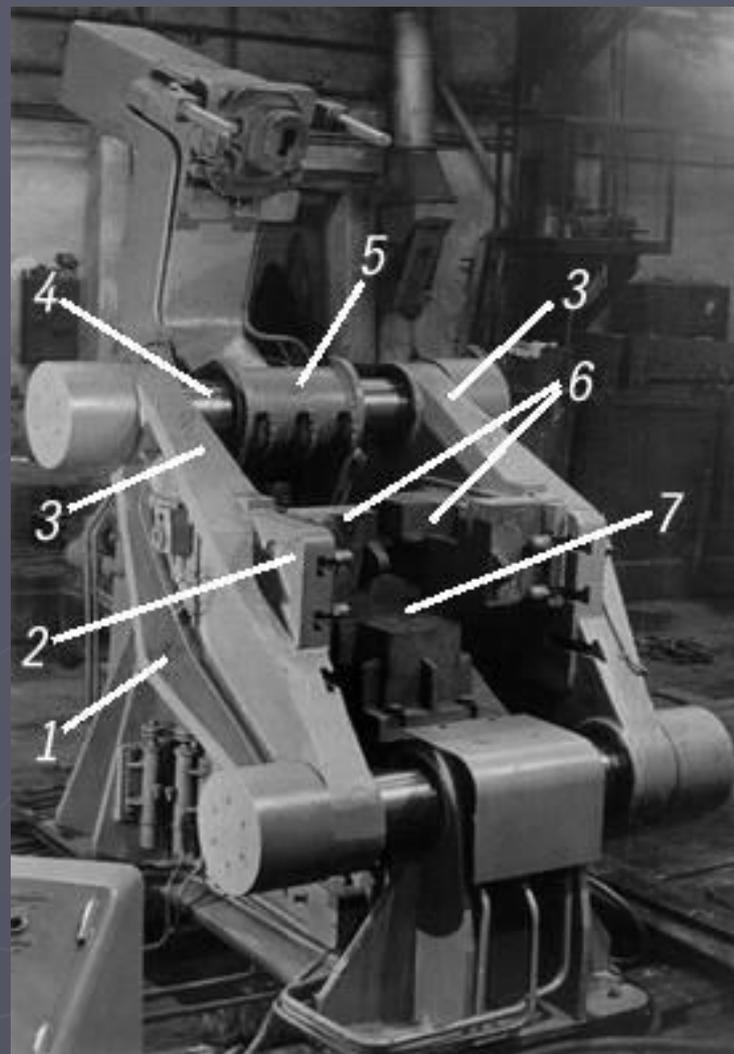
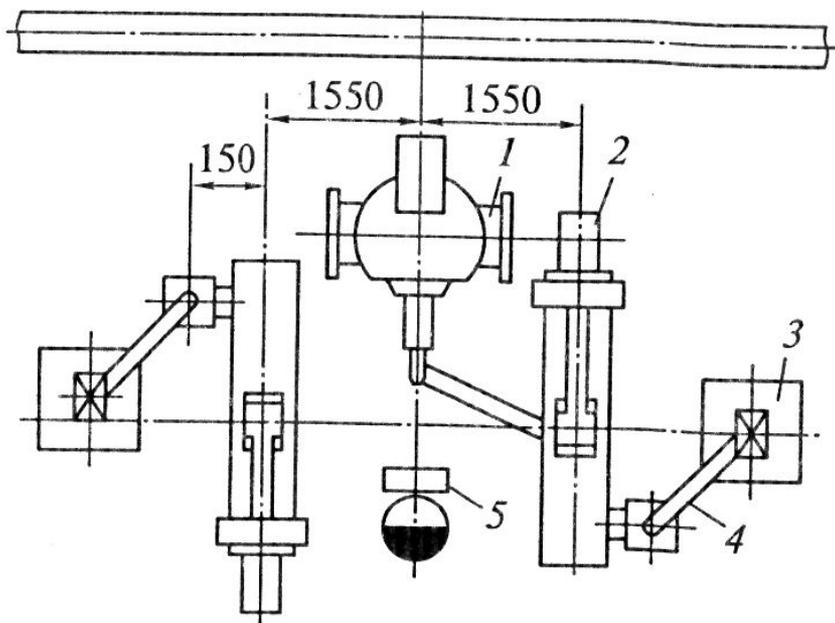
# Неразъемный (вытряхной) кокиль



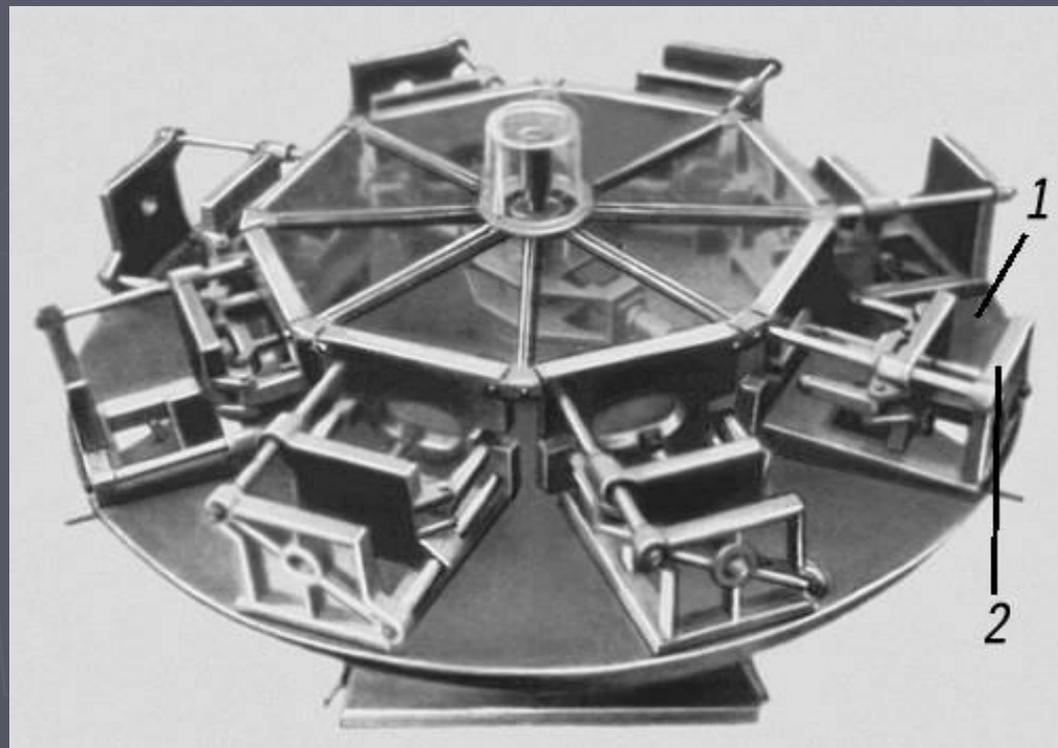
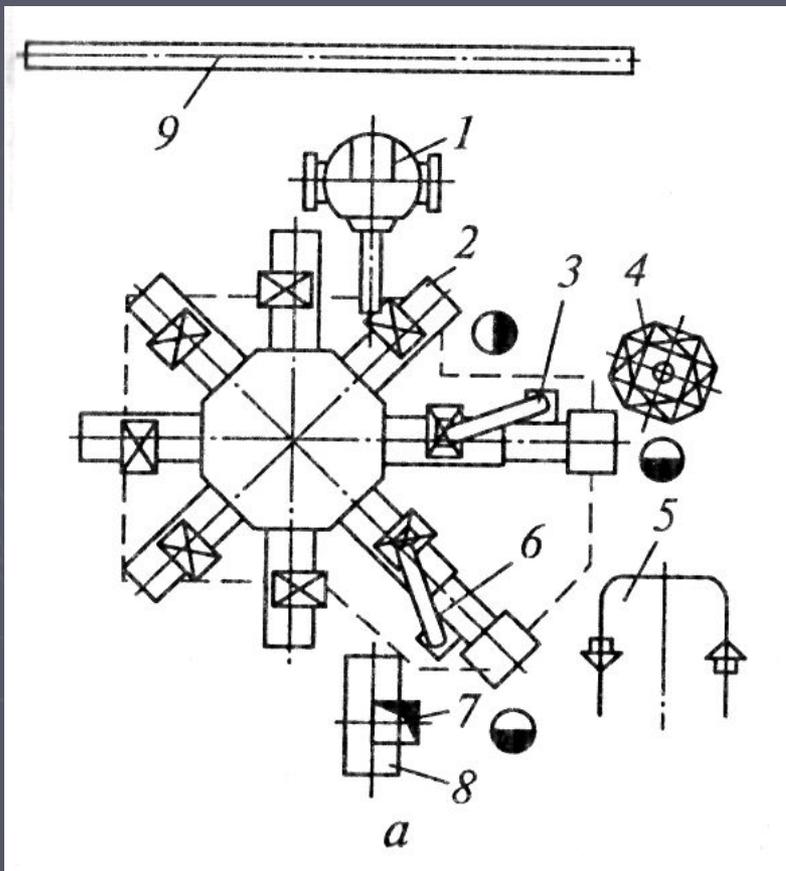
1 – песчаный стержень, 2 – металлическая форма, 3 – керамическая сетка (фильтровальная), 4 – керамическая втулка

# Однопозиционная универсальная кокильная машина

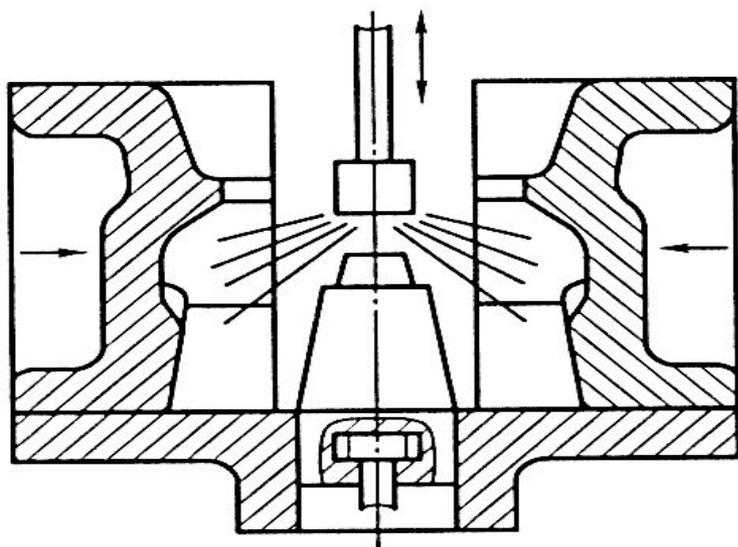
- 1 — станина;
- 2 — подвижные плиты;
- 3 — стойки;
- 4 — направляющие;
- 5 — гидравлический цилиндр;
- 6 — боковые части кокиля;
- 7 — нижняя плита кокиля.



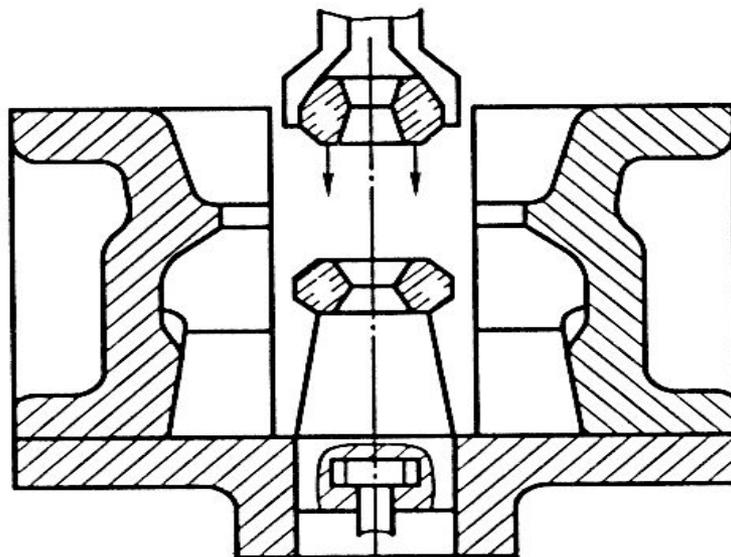
# Многопозиционная кокильная машина



# Технологический процесс литья в кокиль



Окраска кокиля



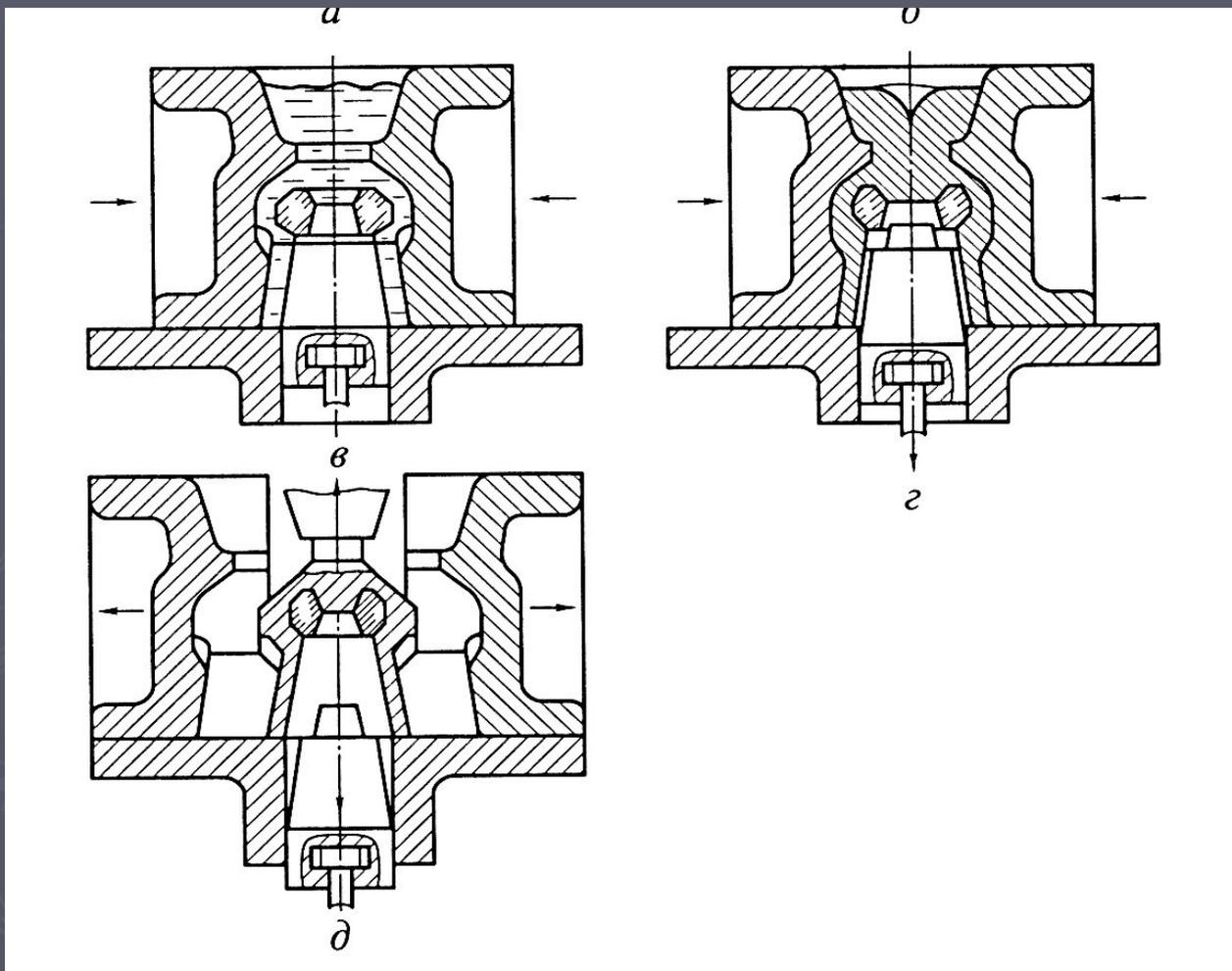
Установка стержней

## 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)

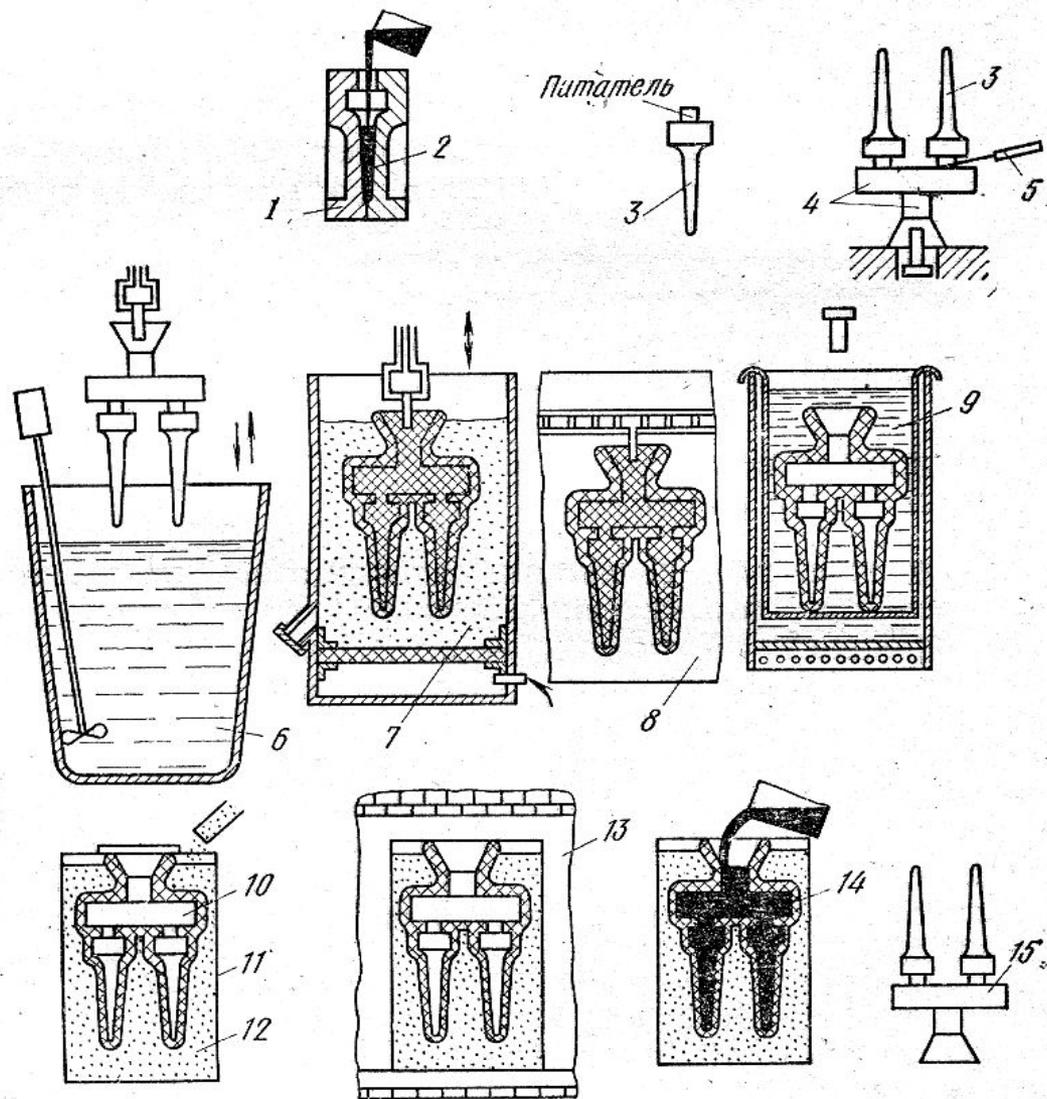
Сборка и заливка формы

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 выплавляемым моделям)



## Шкатулка Виды Москвы

(бронза, литье по выплавляемым моделям)



# Отливки по выплавляемым моделям



6-8 класс  
точности

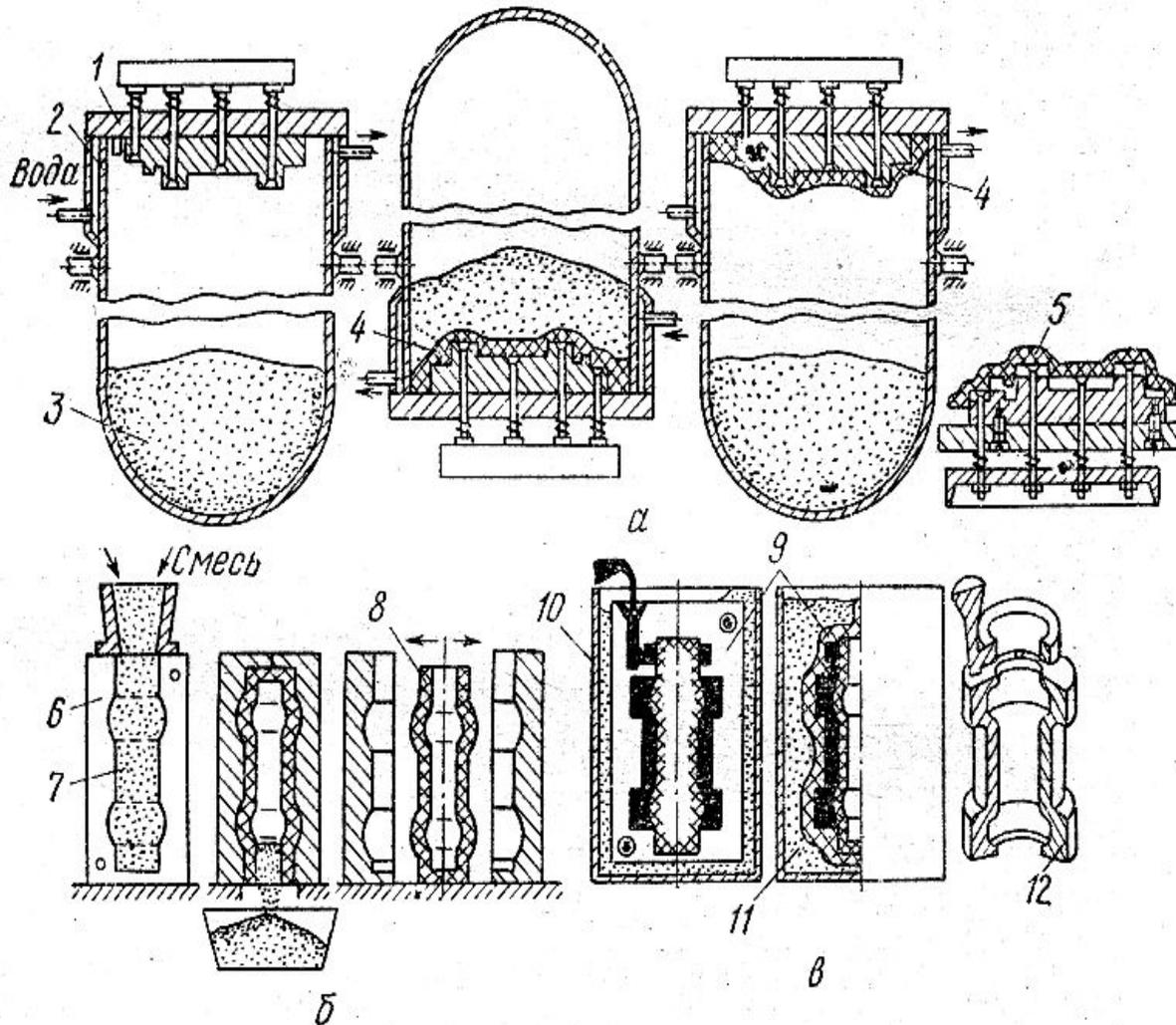
шероховатость  
поверхности от  
10 до 20 мкм

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



## 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

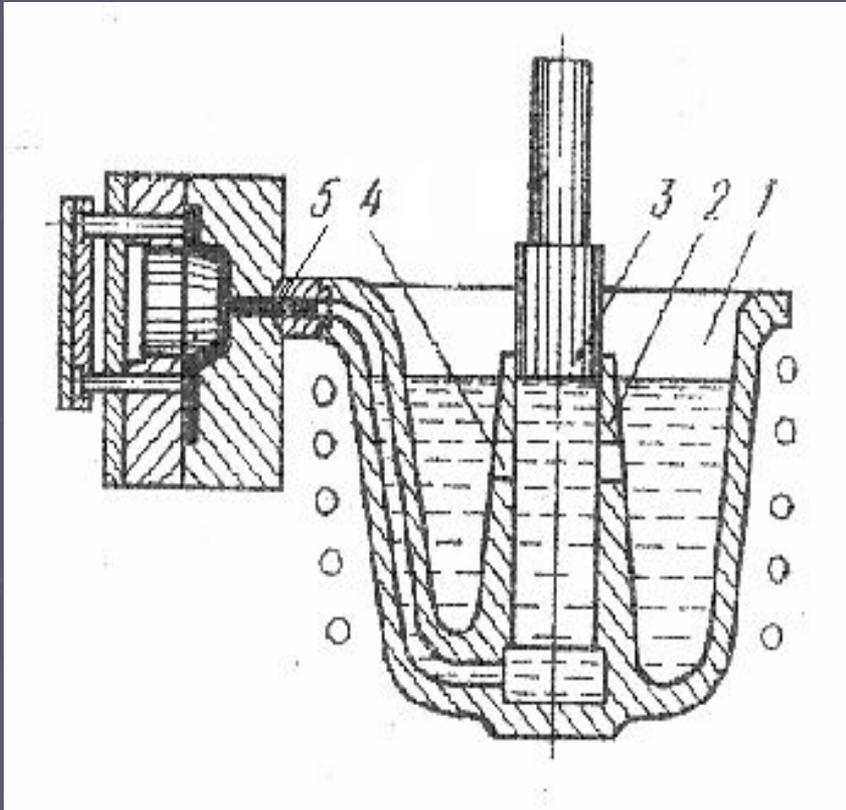
## Заливка формы

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

# Последовательность операций при литье



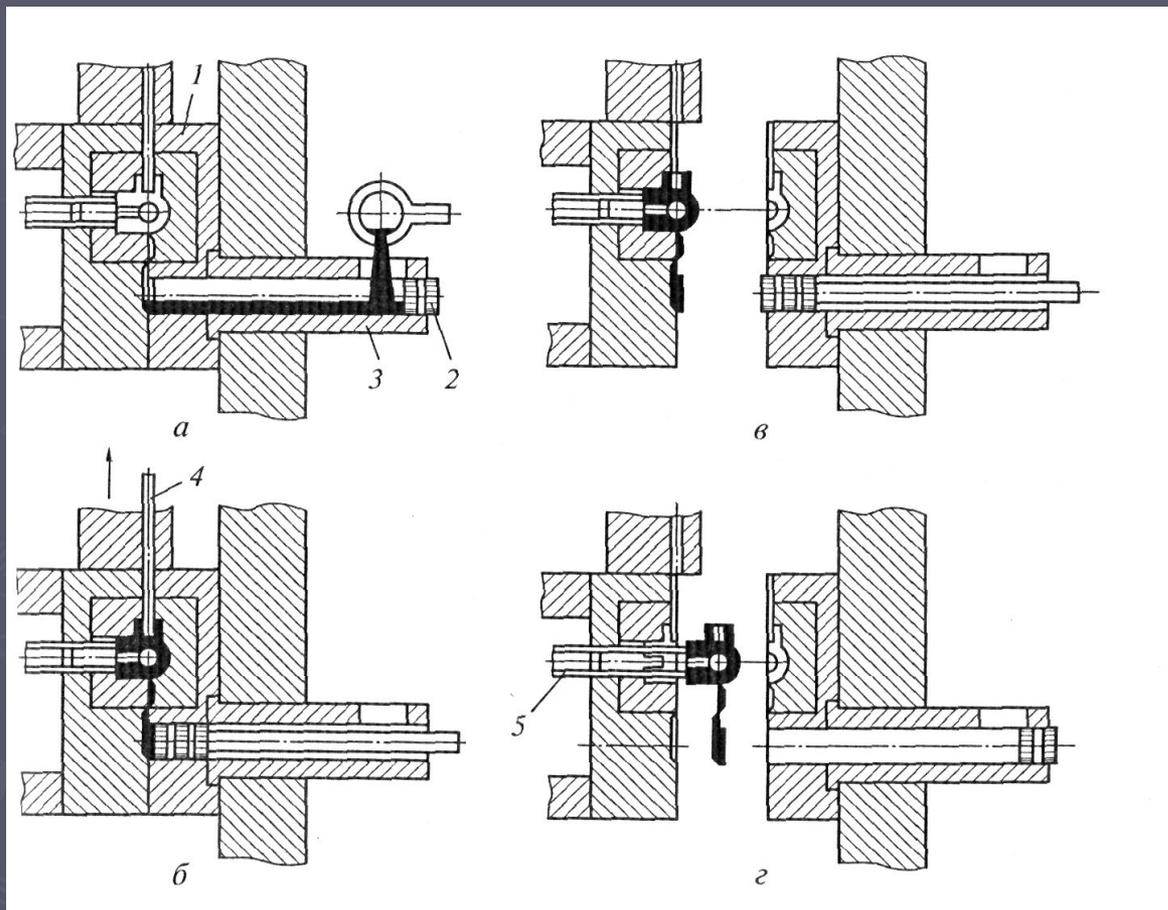
# Литье под давлением



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

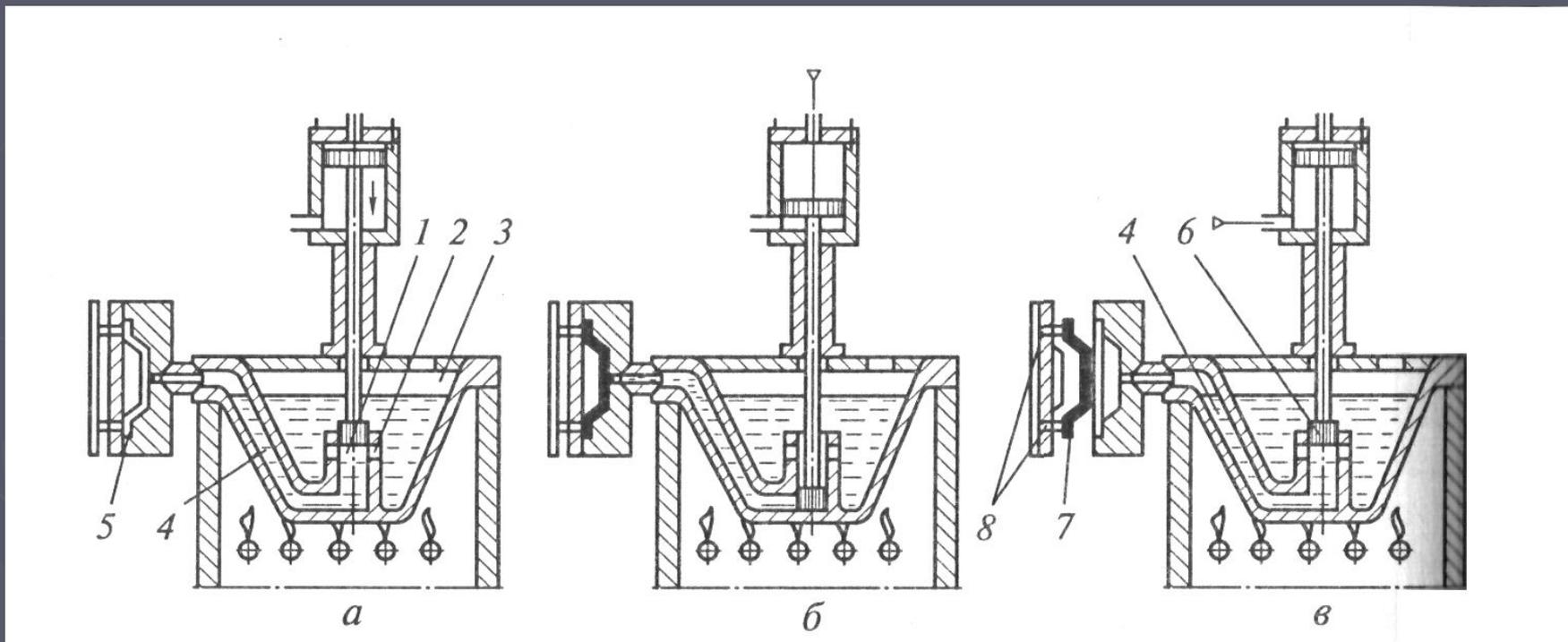


# Литье под давлением на машине с холодной камерой прессования



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

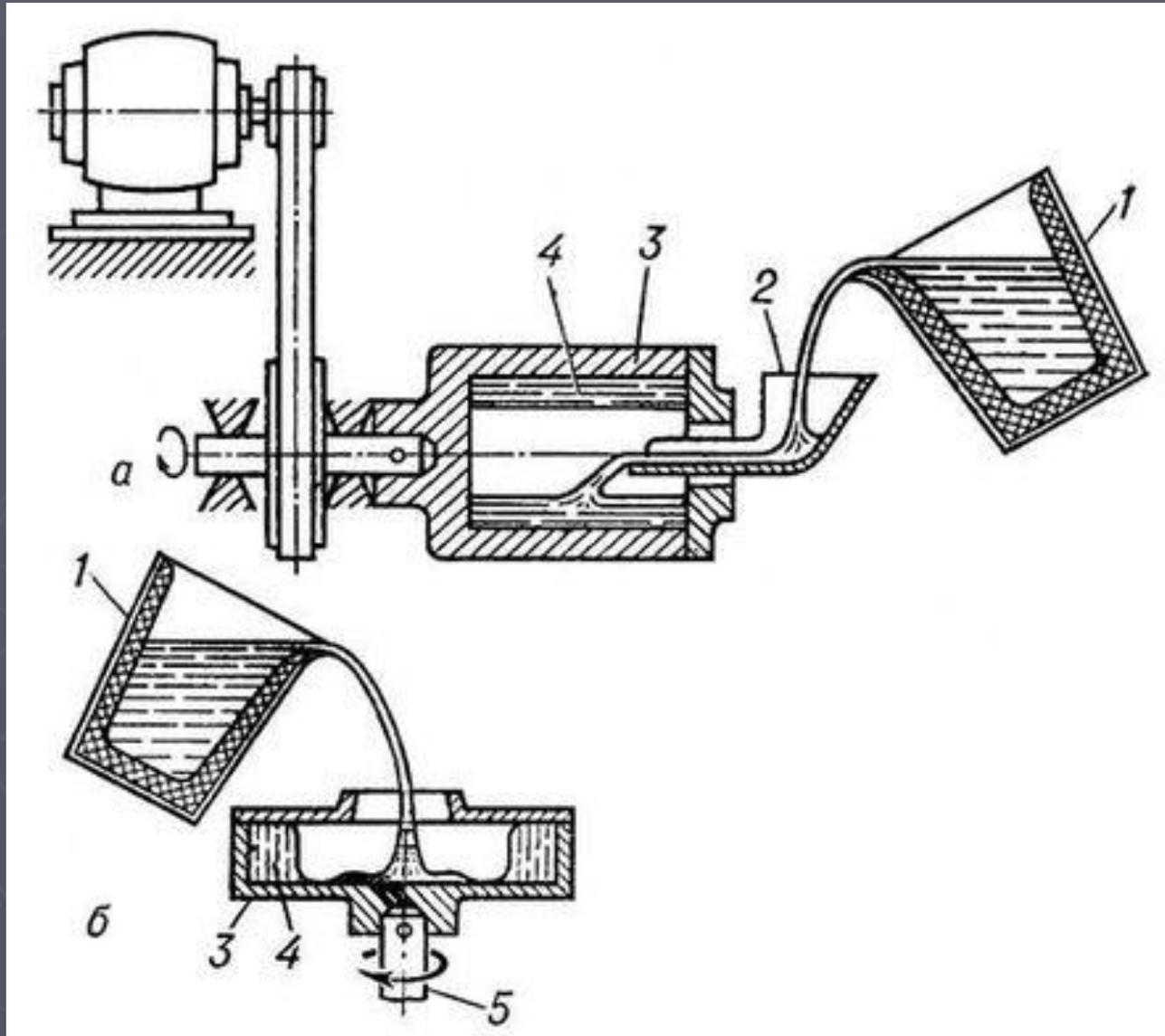
# Литье под давлением на машине с горячей камерой прессования



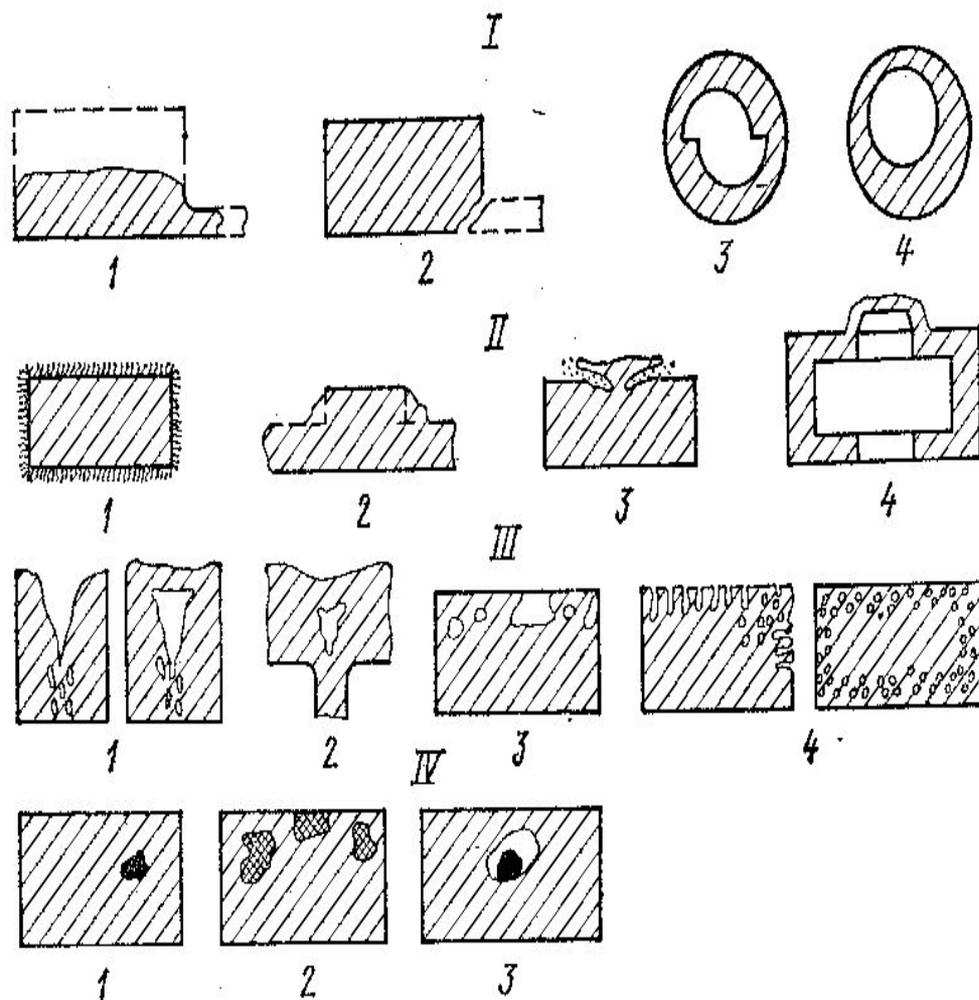
а – заполнение камеры прессования расплавом; б – запрессовка; в – раскрытие пресс-формы и выталкивание отливки;

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