

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий практикум содержит основные положения по проектированию штампованных поковок, изготавливаемых в открытых штампах с использованием штамповочных молотов и прессов. В нем приведены необходимые методические указания, справочные материалы, пример проектирования поковки с выбором исходной заготовки для нее, задания с вариантами контрольных и практических работ. Практикум предназначен для студентов заочной и дневной формы обучения для углубления теоретических знаний и приобретения практических навыков проектирования штампованных поковок и выбора исходных заготовок для получения их в открытых штампах, а также для технологов механических и заготовительных цехов машиностроительных предприятий.

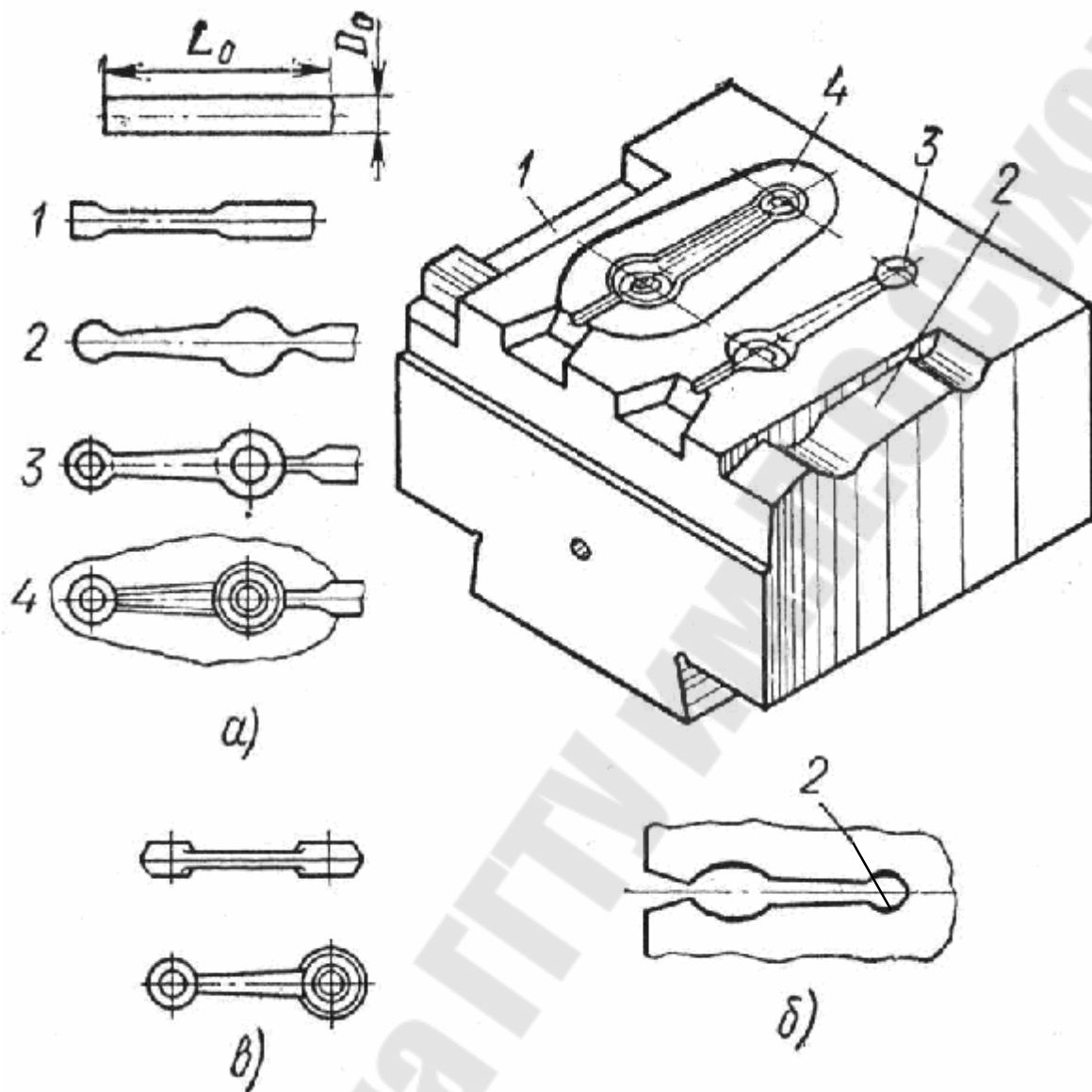


Рис. 1 – Много ручьевой штамп для открытой штамповки поковки для шатуна:

- а) изменения исходной заготовки в ручьях;
- б) вид сбоку на подкатной ручей;
- в) поковка шатуна.

1. Основные термины, определения и методические указания.

Поковка – это заготовка, полученная путем применения одного из методов обработки металла давлением (ОМД).

Штампованная поковка – поковка, полученная в штампе.

Штамп (см. рис.1) – специальный инструмент, используемый для изготовления достаточно большого количества поковок (при массовом или серийном выпуске изделий) путем деформирования исходной заготовки (ИЗ) рабочей поверхностью, специально изготовленной для конкретной поковки.

Различают штампы для листовой и объемной штамповки. Листовой штамповкой изготавливают плоские и пространственные листоштампованные заготовки (штамповки) с толщиной основных элементов, мало отличающимися от толщины ИЗ (листа, полосы). Штампы для листовой штамповки обычно состоят из неподвижной матрицы и подвижного пуансона (см. [1, с. 151...175] [2, с. 4...78]).

Объемной штамповкой получают поковки из сортового проката или предварительно подготовленных ИЗ, которые могут быть простыми (мерные заготовки из сортового проката) или фасонными (с переменным сечением, полученным литьем, ковкой, обработкой резанием и т.д.), при заполнении рабочей полости штампа основным металлом, приобретающим форму и размеры этой полости.

Основной металл – металл ИЗ.

Штампы для объемной штамповки могут быть открытыми (дающую поковку с облоем - заусенцем) и закрытыми (безоблойная штамповка) (см. [1, с. 120...125]).

Наиболее производительная и распространенная штамповка на молотах в открытых штампах.

Проектирование поковки выполняют с использованием рабочего чертежа (эскиза) детали, которая будет получена из поковки последующей механической обработкой на металлорежущем оборудовании, в такой последовательности:

1. Определение исходных данных для проектирования поковки таких, как штамповочное оборудование, поверхность разъема, вид штампа, способ нагрева ИЗ, химический состав основного материала, масса детали (равная произведению объема детали на плотность).

2. Выделение исходных данных для определения припусков, допусков и напусков на поверхностях поковки таких как: предполагае-

мая масса поковки, класс точности, степень сложности, конфигурация поверхности разъема, исходный индекс (см. [3, табл.1,2]).

3. Определение припусков, допусков, напусков (см. [3, п. 4...6]).

4. Определение размеров поковки, допусков и технических требований (см. [3, приложение 6]).

5. Определение переходов штамповки (см. [5, с. 155...172]).

6. Определение размеров исходной заготовки (см. [5, с. 172-177]).

При выполнении пунктов 2...4 кроме таблиц из [3] можно пользоваться нормативными данными, приведенными на рис.4, и из таблиц 2...8, которые по содержанию и нумерации совпадают с таблицами [3].

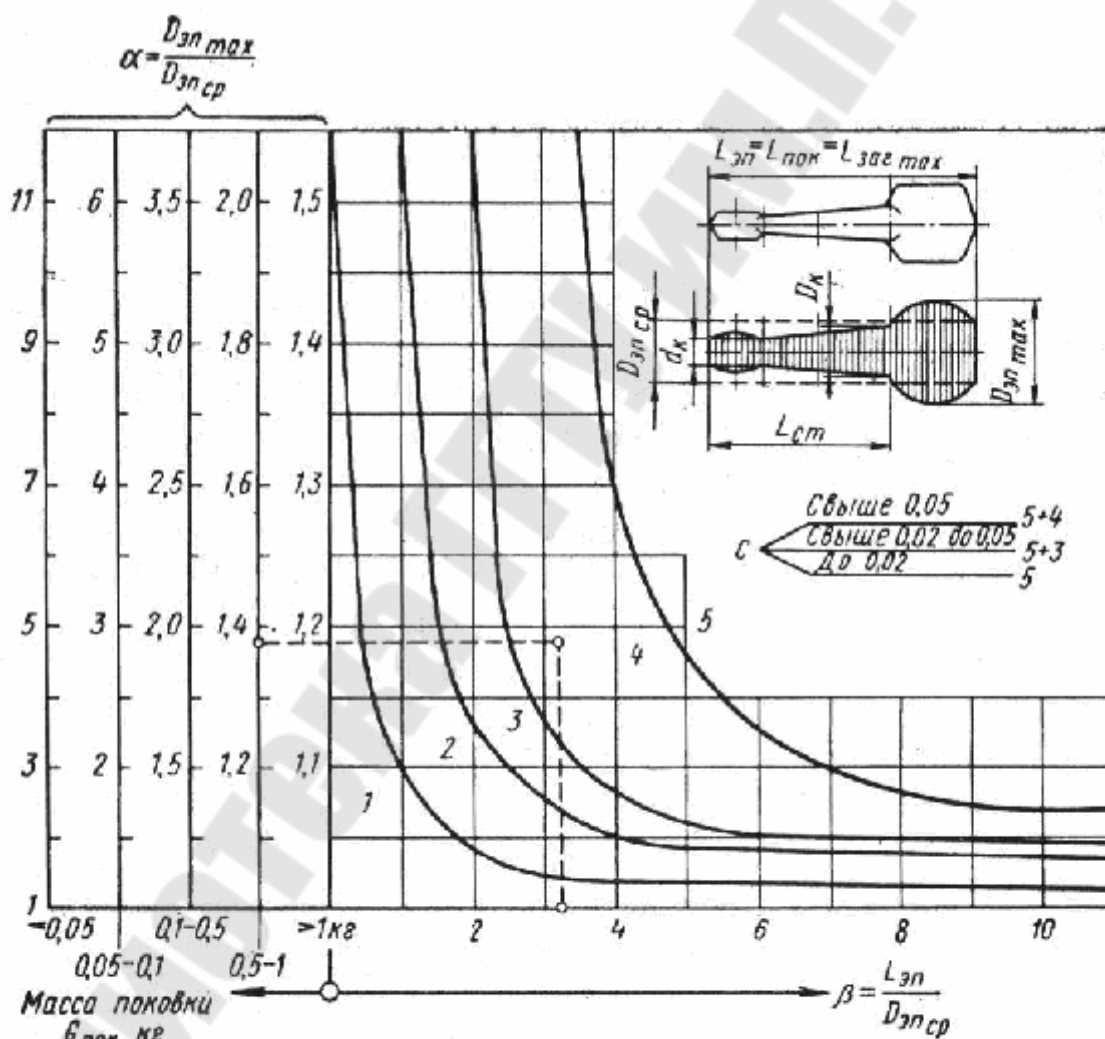


Диаграмма выбора заготовительных ручьев штампов

1 — без подготовительных ручьев; 2 — с пережимным; 3 — с подкатным открытым; 4 — с подкатным закрытым; 5 — с протяжным и комбинацией подкатного и протяжного (по А. В. Ребельскому)

Рис. 2 – Диаграмма Ребельского

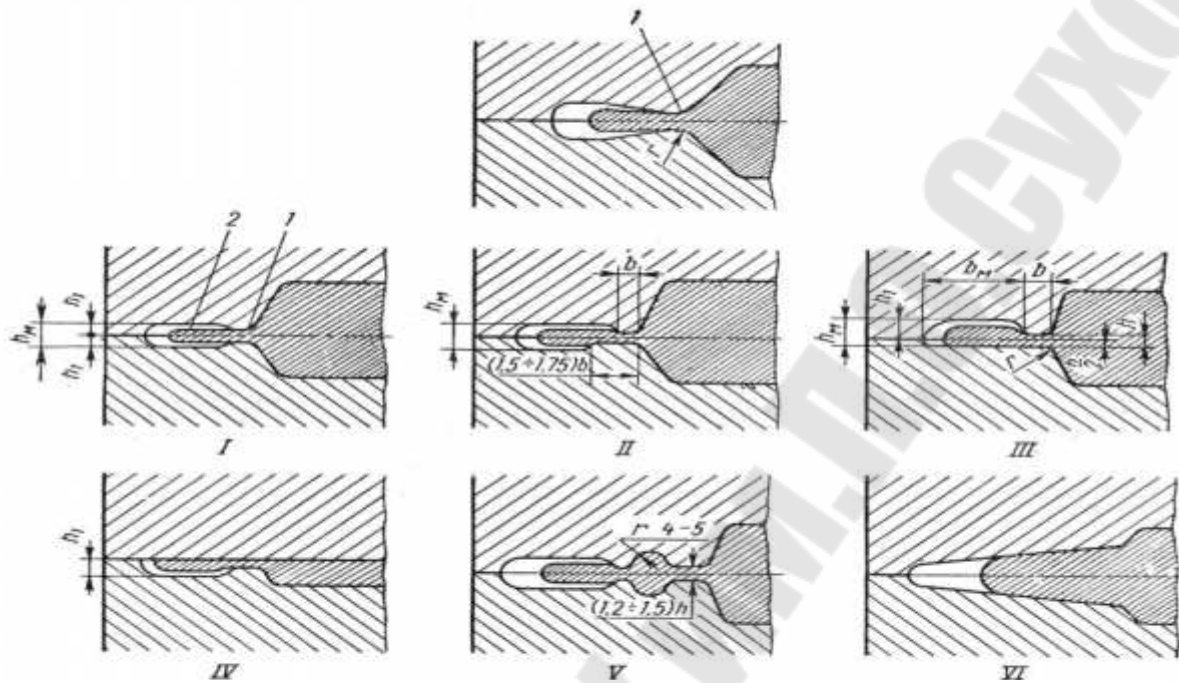


Рис. 3 – Формы канавок для заусенцев у молотовых штампов

1 – мостик; 2 – магазинная часть заусенца; r – радиус перехода от поковки к заусенцу;
 b – ширина мостика; h – толщина заусенца по мостику

Размеры канавок для заусенцев

Таблица 1

Порядковый номер канавки	Размеры канавки по высоте		Радиус r при глубине ручья			При штамповке								
						осаживанием			выдавливанием в неглубокую полость			выдавливанием в глубокую полость		
	h	h_M	до 20	20-40	Свыше 40	b	b_M	S_K	b	b_M	S_K	b	b_M	S_K
1	0,6	3	1	1,0	1,5	6	18	52	6	20	61	8	22	74
2	0,8	3	1	1,5	1,5	6	20	69	7	22	77	9	25	84
3	1	3	1	1,5	2,0	7	22	80	8	25	91	10	28	104
4	1,6	3,5	1	1,5	2,0	8	22	102	9	25	113	11	30	155
5	2	4	1,5	2,0	2,5	9	25	136	10	28	153	12	32	177
6	3	5	1,5	2,0	2,5	10	28	201	12	32	233	14	38	278
7	4	6	2	2,5	3,0	11	30	268	14	38	344	16	42	385
8	5	7	2	2,5	3,0	12	32	343	15	40	434	18	46	506
9	6	8	2,5	3,0	3,5	13	35	435	16	42	530	20	50	642
10	8	10	3	3,5	4,0	14	38	601	18	46	745	22	55	903
11	10	12	3	3,5	4,0	15	40	768	20	50	988	25	60	1208

Выбор класса точности поковок

Основное деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипные горячештаповочные прессы					
открытая (облочная) штамповка				+	+
закрытая штамповка		+	+		
выдавливание			+	+	
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Горячештаповочные автоматы		+	+		
Штаповочные молоты				+	+
Калибровка объемная (горячая и холодная)	+	+			
Прецизионная штамповка	+				

Приложение 2

Степень сложности поковок

Степень сложности определяют путем вычисления отношения массы (объема) G_p поковки к массе (объему) G_Φ геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром с перпендикулярными к его оси торцами или прямой правильной призмой.



При вычислении отношения G_p/G_Φ принимают ту из геометрических фигур, масса (объем) которой наименьше.

При определении размеров описывающей поковку геометрической фигуры допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение ее обработанных поверхностей.

Степень сложности поковок соответствуют следующие численные значения отношения G_p/G_Φ :

C1-св. 0,63

C2- св. 0,32 до 0,63 включ.

C3- св. 0,16 до 0,32 »

C4- до 0,16

Рис. 4 – Информация из ГОСТ 7505-89 для определения класса точности и степени сложности поковки

Таблица 2

Определение исходного индекса

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки					Исходный индекс	
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5		
До 0,5 вкл.														1
Св. 0,5 до 1,0'														2
' 1,0 ' 1,8 '														3
' 1,8 ' 3,2 '														4
' 3,2 ' 5,6 '														5
' 5,6 ' 10,0 '														6
' 10,0 ' 20,0 '														7
' 20,0 ' 50,0 '														8
' 50,0 ' 125,0 '														9
'125,0 '250,0'														10
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
														21
														22
														23

Таблица 3

Основные припуски на механическую обработку (на сторону), мм

Исходный индекс	Толщина детали																																			
	до 25		25-40		40-63		63-100		100-160		160-250		св. 250																							
	Длина, ширина, диаметр, глибина и высота детали																																			
100 12,5 V	1,25 V	1,6 V	до 40		100-160		160-250		250-400		400-630		630-1000		1000-1600		1600-2500																			
			10 12,5	1,25 1,6	10 12,5	1,25 1,6	10 12,5	1,25 1,6	10 12,5	1,25 1,6	10 12,5	1,25 1,6	10 12,5	1,25 1,6	10 12,5	1,25 1,6	10 12,5	1,25 1,6	10 12,5	1,25 1,6																
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	—	—	—	—	—	—															
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	—	—	—	—														
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	—	—	—	—											
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	—	—	—	—	—	—									
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7			
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	3,3		
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	3,3	3,5		
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	3,8	4,1	
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	4,1	4,7	
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	2,6	3,2	3,5	3,8	4,1	4,7	
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	4,1	4,7	5,1	
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	2,6	3,2	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	5,1	5,6	
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1	
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	9,1	
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	9,1	9,6	10,0	10,5	
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	9,1	9,6	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	9,1	9,6	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	9,1	9,6	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	9,1	9,6	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	9,1	9,6	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	9,1	9,6	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	9,1	9,6	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5

Таблица 4

Смещение по поверхности разъема штампов

Масса поковки, кг	Припуски для классов точности, мм							
	Плоская поверхность разъема (П)							
	T1	T2	T3	T4	T5			
	Изогнутая симметрично поверхность разъема (Ис)							
		T1	T2	T3	T4	T5		
		Изогнутая несимметрично поверхность разъема (Ин)						
		T1	T2	T3	T4	T5		
До 0,5 включ.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
Св. 0,5 до 1,0 »			0,2	0,2	0,3	0,4		
» 1,0 » 1,8 »	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5
» 1,8 » 3,2 »			0,3	0,4	0,5	0,6		
» 3,2 » 5,6 »	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,6
» 5,6 » 10,0 »			0,4	0,5	0,6	0,7		
» 10,0 » 20,0 »	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,7
» 20,0 » 50,0 »			0,5	0,6	0,7	0,8		
» 50,0 » 125,0 »	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8
» 125,0 » 250,0 »			0,6	0,7	0,8	0,9		

Таблица 5

Изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности в мм

Наибольший размер поковки	Припуски для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 включ.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Св. 100 » 160 »	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
» 160 » 250 »	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
» 250 » 400 »	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
» 400 » 630 »	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
» 630 » 1000 »	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
» 1000 » 1600 »	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
» 1600 » 2500 »	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0

Отклонения межосевого расстояния, мм

Таблица 6

Расстояние между центрами, осями	Припуски для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 60 включ.	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
» 60 » 100 »	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
» 100 » 160 »	0,2	0,2	0,3	0,5	0,8
» 160 » 250 »	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2
» 250 » 400 »	0,3	0,5	0,8	1,2	1,6
» 400 » 630 »	0,5	0,8	1,2	1,6	2,0
» 630 » 1000 »	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5
» 1000 » 1600 »	1,2	1,6	2,0	2,5	4,0
» 1600 » 2500 »	1,6	2,0	2,5	4,0	6,0

Таблица 7

Масса поковки, кг	Минимальная величина радиусов закругления, мм, при глубине полости ручья штампа, мм			
	до 10 включ.	10-25	25-50	св. 50
До 1,0 включ.	1,0	1,6	2,0	3,0
Св. 1,0 » 6,3 »	1,6	2,0	2,5	3,6
» 6,3 » 16,0 »	2,0	2,5	3,0	4,0
» 16,0 » 40,0 »	2,5	3,0	4,0	5,0
» 40,0 » 100,0 »	3,0	4,0	5,0	7,0
» 100,0 » 250,0 »	4,0	5,0	6,0	8,0

Таблица 8

Допуски и допускаемые отклонения размеров поковок, мм

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки																	
	до 40		40-63		63-100		100-160		160-250		св. 250							
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки																	
	до 40		40-100		100-160		160-250		250-400		400-630		630-1000		1000-1600		1600-2500	
1	0,3	+0,2 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,5	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	—	—	—	—	—	—
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	—	—	—	—
4	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	—	—	—	—
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	—	—
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
12	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки									
	до 40	40-63	63-100	100-160	160-250	св. 250				
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки									
	до 40	40-100	100-160	160-250	250-400	400-630	630-1000	1000-1600	1600-2500	
13	2,2 +1,4 -0,8	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -1,2	4,0 +2,7 -1,3	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	
14	2,5 +1,6 -0,9	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -1,2	4,0 +2,7 -1,3	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	
15	2,8 +1,8 -1,0	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -1,2	4,0 +2,7 -1,3	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	7,1 +4,7 -2,4	
16	3,2 +2,1 -1,1	3,6 +2,4 -1,2	4,0 +2,7 -1,3	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	7,1 +4,7 -2,4	8,0 +5,3 -2,7	
17	3,6 +2,4 -1,2	4,0 +2,7 -1,3	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	7,1 +4,7 -2,4	8,0 +5,3 -2,7	9,0 +6,0 -3,0	
18	4,0 +2,7 -1,3	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	7,1 +4,7 -2,4	8,0 +5,3 -2,7	9,0 +6,0 -3,0	10,0 +6,7 -3,3	
19	4,5 +3,0 -1,5	5,0 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	7,1 +4,7 -2,4	8,0 +5,3 -2,7	9,0 +6,0 -3,0	10,0 +6,7 -3,3	11,0 +7,4 -3,6	
20	5,0 +3,3 -1,7	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	7,1 +4,7 -2,4	8,0 +5,3 -2,7	9,0 +6,0 -3,0	10,0 +6,7 -3,3	11,0 +7,4 -3,6	12,0 +8,0 -4,0	
21	5,6 +3,7 -1,9	6,3 +4,2 -2,1	7,1 +4,7 -2,4	8,0 +5,3 -2,7	9,0 +6,0 -3,0	10,0 +6,7 -3,3	11,0 +7,4 -3,6	12,0 +8,0 -4,0	13,0 +8,6 -4,4	
22	6,3 +4,2 -2,1	7,1 +4,7 -2,4	8,0 +5,3 -2,7	9,0 +6,0 -3,0	10,0 +6,7 -3,3	11,0 +7,4 -3,6	12,0 +8,0 -4,0	13,0 +8,6 -4,4	14,0 +9,2 -4,8	
23	7,1 +4,7 -2,4	8,0 +5,3 -2,7	9,0 +6,0 -3,0	10,0 +6,7 -3,3	11,0 +7,4 -3,6	12,0 +8,0 -4,0	13,0 +8,6 -4,4	14,0 +9,2 -4,8	16,0 +10,0 -6,0	

При выполнении пункта 5 следует использовать информацию, данную на рис.2, рис.3 и в таблице 1.

2. Пример проектирования поковки

Опора (рис.5)

Исходные данные для проектирования: штамповочное оборудование – паровоздушный молот; нагрев заготовки – индукционный.

1. Исходные данные по детали.

1.1. Материал – сталь 20ХН4ФА (по ГОСТ 4543)

0,17 ... 0,24%С; 0,25 ... 0,55% Мn; 0,7 ... 1,1% Cr;

3,75...4,25% Ni; 0,15 ... 0,30% V.

1.2. Масса детали (m_{∂}) определяется по ее объему (V_{∂}) и плотности материала (ρ):

$$m_{\partial} = V_{\partial} \cdot \rho$$

По ГОСТ 4543 для стали 20ХН4ФА примем $\rho = 7,8 \frac{T}{m^3} = 7,8 \frac{кг}{дм^3} = 7,8 \frac{г}{см^3}$. Объем детали определяем по размерам рабочего чертежа или эскиза (см. рис.6) суммированием объемов отдельных элементов, представляющих собой элементарные геометрические фигуры (цилиндры, призмы, конусы и т.д.) с использованием формул объемов и площадей из справочников, например [4]. Объемы некоторых сложных элементов можно определять приблизительно, заменяя криволинейные сечения и поверхности равновеликими элементарными фигурами (треугольники, трапеции), для которых определение площади не представляет трудности. В этих случаях также следует прибегать к графическому определению неизвестных параметров в расчетных формулах (с помощью измерительных инструментов и графических построений).

В представленной детали выделено 20 элементов, сложение или вычитание объемов которых позволит определить ее объем (см. рис.6). Например:

$$V_1 = \frac{\pi}{3} \cdot H(R^2 + r^2 + R \cdot r) - \text{объем усеченного конуса с левого}$$

торца детали на участке фаски $5 \times 45^\circ$;

$V_2 = \pi \cdot R^2 \cdot l$ - объем цилиндра на участке хвостовика $\varnothing 38$ на длине 60.

Для $V_7, V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{15}, \dots, V_{19}$ применены формулы для равновеликих объемов, а элемент V_{20} исключен, как малозначимый.

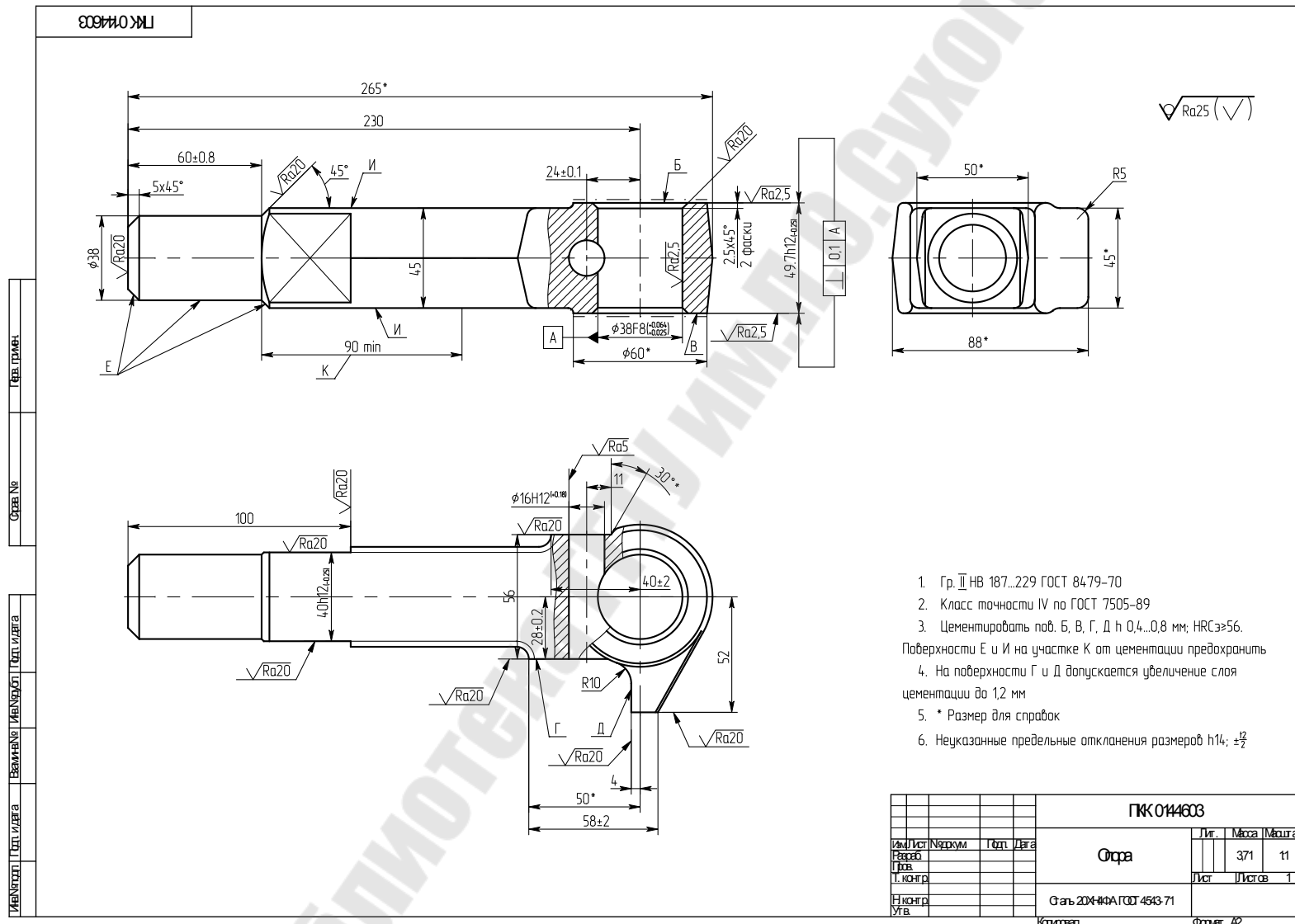


Рис. 5 Чертеж детали

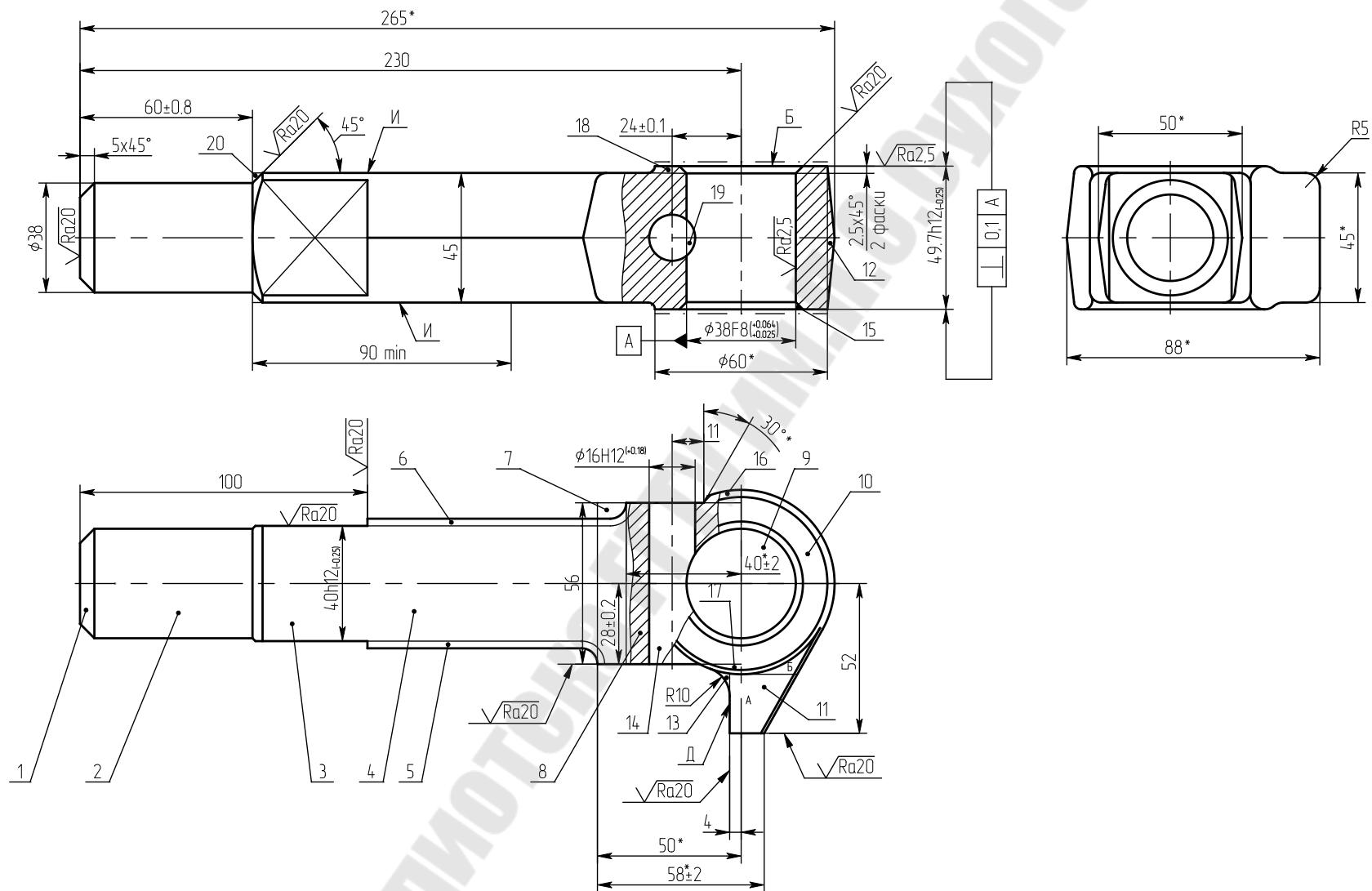


Рис. 6 Деление детали на элементы для определения объема

$$V_{\partial} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 - V_7 + V_8 - V_9 + V_{10} + V_{11} + V_{12} + V_{13} - V_{14} - 2 \cdot V_{15} + V_{16} + V_{17} + 2 \cdot V_{18} + V_{19} - V_{20}$$

$$V_1 = \frac{\pi}{3} \cdot 5(19^2 + 19 \cdot 16,5 + 16,5^2) = 4957,17 \text{ мм}^3 \approx 4,96 \text{ см}^3$$

$$V_2 = \pi \cdot 19^2 \cdot 55 = 62376 \text{ мм}^3 = 62,38 \text{ см}^3$$

$$V_3 = 40 \cdot 45 \cdot 40 = 72000 \text{ мм}^3 = 72 \text{ см}^3$$

$V_{ш.у} = S_{ш.у} \cdot l$ - объем штамповочных уклонов в 7° .

$$h_{ш.у.5,6} = \text{tg}7^\circ \cdot \frac{45}{2} = 2,763 ;$$

$$l_5 = 230 - 100 - 50 = 80 ; \quad l_6 = 230 - 100 - 40 = 90 ;$$

$$V_5 = \frac{2,763 \cdot 45}{2} \cdot 80 = 4973,4 \text{ мм}^3 = 4,97 \text{ см}^3$$

$$V_6 = \frac{1}{2} \cdot 2,763 \cdot 45 \cdot 90 = 5595,1 \text{ мм}^3 = 5,6 \text{ см}^3$$

$$V_4 = (50 - 2 \cdot 2,763) \cdot 45 \cdot 80 = 160106,4 \text{ мм}^3 \approx 160,11 \text{ см}^3$$

$$V_7 \approx (3 + 2,763) \cdot 10 \cdot 45 = 2593,35 \text{ мм}^3 \approx 2,6 \text{ см}^3$$

$$V_8 = 56 \cdot 50 \cdot 45 = 126000 \text{ мм}^3 = 126 \text{ см}^3$$

$$V_9 = \pi \cdot 19^2 \cdot 49,7 = 56365,51 \text{ мм}^3 \approx 56,37 \text{ см}^3$$

$$V_{10} = 0,5 \cdot \pi \cdot 30^2 \cdot 49,7 = 70261,72 \text{ мм}^3 \approx 70,26 \text{ см}^3$$

$$V_{11} \approx (S_{11A} + S_{11B}) \cdot 45 = \left(22 \cdot \frac{7 + 21}{2} + \frac{21 \cdot 6}{2} \right) \cdot 45 = 16695 \text{ мм}^3 \approx 16,7 \text{ см}^3$$

$$V_{12} = S_{ш.у.12} \cdot l_{\partial y z u} ; \quad S_{ш.у.12} = 49,7 \cdot h_{ш.у.12} \cdot 0,5 ;$$

$$h_{ш.у.12} = \text{tg}7^\circ \cdot \frac{49,7}{2} = 3,051 ;$$

$$l_{\partial y z u} = \alpha \cdot R = \pi \cdot \frac{\left(90^\circ + \text{arctg} \frac{13}{28} + 30^\circ \right)}{180^\circ} \cdot 31,5 = 79,67 \text{ мм}$$

$$V_{12} \approx 49,7 \cdot 3,051 \cdot 0,5 \cdot 79,67 = 6040,03 \text{ мм}^3 \approx 6,04 \text{ см}^3$$

$$V_{13} \approx 0,5 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 45 = 337,5 \text{ мм}^3 \approx 0,34 \text{ см}^3$$

$$V_{14} = \pi \cdot 8^2 \cdot 56 = 11259,47 \text{ мм}^3 \approx 11,26 \text{ см}^3$$

$$V_{15} = \pi \cdot 40,5 \cdot 0,5 \cdot 2,5^2 = 397,61 \text{ мм}^3 \approx 0,4 \text{ см}^3$$

$$V_{16} \approx 13 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 45 = 585 \text{ мм}^3 \approx 0,59 \text{ см}^3$$

$$V_{17} \approx V_{16} \approx 0,59 \text{ см}^3$$

$$V_{18} \approx \frac{\pi}{3} \cdot 2,35 \cdot (30^2 + 32^2 + 30 \cdot 32) = 7097,28 \text{ мм}^3 \approx 7,1 \text{ см}^3$$

$$V_{19} \approx \frac{53 \cdot 6 \cdot 11}{2 \cdot 3} \cdot 4 = 132 \text{ мм}^3 \approx 0,13 \text{ см}^3$$

$$V_{\partial} = 4,96 + 62,38 + 72 + 4,97 + 5,6 + 160,11 - 2,6 + 126 - 56,37 + 70,26 + 16,7 + 6,04 + 0,34 - 1,26 - 2 \cdot 0,4 + 0,59 + 0,59 + 2 \cdot 7,1 + 0,13 = 473,84 \text{ см}^3$$

$$m_{\partial} = V_{\partial} \cdot \rho = 473,84 \cdot 7,8 = 3696 \text{ г} \approx 3,7 \text{ кг}$$

2. Исходные данные для определения припусков, допусков и напусков.

2.1. Масса поковки (расчетная) определяется по [3, с.8]

$$M_{\Pi} = K_p \cdot m_{\partial}$$

$K_p = 1,3$ - расчетный коэффициент [3, табл.20]

$$M_{\Pi} = 1,3 \cdot 3,7 = 4,81 \text{ кг}$$

2.2. По [3, табл.19] определяем: класс точности Т4 (см. рис.4, табл.19)

2.3. Материал – сталь 20ХН4ФА средняя масса С0,2%, 0,9% Cr; 4% Ni; 0,225% V; 0,4% Mn. Суммарная массовая доля легирующих элементов больше 5% (0,9+4+0,225+0,4=5,525).

Группа стали – МЗ.

2.4. Для определения степени сложности определим массу фигуры, в которую вписывается поковка (рис.4, приложение 2)

$$V_{\phi} = 1,05^3 \cdot 265 \cdot 88 \cdot 49,7 = 1341692,006 \text{ мм}^3 = 1,34169 \text{ дм}^3$$

$$M_{\phi} = V_{\phi} \cdot \rho = 1,34169 \cdot 7,8 = 10,465 \text{ кг.}$$

$$\frac{M_{\Pi}}{M_{\phi}} = \frac{4,81}{10,465} = 0,46$$

Степень сложности С2, т.к. по приложению 2 [3] (см. рис.4)

$$0,32 < M_{\Pi}/M_{\phi} \leq 0,63$$

2.5. Конфигурация поверхности разъема штампа – П (плоская)

2.6. Исходный индекс – 14 (см. табл.2).

3. Припуски и кузнечные напуски.

3.1. Основные припуски на размеры (см. табл.3), мм:

1,7 – диаметр 38 и чистота поверхности Ra 20;

2,0 – толщина 49,7 и чистота поверхности Ra 2,5;

1,5 – ширина 40h12 и чистота поверхности Ra 20;

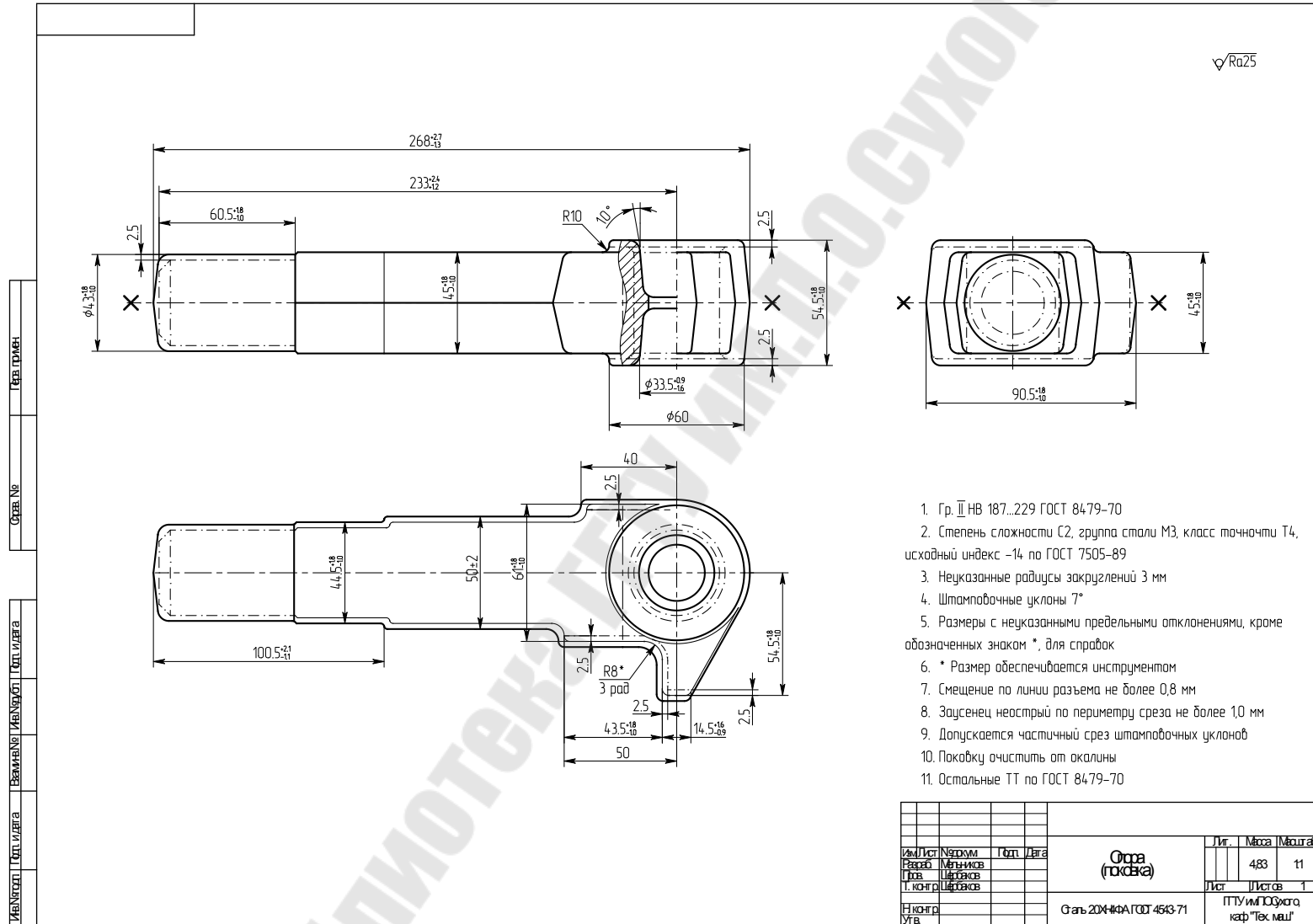


Рис. 7 Чертеж поковки

- 1,7 – ширина 88 и чистота поверхности Ra 20
- 1,7 – ширина 56 и чистота поверхности Ra 20;
- 1,7 – ширина 52 и чистота поверхности Ra 20;
- 1,8 – диаметр 38F8 и чистота поверхности Ra 2,5;
- 2,2 – длина 265 и чистота поверхности Ra 20;
- 2,0 – длина 230 и чистота поверхности Ra 20;
- 1,7 – длина 100 и чистота поверхности Ra 20;
- 1,7 – длина 60 и чистота поверхности Ra 20;
- 1,7 – длина (50-4) и чистота поверхности Ra 20;
- 1,7 – длина 12 и чистота поверхности Ra 20.

3.2. Дополнительные припуски, учитывающие:

- смещение поковки по поверхности разъема штампа – 0,3 мм (см. табл.4);
- изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности – 0,6 мм (см. табл.5);

3.3. Штамповочный уклон (см. [3, табл.18]):

- на наружной поверхности - 7°;
- на внутренней поверхности - 10°.

4. Размеры поковки и их допускаемые отклонения (см. рис.7).

4.1. Размеры поковки, мм:

- диаметр $38+2(1,7+0,3+0,6)=43,2$ принимается 43;
- толщина $49,7+2(2,0+0,6)=54,9$ принимается 54,5;
- ширина $40+(1,5+0,3+0,6)\cdot 2=44,8$ принимается 44,5;
- ширина $88+1,7+0,3+0,6=90,6$ принимается 90,5;
- ширина $56+(1,7+0,3+0,6)\cdot 2=61,2$ принимается 61;
- ширина $52+1,7+0,3+0,6=54,6$ принимается 54,5;
- диаметр $38-(1,8+0,3)\cdot 2=33,8$ принимается 33,5;
- длина $265+2,2+0,3+0,6=268,1$ принимается 268;
- длина $230+2,2+0,3+0,6=233,1$ принимается 233;
- длина $100+(2,2+0,3+0,6)-(1,7+0,3+0,6)=100,5$ принимается 100,5;
- длина $60+(2,2+0,3+0,6)-(1,7+0,3+0,6)=60,5$ принимается 60,5;
- длина $50-4-(1,7+0,3+0,6)=43,4$ принимается 43,5;
- длина $12+(1,7+0,3+0,6)=14,6$ принимается 14,5.

4.2. Радиус закругления наружных углов при глубине ручья 10...25 мм по табл.7 – 2,0 мм (минимальный) принимается 3,0 мм, а радиус закругления внутренних углов 8 мм.

4.3. Допускаемые отклонения размеров (см. табл.8), мм:

- толщина $54,5^{+1,8}_{-1,0}$; диаметр $43^{+1,8}_{-1,0}$; толщина $45^{+1,8}_{-1,0}$ (необрабатываемая);

ширина $44,5_{-1,0}^{+1,8}$; ширина $90,5_{-1,0}^{+1,8}$; ширина $61_{-1,0}^{+1,8}$; ширина $54,5_{-1,0}^{+1,8}$; диаметр $33,5_{-1,6}^{+0,9}$;

длина $268_{-1,3}^{+2,7}$; длина $233_{-1,2}^{+2,4}$; длина $100,5_{-1,1}^{+2,1}$; длина $60,5_{-1,0}^{+1,8}$;

длина $43,5_{-1,0}^{+1,8}$; длина $14,5_{-0,9}^{+1,6}$.

4.4. Неуказанные предельные отклонения размеров по п.5.5 [3], назначаются симметричными равными половине полуторного допуска соответствующего размера поковки.

4.5. Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа – 0,8 мм (см. [3, табл.9]).

4.6. Допускаемая величина остаточного облоя или срезанной кромки [3, табл.10] – 1,0 мм.

4.7. Допускаемое отклонение от concentричности пробитого отверстия относительно внешнего контура поковки (см. [3, табл.12]) – 0,8 мм.

4.8. Допускаемое отклонение от плоскостности и прямолинейности – 1,2 мм (см. [3, табл.13]).

4.9. Неуказанные допуски радиусов закруглений по [3, табл. 17] для $R 3\pm 0,5$, $R 8\pm 1,5$.

5. Определение расчетной заготовки.

5.1. Определение размеров заусенечной канавки.

Высота мостика $h=0,015\sqrt{f_n}$,

где f_n - площадь проекции поковки на плоскость разъема в мм^2 .

Для поковки опоры плоскость разъема проходит по оси главного вида на рис.7 (отмечена крестиками рядом с торцами). Поэтому f_n будет равна площади вида сверху на поковку. Разбив вид сверху на отдельные элементы, определим f_n

$$f_n = 43 \cdot 60,5 + 44,5 \cdot 40 + 50 \cdot 80 + 61 \cdot 50 + \frac{\pi}{8} \cdot 60^2 + \frac{14,5 + 29}{2} \cdot 24,5 \approx 13378 \text{ мм}^2$$

$$h = 0,015 \sqrt{13378} \approx 1,73 \text{ мм}$$

По табл.1 площадь сечения заусенечной канавки при штамповке осаживанием $S_k=102 \text{ мм}^2$ для ближайшего значения высоты мостика $h=1,6$ мм.

Разбиваем поковку в местах заметных изменений поперечных размеров вдоль осевой линии сечениями (характерными), которых для представленной поковки получилось 21, от S_{1n} на левом торце до

S_{21n} на правом. Определяем площади этих сечений (по формулам для соответствующих элементарных геометрических фигур, или по сумме элементарных фигур, составляющих сложное криволинейное сечение) для поковки. К каждому сечению поковки (S_{in}) добавляем двухстороннее сечение заусенечной канавки (S_k), заполненное на 80%, и определяем i -е сечение эпюры (S_i) по формуле

$$S_i = S_{in} + 2 \cdot 0,8 \cdot S_k$$

Т.к. $S_k = 102 \text{ мм}^2$, то $2 \cdot 0,8 \cdot S_k = 163,2 \text{ мм}^2$.

$$S_1 = 0 + 163,2 \approx 163 \text{ мм}^2$$

$$S_2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 43^2 + 163,2 \approx 1615 \text{ мм}^2$$

$$S_3 = S_2 = 1615 \text{ мм}^2$$

$$S_4 = 44,5 \cdot 45 + 163 = 2166 \text{ мм}^2$$

$$S_5 = S_4 = 2166 \text{ мм}^2$$

$$S_6 = 50 \cdot 45 + 163 = 2413 \text{ мм}^2$$

$$S_7 = S_6 = 2413 \text{ мм}^2$$

$$S_8 = 55,5 \cdot 45 + 163 = 2661 \text{ мм}^2$$

$$S_9 = 61 \cdot 45 + 163 = 2908 \text{ мм}^2$$

$$S_{10} = S_9 = 2908 \text{ мм}^2$$

$$S_{11} = (61 \cdot 45 + 2 \cdot 20 \cdot 4,75) + 163 = 3098 \text{ мм}^2$$

$$S_{12} = (61 \cdot 45 + 2 \cdot 45 \cdot 4,75) + 163 = 3336 \text{ мм}^2$$

$$S_{13} = (61 \cdot 45 + 2 \cdot 50 \cdot 4,75) + 163 = 3383 \text{ мм}^2$$

$$S_{14} = (61 \cdot 45 + 2 \cdot 59 \cdot 4,75 - 45 \cdot 24) + 163 = 2389 \text{ мм}^2$$

$$S_{15} = (61 \cdot 54,5 - 31,5 \cdot 54,5 + 24,5 \cdot 45) + 163 = 2873 \text{ мм}^2$$

$$S_{16} = (60 \cdot 54,5 - 33,5 \cdot 54,5 + 24,5 \cdot 45) + 163 = 2710 \text{ мм}^2$$

$$S_{17} = (58 \cdot 54,5 - 31 \cdot 54,5 + 25,5 \cdot 45) + 163 = 2782 \text{ мм}^2$$

$$S_{18} = (50 \cdot 54,5 + 10 \cdot 45) + 163 = 3338 \text{ мм}^2$$

$$S_{19} = 40 \cdot 54,5 + 163 = 2343 \text{ мм}^2$$

$$S_{20} = 0,5 \cdot 28 \cdot 54,5 + 163 = 926 \text{ мм}^2$$

$$S_{21} = S_1 = 163 \text{ мм}^2$$

Отложим значения S_i как ординаты для характерных сечений на эпюре (см. рис.8).

Рассчитаем объем поковки с заусенцем заполненным на 80%, равный объему расчетной заготовки ($V_{п.з.}$) и равный площади эпюры сечений ($F_{эп}$), как сумму площадей отдельных ее участков:

$$V_{п.з.} = F_{эп} = \sum_{i=1}^{20} S_i \cdot l_i$$

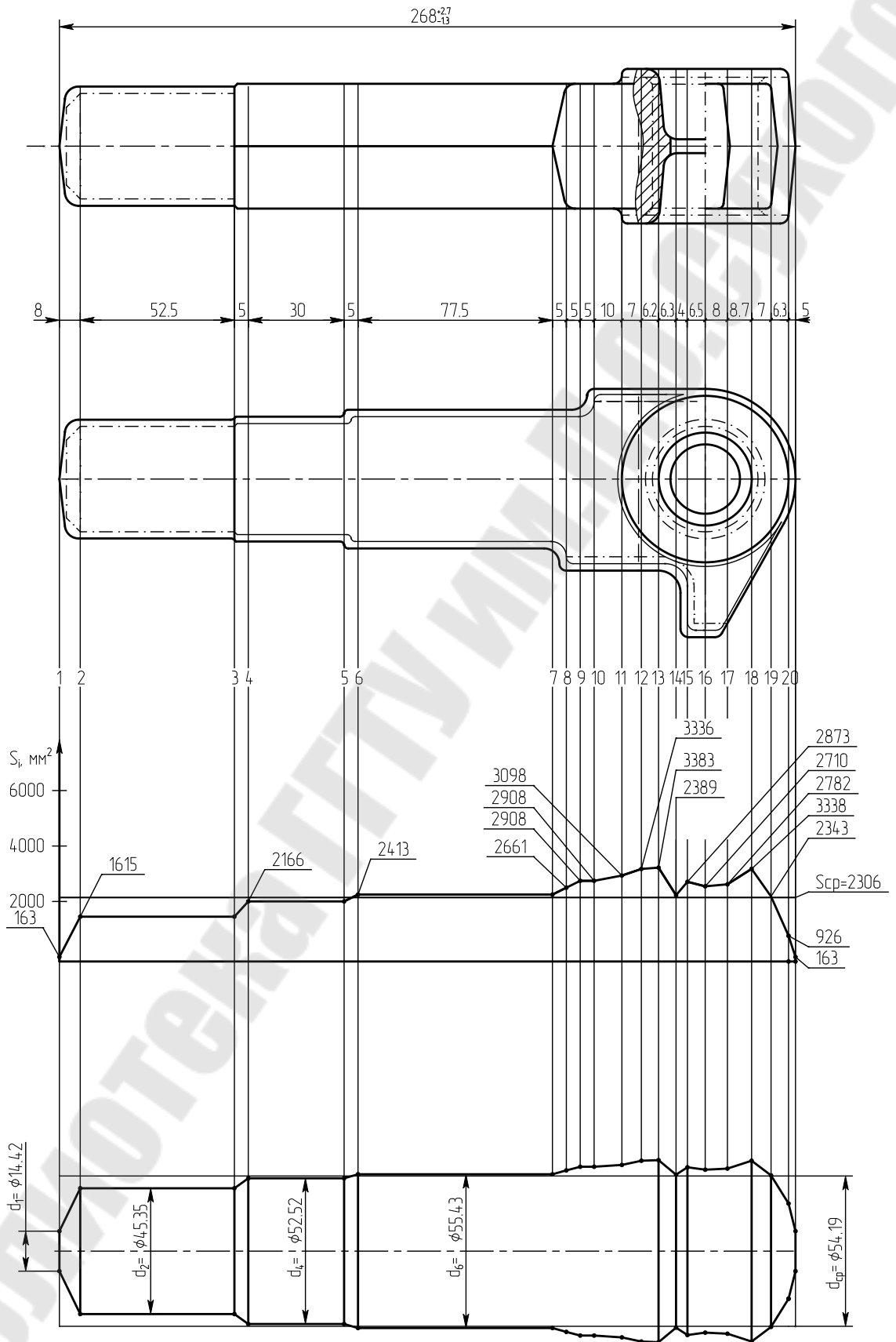


Рис. 8 Построение эпюры сечений и расчетной заготовки

$$V_{p.з.} = F_{ЭП} = 0,5(163+1615) \cdot 8 + 1615 \cdot 52,5 + 0,5(1615+2166) \cdot 5 + 2166 \times \\ \times 30 + 0,5(2166+2413) \times 5 + 2413 \cdot 77,5 + 0,5(2413+2661) \cdot 5 + 2661 \cdot 5 + \\ + 0,5(2661+2908) \cdot 5 + 2908 \cdot 10 + 0,5 \times (2908+3098) \cdot 7 + 0,5(3098+3336) \times \\ \times 6,2 + 0,5(3336+3383) \cdot 6,3 + 0,5(3383+2389) \cdot 4 + 0,5(2389+2873) \cdot 6,5 + \\ + 0,5(2873+2710) \cdot 8 + 0,5(2710+2782) \cdot 8,7 + 0,5(2782+3338) \cdot 7 + 0,5 \times \\ \times (3338+2343) \cdot 6,3 + 0,5(2343+926) \cdot 5 = 7112 + 84788 + 9453 + 64980 + \\ + 11448 + 187008 + 12685 + 13305 + 13923 + 29080 + 21021 + 19945 + 21165 + \\ + 11544 + 17102 + 22332 + 23616 + 21420 + 17895 + 8173 = 617995 \text{ мм}^3$$

Рассчитаем среднее сечение эюры

$$S_{cp} = \frac{V_{p.з.}}{L} = 617995/268 = 2306 \text{ мм}^2$$

Определяем диаметры сечений расчетной заготовки, соответствующие S_i , и строим расчетную заготовку под эюрой сечений

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot S_i}{\pi}} \approx 1,128 \sqrt{S_i}.$$

Таблица 9

Диаметры сечений расчетной заготовки, мм

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S_{i_2} мм	163	1615	1615	2166	2166	2413	2413	2661	2908	2908
d_i	14,42	45,35	45,35	52,52	52,52	55,43	55,43	58,21	60,85	60,85

Окончание табл. 9

№ п/п	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S_{i_2} мм	3098	3336	3383	2389	2873	2710	2782	3338	2343	926
d_i	62,81	65,17	65,63	55,15	60,48	58,74	59,52	65,19	54,62	34,34

Средний диаметр соответствует среднему сечению

$$d_{cp} \approx 1,128 \cdot \sqrt{S_{cp}} = 1,128 \cdot \sqrt{2306} = 54,19 \text{ мм}$$

Среднее сечение разделило эюру сечений на одну головку (между 5 и 6 сечением слева и 19 и 20 сечением справа) и два стержня.

Расчетная заготовка является сложной, поэтому для определения применимости заготовительных ручьев по диаграмме Ре-

бельского (см. рис.2) ее необходимо разделить на две элементарные расчетные заготовки (ЭРЗ). Линия раздела между двумя элементарными расчетными заготовками пройдет в точке абсцисс (по длине), где сравниваются площади на эпюре сечений, расположенные между средним сечением и эпюрой на участке стержня (f) и площадь (f') между средним сечением и эпюрой на участке головки. Поскольку правый стержень имеет меньшую длину, то начнем определять размеры правой элементарной заготовки. Площадь f будет состоять из площади криволинейного участка, которую мы заменим площадью трапеции между S_{20} двадцатым и двадцать первым S_{21} сечением с длиной основания 5 мм и площадью треугольника между двадцатым сечением и точкой пересечения эпюры со средним сечением. Длину (высоту) треугольника можно определить из подобия треугольного участка между S_{20} и S_{19} . Искомая величина длины

$$l_x = \frac{6,3 \cdot 2306}{2343} = 6,2 \text{ мм.}$$

Тогда:

$$\begin{aligned} f &= 0,5[(2306 - 163) + (2306 - 926)] \cdot 5 + 0,5 \cdot (2306 - 926) \cdot 6,2 = \\ &= 8808 + 4278 = 13086 \text{ мм}^3 \end{aligned}$$

Площадь эпюры в головке f' , равную площади f будем находить методом итераций (последовательного приближения), т.к. она ограничена кривой линией эпюры сечений. Вначале, заменив кривую линию эпюры отрезками прямых, определим площадь треугольника в головке между точкой пересечения среднего сечения с эпюрой между S_{20} и S_{19} , при длине горизонтального катета ($6,3 - 6,2 = 0,1$ мм), и площади трапеций между сечениями S_{19} , S_{18} , S_{17} , а затем будем добавлять или отнимать площадь прилегающих участков до выполнения условия $f = f'$.

$$\begin{aligned} f' &= 0,5 \cdot (2343 - 2306) \cdot 0,1 + 0,5[(2343 - 2306) + (3338 - 2306)] \cdot 7 + 0,5 \times \\ &\times [(3338 - 2306) + (2782 - 2306)] \cdot 8,7 = 2 + 3742 + 6560 = 10304 \text{ мм}^3 \end{aligned}$$

Пока $f' < f$, поэтому прибавим еще площадь трапеции на участке между S_{17} и S_{16} , равную $0,5[(2873 - 2306) + (2710 - 2306)] \cdot 8 = 3884 \text{ мм}^3$. В этом случае $f' = 10304 + 3884 = 14188 \text{ мм}^3$ будет больше f . Следовательно, длина правой ЭРЗ (l_{II}) будет находиться между сечениями S_{17} и S_{16} , т.е.

$$35 \text{ мм} > l_{II} > 27 \text{ мм}$$

Чтобы определить l_{II} более точно, найдем разницу между f и f' на длине до S_{16}

$$f' - f = 14188 - 13086 = 1102 \text{ мм}^3.$$

Определим меньшую сторону (x) прямоугольника с площадью эпюры 1102 мм^3 и стороной между S_{cp} и S_{16}

$$x = \frac{1102}{2710 - 2306} = 2,73 \text{ мм}.$$

Длина правой ЭРЗ $l_{II} = 27 + 2,73 \approx 29,7 \text{ мм}$.

Длина левой ЭРЗ $l_{л} = 268 - 29,7 = 238,3 \text{ мм}$.

Рассчитываем коэффициенты для диаграммы Ребельского для каждой ЭРЗ:

$$\alpha = \frac{d_{\max}}{d_{cp}}; \quad \beta = \frac{l}{d_{cp}}.$$

Для левой ЭРЗ:

$$\alpha_{л} = \frac{65,63}{54,19} = 1,21; \quad \beta_{л} = \frac{238,3}{54,19} = 4,4.$$

Для правой ЭРЗ:

$$\alpha_{II} = \frac{65,19}{54,19} = 1,2; \quad \beta_{II} = \frac{29,7}{54,19} = 0,55.$$

Более сложный вариант применения заготовительных ручьев – с подкатным закрытым ручьем – имеет левая ЭРЗ. Поэтому его принимаем для поковки.

6. Определение размеров исходной заготовки.

Площадь поперечного сечения исходной заготовки (F) при использовании заготовительных ручьев определяется по формулам из

[5, с.175-177]. Для подкатного ручья: $F = (1,05 \dots 1,2) \frac{V}{L}$,

где V – объем расчетной заготовки с учетом отходов на угар;
 L – длина поковки.

С учетом отхода на угар (образование окалины при нагреве)

$$V = 1,025 \cdot V_{p.z.} = 1,025 \cdot 617995 = 633445 \text{ мм}^3$$

$$F = (1,05 \dots 1,2) \frac{633445}{268} = 2482 \dots 2836,0 \text{ мм}^2.$$

Соответствующие диаметры круглого проката будут иметь значения в интервале:

$$d = 1,128(\sqrt{2482} \dots \sqrt{2836}) = 56,2 \dots 60,1$$

Стандартные значения диаметров круглого проката по ГОСТ 2590-71 этого диапазона 57, 58, 60. Принимаем для исходной заготовки диаметр 60. Тогда площадь сечения исходной заготовки

$$F_{u.з.} = \pi \cdot 60^2 / 4 = 2827 \text{ мм}^2,$$

а длина исходной заготовки

$$l_{u.з.} = \frac{V}{F_{u.з.}} = \frac{633445}{2827} = 224 \text{ мм.}$$

Эскиз исходной заготовки представлен на рис.9

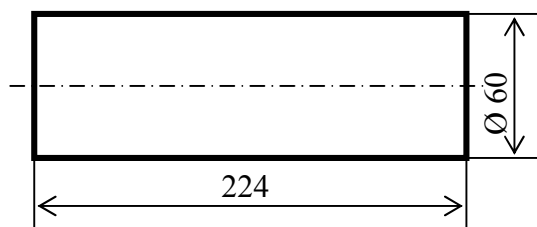
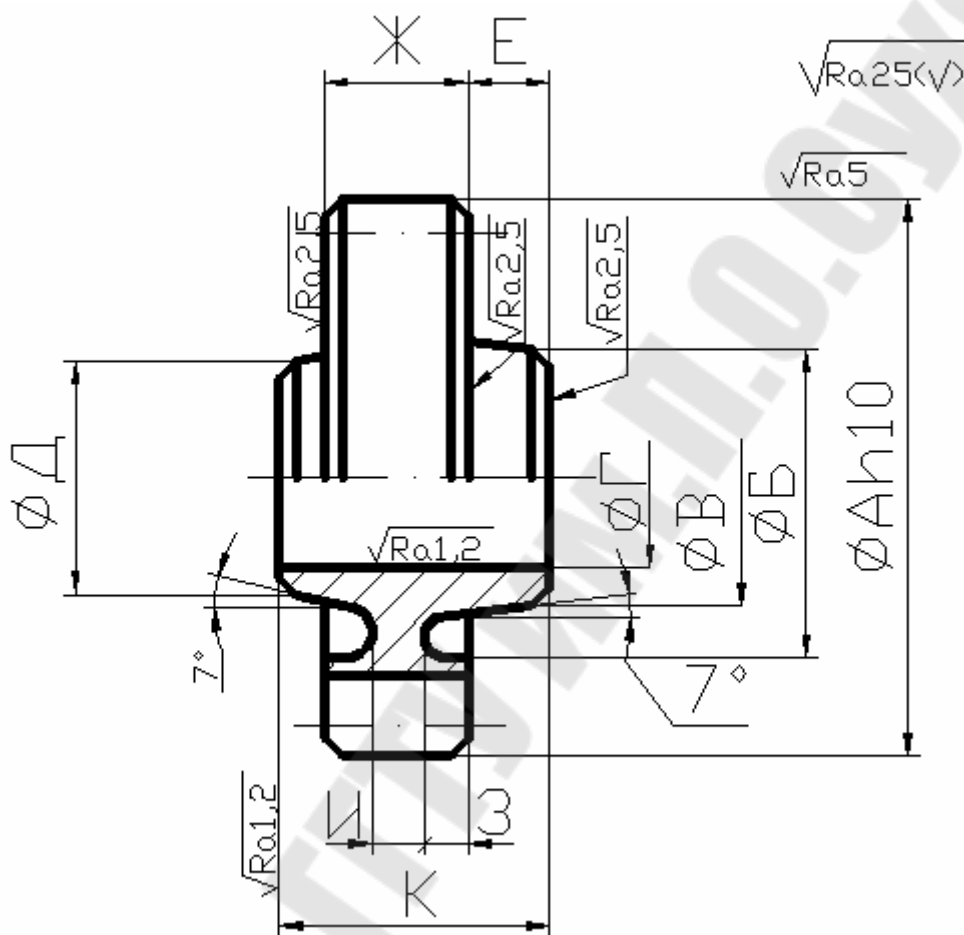


Рис. 9. Эскиз исходной заготовки

Задание 1

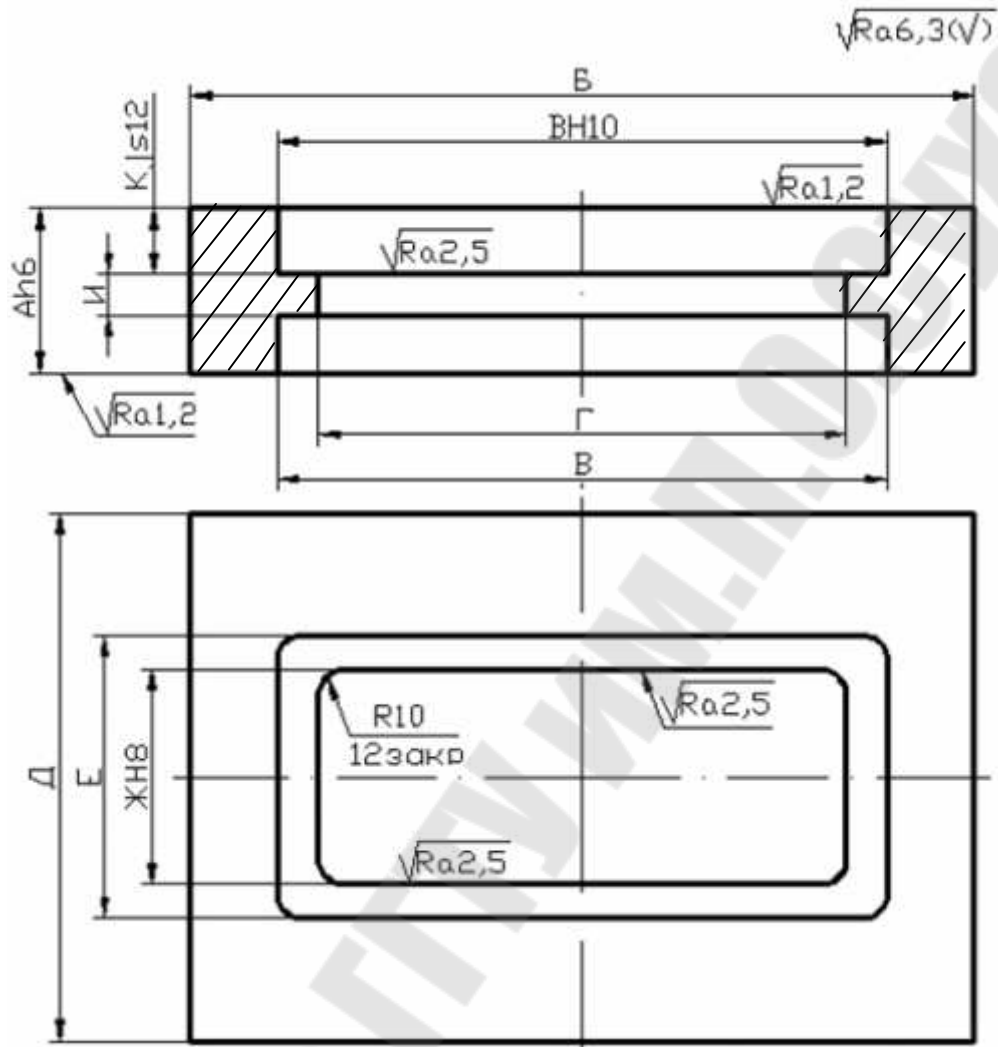


Колесо зубчатое.
Сталь 18Х2Н4ВА ГОСТ 4543-71

1. Неуказанные фаски 3x45°
2. Неуказанные радиусы R5

Вариант	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
1	100	80	40	20	35	20	20	6	8	45
2	100	85	45	25	40	25	24	7	10	50
3	120	100	50	30	45	30	30	8	14	55
4	120	105	55	35	50	35	32	9	14	60
5	140	120	60	40	55	40	35	10	15	80
6	140	125	65	45	60	45	40	10	20	75
7	160	140	70	50	65	50	45	15	15	100
8	160	145	75	55	70	55	50	16	18	110
9	180	160	80	60	75	60	55	15	25	120
10	180	165	85	65	80	65	60	20	20	130

Задание 2

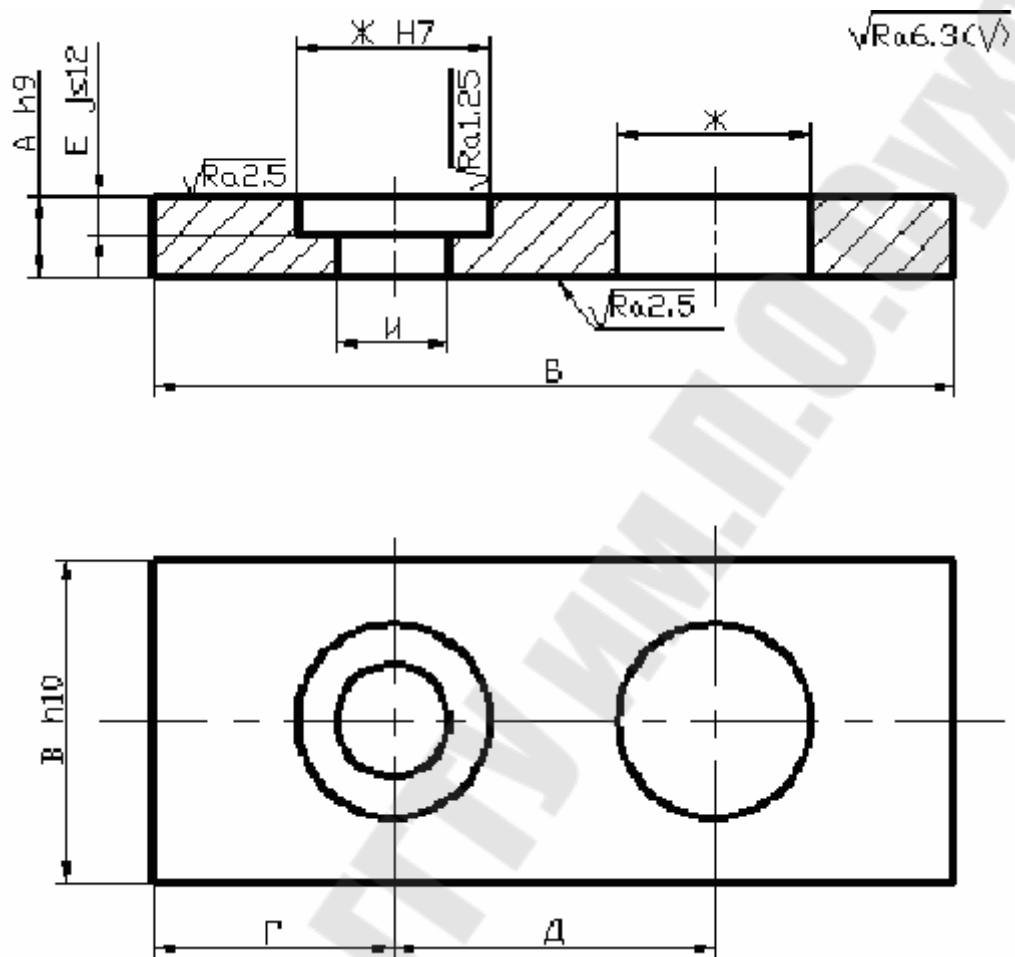


Планка
Сталь 16ХСН ГОСТ4543-71

H14, h14, $\pm t/2$

Вариант	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	И
1	20	200	80	50	80	8	40	35
2	22	200	82	50	80	9	45	36
3	24	250	85	50	80	10	50	40
4	25	250	86	60	80	11	55	45
5	26	250	90	60	100	12	60	50
6	28	300	96	60	100	14	63	55
7	30	300	100	60	100	15	65	60
8	32	300	110	65	120	16	70	65
9	35	320	120	70	120	18	75	70
10	40	350	125	70	120	20	80	75

Задание 3

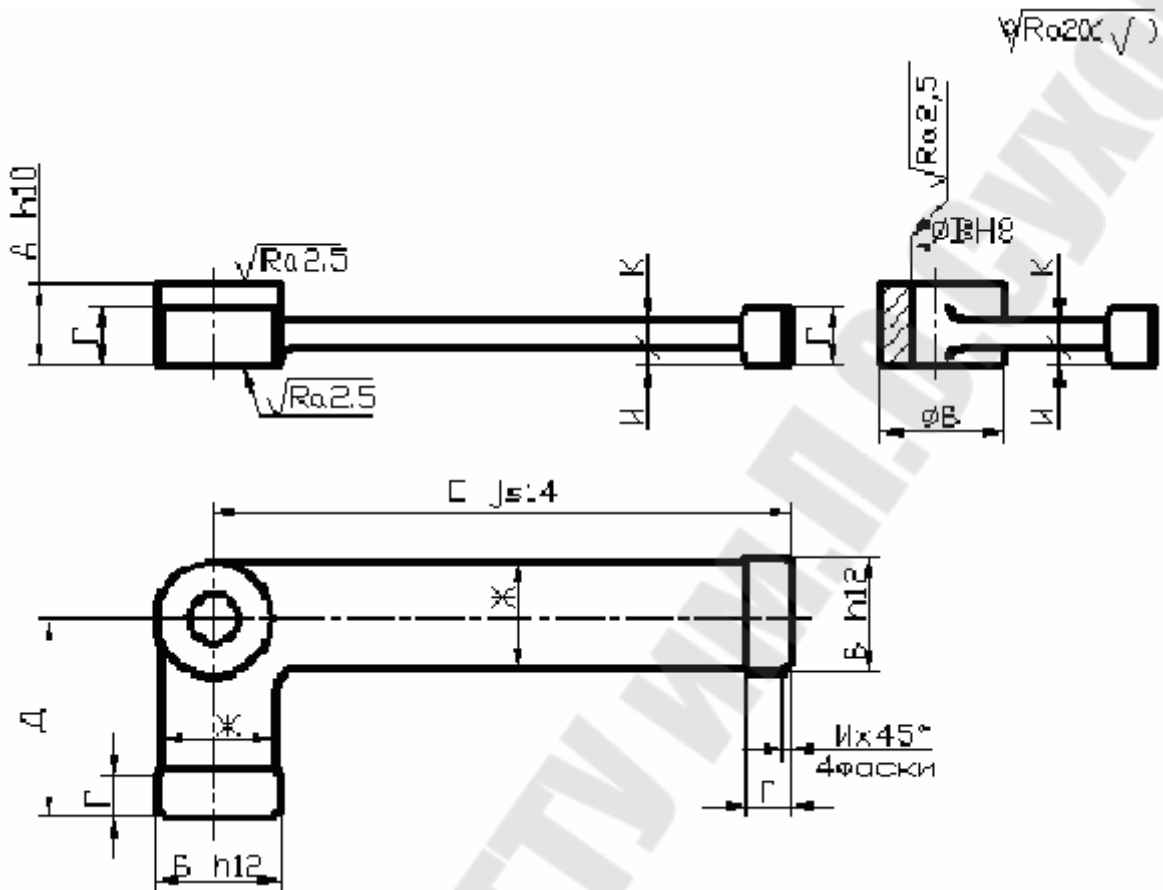


Плита
Сталь 35ХГ2 ГОСТ 4543-71

1. Н14, h14, $\pm t/2$

Вариант	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	И
1	20	200	80	50	80	8	40	35
2	22	200	82	50	80	9	45	36
3	24	250	85	50	80	10	50	40
4	25	250	86	60	80	11	55	45
5	26	250	90	60	100	12	60	50
6	28	300	96	60	100	14	63	55
7	30	300	100	60	100	15	65	60
8	32	300	110	65	120	16	70	65
9	35	320	120	70	120	18	75	70
10	40	350	125	70	120	20	80	75

Задание 4

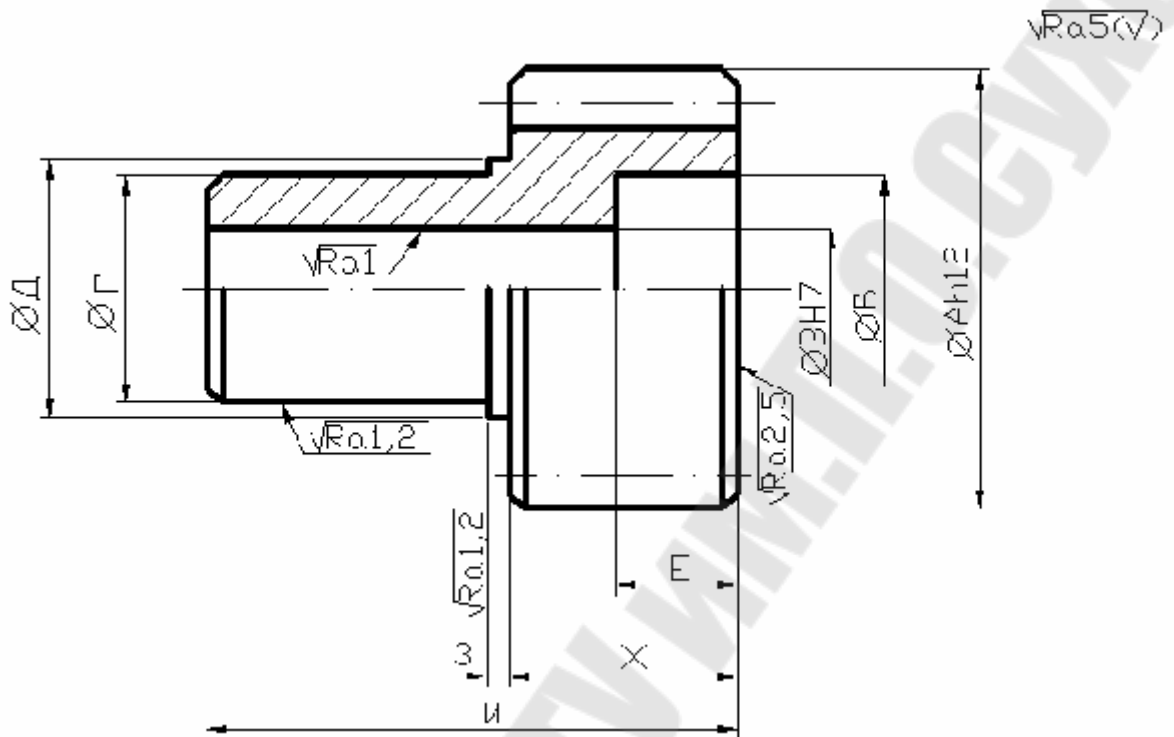


Рычаг
Сталь 40ХФА ГОСТ 4543-71

1. Неуказанные радиусы R3
2. H14, h14, $\pm t/2$

Вариант	A	Б	В	Г	Д	Е	Ж	К	И
1	20	32	19	10	40	80	30	6	2
2	22	45	20	12	45	90	40	8	2
3	25	50	25	12	50	100	45	8	2
4	28	50	30	12	50	110	45	8	2
5	30	52	32	15	60	120	50	10	2
6	32	54	34	15	60	125	50	10	2
7	35	58	36	15	60	130	55	10	2
8	40	65	38	16	65	140	60	12	2
9	45	75	50	16	80	150	70	12	2
10	50	75	45	20	80	160	70	16	2

Задание 5

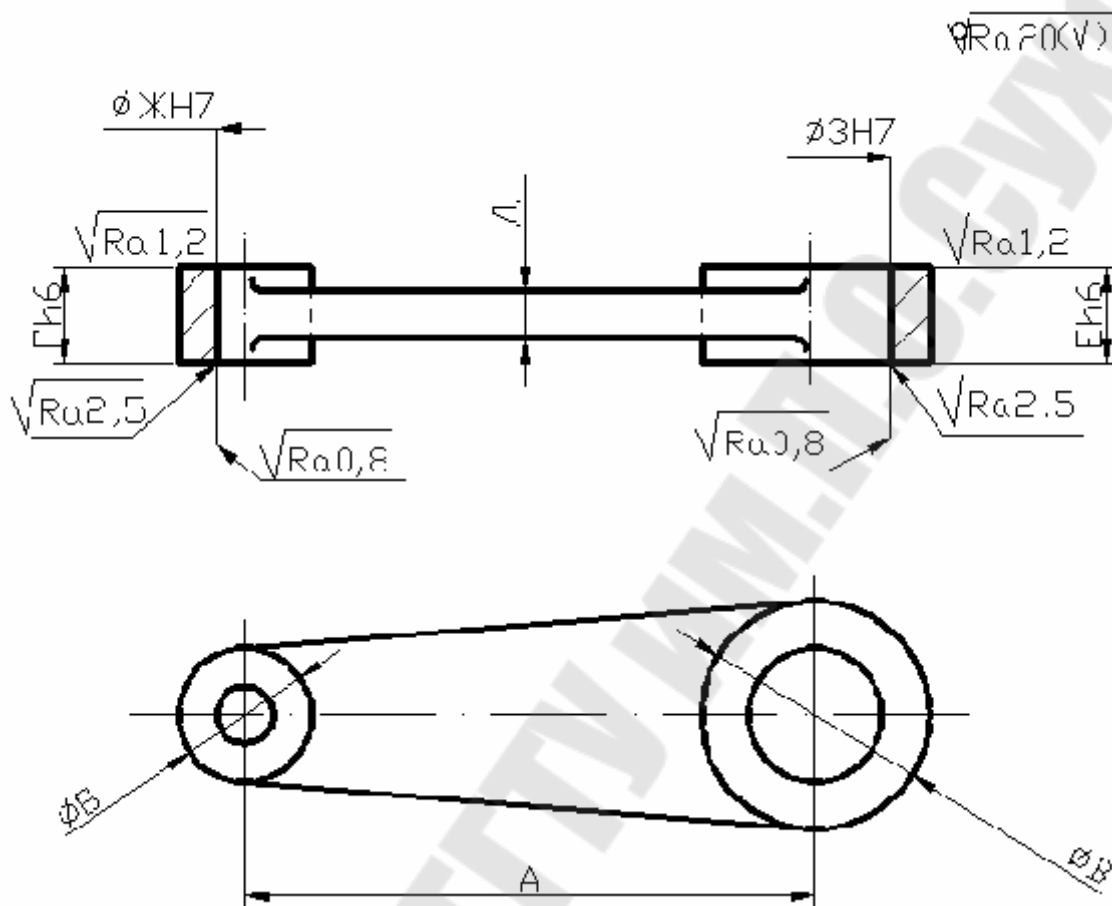


Шестерёнка.
Сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-71

1. Неуказанные фаски 3x45°
2. H14, h14, ±t/2

Вариант	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И
1	60	40	-	40	45	10	20	2	40
2	60	50	20	45	50	12	25	2	60
3	80	60	30	60	65	15	30	3	60
4	80	62	40	65	70	16	32	5	100
5	100	80	50	80	90	20	40	5	80
6	100	85	55	85	95	22	45	5	120
7	120	100	60	90	95	25	50	5	100
8	120	106	65	95	100	30	60	5	160
9	160	120	70	100	105	35	70	5	120
10	160	125	80	110	120	40	80	5	200

Задание 6

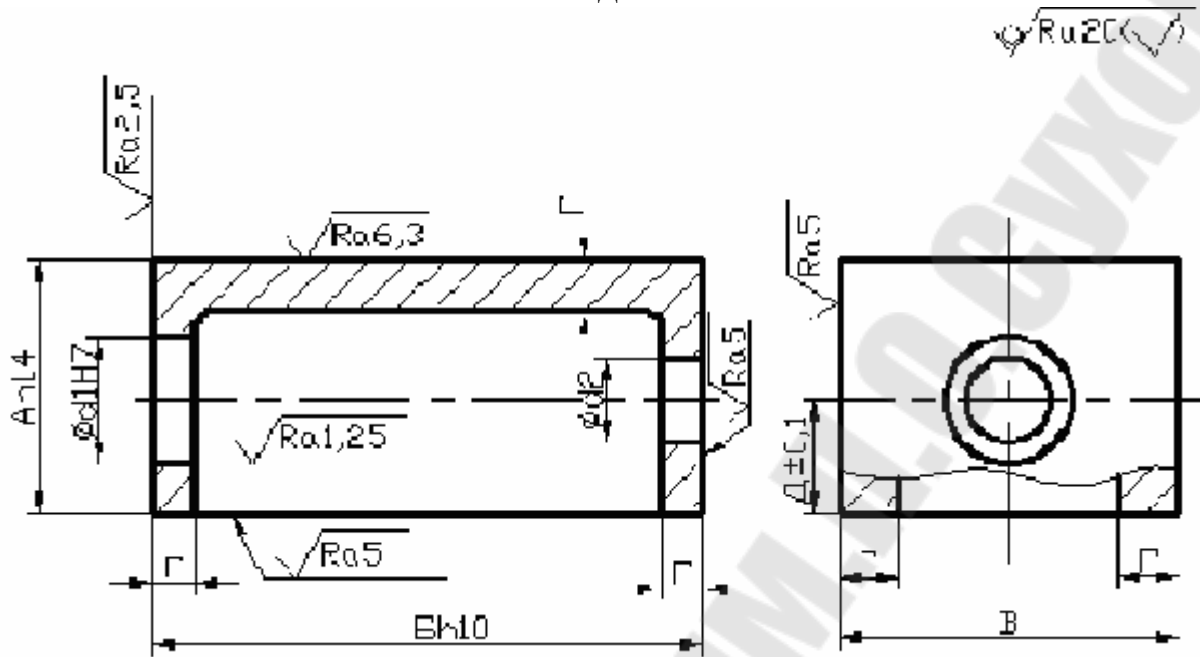


Шатун
Сталь 12ХНЗА ГОСТ 4543-71

1. Неуказанные радиусы R3
2. $h14, \pm t/2$

Вариант	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
1	120	40	60	20	10	25	20	35
2	120	50	70	25	10	30	25	40
3	120	60	80	30	10	30	30	50
4	150	60	80	20	12	25	30	50
5	150	40	60	25	12	30	20	30
6	150	50	70	30	12	30	25	40
7	160	60	80	20	15	25	30	50
8	160	50	70	30	15	30	25	40
9	180	50	70	30	15	30	25	35
10	180	60	80	25	15	30	30	40

Задание 7

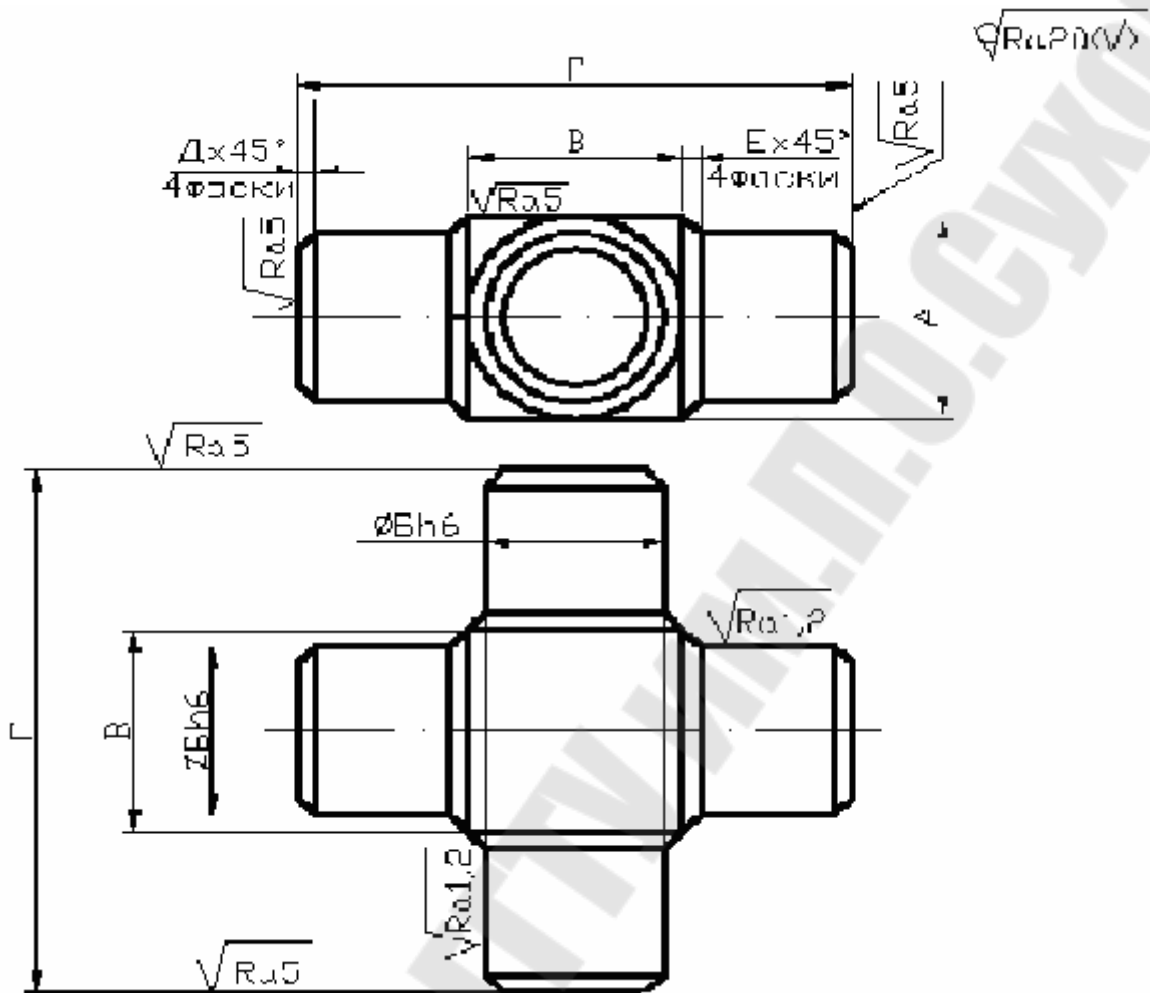


Корпус
Сталь 30Х2ГН12 ГОСТ4543-71

1. Неуказанные R10
2. H14, h14, $\pm t/2$

Вариант	A	Б	В	Г	Д	d1	d2
1	50	130	80	15	25	30	25
2	60	120	90	10	30	25	20
3	70	140	80	15	32	40	30
4	80	160	100	15	40	50	40
5	90	150	90	12	50	42	40
6	100	170	100	16	55	52	50
7	120	180	120	16	60	55	50
8	125	190	100	16	65	60	55
9	150	200	160	20	70	70	60
10	160	220	180	20	80	80	60

Задание 8

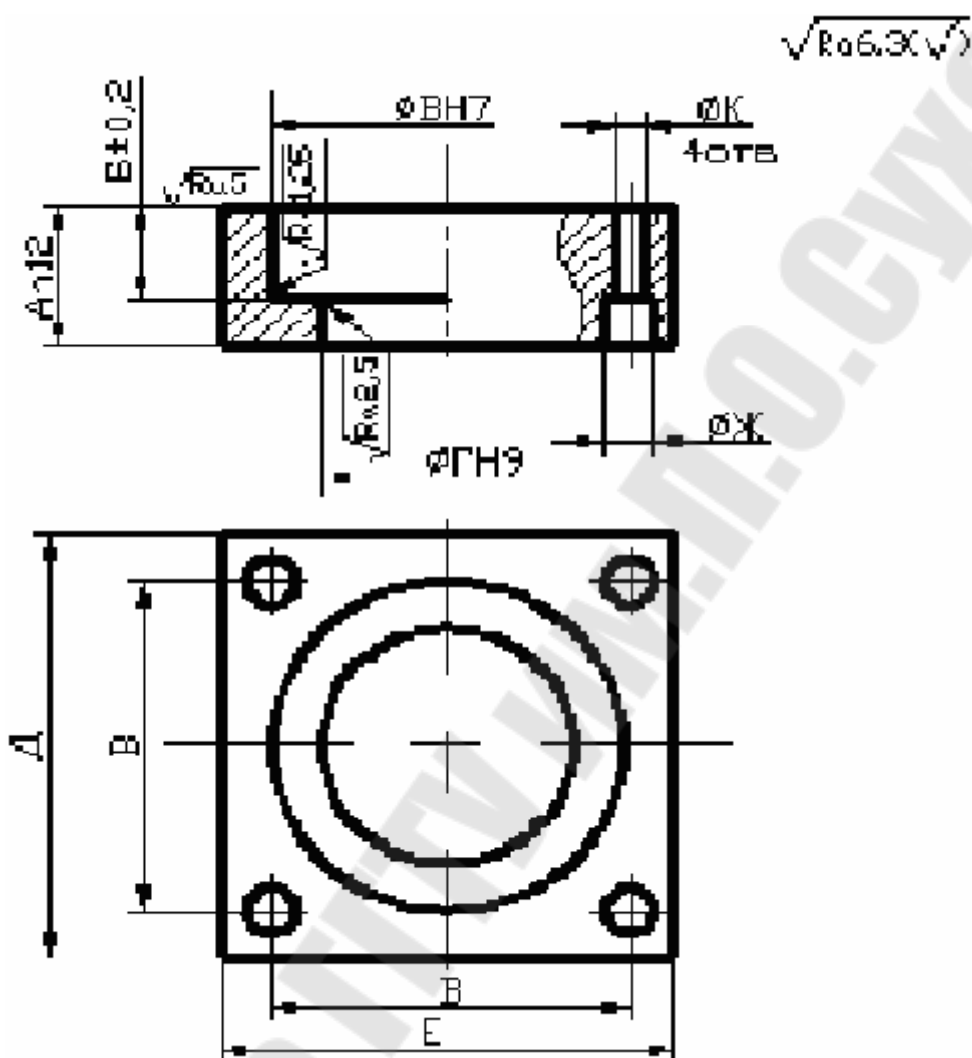


Крестовина.
Сталь 30Х2Н2ВФА ГОСТ 4543-71

$h_{14}, \pm t/2$

Вариант	А	Б	В	Г	Д	Е
1	25	20	25	100	2	2,5
2	30	25	30	110	2	2,5
3	35	30	35	120	2,5	2,5
4	40	35	40	120	2,5	2,5
5	45	40	45	160	3	2,5
6	50	45	50	160	3	2,5
7	55	50	55	180	3	2,5
8	60	55	60	180	3	2,5
9	65	60	65	200	3	2,5
10	70	65	70	200	3	2,5

Задание 9



Крышка

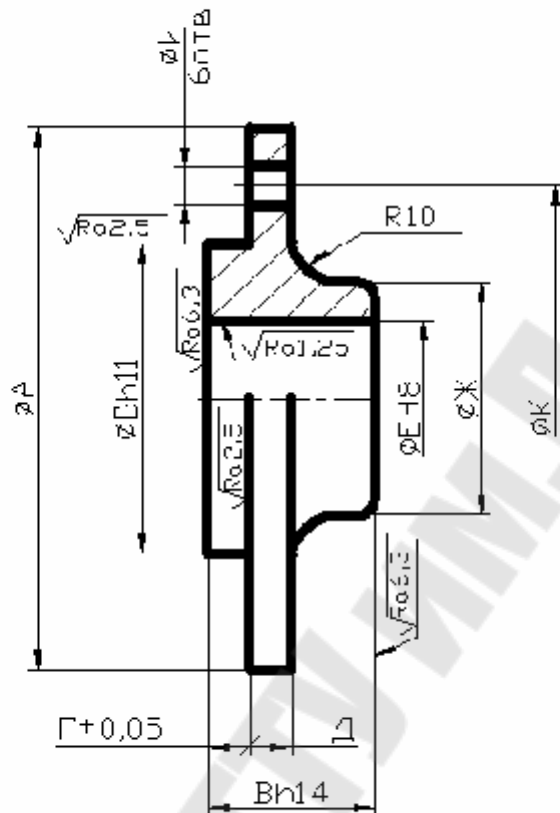
Сталь 30ХГС ГОСТ4543-71

H14,h14,±t/2

Вариант	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	К
1	30	18	100	90	120	140	20	12
2	32	20	110	100	140	160	20	12
3	40	24	115	95	120	160	20	12
4	42	30	120	110	150	160	25	16
5	45	32	125	120	150	180	25	16
6	46	35	130	125	150	180	25	16
7	50	36	150	140	180	200	25	16
8	52	40	160	150	180	200	25	16
9	55	42	180	170	200	220	25	16
10	56	45	200	190	250	260	25	16

Задание 10

√R20(√)



Крышка
Сталь 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71

H14,h14,±t/2

Вариант	A	Б	В	Г	Д	Е	Ж	К	И
1	120	60	30	5	10	30	50	100	10
2	120	65	35	6	10	40	50	100	10
3	150	70	40	8	10	45	60	120	12
4	160	80	50	10	15	50	65	140	12
5	160	90	55	12	20	55	80	140	14
6	180	100	60	14	20	60	80	150	14
7	180	120	65	16	20	65	100	150	14
8	200	150	80	18	20	80	120	160	16
9	200	160	90	20	20	90	120	160	16
10	250	180	100	25	20	100	140	200	16

Литература

1. Технология конструкционных материалов. Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1977. – 664 с. с ил.
2. Клименков С.С. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учебник / С.С.Клименков. – Мн.: Техноперспектива, 2008. – 407с.
3. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.
4. Цикунов А.Е. Сборник математических формул. - Мн.: Высшая школа, 1965. - 179с. с ил.
5. Брюханов А.Н. Ковка и объемная штамповка. Учебное пособие для машиностроительных вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1975. – 408с. с ил.
6. Охрименко Я.М. Технология кузнечно-штампового производства. Учебник для вузов. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1976. – 560с. с ил.