

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БРЕСТСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к практическому занятию**

**« Проектирование заготовок, получаемых методом  
горизонтального непрерывного литья »**

**по дисциплине**

**« Проектирование и производство заготовок »**

**для студентов специальности Т.03.01.00 -**

**« Технология, оборудование и автоматизация машиностроения »**

**Брест 1999**

УДК 621.

В методических указаниях изложены принципы проектирования заготовок, получаемых методом горизонтального непрерывного литья. Содержание работы соответствует учебной программе дисциплины "Проектирование и производство заготовок". Методические указания предназначены для студентов специальности Т.03.01 "Технология, оборудование и автоматизация машиностроения" дневной и заочной формы обучения.

Составители: А. М. Левданский, старший преподаватель  
Я. В. Кудрицкий, старший преподаватель

Рецензент: Ю. И. Плющев, заместитель гл. инженера БМЗ, доцент

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы является практическое освоение проектирования заготовок, получаемых горизонтальным непрерывным и полунепрерывным литьем.

Данная практическая работа рассчитана на 4 академических часа.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Технологический процесс получения заготовок методом горизонтального непрерывного литья, в дальнейшем ГНЛ, представляет собой комплекс различных операций (схема. 1), обеспечивающих получение заготовок высокого качества. Такой метод, как горизонтальное литье является действительно непрерывным процессом. Для своего осуществления оно требует такой организации загрузки печи, плавнения, легирования, обработки расплава рафинирующими реагентами, которая могла обеспечить непрерывную подачу металла, начиная от заливки металла в металлоприемник и кончая непрерывным получением заготовок с их резкой, складированием и упаковкой.

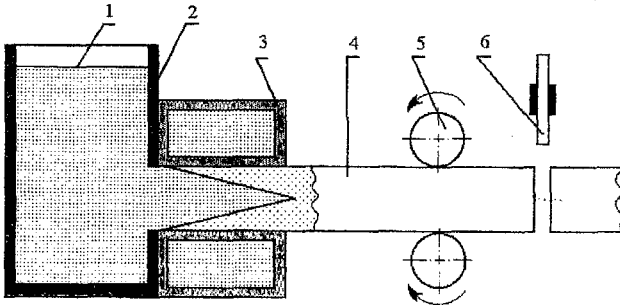


Рис. 1. Схема процесса горизонтального непрерывного литья

Метод горизонтального непрерывного литья (рис. 1) заключается в том, что жидкий металл 1, предварительно залитый из плавильной печи в металлоприемник 2, непрерывно поступает из него в водоохлаждаемую горизонтальную изложницу - кристаллизатор 3, который является центральным и самым главным формообразующим и теплообменным элементом машины горизонтального непрерывного литья, в дальнейшем МГНЛ. До того как начать литье в кристаллизатор вводится специальная конструкция - затравка, которая закрывает его открытое выходное отверстие и служит для охлаждения первой порции жидкого металла. По мере затвердевания и сцепления металла с затравкой она удаляется из кристаллизатора 3, увлекая за собой сформировавшийся слиток 4. Этот слиток периодически (вытягивание - остановка) извлекается из кристаллизатора

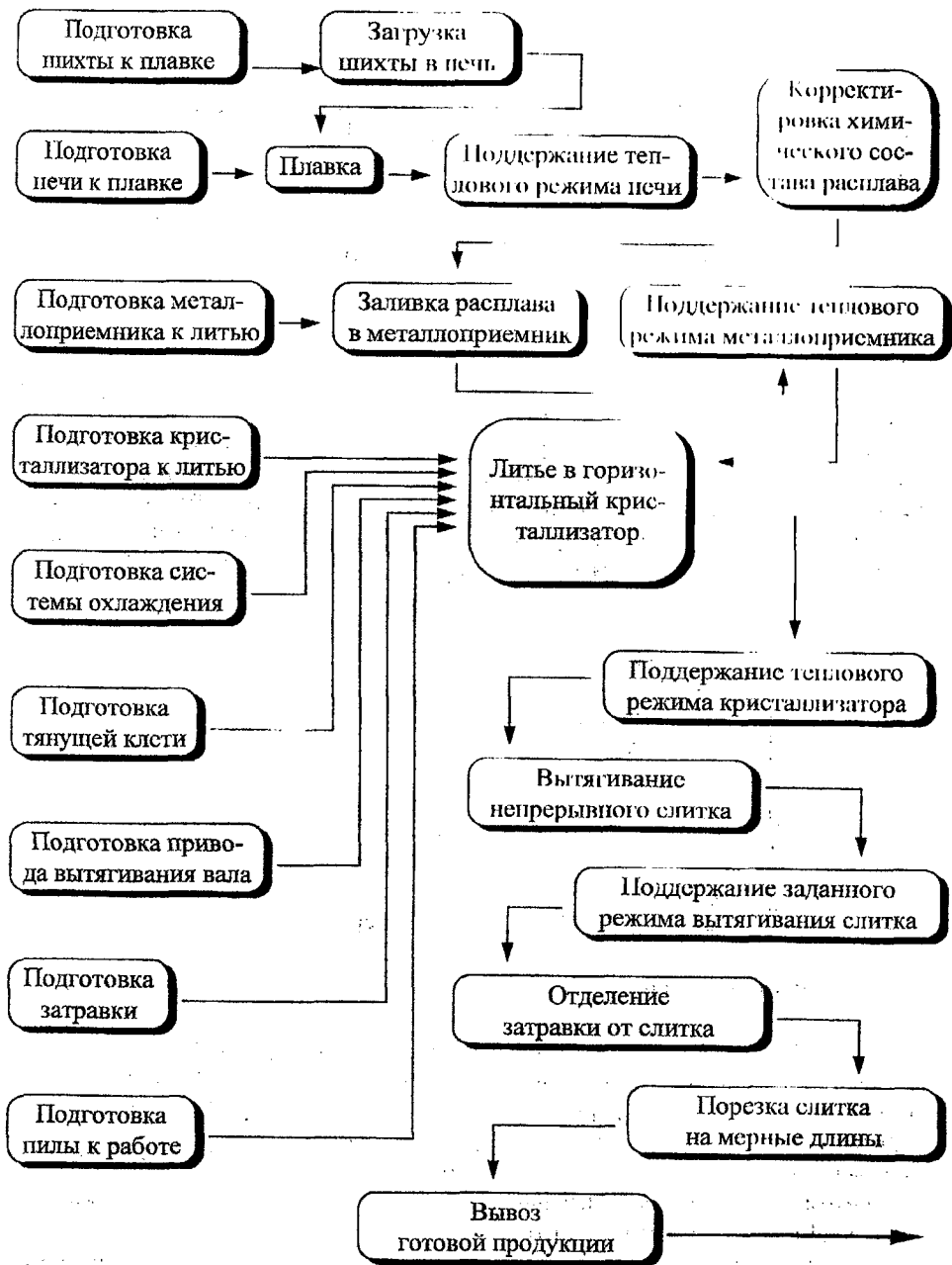


Схема 1. Структура технологического процесса горизонтального непрерывного литья

тянущейся клетью 5. То есть, одновременно идет заливка, затвердевание и вытягивание слитка из формы.

Этот процесс может идти непрерывно, а образующая в результате такого процесса отливка, пройдя тянущую клеть, разрезается пилой 6 на нужные размеры по ходу процесса. Заготовки, уже отрезанные, скатываются в специально для этого приготовленные поддоны, а затем перевозятся на склад готовой продукции предприятия. Все технологические операции контролируются системой управления. Схематически МНЛ показана на рис.2.

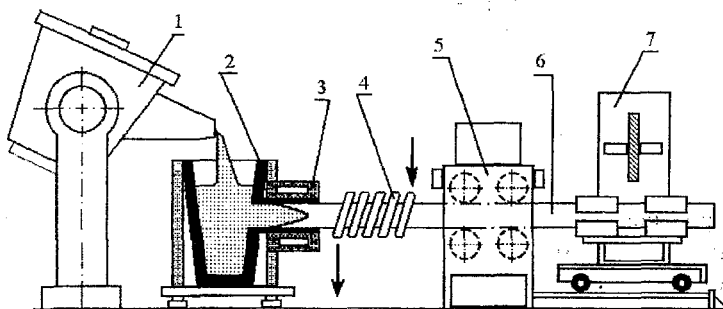


Рис. 2. Машина горизонтального непрерывного литья.

1 - плавильная печь; 2 - металлоприемник; 3 - кристаллизатор; 4 - устройство вторичного принудительного охлаждения; 5 - механизм вытягивания; 6 - отливаемая заготовка; 7 - механизм резки.

Существует деление кристаллизаторов. Их подразделяют:

- по способу установки - подвижные и неподвижные;
- по материалу рабочей вставки - графитовые и металлические;
- по количеству ручьев - одно- и многоручьевые;
- по расположению ручьев - одно- и двухручьевые;
- по конструкции охлаждающих корпусов - цельные и составные;
- по способу изготовления охлаждающих корпусов - сварные; литые, получаемые заливкой графитовой вставки; литые с последующей установкой графитовой вставки;
- по конфигурации наружной охлаждаемой поверхности вставки - круглые, прямоугольные, фасонные.

Длинные металлические подвижные кристаллизаторы совершают при литье возвратно-поступательные перемещения вдоль отливаемого слитка. Такие кристаллизаторы предотвращают приваривание металла к стенкам

кристаллизатора; улучшают качество поверхности отливки за счет меньшего трения и особых условий отвода тепла; способствует образованию мелкозернистой кристаллической структуры слитков. Но эти кристаллизаторы имеют более сложную конструкцию, недостаточную ее надежность, трудности с управлением. Именно из-за этих особенностей подвижные кристаллизаторы не получили широкого распространения.

Неподвижные короткие кристаллизаторы нашли наиболее широкое применение. Такая конструкция кристаллизатора позволяет периодически вытягивать слитки с высокой скоростью и малым шагом. Уменьшение шага и увеличение частоты вытягивания частоты вытягивания способствует образованию мелкозернистой кристаллической структуры слитка, повышению его механических свойств, улучшению качества поверхности, стабилизации процесса литья.

Наибольшее распространение получили кристаллизаторы с графитовыми вставками. При повышенных температурах графит обладает высокими плотностью и прочностью, термостойкости и теплопроводностью, низким коэффициентом трения и не смачивается расплавленными металлами. Графит легко обрабатывается.

Металлические вставки в кристаллизаторах выполняют из стали, молибдена, меди или бронзы. Для повышения качества поверхности слитков часто применяют смазку внутренней рабочей поверхности кристаллизаторы.

Одноручьевые кристаллизаторы используют при производстве заготовок большого сечения и сложного профиля. Многоручьевые одно- и двухрядные - при производстве простых и мелких заготовок.

Охлаждающий корпус предназначен для установки графитовой или металлической вставки, ее охлаждения и крепления всего кристаллизатора к металлоприемнику. Охлаждающие корпуса изготавливаются из стали, чугуна, меди. При литье сложных профилей заготовок и заготовок прямоугольного сечения с отношением сторон 2,5 и более применяют составные охлаждающие корпуса.

Материал заготовок, получаемых непрерывным литьем: алюминиевые, магниевые, медные сплавы, конструкционные углеродистые и низкоуглеродистые стали, чугуны.

Возможны следующие профили заготовок: круг, прямоугольник, многогранник, трубы, фасонный профиль.

Положительные свойства, которыми обладают отливки, полученные непрерывным литьем:

- высокая химическая однородность;
- стабильная, плотная, мелкозернистая структура без пор и раковин;
- повышенные механические свойства;
- незначительная анизотропия механических свойств;
- более высокий коэффициент использования металла.

В отливках не наблюдаются неметаллические включения, усадочная пористость, усадочные раковины.

Также существуют и недостатки метода ГНЛ:

- дополнительные плавильные печи, которые должны работать круглые сутки;
- ограниченность размеров слитков;
- ограниченность толщин стенки труб;
- трудность обеспечения надежной непрерывной смазки поверхности металлических кристаллизаторов.

Разработка технологии ГНЛ заключается в определении оптимальных параметров:

- температуры жидкого металла в металлоприемнике;
- скорости вытягивания заготовки;
- времени остановки;
- величины шага вытягивания;
- расход воды на охлаждение кристаллизатора.

Сложные связи между физическими свойствами металла, характеристиками систем слиток - кристаллизатор и переменными технологическими величинами, а также значительное разнообразие номенклатуры заготовок затрудняют выдачу общих рекомендаций по выбору оптимальных технологических режимов литья.

Тепловые параметры процесса ГНЛ определяются в основном конструкцией и материалом кристаллизатора и металлоприемника, а также условиями охлаждения отливки вне кристаллизатора. ГНЛ применяют для получения накладных направляющих станков, гильз, втулок, подшипников скольжения, валов и осей и пр. Целесообразно использовать этот метод в том случае, когда общая масса всех отливок превышает несколько тонн.

### 3. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ЗАГОТОВКИ

Разработка заготовки осуществляется в следующей последовательности:

- анализ технологичности конструкции детали, заготовки;
- выбор формы отливки;
- определение допусков, припусков, погрешностей формы отливки по ГОСТ 26645-85;
- формулирование технических требований на изготовление и приемку заготовки;
- оформление чертежа заготовки.

#### 3.1. Анализ технологичности конструкции детали, заготовки

По чертежу детали проверяют возможность получения заготовки, сравнивая размеры (с учетом припусков) и форму заданной детали с рекомендуемыми профилем и размерами заготовок, получаемых горизонтальным непрерывным литьем (табл. 1, рис. 3).

Если заготовку возможно получить непрерывным литьем, то следует определить степень сложности отливки (табл. 2, рис. 4).

Выбор формы отливки осуществляется на основании анализа технологичности. Например, если размеры пазов не удовлетворяют размерам пазов, указанных в примечаниях к табл. 1, то в отливке выполнять такие пазы не желательно.

### 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Проектирование заготовки, получаемой непрерывным литьем, рассмотрено на примере направляющей (рис. 5).

**Анализ технологичности конструкции детали, заготовки.** Конфигурация детали простая. Деталь имеет пазы, шириной более 30 мм. Максимальная толщина стенки в детали - 47,5 мм, минимальная толщина стенки - 22 мм. Разница в толщине стенок не превышает допустимую. Форма и размеры детали соответствуют форме и размерам заготовки, приведенной на рис. 3. Деталь имеет технологичную конструкцию.

Отношение габаритных размеров

$$120 / 180 = 0,66 > 0,5 .$$

Следовательно, степень сложности отливки - 3 (табл. 2).



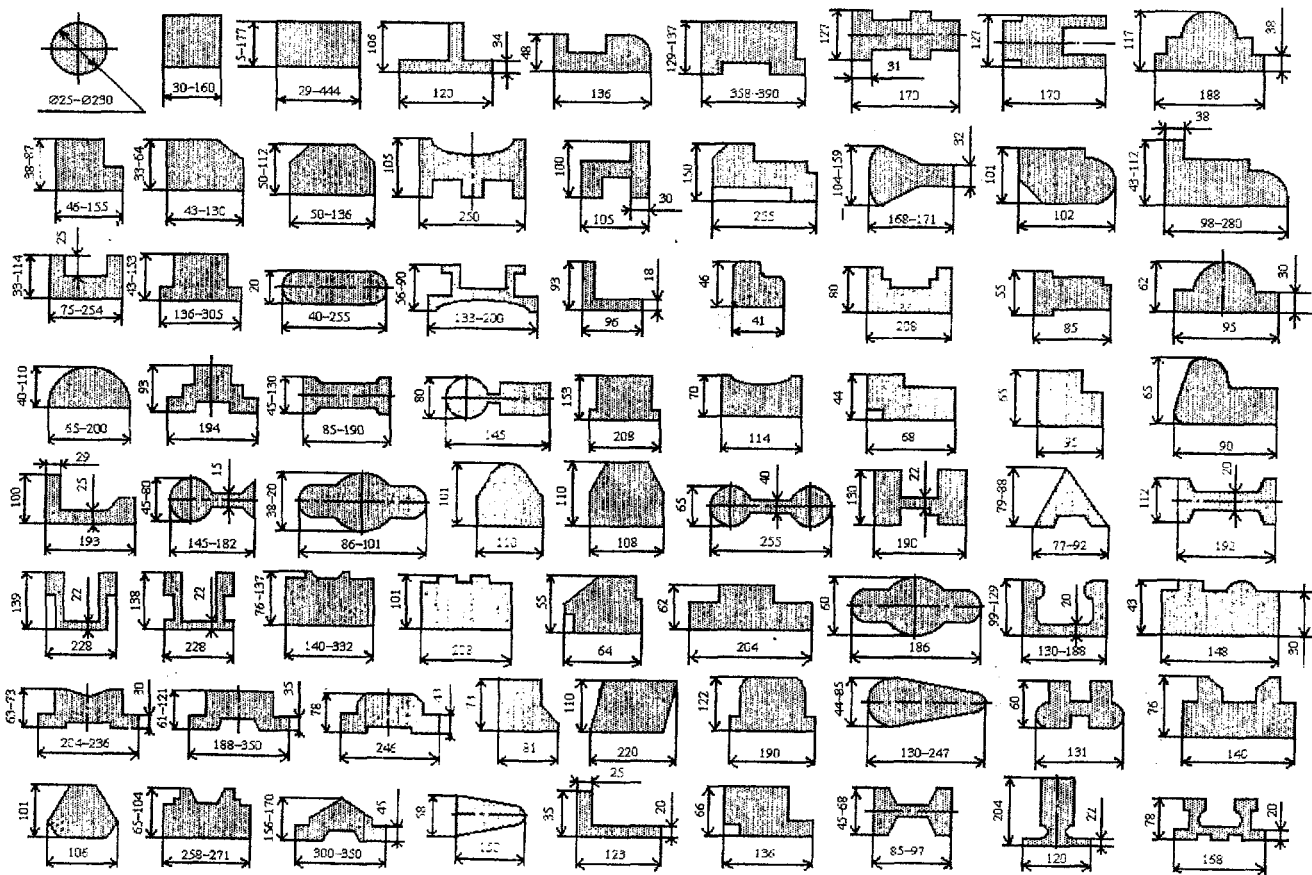
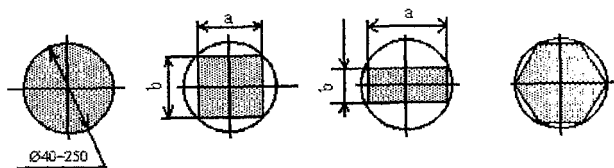
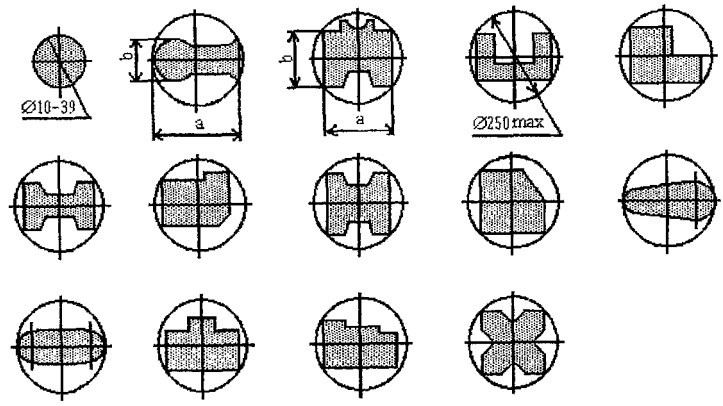


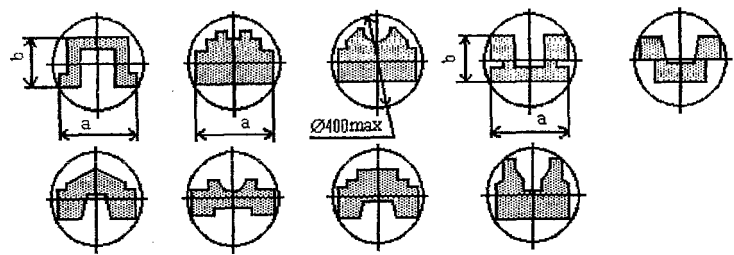
Рис. 3. Профили заготовок, получаемых методом ГНД.



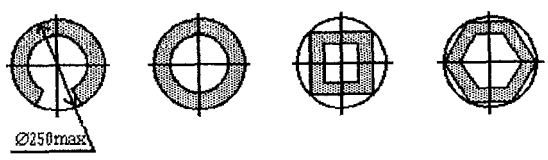
a)



б)



в)



г)

Рис. 4. Заготовки различной степени сложности

Материал отливки	Профиль поперечного сечения отливки				
	Круг	Труба	Прямоугольник	Многоугольник	Фасонный
Чугун	Ø25 ... Ø230 мм	наружный Ø10 ... 300 мм толщина стенки 4 ... 30 мм	15 ... 200 мм	Ø описанной окружности 30 ... 230 мм	Рис. 3
Сталь	Ø80 ... Ø200 мм	толщина стенки 15 - 20 % наружного Ø	80 ... 160 мм	Ø описанной окружности 80 ... 200 мм	
Медные сплавы	Ø30 ... Ø250 мм	толщина стенки 10 ... 40 мм	20 ... 250 мм	Ø описанной окружности 30 ... 250 мм	
Алюминиевые сплавы	Ø15 ... Ø300 мм	наружный Ø40 ... 300 мм минимальный Ø отверстия 30 мм, минимальная толщина стенки 10% от наружного Ø	20 ... 300 мм	Ø описанной окружности 20 ... 300 мм	
<p>Примечания: 1. В заготовке можно получить пазы при условии <math>s &gt; 30</math> мм или если <math>s &lt; 30</math> мм, то <math>d \leq s</math>; <math>S \leq s</math> (где <math>s</math> - ширина паза, <math>d</math> - глубина паза, <math>S</math> - толщина паза).</p> <p>2. Разница в толщине стенок в деталях с пазами и выступами не должна превышать 60 ... 80 мм.</p>					

**Определение конфигурации отливки.** Конфигурация отливки такая же, как и у детали.

V - образные пазы и отверстия в заготовке получаться не будут.

**Определение допусков, припусков, погрешностей формы отливки.** Допуски, припуски, погрешности формы определены по ГОСТ 26645-85 и сведены в табл. 3. Тип производства мелкосерийный.

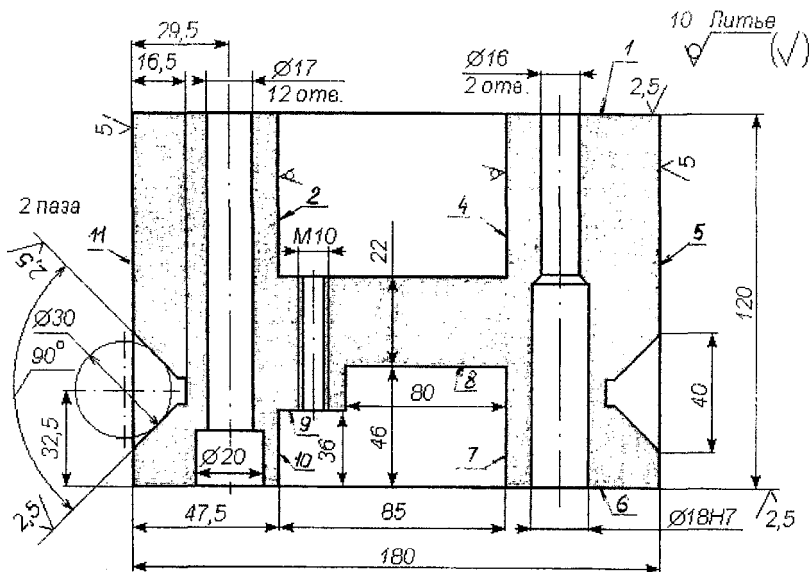


Рис.5.

Таблица 2

Распределение отливок по степени сложности

Степень сложности	Профиль					Соотношение сторон b : a	Примечание
	Круг	Прямоугольник	Многогранный	Фасонный	Пустотелый		
1	+	+	+			$\leq 0,5$	рис. 4 а;
2	+	+		+		$> 0,5$	рис. 4 б; фасонные отливки с выступами и пазами глубиной до 20 мм, шириной 20 ... 30 мм
3				+			рис. 4 в; выступы и пазы глубиной до 30 мм и больше и шириной до 20 мм и больше
4					+		рис. 4 г

При определении класса размерной точности, степени точности поверхности класса точности массы принят технологический процесс литья - литье в

Таблица 3

## Допуски, припуски и погрешности формы отливки

Обрабатываемые поверхности	11, 5	1, 6	9	10
Размер, мм	180	120	84	47,5
Допуск размера детали, мм	1,15	0,87	0,87	0,62
Шероховатость, мкм	Ra 5 Ra 5	Ra 2,5 Ra 5	Ra 2,5	Ra 2,5
Допуск формы и расположения обработанной поверхности, мм	$1,15 \cdot 0,5 = 0,575$	$0,87 \cdot 0,5 = 0,435$	$\perp 0,016$	$\perp 0,016$
Класс размерной точности	9т - 13 Принято 12			
Допуск размера отливки, мм (предельные отклонения)	7,0 ( $\pm 3,5$ )	6,4 ( $\pm 3,2$ )	5,6 ( $\pm 2,8$ )	5,0 ( $\pm 2,5$ )
Степень коробления элементов отливки	5 - 8 Принято 5			
Допуск формы и расположения элементов отливки, мм	5,0	5,0	5,0	5,0
Общий допуск, мм	$10 \cdot 0,5 = 5$	$9 \cdot 0,5 = 4,5$	9,0	8,0
Соотношение между допусками размера детали и отливки	$\frac{1,15}{7,0} = 0,164$	$\frac{0,87}{6,4} = 0,136$	$\frac{0,87}{5,6} = 0,156$	$\frac{0,62}{5,0} = 0,124$
Соотношение между допусками формы и расположения поверхности детали и отливки	$\frac{0,575}{5,0} = 0,115$	$\frac{0,435}{5,0} = 0,087$	$\frac{0,016}{5,0} = 0,0032$	$\frac{0,016}{5,0} = 0,0032$
Вид окончательной механической обработки	черновая черновая	получистовая черновая	чистовая	чистовая
Степень точности поверхности	12 - 19 Принято 17			
Шероховатость поверхностей отливки, мкм	Ra 80			
Ряд припуска	9			
Припуск, мм	4,0 4,0	5,5 4,0	9,8	9,8
Размеры отливки, мм	$188 \pm 3,5$	$129,5 \pm 3,2$	$99,3 \pm 2,8$	$61,3 \pm 2,5$
Класс точности массы	7т - 14 Принято 13т			

облицованный кокиль. Наибольший габаритный размер отливки от 1600 до 4000 мм.

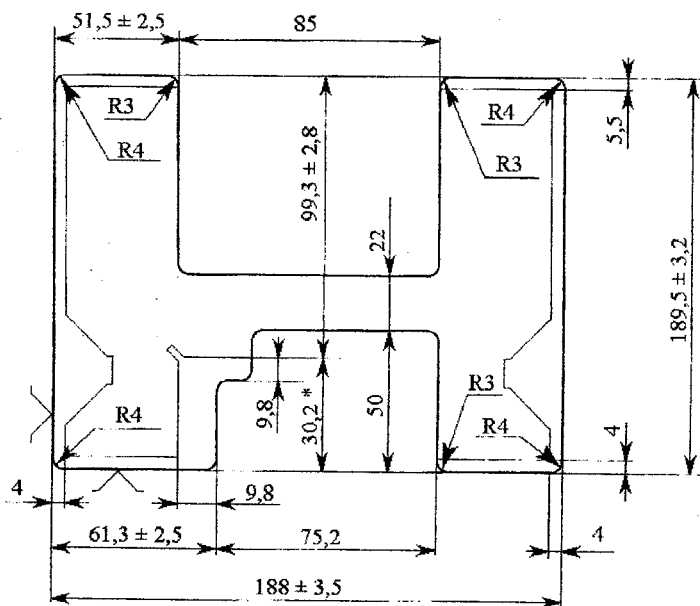
Отношение наименьшего размера элемента отливки к наибольшему

$$\frac{(32+10)}{2000} = 0,021.$$

Вид окончательной механической обработки для поверхности 1 выбран в соответствии с шероховатостью этой поверхности. Кроме того, поверхность 1 будет использована в качестве чистой базы при обработке поверхностей 9 и 10.

Значения припусков взяты при среднем уровне точности обработки.

На рис. 6 показан чертеж заготовки.



1. НВ 163 $\alpha$ ...2290, мПа
2. Точность отливки 12 -5-17-13т ГОСТ 26645 - 85.
3. Неуказанные радиусы закруглений 5 мм.
4. Отклонения от прямолинейности не более 5 мм.
5. Отклонения от плоскостности не более 5 мм.
6. \* - размер для справок.
7. V - Черновые базы.

Рис. 6.

## 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Провести анализ технологичности детали.
2. Определить форму поперечного сечения отливки.
3. Определить допуски размеров, припуски погрешности формы, размеры отливки.
4. Вычертить чертеж детали

## 7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы.
2. Чертеж детали.
3. Анализ технологичности конструкции детали.
4. Определение допусков размеров, припусков, погрешности формы, размеров отливки.
5. Чертеж детали.

## 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сущность технологического процесса получения заготовок методом непрерывного или полунепрерывного литья
2. Какие кристаллизаторы используются в машинах горизонтального литья ?
3. Какие материалы можно отливать методом непрерывного литья ? Какой профиль заготовки можно получить ?
4. Достоинства и недостатки метода непрерывного литья.

## Литература

1. Специальные способы литья: Справочник / В. А. Ефимов, Г. А. Анисович, В. Н. Бабич и др.; Под общ. Ред. В. А. Ефимова. - М.: Машиностроение, 1191. - 430 с.
2. ГОСТ 26645 - 85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.

Вариант	Размер, мм					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
1	150	190h6	80	230	180	40
2	195	250h6	105	300	234	52
3	130	165h6	70	200	156	35
4	85	110h6	46	130	100	25

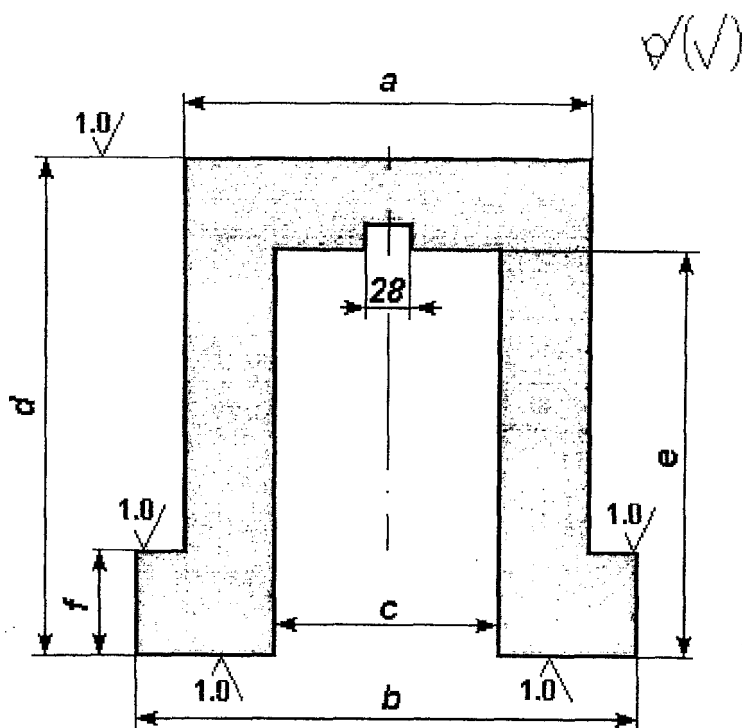


Рис. 7.



Вариант	Размер, мм					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
1	350h7	170	120	50	250	240
2	270h6	130	90	40	190	185
3	225h7	108	75	30	160	150
4	180h7	90	60	20	130	120

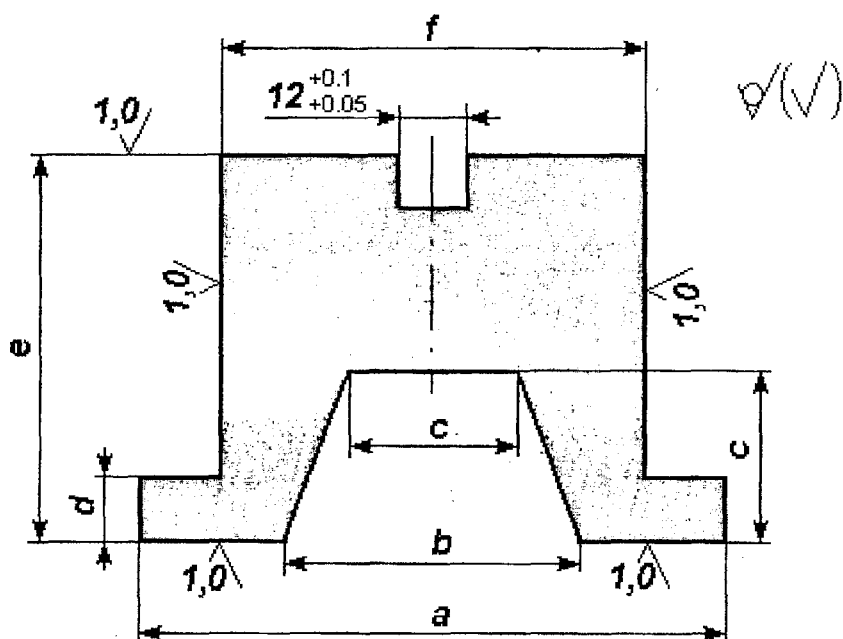


Рис. 8

Вариант	Размер, мм					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
1	230	180	105	210	25	55
2	165	130	75	150	18	40
3	320	180	105	295	35	80
4	250	150	85	245	30	65

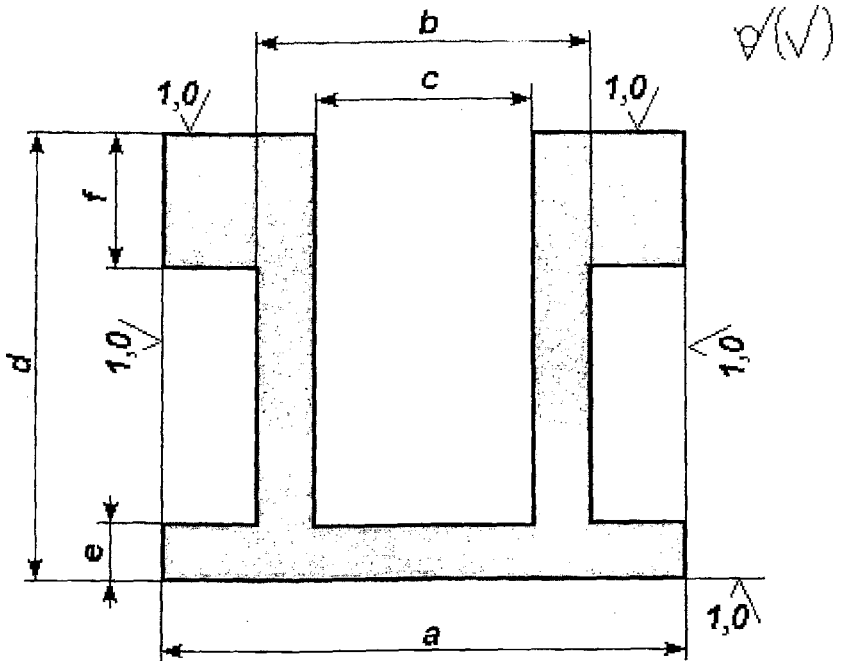


Рис. 9.

Вариант	Размер, мм					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
1	120	100h6	80	20	25	50
2	100	80h7	65	16	20	40
3	150	120	100	25	30	65
4	210	170	150	35	48	100

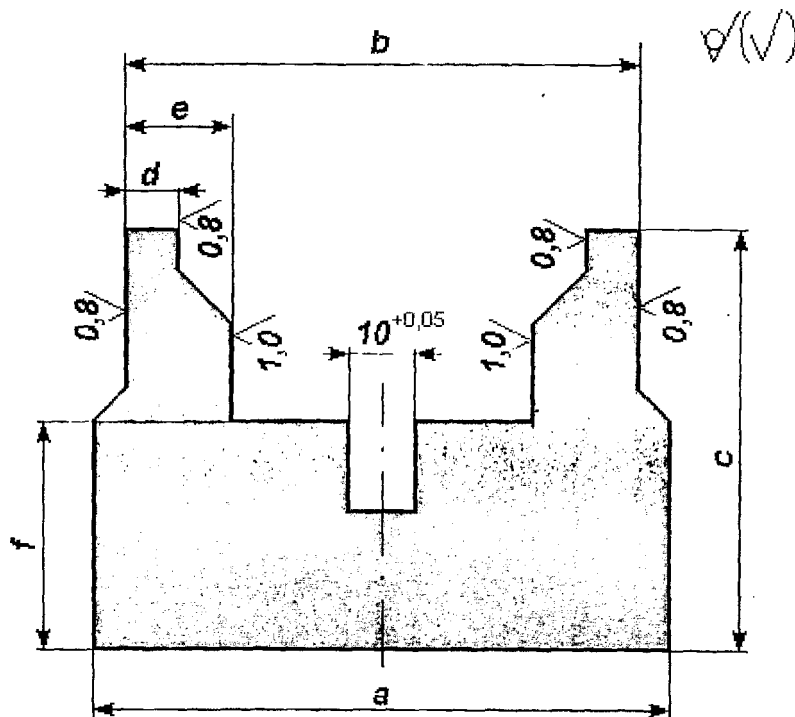


Рис. 10.

Вариант	Размер, мм					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
1	250h6	180	120	210	90	27
2	300h6	215	145	250	95	25
3	210h6	150	100	175	75	25
4	175h6	125	80	140	50	18h6

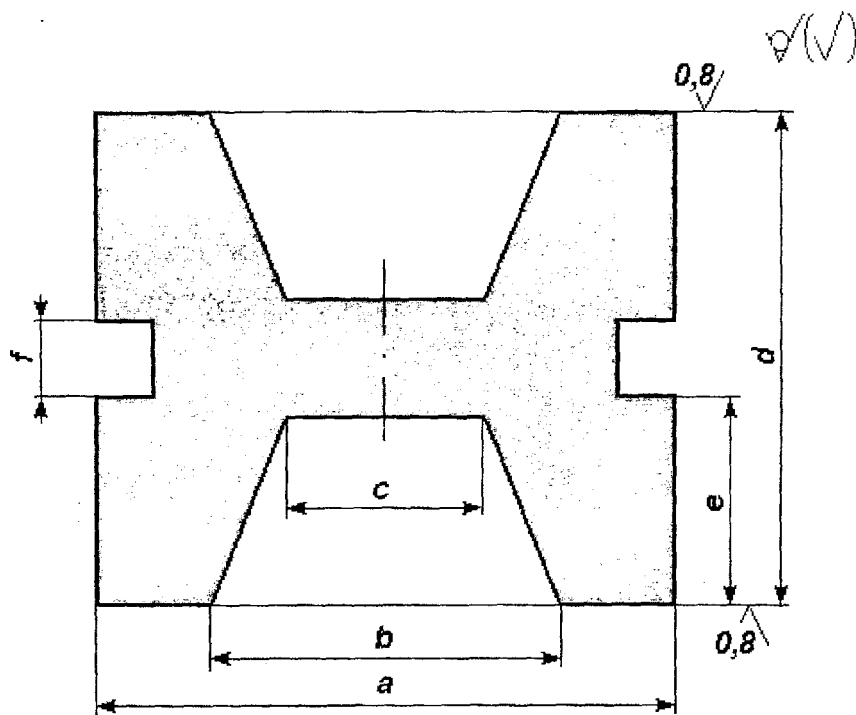


Рис. 11.

Вариант	Размер, мм					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
1	290h6	150	180	190	160	67
2	350h6	180	216	230	190	80
3	200h6	102	125	130	110	45
4	150h6	78	96	100	85	35

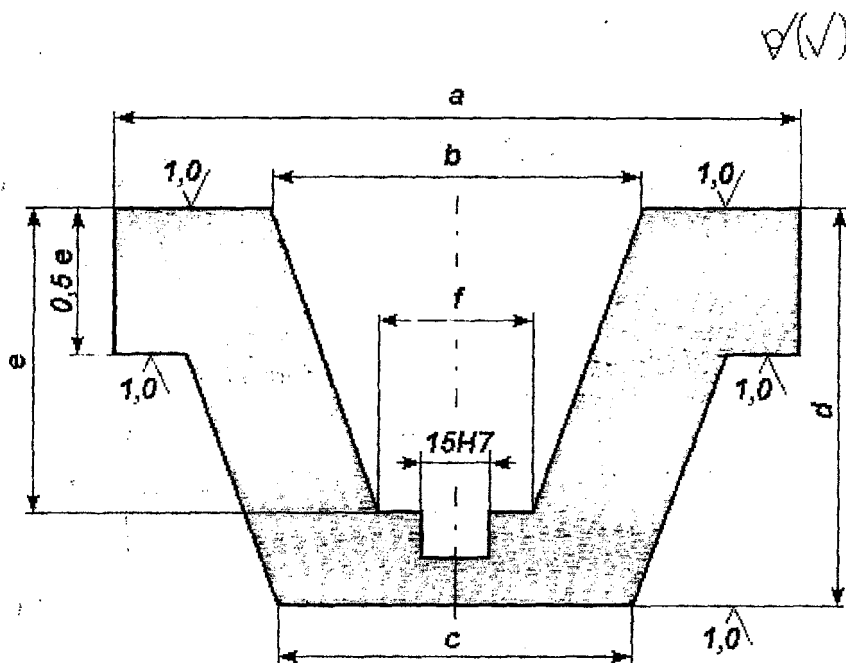


Рис. 12.

Вариант	Размер, мм					
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
1	167h7	105	135h7	115	130	48
2	384h6	240	310h7	265	300	110
3	320h6	200	260h7	220	250	90
4	190h6	117	153h7	130	150	53

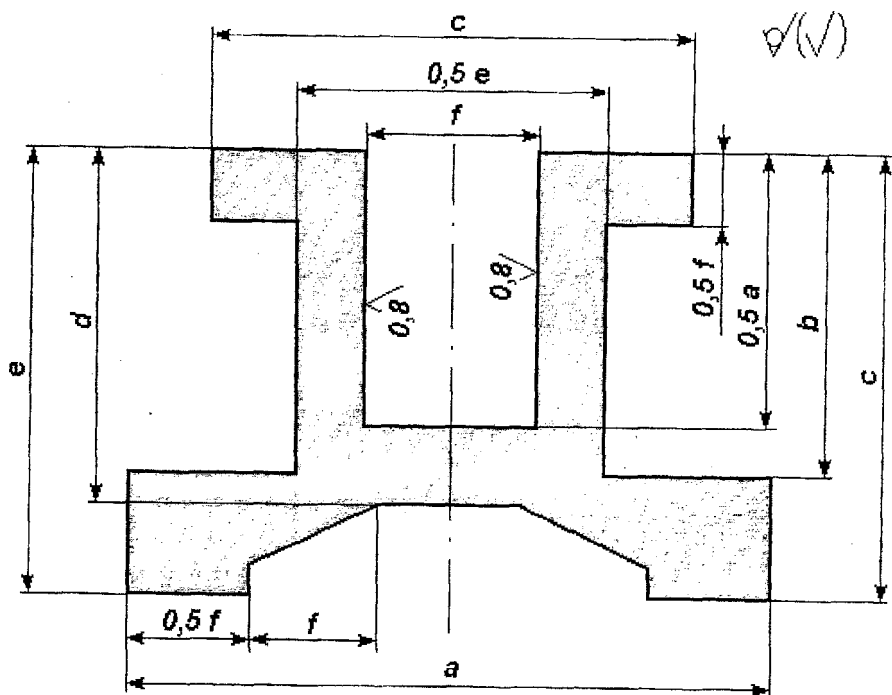


Рис. 13.

Учебное издание

Составители: Левданский Алексей Маратович  
Кудрицкий Ярослав Владимирович

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическому занятию по дисциплине  
"Проектирование и производство заготовок"

"ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ  
ГОРИЗОНТАЛЬНОГО НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ"

Для студентов специальности Т.03.01

Ответственный за выпуск: А. М. Левданский  
Редактор: Строкач Т. В.

Подписано к печати 25.11.99г. Формат 60x84 1/16. Бумага писчая  
Гарнитура Таймс. Усл. п. л. 1,4. Уч. изд. 1,5. Тираж 150 экз.  
Заказ № 739 Бесплатно. Отпечатано на ризографе Брестского  
политехнического института. 224017, Брест, ул. Московская, 267