

**Министерство образования Тверской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Вышневолоцкий колледж»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Формообразование и инструменты»**

**Тема: Разработка технологического процесса изготовления отливки
колеса**

**Специальность: 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация
промышленного оборудования**

Работу выполнил преподаватель **Лежнев Ю.И.**

Рассмотрено предметно-цикловой комиссией технического профиля
Протокол № _____

_____ Румянцева Л.А.

«__» _____ 20__ г.

**Вышний Волочек
2019**

Содержание

Введение

Введение

1. Литье

2. Характеристика материала детали

3. Технология песчано-глинистой формы

4. Изготовление нижней полуформы

5. Изготовление верхней полуформы

6. Выбор способа формовки

7. Основная характеристика формовочной смеси

8. Основная характеристика стержневой смеси

9. Характеристика песчано-глинистой смеси (стержневой) для отливки зубчатого колеса

10. Эскиз детали и технологичность конструкции

11. Выбор положения отливки в форме и плоскость разъёма модели и формы.

12. Припуски на механическую обработку и технологически припуски отливки.

13. Выбор стержней.

14. Формовочные уклоны

15. Прибыли и выпоры.

16. Требования при конструировании прибылей.

17. Литниковая система.

18. Расчёт литниковой системы.

19. Литниковая система.

Список используемой литературы

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Лежнев			Разработка отливки колеса	Лит.	Лист	Листов
Провер.							2	19
Реценз.						ГБПОУ «ВВК»		
Н. Контр.								
Утверд.								

Введение

Данная методическая разработка к практическому занятию включает в себя все элементы литейного производства, начиная с выбора марки материала и заканчивая готовой отливкой, со всеми расчётами припусков для последующей механической обработки детали. Отливка ведётся в песчано-глинистой форме, что является наиболее выгодным в условиях единичного производства. В качестве материала отливки выбрана сталь 45Л, как наиболее подходящая по литейным свойствам, так как конечный продукт производства - «звёздочка», испытывает значительные нагрузки, и данный материал в соответствии с выбранным способом литья является наиболее приемлемым, как с технологической, так и с экономической точки зрения.

Методические указания предназначены для выполнения самостоятельных и работ по дисциплине «Процессы формообразования и инструменты» студентами специальности 15.02.01 «Монтаж и эксплуатация промышленного оборудования по отраслям».

В результате освоения обучающийся должен уметь:

- разрабатывать чертежи отливок по чертежам деталей

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- методику и последовательность разработки чертежей отливок в песчано-глинистой форме.

						Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Литье

Литье (литейное производство) – один из основных способов изготовления металлических заготовок и деталей. Отливки – продукция литейного производства. Сущность получения отливок заключается в том, что расплавленный и перегретый металл или сплав заливается в заранее подготовленную литейную форму, внутренняя полость которой с максимальной степенью приближения воспроизводит конфигурацию и размеры получаемой отливки. Заполнение литейной формы (полости) расплавом осуществляется через каналы, называемые литниковой системой. Наружные очертания отливки образуются стенками полости формы, а внутренние поверхности и отверстия образуются с помощью специальных вставок в литейные формы, называемых стержнями. При затвердевании в литейной форме металл приобретает (сохраняет) очертания полости литейной формы и стержней.

2. Характеристика материала детали

Для производства отливок используются сплавы черных металлов: высокопрочные, ковкие и другие виды чугунов; углеродистые и легированные стали; сплавы цветных металлов; медные (бронзы и латуни), цинковые, алюминиевые и магниевые сплавы; сплавы тугоплавких материалов: титановые, молибденовые, вольфрамовые и другие.

Литейные сплавы должны обладать высокими литейными свойствами (высокой жидкотекучестью, малыми усадкой и склонностью к образованию трещин); требуемые физическими и эксплуатационными свойствами. Для изготовления стальных отливок используют углеродистые и легированные стали. Механические свойства легированных литейных сталей определяются количеством легирующих элементов. Легирование значительно повышает механические и эксплуатационные свойства (жаропрочность, износостойкость, коррозионную стойкость).^[2]

Для изготовления детали «звездочка» способом литья используется материал — сталь 45Л ГОСТ 977-88

Общие сведения

Заменитель
стали: 35Л, 55Л, 50Л, 40Л.
Вид поставки
отливки ГОСТ 977-75.
Назначение
станины, зубчатые колеса и венцы, тормозные диски, муфты, кожухи, опорные катки, звездочки и другие детали, к которым предъявляются требования

						Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

повышенной прочности и высокого сопротивления износу и работающие под действием статических и динамических нагрузок.

Химический состав

Химический элемент	%
Кремний (Si)	0.20-0.52
Медь (Cu), не более	0.30
Марганец (Mn)	0.40-0.90
Никель (Ni), не более	0.30
Фосфор (P), не более	0.04
Хром (Cr), не более	0.30
Сера (S), не более	0.045

Механические свойства

Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

t отпуска, °C	σ_B , МПа	$\sigma_{0.2}$, %	δ_5 , %	КСУ, Дж/м ²	НВ
<i>Отливки сечением 100 мм. Закалка 830 °C, масло.</i>					
200	1810			3	550
300	1670	2	3	6	500
400	1390	4	9	10	450

Механические свойства в сечениях до 100 мм

Термообработка, состояние поставки	$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_B , МПа	$\sigma_{0.2}$, %	δ_5 , %	КСУ, Дж/м ²	НВ	НRC ₃
Нормализация 860-880 °C. Отпуск 600-630 °C.	320	550	12	20	29		
Закалка 860-880 °C. Отпуск 550-600 °C.	400	600	10	20	24		
Нормализация 860-880 °C. Отпуск 630-650 °C.	290	520	10	18	24	148-217	
Закалка ТВЧ, низкий отпуск, охлаждение в воде.							42-56

Технологические свойства

Свариваемость

трудносвариваемая. Способ сварки: РДС. Необходим подогрев и последующая термообработка.

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	5

Обрабатываемость резаниемВ отожженном состоянии при НВ 200 $K_{\square \text{ ТВ.СПЛ.}} = 1,1$, $K_{\square \text{ б.ст.}} = 0,7$.**Склонность к отпускной способности**

не склонна

Флокеночувствительность

не чувствительна

Температура критических точек

Ac1	725
Ac3	770
Ar3	720
Ar1	690

Предел выносливости

σ_{-1} , МПа	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	Термообработка, состояние стали
229	660	310	НВ 187
245	640	340	НВ 179
274	730	475	НВ 207

Физические свойства

Температура испытания, °С	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Плотность, рп, кг/см ³	7800									
Коэффициент теплопроводности Вт/(м·°С)		68	55		36	32				
Температура испытания, °С	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600	20-700	20-800	20-900	20-1000
Коэффициент линейного расширения (а, 10 ⁻⁶ 1/°С)	11.6									
Удельная теплоемкость (С, Дж/(кг·°С))	470	483		525		571				

Литейные свойства

Линейная усадка, \%	1480-1490
Показатель трещиностойчивости, Кт.у.	2.2-2.3
Жидкотекучесть, Кж.т.	0.8
Склонность к образованию усадочной раковины, Ку.р.	1.0

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						6

--	--

3. Технология песчано-глинистой формы

Большая часть отливок изготавливается в песчано-глинистых формах. Данный способ отличается большой универсальностью. В этих формах можно изготавливать отливки простой и очень сложной конфигурации, массой от нескольких граммов до сотен тонн. В качестве литейных сплавов – чугуны, сталь, цветные сплавы. Это наиболее распространенный способ изготовления крупных отливок сложной формы. Однако точность размеров и качество поверхности получаемых отливок не всегда удовлетворяют требованиям современного производства.

Весь цикл изготовления отливки по данному способу состоит из ряда основных и вспомогательных операций, осуществляемых как параллельно, так и последовательно: изготовление модельного комплекта; приготовление формовочных и стержневых смесей; изготовление стержней и литейной формы; сушка стержней и форм; сборка формы; заливка формы расплавом; затвердевание и охлаждение металла в форме; выбивка отливки из формы; удаление элементов литниковой системы; удаление стержней и очистка поверхностей отливки.

4. Изготовление нижней полуформы

На ровном основании устанавливается модель низа в перевернутом положении. Прикладывают модель питателя, устанавливается опока, далее изготавливается формовочная смесь, особенно тщательно в узлах и у стенок опоки. Далее делают проколы для вывода образующихся газов.

5. Изготовление верхней полуформы

Устанавливается литниковая система:

а) модель стояка;

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

б) модель прибыли;

в) модель выпора.

Затем в том же порядке устанавливается опока, уплотняется формовочная смесь, делаются проколы.

Когда изготовление верхней и нижней полуформ закончено, изготавливают из голов формы модель. Для этого в модель ввертывают подъём, а затем её слегка расталкивают ударами молотка по подъёму. Извлекают модель не разбивая полуформ. В заключении повреждённые участки заделывают и в целях повышения потребительски качеств, полуформы высушивают.

6. Выбор способа формовки

При использовании песчано-глинистых смесей в процессе формовки выполняют следующие технологические операции:

1) уплотнение смеси, позволяющее получить точный отпечаток модели в форме и придать ей необходимую прочность и другие свойства;

2) устройство в форме вентиляционных каналов, облегчающих выход из полости формы образующихся при заливке расплавов газов.

3) извлечение модели из формы;

4) отделку и сборку формы.

Исходя из характера производства (единичное) выбираем ручную формовку. Следует отметить, что ручная формовка в тяжелом машиностроении оснащена большим количеством вспомогательных механизмов для уплотнения формовочной смеси. Таким образом, в единичном производстве ручная формовка в чистом виде почти не используется. По способу формовки - формовка в опоках. ^[1]

7. Основная характеристика формовочной смеси

Формовочная смесь – это многокомпонентная смесь формовочных материалов, соответствующая условиям технологического процесса

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

изготовления литейных форм. Формовочные смеси по характеру использования разделяют на облицовочные, наполнительные и единые. Формовочные смеси должны иметь высокую огнеупорность, достаточную прочность и газопроницаемость, пластичность, податливость. [2]

Таблица 3

Смесь	Масса отливки, кг	Толщина стенки отливки, мм	Свойства смеси		
			Газопроницаемость, Ст.ед.	Влажность, %	Предел прочности при сжатии, кПа
Единая для формовки по-сырому	До 100	25	90	4	39

8. Основная характеристика стержневой смеси

Стержневая смесь – это многокомпонентная смесь формовочных материалов, соответствующая условиям технологического процесса изготовления литейных стержней. Стержни при заливке расплавленного металла испытывают значительные тепловые и механические воздействия по сравнению с формой, поэтому стержневые смеси должны более высокую огнеупорность, газопроницаемость, податливость, малую газотворную способность, легко выбиваться из отливок. [2]

Таблица 4

Состав смеси, масса %				Зерновой состав песка
Отработанная смесь	Кварцевый песок	Глина	Сульфитная барда	
70	16,5	5	0,5	016А

3. По характеру внутренних полостей и отверстий в отливке применяется стержень простой формы.

4. Толщина стенки назначается наименьшей, но обеспечивающий необходимую прочность детали;

5. Чтобы исключить осыпание формовочной смеси в углах модели при её извлечении из формы, выполняют округление при сопряжении стенок отливки.

6. Отливку в форме располагают так, чтобы затвердевание начиналось в тонких местах, постепенно распространяясь на более толстые и заканчивается в прибылях установленных на самых массивных местах.

7. Вся отливка располагается в нижней опоке, во избежание перекоса и других дефектов. Положение отливки в форме должно обеспечивать применение min качества стержней, обрабатываемые поверхности ответственного назначения располагаются в нижней части формы.

8. Количество разъемов должно быть минимальным. В данном случае имеется 1 разъем, а поверхность разъема плоская. ^[4]

11. Выбор положения отливки в форме и плоскость разъема модели и формы

Решение вопроса о положении отливки производится с учётом требований равномерного и направленного затвердевания металла. Необходимо так же учесть, что положение отливки в форме должно обеспечивать удобство изготовления и сборки формы.

Всю отливку рекомендуется расположить в одной (нижней) опоке во избежания перекосов, смещений и других факторов. По данной рекомендации и учитывая совокупность требований, получаем:

- положение отливки горизонтально;
- применяется 1 стержень;
- отливка располагается в верхней и нижней опоках.

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

12. Припуски на механическую обработку и технологически припуски отливки

Припуск на механическую обработку -дополнительный слой металла, который удалится в процессе механической обработки, чтобы обеспечить заданную точность и качество поверхности отливки. Припуск на механическую обработку зависит от материала отливки, способа ее изготовления, расположения отливки в форме и наибольшего габаритного размера литой детали.

Припуск зависит от класса точности и при наибольшем размере 152 мм, по таблице ПЗ принимаем следующие припуски на механическую обработку: 3 мм на сторону внешнюю и 2 мм на все остальные.

Технологический припуск применяется для упрощения и облегчения процесса изготовления отливки. В данном случае назначаются формовочные уклоны (для удобства извлечения модели из формы без разрушения её), напуски (для упрощения изготовления отливки и назначаются взамен электронов, которые не выполняются при литье).

13. Выбор стержней

Для получения крупных отверстий и полостей в отливке применяются, стержни места соединения литейной формы со стержнем называются знаковыми частями (знаками). Их функция заключается в обеспечении правильного и устойчивого положения стержня в форме.

Размеры знаков стержней и зазоры между знаками стержней и модели принимают по ГОСТ 3212-92. Размеры знаков имеют важное техническое значение. Они определяются удобством сборки формы, требованием точной фиксации, а также с учётом действующих на стержень усилий при заливке.

						<i>Лист</i>
						12
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

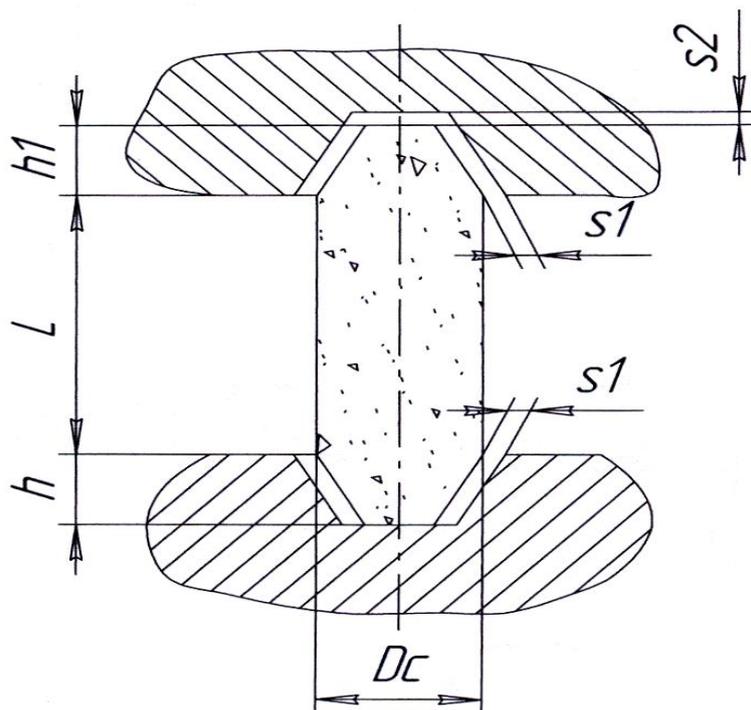


Рисунок 1.

Таблица 6.

Высота знака	h_1	35
	h	30
Длина стержня	L	68
Зазоры	S_1	0,4
Зазоры	S_2	0,6
Диаметр стержня	D_c	30

14. Формовочные уклоны

Формовочные уклоны модельного комплекса служат для удобства извлечения модели из формы без ее разрушения и для свободного удаления стержня из стержневого ящика. Уклоны выполняют в направлении извлечения модели из формы. Величина уклона зависит от материала модели, способа изготовления отливки и высоты боковой поверхности и составляет 0,5-3.

Величина уклонов зависит от размеров и места расположения поверхности. ^[4]

Таблица 7

Уклоны знаковых поверхностей

Высота знака h или h1 (мм.)	Формовочный уклон		
	Модельного комплекта		Модели
	Для низа	Для верха	
	α	β	α_1
30	10°00'	8°00'	3°00'

Принимаем деревянный модельный комплект по ГОСТ 3212-92

Таблица 8

Формовочные уклоны основных формообразующих поверхностей модельного комплекта для применения песчано-глинистой смеси.

Высота поверхности (мм.)	Формовочный уклон			
	α	β	δ	γ
	1°30'	2°20'	2°55'	1°05'

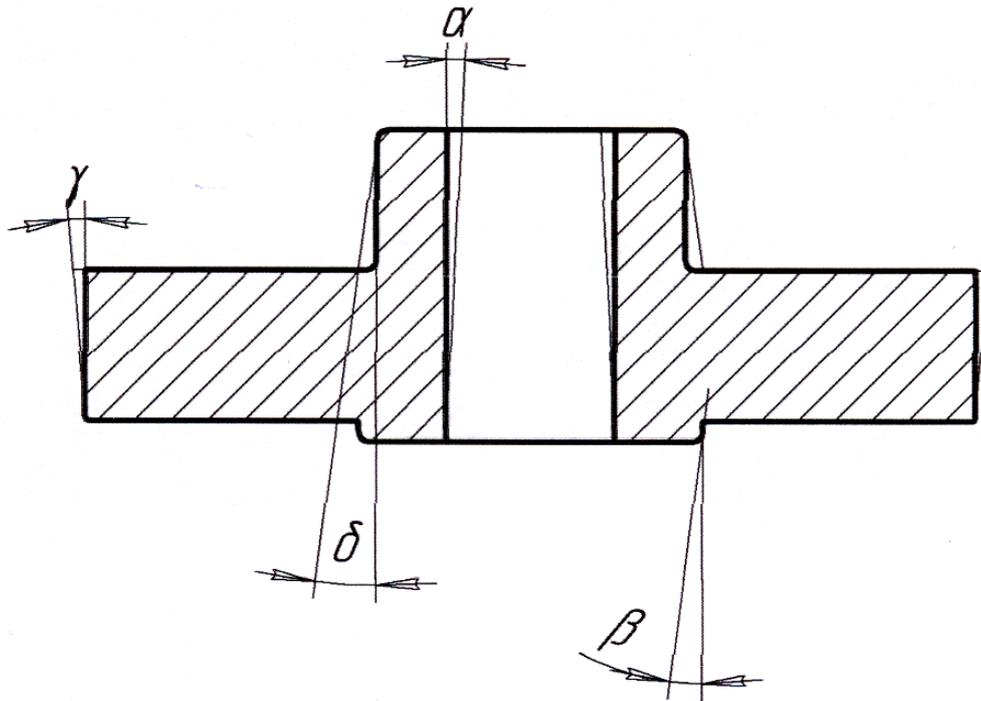


Рисунок 2.

15. Прибыли и выпоры

Прибыли применяются при изготовлении отливок из стали. Прибыль - специальный технологический прилив к поверхности отливки, затвердевающий позднее самой отливки. В прибыли формируется усадочная раковина, поэтому применение прибылей позволяет получить отливки без усадочных дефектов. Прибыли различают по месту расположения: верхние, боковые; по конфигурации: открытые, закрытые; по воздействию на металл, для его перемещения в отливке: гравитационные, газовые, атмосферные; по условию обогрева: обычные, утепленные, подогревные; по способу отделения от отливок: отрезаемые и отбиваемые. Форма прибылей определяется геометрией питательного теплового узла.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					15

16. Требования при конструировании прибылей

Прибыль должна застывать позже отливки и обеспечивать в течении всего периода затвердевания достаточное питание теплового узла. Прибыль следует размещать по возможности в верхней части отливки с тем, чтобы она выполняла ещё и выпора. Конструкция прибыли должна обеспечивать удобства формовки и удаления её при обработке отливки.

Выпоры предназначены для вывода воздуха и газа из плоскости формы при заливке. Их используют также для уменьшения динамического давления металла на форму.

Выпоры используют для питания отливки жидким металлом в процессе её затвердевания. В выпоре образуется усадочная раковина, при кристаллизации высота выпора равна высоте верхней опоки. ^[1]

17. Литниковая система

Литниковая система – это система каналов, через которые расплавленный металл подводят в полость формы. Литниковая система должна обеспечивать заполнение литейной формы с необходимой скоростью, задержание шлака и других неметаллических включений, выходов паров и газов из полости формы, непрерывную подачу расплавленного металла к затвердевающей отливке. ^[4]

18. Расчёт литниковой системы

Расчёт является определением размеров основных элементов литниковой системы: питателя, коллектора, стояка.

$$M=1,3*m,$$

M — масса отливки с учётом припусков на механообработку и технологических припусков, но без прибылей и выпоров. Для определения массы отливки m определим её объём и умножим на плотность сплава.

$$m=p*V$$

$$p = 7800 \text{ кг/м}^3 \text{ (плотность стали марки 45Л).}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

$$V=(V_1+V_2)-(V_3+V_4+V_5+V_6)$$

$$V_1= l_1*(\pi R_1^2)=0,0007446 \text{ куб.м}$$

$$V_2= l_2*(\pi R_2^2) = 0,00007912 \text{ куб.м}$$

$$V_3= l_3* \pi (R_3^2-r_3^2) = 0,00001695 \text{ куб.м}$$

$$V_4= l_4* \pi (R_4^2- r_4^2) =0,00002532 \text{ куб.м}$$

$$V_5= l_5 * \pi (R_5^2- r_5^2) =0,00002122 \text{ куб.м}$$

$$V_6= l_6 * \pi * R_6^2 =0,00004380 \text{ куб.м}$$

$$V= 0,0007165 \text{ куб.м}$$

$$m = 7800*0.0007165 = 5,5887\text{кг}$$

$$M = 1,3*5,5887 = 7,2653 \text{ кг}$$

Определим:

1) плотность жидкого металла =7800 кг/ м³

2) коэффициент расхода литниковой системы, зная толщину стенки t=64,8 мм (=0,3)

3) время заполнения формы металлом =19,4 (с)

4) расчётный напор жидкого металла при заливке формы

$H_{ст}$ - высота стояка над питателем, мм;

$H_{ом}$ - общая высота отливки;

h - высота отливки выше места подвода металла (высота отливки над питателями), м.

$$H_{ст} = 0,1 \text{ (м)};$$

$$H_{ом} = 0,068 \text{ (м)};$$

$$h = 6,2 \text{ мм} = 0,0062 \text{ (м)};$$

$$H_p = 0,1 \text{ (м)}$$

В итоге получаем

$$F_{лит} = 385,53 \text{ мм}^2$$

$$F_{пит} = 192,7 \text{ мм}^2$$

$$F_{вор.} = F_{пит.} * 3 = 578,1 \text{ мм}^2$$

Соотношение площадей поперечных сечений всех элементов литниковой системы можно принять следующим:

$$F_{пит.} : F_{л.х.} : F_{ст.} : F_{вор.} = 1:1,1:1,2:3;$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Где $F_{л.х.}$ - площадь сечения литникового хода (коллектора или шлакоуловителя).

$$F_{л.х.} = 192,7 * 1,1 = 212,04 \text{ мм}^2 . .$$

$$F_{ст} = 385,53 = 520,46 \text{ мм}^2 \quad [4]$$

19. Литниковая система

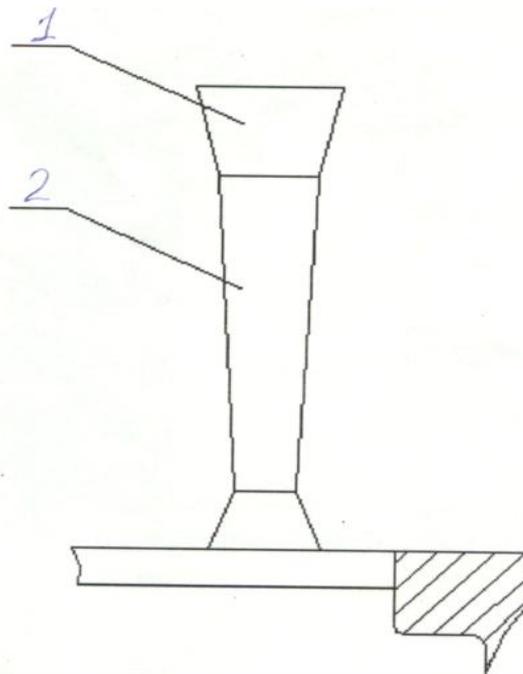


Рисунок 3. 1-чаша (воронка). 2-стояк.

Список используемой литературы

1. Гоцеридзе Р.М. Процессы формообразования и инструменты. – Учебник. 4 – ое издание, АСАДЕМІА, Москва, 2016
2. Никифоров В.М. Технология металлов и др. конструкционных материалов. – Ленинград: Политехника, 2009г.
3. Чумаченко Ю.Т., Чумаченко Г.В. Материаловедение. – Феникс. Торговый дом, 2007г.
4. Разработка технологии изготовления отливки: Учеб. пособие / В.М. Григорьев. –Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2004. – 67 с.

Дополнительные источники:

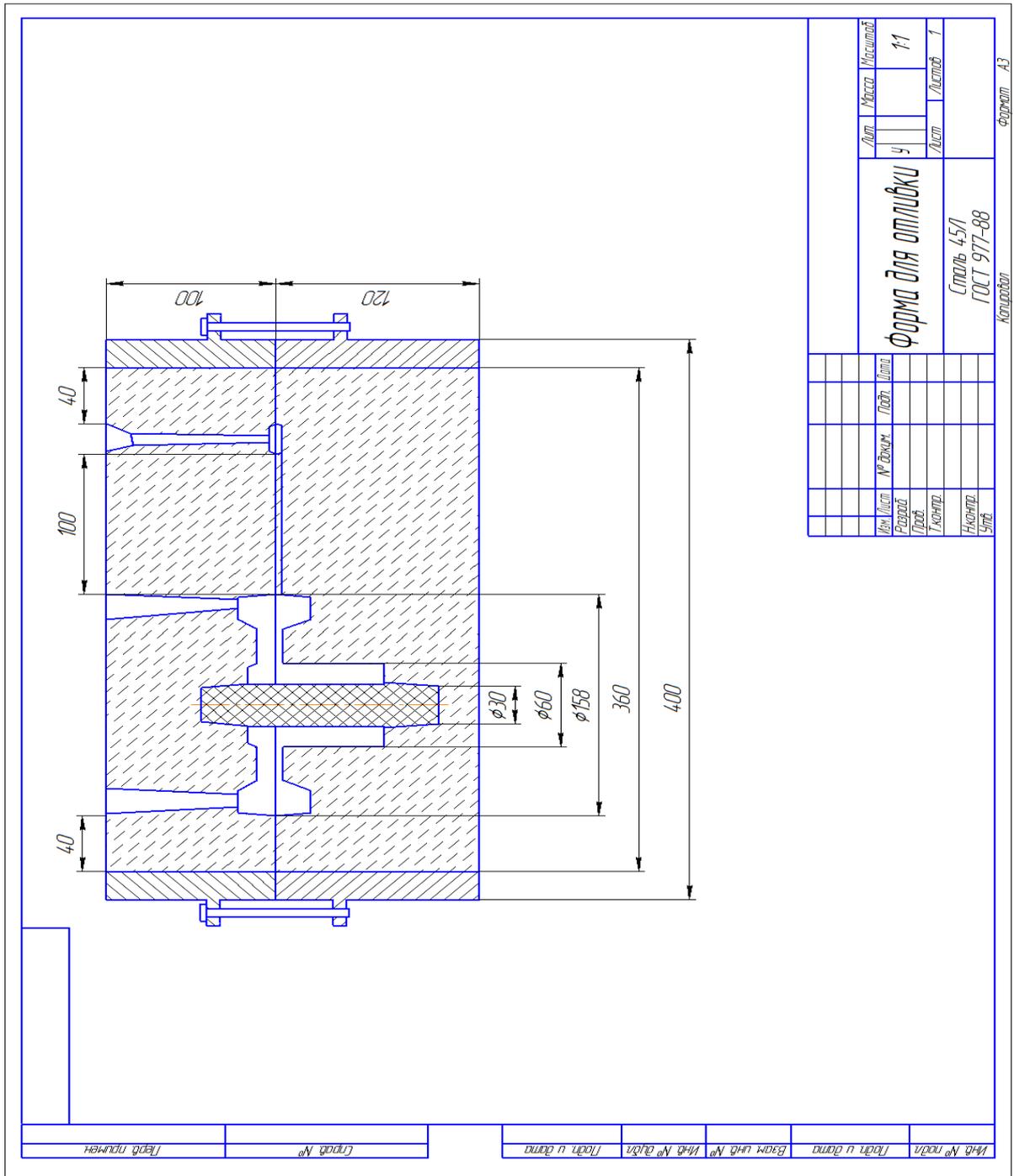
1. Научно – технический журнал «Материаловедение». Издательство «Наука и технологии».
2. ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки (Действующий документ).
3. ГОСТ 1050-88 Сталь углеродистая качественная конструкционная (Действующий документ).

Интернет – издания:

4. Машиностроительный ресурс www.i-Mash.ru.

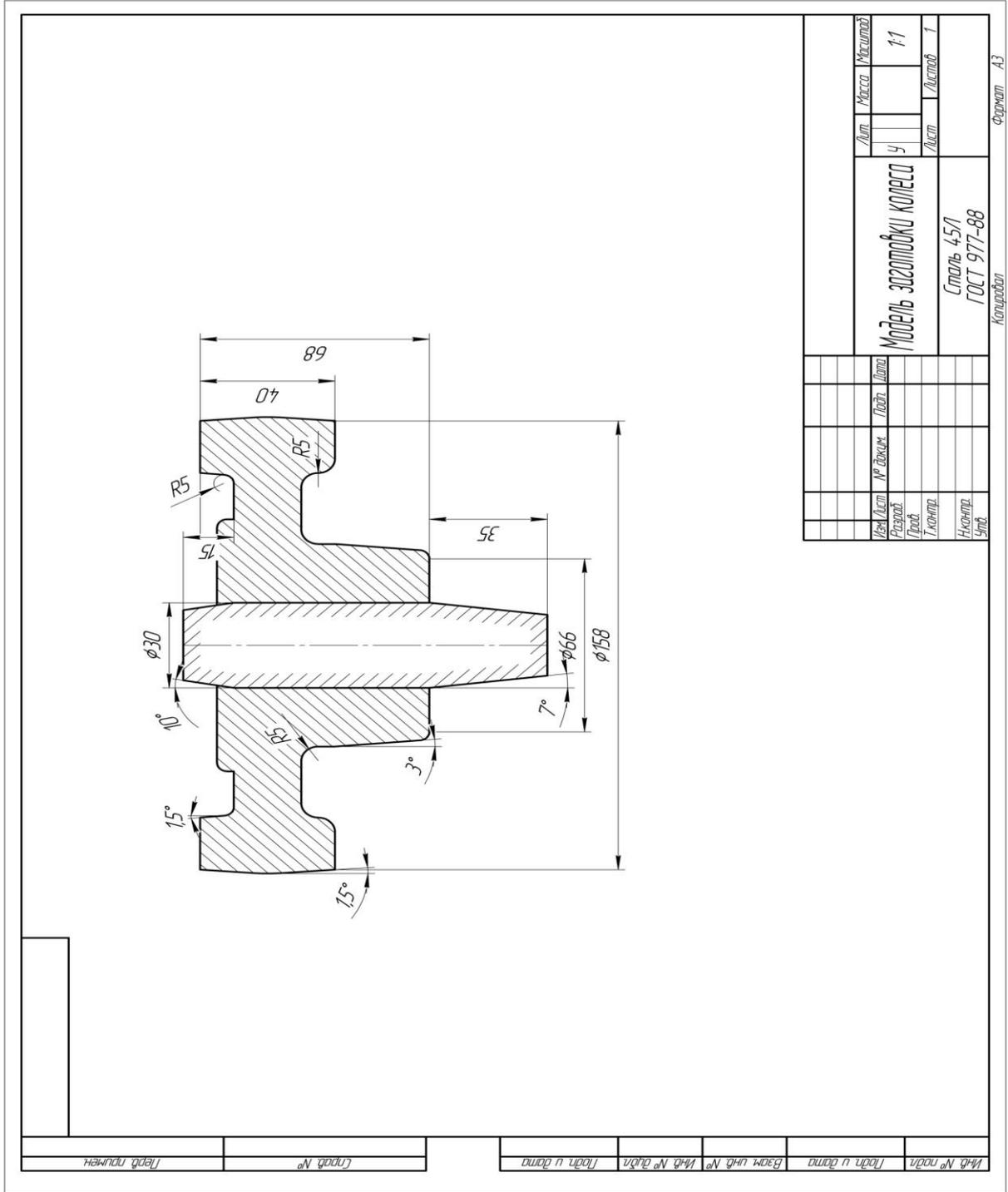
									Листы
Изм.	Листы	№ докум.	Подпись	Дата					19

Приложение А



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Форма для отливки	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Лежнев Ю.И.					1	2
Провер.						ГБПОУ «ВВК»		
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								

Приложение Б



Лист	Масса	Материал
1		11
Лист	Листов	1
Модель заготовки колеса		
Сталь 45Л		
ГОСТ 977-88		
Изм.	№ докум.	Подп.
Разраб.	Провер.	Техн. эк.
Нач. контр.	Утв.	

Калькуляция
Формат А3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Отливка колеса	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Лежнев Ю.И.					2	2
Провер.						ГБПОУ «ВВК»		
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.								