

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

«Разработка технологического процесса изготовления отливки в песчаной форме»

Введение

Литейным производством называется способ изготовления изделий различной конфигурации и назначения путем заливки расплавленного металла в специальную форму. Формы могут быть песчаными, металлическими, керамическими и т.д. В зависимости от количества получаемых в одной форме отливок формы бывают разовые, полупостоянные и постоянные. Наиболее распространенными являются разовые песчаные формы, в которых получают около 80% всего фасонного литья. Остальные 20% отливок производятся специальными способами: кокильным литьем, литьем по выплавляемым, выжигаемым, растворяемым и другим моделям, литьем в оболочковые формы, центробежным литьем и т.д. Более широкое применение специальных способов литья в промышленности сдерживается их сравнительно высокой стоимостью и невозможностью получения отливок больших размеров и массы. Вместе с тем следует отметить, что отливки, полученные специальными способами, имеют незначительные припуски на механическую обработку, высокие механические свойства и качество. Поэтому окончательный выбор способа литья производится на основе технико-экономического сравнения различных вариантов. Практика показывает, что примерно 50% всех деталей работающих машин и механизмов изготавливаются из литых заготовок. Такое предпочтение данному способу производства заготовок объясняется возможностью получения изделий практически любой конфигурации. К ним относятся корпуса редукторов, подшипников скольжения, фланцы, втулки, звездочки цепных передач и т.д.

Цель работы – ознакомление с основными этапами проектирования технологического процесса изготовления отливки в песчаной форме.

Перед выполнением работы студент получает следующие исходные данные:

1. чертеж детали с техническими условиями на ее изготовление;
2. марка литейного сплава;
3. сведения о типе производства (единичное, мелкосерийное, серийное, крупносерийное или массовое).

Исходные данные выдаются преподавателем индивидуально каждому студенту.

Для выполнения работы необходимо:

1. определить положение отливки в форме и назначить разъемы модели и формы;
2. назначить припуски на механическую обработку на все обрабатываемые поверхности детали, припуски на усадку, напуски и формовочные уклоны; если для получения отливки используются стержни, то определить размеры стержневых знаков;
3. произвести расчет литниковой системы.

Графическая часть работы включает в себя эскиз детали, эскиз отливки с указанием припусков на механическую обработку, эскизы модели, стержня и литейной формы в сборе. Если для изготовления отливки требуется несколько стержней, вычерчивается один стержень и для него стержневой ящик (по выбору студента).

Порядок выполнения работы показан на конкретном примере. Отливаемая деталь - корпус подшипника, материал - чугун СЧ 21, производство мелкосерийное. Эскиз детали представлен на рис. 1.

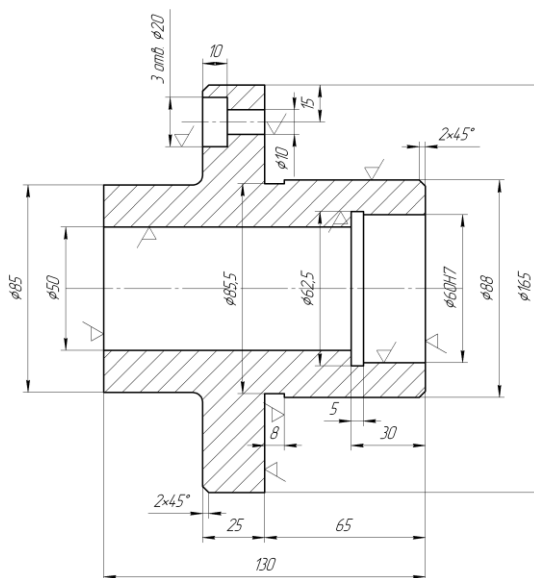


Рис. 1. Эскиз детали

1. Выбор положения отливки в форме и определение плоскостей разреза

Прежде чем приступить к разработке технологического процесса изготовления отливки, необходимо тщательно изучить чертеж детали, обратив особое внимание на ее назначение, технические условия, обработку, тип производства. При этом необходимо руководствоваться следующими основными положениями.

1. Способ формовки - машинный или ручной - определяется серийностью производства. При единичном и мелкосерийном производстве применяется ручная формовка, а при серийном, крупносерийном и массовом - машинная. Машинная формовка позволяет получать отливки более высокого качества, сделать процесс значительно менее трудоемким и, следовательно, снизить себестоимость литья.

2. Приемы формовки - в двух или более опоках, по разъемной модели, в стержнях и т.д. - определяются прежде всего конфигурацией и размерами отливки. Из всего многообразия приемов формовки, накопленных практикой литейного производства, необходимо выбрать (с помощью преподавателя) простейший, обеспечивающий качественное получение отливки, и вместе с тем наименее трудоемкий.

3. При выборе положения отливки в форме необходимо по возможности располагать наиболее ответственные части отливки в нижних и боковых частях формы, так как в ее верхних частях сосредотачиваются газовые и шлаковые включения, ухудшающие механические свойства металла. В нижних частях формы следует также располагать тонкостенные части отливки (например, ребра жесткости), причем вертикальное их расположение предпочтительнее горизонтального, так как вертикальные полости формы лучше заполняются расплавленным металлом при заливке. Оптимальным вариантом является расположение (если это возможно) всей отливки в одной, нижней опоке. Однако во всех случаях выбранное положение отливки должно обеспечить удобство изготовления и сборки формы.

4. Выбор разреза формы или модели определяется многими факторами. В зависимости от конструктивной сложности отливки может быть один или несколько разрезов, причем они могут располагаться как на одном, так и на нескольких уровнях. Необходимо стремиться к уменьшению количества разрезов, так как с их увеличением снижается точность сборки формы, увеличивается трудоемкость и себестоимость литья.

5. При выборе положения отливки в форме и определении разрезов необходимо обеспечить возможность извлечения модели из формы без разрушения последней.

Произведем оценку детали, эскиз которой представлен на рис. 1, с точки зрения расположения в ней зон качественного металла. Наиболее качественной должна быть зона детали (Ø60H7), где будет располагаться подшипник. Следовательно, отливка в форме должна быть расположена вертикально, причем внизу должна быть зона подшипника (Ø60H7). В этом случае возможность извлечения модели из формы будет обеспечена, если плоскость разреза расположить по торцу фланца. Центральное отверстие (Ø50) должно выполняться с помощью стержня.

Отверстия во фланце (под крепеж) ввиду малого диаметра получать литьем нерационально, они будут выполняться механически. Учитывая тип производства – мелкосерийное – принимаем ручную формовку в двух опоках по разъемной модели с использованием деревянного модельного комплекта.

2. Назначение припусков на механическую обработку

Припуском называется слой металла, предназначенный для снятия в процессе механической обработки. Величина припуска должна быть такой, чтобы после механической обработки поверхность детали отвечала требованиям по качеству металла, механическим свойствам и шероховатости. Величина припуска в зависимости от класса точности отливок, размеров и расположения обрабатываемой поверхности по отношению к разьему (верх, низ, бок) регламентируется для чугунного фасонного литья ГОСТом 1855-55, для стального фасонного литья ГОСТом 2009-55 (см. табл. 1 и 2 приложения).

Класс точности отливок определяется в зависимости от типа производства (серийности), материала и состояния модельного комплекта и оснастки, а также других факторов. К первому классу точности относятся отливки, получаемые в крупносерийном и массовом производстве при машинной формовке с использованием, как правило, металлического модельного комплекта. Второй класс точности достигается при машинной формовке по деревянным моделям (среднесерийное производство). Все отливки, получаемые в единичном и мелкосерийном производстве с использованием ручной формовки и деревянного модельного комплекта, относятся, как правило, к третьему классу точности. Так как в рассматриваемом случае применяется ручная формовка по деревянной модели, отливка должна быть отнесена к третьему классу точности.

В соответствии с ГОСТ 2.423-73 припуски на механическую обработку на чертежах изображаются сплошной основной линией. Величина припуска указывается либо числом перед знаком шероховатости поверхности детали или величиной уклона, либо линейным размером. Отверстия, впадины и другие особенности конфигурации детали, не выполняемые литьем, зачеркиваются сплошной линией. Слой металла, оставляемый на месте не выполняемых литьем элементов детали, называется напуском.

Все поверхности модели, перпендикулярные разьему, должны иметь формовочные уклоны, облегчающие извлечение модели из формы. Следовательно, формовочные уклоны будут иметь место и на отливке, т.к. последняя повторяет наружную конфигурацию модели. На обрабатываемых поверхностях формовочный уклон назначается сверх припуска на механическую обработку. Значения формовочных уклонов для наружных поверхностей моделей регламентируются ГОСТом 3212-57 (табл. 3 приложения).

Эскиз отливки с нанесенными припусками, напусками и формовочными уклонами для рассматриваемого примера представлен на рис. 2.

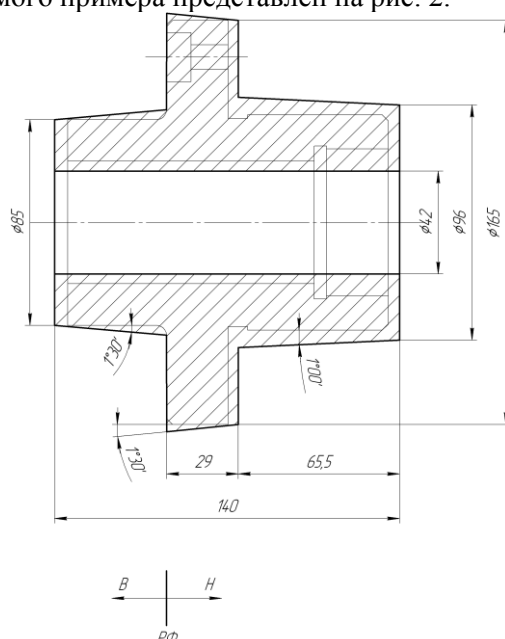


Рис. 2. Эскиз отливки

3. Разработка эскиза модели

Модель и стержневой ящик образуют модельный комплект. Модель - это прообраз будущей отливки. С помощью модели формообразуется, в основном, наружная конфигурация отливки. От отливки модель отличается материалом, наличием стержневых знаков (если отливка полая и для формирования полости необходим стержень), наличием разъема в случае, если формовка производится по разъемной модели, размерами, превышающими соответствующие размеры отливки на величину линейной усадки сплава. Величину линейной усадки для различных литейных сплавов можно определить по таблице 4 приложения.

В качестве материала для изготовления моделей используют дерево, металлические сплавы, пластмассы и т.д. Металлические модели применяются в серийном производстве при машинной формовке. В единичном и мелкосерийном производстве применяются модели из различных пород дерева. Модели могут быть цельными или иметь один и более разъемов, т.е. состоять из нескольких частей. Отдельные части разъемных моделей центрируются с помощью шипов или дюбелей. На моделях могут быть съемные части, закрепленные шпильками, штырями, крючками и т.п.

На модели могут быть стержневые знаки. При формовке с помощью этих элементов получают соответствующие полости (углубления) в форме, которые служат для установки стержня и его ориентировки при сборке литейной формы. В зависимости от расположения стержня в форме стержневые знаки могут быть горизонтальными и вертикальными. Размеры стержневых знаков регламентируются ГОСТом 3606-80.

Данные для выбора длины горизонтальных знаков представлены в таблице 5, высота вертикальных знаков - в таблицах 6 и 7, уклонов знаков - в таблице 8 приложения.

Эскиз модели для рассматриваемого примера представлен на рис.3.

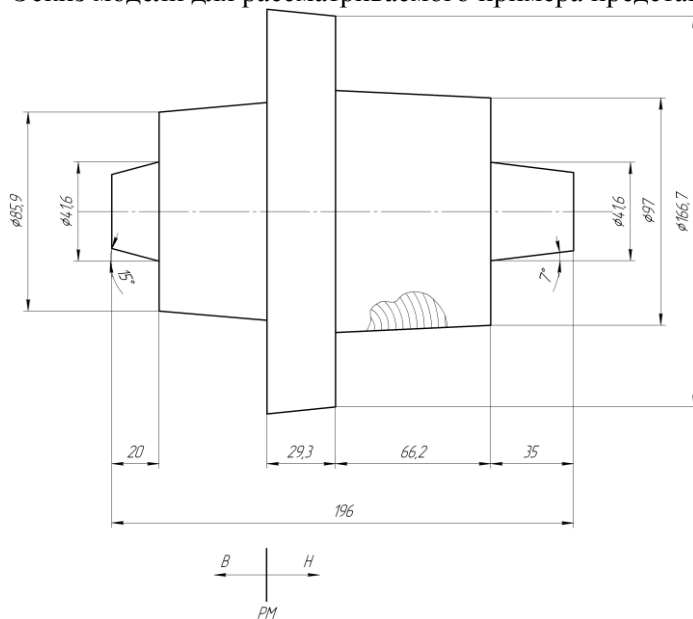


Рис.3. Эскиз модели

Размеры детали, соответствующие им размеры отливки и модели, величины припусков на механическую обработку и припусков на усадку необходимо свести в таблицу.

Размер детали, мм	Припуск на мех. Обработку, мм	Размер отливки, мм	Припуск на усадку, мм	Размер модели, мм
Ø50	4x2	Ø42	0,4	Ø41,6
Ø88	4x2	Ø96	1	Ø97
Ø85	-	Ø85	0,9	Ø85,9
Ø165	-	Ø165	1,7	Ø166,7
130	5,5+4,5	140	1,4	141,4
25	4	29	0,3	29,3
65	4,5-4	65,5	0,7	66,2

4. Разработка эскиза стержня.

Если модель служит для получения наружной конфигурации будущей отливки, то стержень формирует ее внутренние очертания. Стержни изготавливают из специальных стержневых смесей. В зависимости от применяемых материалов они могут быть песчано-глинистыми, песчано-масляными, песчано-цементными, быстротвердеющими и т.д. В единичном и мелкосерийном производстве уплотнение стержневой смеси производится вручную (трамбовками, пневмотрамбовками). В массовом производстве для этой цели используется мундштучные, прессовые, встряхивающие, пескодувные, пескоструйные и другие машины.

После формовки, уплотнения и извлечения стержней из ящиков стержни подвергаются сушке в печах при температуре $175-325^{\circ}\text{C}$. Сушка способствует повышению прочности и газопроницаемости стержней. Для более высокой газопроницаемости в стержне делают вентиляционные каналы. Большая прочность, особенно крупных стержней, достигается использованием металлических каркасов (проволочных, сварных, литых). После изготовления отливки стержень, находящийся внутри нее, разрушается. Разрушение стержня в единичном производстве производится вручную, в серийном производстве - с помощью вибрационных машин или гидравлическим способом.

На эскизе стержня должны быть показаны вентиляционный канал, арматура и основные (габаритные) размеры. Эскиз стержня для рассматриваемого примера представлен на рисунке 4.

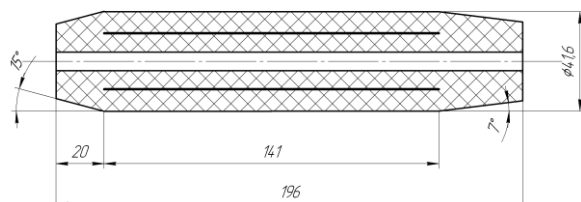


Рис. 4. Эскиз стержня

5. Расчет литниковой системы.

Литниковой системой называется совокупность каналов в литейной форме, подводящих расплавленный металл, улавливающих шлак и неметаллические включения, отводящих воздух, вытесняемый из литейной формы при ее заливке, а также питающих отливку в процессе ее кристаллизации. По конструкции различают горизонтальные, верхние, дождевые, сифонные, ярусные (этажные), комбинированные литниковые системы. Наибольшее распространение получили нормальные горизонтальные системы с фильтровальными сетками. Элементами такой системы являются воронка, или чаша 1, служащая для приема расплавленного металла, заливаемого из ковша, фильтровальная сетка 2, предназначенная для удержания шлака, стояк 3, представляющий собой вертикальный канал в форме. Стояк имеет коническую боковую поверхность, так как получается с помощью модели, имеющий формовочный уклон. Кроме того, в литниковую систему входит шлакоуловитель 4, служащий для улавливания шлака и различных включений, а также для распределения жидкого металла по литейной форме. Шлакоуловитель представляет собой горизонтальный канал, имеющий трапециевидную форму. Такая форма обеспечивает наиболее полное улавливание шлака. Последний элемент системы – питатели 5 – представляют собой один или несколько горизонтальных каналов, непосредственно подводящих металл в полость формы. Эскиз элементов нормальной горизонтальной литниковой системы представлен на рисунке 5.

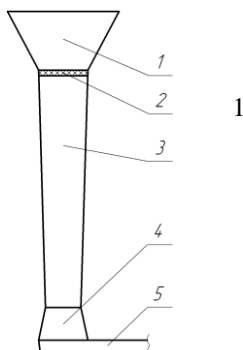


Рис. 5. Эскиз литниковой системы

Обычно воронка, стояк и шлакоуловитель располагаются в верхней опоке, т.е. выше разъема, а питатель - в нижней. Для отвода воздуха из литейной формы и контроля ее заполнения жидким металлом служит выпор – дополнительный вертикальный канал. Для питания отливки расплавленным металлом при ее кристаллизации служат прибыли, представляющие собой массивные объемы (каналы, полости). Сечение и размеры прибылей должны быть рассчитаны так, чтобы затвердевание металла в них происходило только после затвердевания самой отливки. Отливки малых размеров (особенно из чугуна) отливаются без прибылей. Необходимо помнить, что литник (затвердевшая отливка литниковая система) и прибыль являются отходом литейного производства.

Расчет литниковой системы сводится к определению площадей поперечных сечений питателей ($\Sigma F_{пит}$), шлакоуловителя ($F_{шл}$) и стояка ($F_{ст}$). Суммарная площадь поперечных сечений питателей определяется по следующей зависимости:

$$\Sigma F_{пит} = \frac{Q}{\rho \mu \tau \sqrt{2gH}}, \text{ м}^2,$$

где Q , кг – масса отливки и прибыли,

ρ , кг/м³ – плотность металла (для чугуна и стали $\rho \approx 7800$ кг/м³),

$\mu = 0,4 \div 0,6$ – коэффициент истечения,

$\tau = 4 \div 9$ с – время заливки формы,

$g = 9,81$ м/с² – ускорение свободного падения,

H , м – средний напор (высота от верхнего края воронки до центра масс отливки).

Площади поперечных сечений шлакоуловителя и стояка выбираются из соотношений:

1. для отливок из чугуна массой до 1 т и более 1 т соответственно $\Sigma F_{пит}:F_{шл}:F_{ст}=1:1,1:1,15$ и $\Sigma F_{пит}:F_{шл}:F_{ст}=1:1,2:1,4$;

2. для стального литья $\Sigma F_{пит}:F_{шл}:F_{ст}=1:1,3:1,6$.

Этими зависимостями следует руководствоваться при вычерчивании формы в сборе для примерного соблюдения соотношения сечений каналов литниковой системы.

6. Литейная форма в сборе

Сборка литейной формы - сложная и ответственная операция, во многом определяющая качество будущей отливки. опоки после извлечения из них модели и установки стержней совмещаются по направляющим штырям. Во избежание подъема и смещения верхней опоки относительно нижней на верхнюю опоку устанавливают грузы, опоки скрепляют болтами, скобами, струбцинами. После этого форма считается готовой для заливки ее расплавленным металлом. Заливка формы производится из разливного ковша. После охлаждения форму разрушают, отливку очищают от пригоревшей формовочной смеси, отламывают, отрубают или отпиливают литник, разрушают стержень. После дополнительной очистки и необходимого контроля отливка поступает на механическую обработку. Форма в сборе вычерчивается схематично, но с соблюдением пропорций.

Эскиз литейной формы в сборе для рассматриваемого примера представлен на рис. 6.

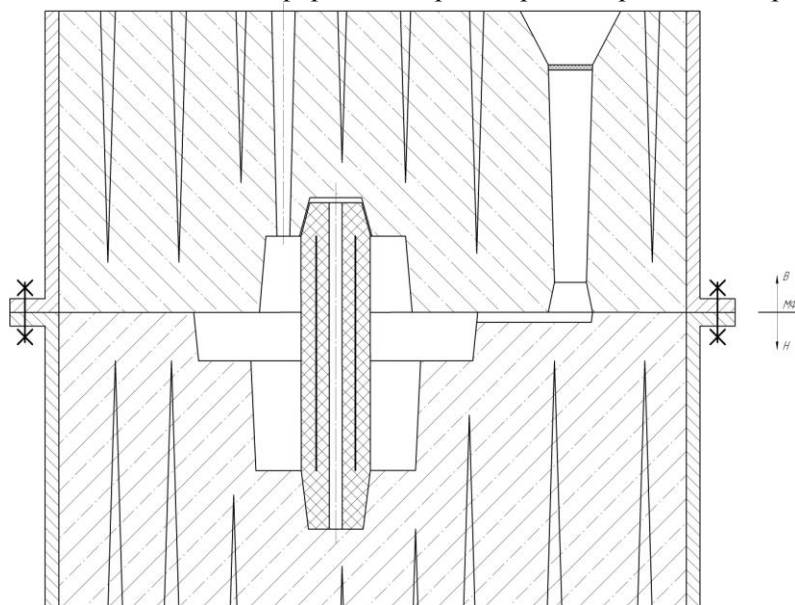


Рис. 6. Эскиз формы в сборе

7. Содержание отчета и требования к его оформлению

Отчет должен содержать цель работы, исходные данные, подробные комментарии к выбору положения отливки в форме, плоскостей разъема, назначению припусков на механическую обработку, напусков, формовочных уклонов, припусков на усадку, размеров и уклонов стержневых знаков и стержня, расчет литниковой системы и вывод.

Графическая часть отчета включает в себя эскизы детали, отливки, модели, стержня и литейной формы в сборе.

Отчет должен быть оформлен на стандартных листах формата А4 и содержать титульный лист. Текст необходимо набрать на компьютере, либо четко и разборчиво написать от руки. Графическая часть оформляется в соответствии с требованиями ЕСКД.

Приложение

Таблица 1:

Припуски на механическую обработку для отливок из серого чугуна

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер, мм					
		до 50	50-120	121-200	261-500	501-800	801-1250
II класс точности							
до 120	Верх	3,5	4,0	-	-	-	-
	Низ, бок	2,5	3,0	-	-	-	-
121-260	Верх	4,0	4,5	5,0	-	-	-
	Низ, бок	3,0	3,5	4,0	-	-	-
261-500	Верх	4,5	5,0	6,0	6,5	-	-
	Низ, бок	3,5	4,0	4,5	5,0	-	-
01-800	Верх	5,0	6,0	6,5	7,0	7,5	-
	Низ, бок	4,0	4,5	4,5	5,0	5,5	-
801-1250	Верх	6,0	7,0	7,0	7,5	8,0	8,5
	Низ, бок	4,0	5,0	5,0	5,5	5,5	6,5
1251-2000	Верх	7,0	7,5	8,0	8,0	9,0	9,0
	Низ, бок	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	6,5
III класс точности							
до 120	Верх	-	4,5	-	-	-	-
	Низ, бок	-	3,5	-	-	-	-
121-260	Верх	-	5,0	5,5	-	-	-
	Низ, бок	-	4,0	4,5	-	-	-
261-500	Верх	-	6,0	7,0	7,0	-	-
	Низ, бок	-	4,5	5,0	6,0	-	-
501-800	Верх	-	7,0	7,0	8,0	9,0	-
	Низ, бок	-	5,0	5,0	6,0	7,0	-
801-1250	Верх	-	7,0	8,0	8,0	9,0	10,0
	Низ, бок	-	5,5	6,0	6,0	7,0	7,5
1251-2000	Верх	-	8,0	8,0	9,0	9,0	10,0
	Низ, бок	-	6,0	6,0	7,0	7,0	8,0

Таблица 2:

Припуски на механическую обработку для стальных отливок

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер, мм					
		до 120	121-260	261-500	501-800	801-1250	1251-2000
II класс точности							
до 120	Верх	4	-	-	-	-	-
	Низ, бок	4	-	-	-	-	-
121-260	Верх	5	6	-	-	-	-
	Низ, бок	4	4	-	-	-	-
261-500	Верх	6	7	7	-	-	-
	Низ, бок	5	5	6	-	-	-
501-800	Верх	7	8	9	10	-	-
	Низ, бок	5	6	6	7	-	-
801-1250	Верх	8	9	10	10	11	-
	Низ, бок	6	7	7	8	8	-
1251-2000	Верх	9	10	10	11	12	13
	Низ, бок	7	7	8	8	9	9
III класс точности							
до 120	Верх	5	-	-	-	-	-

	Низ, бок	4					
121-260	Верх	5	6	-	-	-	-
	Низ, бок	4	5				
261-500	Верх	6	8	9	-	-	-
	Низ, бок	5	6	6			
501-800	Верх	7	8	10	11	-	-
	Низ, бок	5	6	7	7		
801-1250	Верх	9	10	11	12	13	-
	Низ, бок	6	7	8	8	9	
1251-2000	Верх	10	11	12	13	14	16
	Низ, бок	7	8	9	9	10	11

Таблица 3:

Измеряемая высота поверхности модели, мм	Модель	
	металлическая	деревянная
до 20	1° 30'	3°
21-50	1°	1° 30'
51-100	0° 45'	1°
101-200	0° 30'	0° 45'
201-300	0° 20'	0° 30'
301-500	0° 20'	0° 30'
501-800	-	0° 30'
801-1180	-	0° 20'
1181-1600	-	0° 20'
1601-2000	-	0° 20'
2001-2500	-	0° 15'
более 2500	-	0° 15'

Таблица 4:

Сплав	Линейная усадка, %		
	мелкое литье	среднее литье	крупное литье
Серый чугун	0,8 – 1,2	0,6 – 1,0	0,4 – 0,8
Сталь	1,8 – 2,2	1,6 – 2,2	1,4 – 1,8
Бронза, латунь	1,6 – 2,0	1,5 – 1,9	1,4 – 1,8
Алюминиевые и магниевые сплавы	1,0 – 1,5	0,8 – 1,4	1,8 – 2,3

Таблица 5:

Длина горизонтальных стержневых знаков l , мм

D или (a+b)/2, мм	Длина стержня L, мм							
	до 50	51- 150	151- 300	301- 500	501- 750	751- 1000	1001- 1500	1501- 2000
до 25	15	25	40	-	-	-	-	-
25-50	20	30	45	60	-	-	-	-
51-100	25	35	50	70	90	110	-	-
101-200	30	40	55	80	100	120	140	160
201-300	-	50	60	90	110	130	150	180
301-400	-	-	80	100	120	140	160	200
401-500	-	-	100	120	130	150	180	230
501-750	-	-	-	140	150	170	200	250
751-1000	-	-	-	-	180	200	230	280
1001-1250	-	-	-	-	200	230	250	300
1251-1500	-	-	-	-	-	250	280	330

Таблица 6:

Высота нижних вертикальных стержневых знаков h , мм

D или (a+b)/2, мм	Длина стержня L, мм							
	до 50	51- 150	151- 300	301- 500	501- 750	751- 1000	1001- 1500	1501- 2000
до 25	20	25	-	-	-	-	-	-
25-50	20	40	60	70	-	-	-	-
51-100	25	35	50	70	100	120	-	-
101-200	30	30	40	60	90	110	160	200
201-300	35	35	40	50	80	100	150	190
301-400	40	40	40	50	70	90	140	180
401-500	40	40	40	50	60	80	130	170
501-750	50	50	50	50	60	70	120	160
751-1000	50	50	50	50	50	60	110	150
1001-1250	-	60	60	60	60	60	100	140

Таблица 7:

Соотношение высоты нижних (h) и верхних (h_1) вертикальных знаков

h , мм	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	110	120
h_1 , мм	15	15	20	20	25	30	35	40	50	55	60	65	70

h , мм	130	140	150	160	170	180	190	200
h_1 , мм	80	85	90	95	100	110	115	120

Таблица 8:

Уклоны стержневых знаков

Высота знака h или h_1 , мм	Стержень			
	вертикальный		Горизонтальный	
	нижний	верхний	нижний	верхний
	α	β	α	β
до 20	10^0	15^0	10^0	15^0
21-50	7^0	10^0	7^0	10^0
51-100	6^0	8^0	6^0	8^0
101-200	5^0	6^0	5^0	6^0
201-300	-	-	5^0	6^0

301-500	-	-	4 ⁰	5 ⁰
501-800	-	-	3 ⁰	3 ⁰ 30'
более 800	-	-	2 ⁰ 30'	3 ⁰