

Оглавление	
Введение	3
1. Исходные данные для проектирования технологических процессов	3
2. Отработка конструкции изделия на технологичность	4
3. Определение типа производства	5
4. Выбор способа получения заготовки	6
4.1. Получение заготовок литьем	7
4.2. Получение заготовок давлением	10
4.3. Получение заготовок из проката	12
4.4. Комбинированные способы получения заготовок	13
5. Выбор методов обработки поверхностей деталей	14
6. Расчет припусков на обработку, промежуточных и исходных размеров заготовки	15
7. Выбор технологических баз и способов установки заготовок при обработке	25
8. Выбор оборудования и приспособлений	30
9. Выбор режущего инструмента	32
9.1. Лезвийный инструмент	32
9.2. Абразивный инструмент	35
10. Расчет режимов резания и норм времени	39
11. Техничко-экономические показатели технологического процесса	42
12. Технологическая документация	43
Литература	44
Оглавление	45
Приложение 1	46
Приложение 2	84
Приложение 3	107
Приложение 4	112
Приложение 5	117

НАМАКОНОВ Б.В.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ**

Учебно-методическое пособие для специальности:
"Автомобили и автомобильное хозяйство"

Горловка – 2011
Автомобильно – дорожный институт
Донецкого национального технического университета

УДК 621.91

**Проектирование технологических процессов
изготовления деталей автомобилей**

Намаконов Б.В.

Горловка. АДИ Дон НТУ, 2011 год

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой: «Основы технологии производства и ремонта автомобилей» для специальности 7. 090258 – "Автомобили и автомобильное хозяйство". В пособии приводятся рекомендации по разработке технологических процессов изготовления деталей на лабораторно-практических занятиях, в курсовых и дипломных проектах, рассмотрено содержание отдельных этапов проектирования, приведены справочные и нормативные материалы.

Утверждено на заседании кафедры:
«Техническая эксплуатация автомобилей»
Протокол № от февраля 2011 г.

Горловка – 2011
Автомобильно–дорожный институт
Донецкого национального технического университета

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие может быть использовано как руководящий материал при разработке технологического процесса изготовления детали в лабораторно-практических работах, курсовых проектах или технологическом разделе дипломного проектирования.

Вопросы оформления технологической документации на технологические процессы подробно освещены в ранее изданных методических указаниях [1].

Объем расчетных и графических работ при оформлении технологического процесса задаются руководителем соответствующего проекта.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Основные исходные данные для проектирования включают:

- рабочий чертеж детали;
- технические условия на изготовление детали;
- объем программного задания и срок его выполнения.

Согласно единой системе технологической документации (ЕСТД) различают три вида технологических процессов (ГОСТ 3.1109-82): *единичный, типовой и групповой*.

Единичный технологический процесс (ЕТП) – это технологический процесс изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства.

Разработка ЕТП характерна для оригинальных изделий, не имеющих общих конструктивных и технологических признаков с изделиями, ранее изготавливавшимися на предприятии.

Типовой технологический процесс может быть использован как информационная основа для проектирования единичного технологического процесса. При разработке технологических процессов необходима исходная информация.

Групповой технологический процесс разрабатывается для группы однотипных деталей.

Базовой исходной информацией для проектирования ТП являются рабочие чертежи деталей, технические требования, регламентирующие точность, шероховатость и другие показатели качества; объем годового выпуска изделий.

Руководящая исходная информация содержит требования соответствующих стандартов к технологическим процессам и документацию на них, производственные инструкции, документацию по экологии и технике безопасности.

К справочной информации относятся описания прогрессивных методов изготовления, каталоги оборудования, альбомы приспособлений и типовых технологических процессов, ГОСТы и нормы на измерительный и режущий инстру-

менты, нормативы по точности, шероховатости, режимам резания и техническому нормированию.

2. ОТРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ

Технологичность конструкции изделия согласно ГОСТ18831-83 - это совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материала и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте и обеспечении заданных показателей качества.

Отработка конструкции на технологичность (ГОСТ 14.201-83) направлена на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия при обеспечении необходимого качества изделия.

Особое внимание при разработке ТП уделяется изучению конструкции детали и функций, выполняемых ею в механизме, анализу технологичности конструкции и контролю чертежа. Рабочий чертеж детали должен иметь необходимое число проекций и сечений, дающих полное представление о детали. Обращают внимание на уменьшение числа обрабатываемых поверхностей, что снижает трудоемкость механической обработки; на повышение жесткости детали, позволяющей применить многоинструментальную обработку; на унификацию конструктивных элементов детали, что сокращает номенклатуру размерных и профильных инструментов, уменьшает время обработки.

Проверяют возможность обеспечения надежного базирования заготовки, правильность простановки размеров для возможности совмещения технологической и измерительной баз.

Обеспечение технологичности конструкции является одной из функций подготовки производства и предусматривает совместное с конструктором решение конструкторских и технологических задач.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

Тип производства и соответствующие ему формы организации труда в значительной мере определяют структуру технологического процесса.

Существует несколько методик определения типа производства: по номенклатуре изготавливаемых изделий и годовой программе их выпуска.

Наиболее простой вариант определяет серийность производства в зависимости от количества изделий в партии (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Количество изделий в партии и тип производства

Тип производства	Крупные изделия	Средние изделия	Мелкие изделия
Мелкосерийное	2-5	5-25	10-50
Среднесерийное	5-25	25-150	50-300
Крупносерийное	>25	>150	>300

Для серийного производства количество деталей (изделий) в партии P определяется как:

$$P = \frac{N \cdot F_3}{\Phi \cdot y}, \quad (3.1)$$

где: N – годовая программа выпуска деталей (изделий);

F_3 – количество дней запаса деталей на складе (2-3 дня для крупных деталей, 5-10 деталей – для мелких);

Φ – количество рабочих дней в году (принимается 253);

y – количество смен работы цеха.

Более точно тип производства определяется через нормированный показатель – коэффициент закрепления операции (K_{30})

$$K = \frac{t}{\tilde{T}_{шт.ср}}, \quad (3.2)$$

где t – такт (мин.)

$\tilde{T}_{шт.ср}$ – среднее время выполнения наиболее характерных операций обработки детали (мин).

Величина производственного такта τ составляет:

$$t = \frac{T_{ф.о} \cdot 60}{N}, \quad (3.3)$$

где $T_{ф.о}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования: для одно-, двух-, и трехсменной работы соответственно 2030 час, 4015 час, 5465 час.

$T_{шт.ср.}$ определяется либо на основе расчетов, либо по данным типовых технологических процессов. Предварительно принятое $T_{шт}$ затем уточняется после расчета режимов резания и технических норм времени.

По рассчитанной величине K_{30} устанавливается тип производства, исходя из следующего:

$K_{30}=1$ – массовое производство;

$10 > K_{30} > 1$ – крупносерийное производство;

$20 > K_{30} > 10$ – среднесерийное производство;

$40 > K_{30} > 20$ – мелкосерийное производство;

$K_{30} > 40$ – единичное производство.

В соответствии с принятым типом производства ведутся дальнейшие разработки.

4.ВЫБОР СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

Заготовка – это предмет производства, из которого изменением формы, размеров, шероховатости поверхностей и свойств материала изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу (ГОСТ 1109-82).

Исходной заготовкой называется заготовка с параметрами, имеющимися у нее перед первой технологической операцией.

Для деталей автомобилей и другой техники применяются практически все виды заготовок, известные в машиностроении. Основными из них являются сортовой материал и профильный прокат, холодная и горячая штамповка, комбинированные заготовки, а также разнообразные виды литья.

Выбранный способ получения заготовки должен обеспечивать минимальную себестоимость получения деталей. Точная, приближающаяся по размерам и форме к детали, заготовка требует значительных затрат на ее получение, но снижает затраты на ее механическую обработку. И, наоборот, простейшая заготовка при дешевизне ее получения приводит к увеличению затрат на ее механическую обработку.

На выбор способа получения заготовки влияют технологические свойства материала детали, конструктивные формы и размеры поверхностей деталей, характер нагрузок, воспринимаемых деталью в процессе ее функционирования, а также тип производства.

В массовом и серийном производстве стремятся приблизить конфигурацию заготовки, точность ее размеров и качество поверхности к готовой детали и обеспечить коэффициент использования металла $K_{им}$ не ниже 0,7...0,8.

В условиях мелкосерийного и единичного производства требования к параметрам заготовки ниже, а величина $K_{им} \geq 0,6$.

При различных методах получения исходных заготовок из различных материалов потери металла изменяются в широких пределах [2] (табл.4.1).

Таблица 4.1.

Коэффициент использования $K_{и.м.}$ и потери металла при получении отливок средних размеров

Материал	Коэффициент использования металла $K_{и.м.}$	Потери металла, %
Серый чугун	0,65	35
Высокопрочный чугун	0,55	45
Ковкий чугун	0,46	54
Углеродистая сталь	0,56	44
Легированная сталь	0,52	48

При изготовлении исходных заготовок методами пластического деформирования эти потери меньше (табл.4. 2).

Таблица 4.2

Коэффициент использования $K_{и.м.}$ и потери металла при изготовлении поковок из разных исходных заготовок

Способ изготовления поковок	Тип производства	Исходная заготовка	$K_{и.м.}$	Потери металла, %
1	2	3	4	5
Свободная ковка на молотах	Единичное и мелкосерийное	слитки прокат	0,63-0,71 0,67-0,83	29-37 17-33
Свободная ковка на прессах		слитки	0,67-0,8	20-33
Свободная ковка на молотах с подкладными штампами	Единичное и мелкосерийное	Прокат	0,78-0,91	9-22
Штамповка на молотах	Крупносерийное и массовое	Прокат	0,74-0,87	13-26
Штамповка на горизонтально-ковочных машинах		Прокат	0,87-0,95	5-13

Из анализа представленных в табл. 4.1 и 4.2 данных следует, что при получении отливок из различных материалов потери металла составляют 35-54%, а при изготовлении заготовок методами пластического деформирования – от 5 до 35%. Исходя из требований рационального использования металла и типа производства, определяется метод получения заготовки.

4.1 Получение заготовок литьем

Одним из широко применяемых методов является получение заготовок литьем, причем 80% из них приходится на литье в песчаные формы. Метод является универсальным применительно к литейным материалам, а также к массе и габаритам отливок. Специальные способы литья существенно позволяют получать отливки высокого качества с минимальным объемом механической обработки.

Характеристики литых заготовок, полученных различными способами, представлены в табл.4.3 и табл. 2.1 (приложение 2).

Таблица 4.3

Характеристики способов изготовления отливок

№	Способы изготовления отливок	Масса, т и размеры отливок, мм	Материал	Точность и шероховатость поверхности	Тип производства
1	2	3	4	5	6
1	Литье в землю при ручной формовке по деревянным моделям или шаблонам в опоках, почве или кессонах	до 200 толщина стенок: чугун 3-5 сталь 5-8	Чугун, сталь, цветные и специальные сплавы	IT14-IT18 R _z 160-320	Единичное, мелко-серийное
2	Литье в землю при машинной формовке по деревянным и металлическим моделям	10-15 -«-«-«	-«-«-«	IT13-IT15 Rz40-80	Серийное
3	Литье в землю при машинной формовке по металлическим моделям со сборкой стержней в кондукторах	3-5 -«-«-«	- «-«-«	IT12-IT14 Rz20-40	Массовое, крупно-серийное
4	Литье в полупостоянные (цементные, графитовые, асбесто и графитоалебастровые) формы	30 -«-«-«	-«-«-«	IT13-IT15 Rz160-32	-«-«-«

5	Литье в оболочковые формы	толщина стенок: сталь 3-5 алюминий 1-1,5	-«-«-«-	Ra6,3-Rz40 IT10-IT12	Массовое, серийное
6	Литье в керамические формы и по выплавляемым моделям	0,15 толщина стенок 0,5	Высоколегированные стали, трудно обрабатываемые сплавы	IT8-IT10 Ra2,5-Rz40	Массовое, серийное
7	Литье по замораживаемым ртутным моделям	0,15 -«-«-«-	Титан, жаропрочные стали	IT8-IT10 Ra1,25-2,5	-«-«-
8	Литье по растворимым моделям	0,15 -«-«-«-	-«-«-«-	-«-«-«-	-«-«-«-
9	Центробежное литье на машинах с осью вращения: вертикальной, горизонтальной	0,05 0,6	Чугун, сталь, бронза и др.	IT10-IT12 Rz80-160	-«-«-«-
10	Литье в кокиль	чугун -7 сталь- 4 цветные металлы и сплавы-0,5	Сталь, чугун, цветные металлы и сплавы	IT8-IT10 Rz20-80	-«-«-«-
11	Литье под давлением	0,1	Магнелиевые, алюминевые, цинковые и свинцово-оловянные	IT8-IT10 Ra1,25-6,5	Крупносерийное, массовое

			сплавы, сталь		
--	--	--	---------------	--	--

4.2 Получение заготовок давлением

Следующим по распространенности способом является получение заготовок давлением. Это объясняется их высокими прочностными характеристиками, высоким $K_{и.м.}$, малой стоимостью и высокой точностью заготовок. Обработкой давлением получают заготовки с помощьюковки, штамповки (горячая, холодная и листовая) и специальных процессов. Перед ковкой и штамповкой исходный металл (слитки, прутки и др.) готовят к обработке, производят зачистку металла и разрезают его на части, выбирают температурный режим и тип нагревательного устройства.

Технологические характеристики способов получения заготовок давлением представлены в таблице 4.4

Таблица 4.4

Характеристики способов получения заготовок давлением

№ п/ п	Способы получения Заготовок	Характеристики Полученных заготовок	Материал	Тип производства
1	2	3	4	5
1	Свободная ковка на молотах и прессах	Масса до 200 т, простой формы: Толщина стенки 3-5 мм. $R_z < 320$	Углеродистые и легированные стали	Единичное, мелкосерийное
2	Ковка на молотах и прессах в подкладных штампах	Масса до 100 кг с формой заготовки средней сложности. Толщина стенки 3-5 мм. $R_z < 320$	Углеродистые и легированные стали	Мелкосерийное
3	Ковка на радиально-ковочных ротационных	Диаметр прутка от 1 до 100 мм. Ступенчатые тела вращения. $R_z 320$	Углеродистые и легированные стали	

	машинах (горячая и холодная)			Серийное
4	Штамповка на молотах и прессах	Масса до 200 кг. Толщина стенки 2,5 мм. Форма заготовки ограничена возможностью ее извлечения из штампа. Rz 320	Углеродистые и легированные стали	Серийное, массовое
5	Штамповка (высадка) на горизонтально-ковочных машинах	Масса до 30 кг. Форма заготовки в виде стержней с головками или утолщениями, с фланцами. Rz 320	Углеродистые и легированные стали	Серийное, массовое
6	Штамповка с последующей чеканкой	Масса до 100 кг. Форма заготовки ограничена возможностью ее извлечения из штампа. Rz 20-40	Углеродистые и легированные стали	Серийное, массовое
7	Штамповка выдавливанием	Масса до 75 кг. Диаметр до 200 мм. Формы заготовки: простые, в основном тела вращения. Толщина стенки от 1,5 мм. Rz 160-320	Углеродистые и легированные стали	Серийное, массовое
8	Штамповка в открытых штампах	Масса до 3 т; сложной формы. Углубления или отверстия в боковых стенках заготовок невозможны. Rz 160-320	Углеродистые и легированные стали	Серийное, массовое
9	Штамповка в закрытых штампах	Масса до 50-100 кг; простой формы, преимущественно в виде	Углеродистые и легированные	Серийное, массовое

		тел вращения. Rz 160	стали	
10	Холодная вы- садка на авто- матах	Диаметр от 1 до 30 мм. Фасонный профиль. Ra 2,5-5	Углероди- стые и леги- рованные стали	Серий- ное, мас- совое

4.3 Получение заготовок из проката

Самый простой метод получения заготовки – использование стандартизированного проката. При этом необходимо учитывать, что применение проката целесообразно при конфигурации деталей, близкой к профилю проката.

В машиностроении применяют сортовой и профильный прокат общего, отраслевого и специального назначения, трубный прокат, гнутые, горячепрессованные и периодические профили.

Сортовой прокат общего назначения: круглый и квадратный, шестигранный и полосовой используют для изготовления гладких и ступенчатых валов с небольшим перепадом диаметров ступеней. Для этих целей применяют калиброванные прутки и горячекатаную сталь повышенной и обычной точности.

Калиброванные прутки с IT9 подвергают обработке лезвийным инструментом при креплении их в процессе обработки в цанговых патронах. Калиброванные прутки с IT6 не подвергают обработке лезвийным инструментом, а сразу шлифуют.

Изготовление деталей из горячекатаного проката производится либо из отрезанных заготовок, либо непосредственно из прутка. Для изготовления деталей необходимой конфигурации применяют прокат соответствующего профиля.

Фасонные профили проката общего назначения – сталь угловая, равнополочная и неравнополочная, балки двутавровые и швеллеры – применяют преимущественно при изготовлении металлоконструкций (рам, плит, кронштейнов).

Фасонные профили проката отраслевого и специального назначения используются в автостроении, тракторо- и сельхозмашиностроении.

Гнутые профили используют для изготовления опор, кронштейнов, ребер жесткости. Они легкие и обладают высокой жесткостью. Форма гнутых профилей может быть приближена к форме отдельных элементов конструкции. Экономия металла 30-70% можно получить при изготовлении деталей из фасонных труб или труб переменного сечения.

Горячепрессованные профили сложной формы (пустотелые, полузамкнутые) применяют при изготовлении скоб, направляющих элементов.

Периодические профили проката соответствуют изготовленным деталям. Механические свойства периодического проката выше, чем свойства гладкого проката в связи с расположением волокон в соответствии с конфигурацией детали.

Профили продольной прокатки служат для изготовления балок передних осей автомобиля, лопаток, осей; *поперечно-винтовой прокатки* – для изготовления валов электродвигателей, шпинделей и т.д.; *поперечной прокатки* – для изготовления шариков подшипников качения, втулок.

Трубный прокат – стальной бесшовный горячекатаный, холодноотянутый и холоднокованный – служит для изготовления цилиндров, втулок, гильз, барабанов, роликов, пустотелых валов.

Точность горячекатаного проката соответствует 12-14-му качеству, холодноотянутого 9-12-му качеству. Точность горячекатаного проката может быть повышена до IT11-IT12 применением волочения через фильеру.

Волочение применяют в заготовительных цехах для повышения точности размеров прутков и труб и для некоторого изменения размеров и формы поперечного сечения.

4.4. Комбинированные способы получения заготовок

Наибольшее распространение в автостроении получили штамповарные и сварно-литые заготовки.

Штамповарные заготовки позволяют получать изделие такой конфигурации, которая обычно получается в результате литья и обработки резанием. Штамповка отдельных деталей и сварка их между собой позволяют получать конструкцию сложной формы, что снижает стоимость получения заготовок. Например, так получают штамповарную конструкцию заготовок заднего моста автомобиля ЗИЛ-130.

Сварно-литые конструкции применяются для получения заготовок ряда корпусных деталей. В этом случае заготовку делят на ряд простейших частей, получаемых литьем, а затем соединяют их сваркой, образуя сварно-литую заготовку детали. Применять их наиболее целесообразно, когда при изготовлении цельнолитой заготовки наблюдается большой литейный брак из-за нетехнологичности конструкции, когда лишь отдельные части заготовки, работающие в особо трудных условиях, требуют применения более дорогих материалов или сложной обработки. Так получают станины станков, статоры турбин и т.д.

На основании выбранного вида заготовки, разрабатывается ее рабочий чертеж. Чертеж заготовки отличается от чертежа готовой детали тем, что на всех обрабатываемых поверхностях предусматриваются припуски, соответственно изменяющие размеры и форму детали.

Назначение общих и операционных припусков на обработку заготовок представляет собой сложную технико-экономическую задачу, методика решения которой будет рассмотрена в следующих разделах пособия.

5. ВЫБОР МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Выбор последовательности обработки каждой отдельной поверхности производят исходя из требований рабочего чертежа детали и принятой заготовки.

По заданным точности и шероховатости рассматриваемой поверхности, с учетом размера, массы и конфигурации детали, а также в зависимости от типа и формы организации производства, характеристик оборудования и оснастки, имеющихся в распоряжении, выбираются методы окончательной ее обработки. На выбор метода обработки влияют его точность, производительность и серийность производства. Например, плоскую поверхность можно получить на детали цилиндрическим и торцевым фрезерованием, строганием, точением и протягиванием, плоским шлифованием и т.д. При этом качество поверхности будет примерно одинаковым. Решение этой задачи облегчается при использовании технологических характеристик различных методов обработки (табл.1.1 приложения 1).

Зная вид заготовки, таким же образом выбирают первый, начальный метод обработки. Так, если точность заготовки невысокая, то обработку начинают с черновых проходов. При точной заготовке сразу можно начинать чистовую, а в ряде случаев и отделочную обработку.

Базируясь на первом и завершающем методах обработки, устанавливают промежуточные методы. При этом исходят из того, что каждому методу окончательной обработки предшествует один или несколько предварительных (менее точных) методов, т.е. каждый последующий метод должен быть точнее предыдущего.

Технологический допуск на промежуточный размер и качество поверхности, полученные на предшествующей обработке, должны находиться в пределах, при которых можно использовать намеченный последующий метод обработки (рекомендуется технологический допуск принимать в 2-4 раза меньше припуска на последующий метод обработки). Нельзя, например, после сверления производить чистовое развертывание – необходимо сначала (перед чистовым развертыванием) выполнить зенкерование или черновое развертывание. Число возможных вариантов обработки поверхности может быть значительным.

При выборе варианта учитывают ряд ограничений, таких как необходимость обработки рассматриваемой поверхности совместно с другой поверхностью при необходимости обеспечения требуемого взаимного расположения (постели в блоке, посадочные отверстия в коробке передач и т.д.), необходимость обработки поверхности с одного установа за несколько последовательных переходов, чтобы снизить погрешность пространственного расположения поверхностей и др.

Из имеющихся вариантов выбирают последовательность, обеспечивающую наименьшую трудоемкость и минимальную себестоимость обработки.

Существует методика оптимизации вариантов обработки поверхности через коэффициенты уточнения отдельных методов. Оптимизацию обработки поверхности можно выполнить, ориентируясь на типовые маршруты обработки основных поверхностей, приведенные в табл.1.2.- 1.4 приложения 1.

6. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ, ПРОМЕЖУТОЧНЫХ И ИСХОДНЫХ РАЗМЕРОВ ЗАГОТОВКИ

Припуск – слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали.

Операционный припуск - слой материала, удаляемый с поверхности заготовки при выполнении технологической операции. Операционный припуск складывается из промежуточных припусков, т.е. припусков на отдельные переходы, входящие в данную операцию.

Промежуточный припуск – это разность размеров заготовки, полученных на смежном предшествующем ($i-1$) и выполняемом i -м технологическом переходах.

Общий припуск складывается из промежуточных припусков по всему технологическому маршруту обработки поверхности детали.

Общий припуск является разностью размеров поверхности исходной заготовки и готовой детали, измеренных от одной базы.

Припуск на обработку поверхности заготовки может быть назначен по соответствующим таблицам, составляемым на основе обобщения опыта передовых производственных предприятий. Это так называемый опытно-статистический метод, который не учитывает организационно-технических особенностей конкретного предприятия и не может быть оптимальным.

Для крупносерийного и массового производства применяется расчетно-аналитический метод определения припусков.

Расчетно-аналитический метод разработан профессором Кованом В.М. и базируется на учете факторов, влияющих на припуски предшествующего и выполняемого переходов технологического процесса обработки поверхности детали.

Все расчеты ведутся для условий обработки при автоматическом получении размеров, т.е. на станках с настроенными на заданный размер инструментами.

Минимальный припуск $Z_{\min}$ при последовательной обработке противоположных поверхностей (односторонний припуск):

$$Z_{i \min} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i; \quad (6.1)$$

при параллельной обработке противоположных поверхностей (двусторонний припуск):

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma_{i-1}} + \varepsilon_i); \quad (6.2)$$

при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения (двусторонний припуск):

$$2Z_{i \min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (6.3) \quad \text{где}$$

$Z_{i \min}$ – минимальный припуск на сторону, снимаемый на i -м переходе (операции);

$R_{z_{i-1}}$ – высота неровностей профиля на предшествующем переходе;

h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (обезуглероженный, отбеленный слой);

$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$ – суммарные отклонения расположения поверхностей (отклонения от параллельности, перпендикулярности, соосности и др.);

ε_i^2 – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Номинальный припуск на обработку поверхностей:

наружных

$$Z_i = Z_{i \min} + ei_{i-1} - ei_i; \quad (6.4)$$

$$2Z_i = 2Z_{i \min} + ei_{di-1} - ei_{di}; \quad (6.5)$$

внутренних

$$Z_i = Z_{i \min} + ES_{i-1} - ES_i; \quad (6.6)$$

$$2Z_i = 2Z_{i \min} + ESD_{i-1} - ESD_i, \quad (6.7)$$

где ei_{i-1} ; ei_{di-1} ; ei_i и ei_{di} – нижние отклонения размеров, соответственно, на предшествующем и выполняемом переходах;

ES_{i-1} ; ESD_{i-1} ; ES_i и ESD_i – верхние отклонения размеров, соответственно, на предшествующем и выполняемом переходах;

ei_{di} ; ei_{di-1} ; ESD_i и ESD_{i-1} – размеры, относящиеся к диаметрам.

Знать номинальные припуски необходимо для определения номинальных размеров формообразующих элементов технологической оснастки.

В общем случае *номинальный размер* – основной размер, определяемый исходя из функционального назначения детали или сборочной единицы. Он проставляется на чертеже и служит началом отсчета отклонений.

Для дальнейших расчетов необходимо остановиться на рассмотрении двух принципиальных концепций в понимании минимального и максимального припусков. По одной из них (по методике Кована В.М.) утверждается, что вследствие упругой деформации системы СПИД при обработке заготовки с максимальным отклонением размера ($A_{\text{заг. max}}$) – размер полученной детали также будет иметь максимальное отклонение и наоборот. Отсюда:

$$Z_{\min} = A_{\text{заг. min}} - A_{\text{дем. min}},$$

$$Z_{\max} = A_{\text{заг. max}} - A_{\text{дем. max}}.$$

По другой – Балакшина Б.С., опирающейся на теорию размерных цепей, имеет место другой подход

$$Z_{\min} = A_{\text{заг. min}} - A_{\text{дем. max}},$$

$$Z_{\max} = A_{\text{заг. max}} - A_{\text{дем. min}}.$$

В зависимости от принятой методики значения промежуточных и исходных размеров заготовки получают различные. В данном методическом пособии расчеты ведутся по методике профессора Кована В.М.

Максимальный припуск на обработку поверхностей:
наружных:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + T_{i-1} - T_i \quad ; \quad (6.8)$$

$$2Z_{i\max} = 2Z_{i\min} + T_{di-1} - T_{di} \quad ; \quad (6.9)$$

внутренних:

$$Z_{i\max} = Z_{i\min} + T_{i-1} - T_i \quad ; \quad (6.10)$$

$$2Z_{i\max} = 2Z_{i\min} + T_{Di-1} - T_{Di}, \quad (6.11)$$

где T_i , T_{di} , T_{Di} , T_{i-1} , T_{di-1} и T_{Di-1} – допуски размеров соответственно на выполняемом и предшествующем переходах.

Значения максимальных припусков в дальнейшем принимаются для расчета глубины резания при обработке поверхностей детали.

При методе индивидуального получения размеров минимальный припуск рассчитывается по формулам 6.1 и 6.2 с заменой в них погрешности установки ε_i на погрешность выверки ε_v . Номинальные и максимальные припуски определяют по вышеприведенным формулам.

В рассмотренных расчетных формулах в зависимости от вида заготовки и условия выполнения операции исключаются те или иные составляющие. Так, при обработке цилиндрической заготовки, установленной в центрах, погрешность установки $\varepsilon=0$ и

$$2Z_{i\min} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1}). \quad (6.12)$$

Также должны быть исключены погрешности, которые не могут быть устранены при выполняемом переходе, например, при развертывании плавающей разверткой и протягивании отверстий смещение и увод оси не устраняются, а погрешность установки равна нулю. Следовательно,

$$2Z_{i\min} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + h_{i-1}). \quad (6.13)$$

При суперфинишировании и полировании, когда с обрабатываемой поверхности удаляются лишь микронеровности

$$2Z_{i\min} = 2R_{Z_{i-1}}. \quad (6.14)$$

При шлифовании заготовок после термической, химико-термической и любой другой поверхностно упрочняющей обработке, поверхностный слой должен быть сохранен и, следовательно, параметр h_i нужно исключить, т.е.

$$Z_{i\min} = R_{Z_{i-1}} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i, \quad (6.15)$$

$$2Z_{i\min} = 2 \cdot (R_{Z_{i-1}} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (6.16)$$

Отклонение расположения Δ_{Σ} необходимо учитывать: у заготовок под первый технологический переход; после черновой и получистовой обработки лезвийным инструментом, под последующий технологический переход после термической обработки, если даже деформации не было. В связи с последовательным уменьшением отклонений расположения поверхностей при обработке за несколько переходов на стадиях чистовой и отделочной обработки ими пренебрегают.

Различают общее и местное отклонение оси детали от прямолинейности (кривизну). Их значения определяют из геометрических соотношений. Так, при установке заготовки в центрах общее отклонение

$$\Delta_{\Sigma k} = \Delta_k \cdot l, \quad (6.17)$$

а местное отклонение

$$\Delta_{\Sigma km} = (l - l_x) \cdot \Delta_k. \quad (6.17 \text{ а})$$

При консольном закреплении заготовок общее отклонение

$$\Delta_{\Sigma k} = 2 \cdot \Delta_k \cdot l \cdot \cos[\arctg(2\Delta_k)], \quad (6.18)$$

где Δ_k – отклонение оси детали от прямолинейности, мкм на 1 мм.

Суммарное значение двух отклонений расположения определяют как векторную сумму:

$$\bar{\Delta}_{\Sigma} = \bar{\Delta}_1 + \bar{\Delta}_2. \quad (6.18 \text{ а})$$

Для векторов при совпадающих направлениях $\Delta_{\Sigma} = \Delta_1 + \Delta_2$,

для векторов противоположных направлений $\Delta_{\Sigma} = \Delta_1 - \Delta_2$.

В тех случаях когда направление векторов предвидеть трудно, их суммируют

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}. \quad (6.19)$$

Так, суммарное отклонение Δ_{Σ} при обработке круглого сортового проката в центрах

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma k}^2 + \Delta_y^2}, \quad (6.20)$$

где $\Delta_{\Sigma k}$ – общее отклонение оси от прямолинейности

Δ_y – смещение оси заготовки в результате погрешности изготовления центровых отверстий

$$\Delta_y = 0,25 \cdot \sqrt{T_d^2 + 1}, \quad (6.21)$$

где T_d – допуск на диаметр заготовки.

Суммарное отклонение расположения при обработке отверстий в отливке при базировании на плоскость или при обработке плоскости при базировании по отверстию

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{см}^2}, \quad (6.22)$$

где $\Delta_{кор} = \Delta_k \cdot l$ – отклонение плоской поверхности отливки от плоскостности (коробление).

$\Delta_{см}$ – смещение стержней, образующих отверстие или внутренние полости (принимают равным допуску на наибольший размер от оси отверстия или полости до технологической базы)

l – длина отливки, мм.

Суммарные отклонения после сверления отверстия

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(\Delta_y \cdot l)^2 + C_0^2}, \quad (6.22 \text{ а})$$

где C_o – смещение оси отверстия; (табл.1.7 приложения 1);

Δ_y – значение увода оси сверла; (табл.1.7 приложения1);

l – длина просверливаемого отверстия, мм.

Рассчитанные припуски по всем переходам заносят в расчетную карту (табл. 6.1).

Порядок расчета минимальных припусков и предельных промежуточных размеров наружных (внутренних) поверхностей и окончательных размеров заготовок следующий.

1. Опираясь на рабочий чертеж детали и маршрут ее обработки, занести в расчетную карту (табл.6.1) обрабатываемые поверхности заготовки и технологические переходы (операции) в последовательности их выполнения при обработке по каждой элементарной поверхности от исходной заготовки до окончательной обработки.

2. Занести в расчетную карту значения R_{Zi} , h , Δ_Σ , ϵ .

3. Определить расчетные величины минимальных припусков $Z_{\min}$ по всем технологическим переходам (операциям).

4. Записать для конечного перехода (операции) в графу: "Расчетный размер" наименьший (наибольший для отверстия) предельный размер детали по чертежу.

5. Для перехода (операции), предшествующего конечному, определить расчетный размер путем прибавления к наименьшему предельному размеру по чертежу (вычитания для внутренней поверхности из наибольшего предельного размера по чертежу) расчетного размера $Z_{\min}$ припуска.

6. Последовательно определить расчетные размеры для каждого предшествующего перехода (операции) путем прибавления к расчетному размеру (вычитая из расчетного размера) следующего за ним смежного перехода расчетного припуска $Z_{\min}$:

для наружных поверхностей:

$$\begin{aligned} \dot{a}_{(i-1)\min} &= a_{i\min} + Z_{i\min}, \\ \dot{a}_{(i-1)\max} &= a_{(i-1)\min} + T_{i-1}; \end{aligned} \quad (6.23)$$

$$\begin{aligned} d_{(i-1)\min} &= d_{i\min} + 2Z_{i\min}, \\ d_{(i-1)\max} &= d_{(i-1)\min} + T_{d_{i-1}}; \end{aligned} \quad (6.24)$$

для внутренних поверхностей:

$$\begin{aligned} \dot{a}_{(i-1)\max} &= a_{i\max} - Z_{i\min}, \\ a_{(i-1)\min} &= a_{(i-1)\max} - T_{i-1}; \end{aligned} \quad (6.25)$$

$$\begin{aligned} D_{(i-1)\max} &= D_{i\max} - 2Z_{i\min}, \\ D_{(i-1)\min} &= D_{(i-1)\max} - T_{D_{i-1}}. \end{aligned} \quad (6.26)$$

6. Наименьшие (наибольшие) предельные размеры по всем переходам округляют увеличением (уменьшением) их до того же знака десятичной дроби, с каким задан допуск на размер для каждого перехода.

7. Определить наибольшие (наименьшие) предельные размеры путем прибавления (вычитания) допуска к округленному наименьшему (наибольшему) предельному размеру.

8. Найти и записать фактические предельные значения припусков $Z_{\max}$ как разность наибольших (наименьших) предельных размеров и $Z_{\min}$ как разность наименьших (наибольших) предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

9. Общие припуски $Z_{o \max}$ и $Z_{o \min}$ определяют как сумму промежуточных припусков на обработку.

10. Проверить правильность расчетов по формулам

$$Z_{i \max} - Z_{i \min} = T_{i-1} - T_i, \quad 2Z_{i \max} - 2Z_{i \min} = T_{Di-1} - T_{Di};$$

(6.27)

$$Z_{o \max} - Z_{o \min} = T_3 - T_{\partial},$$
$$2Z_{o \max} - 2Z_{o \min} = T_{D3} - T_{D\partial}. \quad (6.28)$$

11. При необходимости находят номинальные размеры: для наружных поверхностей номинальный размер заготовки равен наибольшему размеру $a = a_{\max}$, а на чертеже размер заготовки указывают как $a_{\max - T}$; для внутренних поверхностей номинальный размер заготовки равен наименьшему размеру $a = a_{\min}$, а на чертеже размер заготовки указывают как $a_{\min}^{+T}$. Если допуск расположен симметрично относительно номинального размера, то

$$a = a_{\max} - \frac{T}{2} = a_{\min} + \frac{T}{2}, \quad (6.29)$$

а на чертеже указывают $a \pm \frac{T}{2}$.

В качестве примера рассмотрим расчет припусков, промежуточных и окончательных размеров заготовки для поверхности вала $\varnothing 50_{-0,05}$ мм, полученного штамповкой при обработке в центрах.

Маршрут обработки поверхности:

Обтачивание черновое и чистовое, шлифование обдирочное и чистовое.

$d_{4 \min}$, $d_{4 \max}$ - предельные размеры детали; T_{d4} - допуск размера детали, указанный на чертеже;

$Z_{4 \min}$, $Z_{4 \max}$ - наименьший и наибольший припуск, оставленный для чистового шлифования;

$Z_{3 \min}$, $Z_{3 \max}$ - наименьший и наибольший припуск, необходимый для обдирочного шлифования (на сторону);

$Z_{2 \min}$, $Z_{2 \max}$ - наименьшая и наибольшая величина припуска, необходимого для чистового обтачивания (на сторону);

$Z_{1 \min}$, $Z_{1 \max}$ - наименьшая и наибольшая величина припуска, необходимого для чернового обтачивания исходной заготовки (на сторону);

T_{d3} , T_{d2} , T_{d1} – допуски, определенные экономической точностью, соответствующего метода обработки (табл. 1.1 приложения 1);

$T_{d \text{ заг.}}$ – допуск размера заготовки, зависящий от способа ее получения.

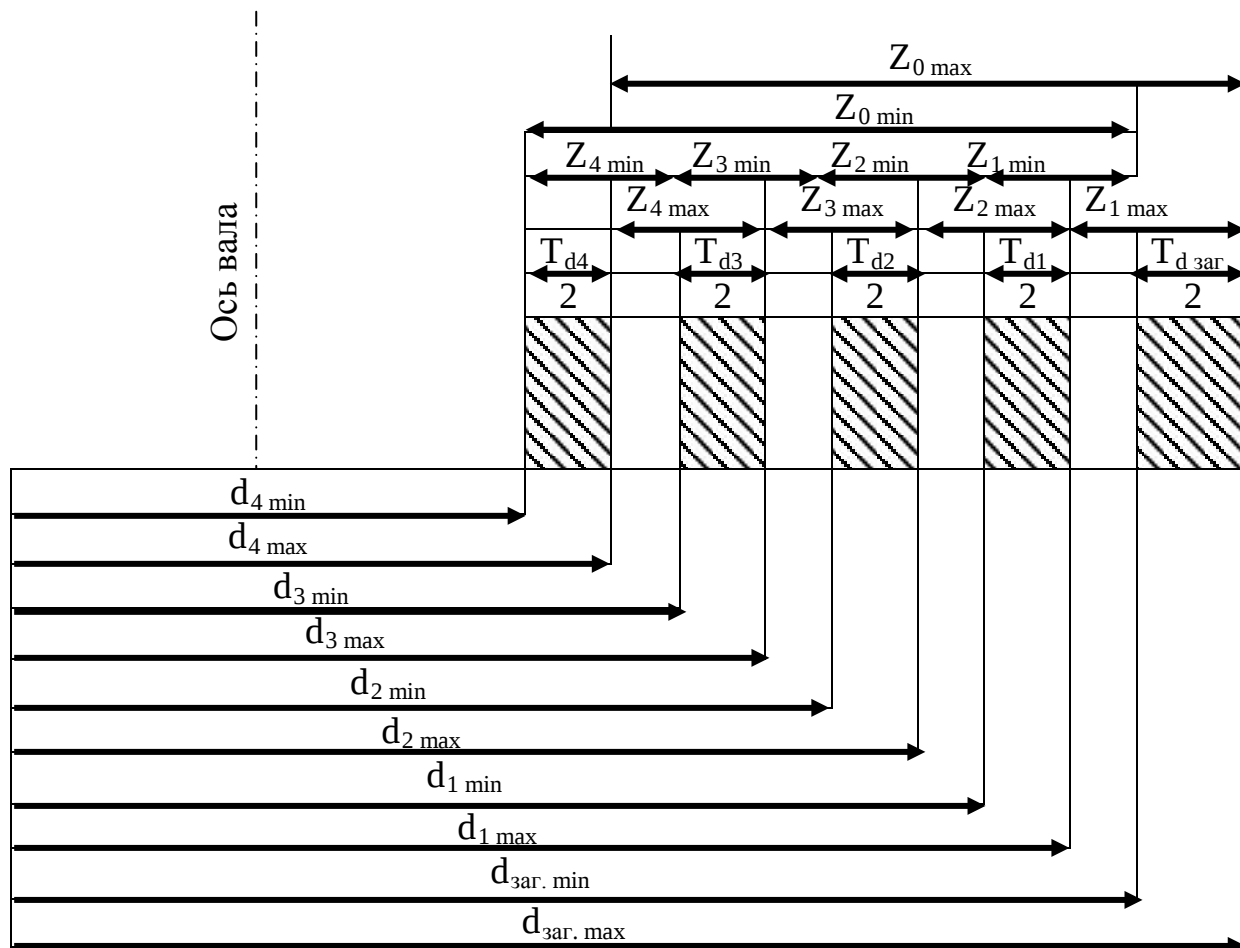


Рис. 6.1 Схема расположения размеров, полей припусков и допусков при обработке вала:

Схема строится в следующей последовательности:

- 1) $d_{4 \min} + 2 Z_{4 \min} = d_{3 \min}$; $d_{3 \max} = d_{3 \min} + T_{d3}$;
- 2) $d_{3 \min} + 2 Z_{3 \min} = d_{2 \min}$; $d_{2 \max} = d_{2 \min} + T_{d2}$;
- 3) $d_{2 \min} + 2 Z_{2 \min} = d_{1 \min}$; $d_{1 \max} = d_{1 \min} + T_{d1}$;
- 4) $d_{1 \min} + 2 Z_{1 \min} = d_{\text{заг. min}}$; $d_{\text{заг. max}} = d_{\text{заг. min}} + T_{d \text{ заг.}}$.

Общий припуск на обработку заготовки:

минимальный

$$2Z_{0 \min} = 2(Z_{1 \min} + Z_{2 \min} + Z_{3 \min} + Z_{4 \min}) = d_{\text{заг. min}} - d_{4 \min};$$

максимальный

$$2Z_{0 \max} = 2(Z_{1 \max} + Z_{2 \max} + Z_{3 \max} + Z_{4 \max}) = d_{\text{заг. max}} - d_{4 \max}.$$

Результаты расчетов представлены в расчетной карте (таб. 6.1).

Рассмотрим особенности расчета припусков, промежуточных и предельных размеров при изготовлении детали из различных видов заготовок.

Для каждого вида заготовки и способов ее обработки в соответствующих таблицах приложения даны значения R_z , h , Δ_Σ и ε . В таблицах приведены также методические указания, отмечающие особенности расчета припусков для каждого конкретного вида заготовки и способов ее обработки.

Особенности расчета припусков и предельных размеров при изготовлении деталей из проката (табл.4.1- 4.6 приложения 4)

Для ступенчатых валов расчет ведется по шейке с наибольшим диаметром, а при равных диаметрах – по шейке, у которой наиболее высокие требования по точности и шероховатости.

Расчетный наименьший предельный размер проката

$$D_{3\min} = D_{\partial\min} + 2Z_{o\min};$$

где: $D_{\partial\min}$ - наименьший предельный размер расчетной шейки вала по чертежу

$2Z_{o\min}$ – расчетный минимальный общий припуск на диаметр.

Полученный расчетный диаметр проката округляют в большую сторону до ближайшего по стандарту диаметра прутка $D_{3\min}'$. Тогда действительный общий припуск для расчетной шейки составит

$$Z_{o\min} = D_{3\min}' - D_{\partial\min}.$$

Возникший на остальных шейках припуск снимают при черновой обработке за один рабочий ход. При больших значениях припуска, 60-70% - за первый и 30 - 40% за второй рабочий ход.

Прокат высокой точности лезвийным инструментом не обрабатывается, его только шлифуют после термической обработки, при этом из расчетной формулы припуска исключается величина дефектного слоя “ h ”.

Прокат обычной точности обрабатывают на токарных или револьверных станках с цанговым патроном.

Особенности расчета припусков и предельных размеров при изготовлении деталей из отливок.(табл.2.2- 2.12 приложения 2).

Для верхней поверхности (по положению) отливки при заливке металла к сумме " R_z+h " прибавляется 0.5-3 мм для отливок из серого чугуна и 0,5-4 мм для отливок из стали.

При центробежном литье для элементов отливок, обращенных к оси вращения, с целью компенсации ликвационной зоны и неоднородности химического состава металла – задавать 5-7,5 мм на сторону. Базирование заготовок по необработанному отверстию следует использовать только на первой операции. При обра-

ботке отверстия от координированной с ним базы, отклонение расположения оси должно быть учтено в припуске на обработку отверстия.

Общие припуски и размеры заготовок должны быть скорректированы с учетом назначения необходимых по технологии литья напусков, упрощающих конфигурацию заготовок и сглаживающих местные углубления, перепады размеров и уступы.

Особенности расчета припусков и предельных размеров при изготовлении деталей из заготовок, полученных ковкой или штамповкой (табл.3.1-3.10 приложения 3).

Отклонения расположения торцевых поверхностей:

для заготовки $\Delta_{\Sigma n} = \Delta_n D$;

после черновой обработки $\Delta_{\text{чер}} = 0,2(R-r)\Delta_n$;

после получистовой обработки $\Delta_{\text{пч}} = 0,15(R-r)\Delta_n$;

после чистовой обработки $\Delta_{\text{чис}} = 0,10(R-r)\Delta_n$;

где Δ_n – отклонение от перпендикулярности мкм на 1 мм длины,

D – диаметр торцевой поверхности, мм.

R – радиус наружной поверхности, мм.

r – радиус внутренней поверхности, мм.

Таблица 6.1

Карта расчета припусков на обработку и предельных размеров по технологическим переходам (шейка вала диаметром 50_{-0,05} мм).

Элементарная поверхность детали и маршрут ее обработки	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{\min}$, мкм	Расчетный минимальный размер, мм	Допуск на изготовление T_d , мкм	Принятые (округленные) размеры по переходам, мм		Полученные предельные припуски, мкм	
	R_z	h	Δ_Σ	ϵ				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Штамповка	200	300	200	-	-	51,75	2000	54,0	52,0	-	-
Обтачивание:											
черновое	50	50	25	-	1400	50,35	500	50,90	50,40	3100	1600
чистовое	25	25	-	-	250	50,10	150	50,25	50,10	650	300
Шлифование:											
обдирочное	10	15	-	-	100	50,00	100	50,10	50,00	150	100
чистовое	5	5	-	-	50	49,95	50	50,00	49,95	100	50

При разности $(R-r) < 50$ отклонением от перпендикулярности можно пренебречь.

Данные для расчета припусков при обработке наружных и торцевых поверхностей штампованных заготовок представлены в таблицах приложения, при обработке отверстий – в таблицах приложения.

Табличные значения припусков на механическую обработку (приложение 5)

В условиях единичного и серийного производства мелких и средних деталей простой конфигурации, как правило, применяют опытно-статистический метод. Значения припусков устанавливают по нормативным таблицам как для всей заготовки, так и для механической обработки различных видов поверхностей заготовок, составленным на основе обобщения и систематизации опытных данных.

Опуская припуски на заготовки в целом, рассмотрим минимальные промежуточные припуски на механическую обработку отдельных их поверхностей.

Так, значения минимальных промежуточных припусков на механическую обработку наружных поверхностей валов, изготавливаемых из прокатных заготовок, приведены в табл. 5.1 приложения. Минимальные припуски на механическую обработку плоскостей даны в табл. 5.2 приложения.

Припуски на механическую обработку элементарных поверхностей заготовок из черных металлов (отверстий, торцов, пазов, зубьев шестерен и т.п.) приведены в табл. 5.3-5.10 приложения.

Во всех случаях в таблицах приведены минимальные значения припусков на соответствующий элемент заготовки (диаметр, сторону, торец и т.п.)

7. ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ И СПОСОБОВ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК ПРИ ОБРАБОТКЕ

Выбор технологических баз – это важный этап разработки технологического процесса. Исходными данными при выборе баз являются чертежи и технические условия на изготовление детали и заготовки, а также чертеж сборочной единицы, в которую входит рассмотренная деталь.

Базированием называется придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Понятие базы определяется как поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащие заготовке или изделию и используемые для базирования (ГОСТ 21495-76).

При обработке заготовок способом автоматического получения размеров точность выполняемого размера зависит от точности установки ε_y , которая в свою очередь определяется как

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_6^2}, \quad (7.1)$$

где ε_3 – погрешность закрепления заготовки

ε_6 – погрешность базирования.

При укрупненных расчетах по точности обработки погрешность установки можно не вычислять, а брать из соответствующих таблиц приложения.

Правильно выбранная установка снижает эту погрешность и должна обеспечивать:

- определенность расположения детали относительно рабочего инструмента или элементов станка или приспособления;
- надежную связь между ними.

Первое условие достигается соответствующим базированием заготовки, а второе – гарантирует неизменность положения заготовки в процессе обработки и обеспечивается зажимными устройствами станка или приспособления.

При выборе технологических баз руководствуются следующими соображениями.

1. Технологическая база должна быть обработана с точностью, обеспечивающей получение деталей требуемого качества. Точность обработки базовых поверхностей должна быть в 2-3 раза выше точности поверхностей, обрабатываемых при установке на эти базы.

2. Следует по возможности использовать принцип совмещения баз. В качестве технологической базы брать поверхность, являющуюся измерительной базой. Лучшие результаты по точности получаются, если технологической и измерительной базами является конструкторская основная база, т.е. база, используемая для определения положения детали (сборочной единицы) в изделии. Учитывая взаимосвязь конструкторской, измерительной и технологической баз, технолог должен анализировать не только рабочие, но и сборочные чертежи деталей. Конструктор также должен проектировать деталь с учетом возможности совмещения баз при обработке детали. В случае несовпадения технологической и измерительной баз возникает погрешность базирования, представляющая собой предельное поле рассеивания расстояний между настроенным на заданный размер инструментом и измерительной базой.

3. Следует также соблюдать принцип постоянства баз и в ходе обработки на всех основных операциях технологического процесса использовать в качестве технологической базы одни и те же поверхности. При перемене баз в ходе технологического процесса точность обработки снижается из-за погрешности взаимного расположения новых и применявшихся ранее базовых поверхностей. Поэтому в качестве новой технологической базы выбираются обязательно обра-

ботанные и наиболее точно ориентированные относительно первоначальной базы поверхности. Каждая смена базы всегда связана с заменой в каждой из размерных цепей одного звена двумя новыми, т.е. увеличением количества звеньев, определяющих точность выполняемого размера. Поэтому приходится производить перерасчет допусков на размеры базовых поверхностей, прибегая, как правило, к их ужесточению для обеспечения заданной точности выполняемого размера. Расчеты выполняют в тех координатных плоскостях, в которых происходит смена баз.

4. В целях более полного соблюдения принципа постоянства баз часто на деталях создают искусственные установочные поверхности, не имеющие конструктивного назначения. К ним относятся центровые отверстия валов, выточки в юбке поршня, отверстия в базовых плоскостях корпусных деталей для установки их на штифты, пластики, выточки. Эти искусственные базы могут быть удалены в конце технологического процесса или оставлены на детали для установки ее при ремонте.

5. Технологическая база должна обеспечивать достаточную устойчивость и жесткость установки заготовки. Это достигается соответствующими размерами базовых поверхностей и их взаимным расположением.

Условные обозначения опор при установке заготовки приведены в табл.1.6. приложения 1.

Выбор черновых баз на первой операции

На первых операциях технологического процесса обрабатывают основные базовые поверхности, но при этом никаких обработанных поверхностей на заготовке еще нет. Установку заготовок на первой операции осуществляют на необработанные поверхности, так называемые базы на первой операции – черновые базы. При выборе этих баз следует руководствоваться следующими правилами:

1. Как правило, базы на первой операции используют однократно на первой установке, так как повторная установка на необработанные поверхности может привести к значительным погрешностям во взаимном положении обработанных при этих установках поверхностей (для заготовок, полученных точными методами литья и штамповки, это правило не является обязательным).

2. В качестве баз на первой операции выбирают поверхности, остающиеся необработанными в дальнейшем. Выбранные базы должны обеспечивать равномерное распределение припусков при дальнейшей обработке и наиболее точное взаимное положение обработанных и необработанных поверхностей у готовых деталей.

3. Для заготовок, у которых обрабатываются все поверхности, за базы на первой операции принимают поверхности с наименьшим припуском на обработку.

4. Поверхности рассматриваемых баз должны быть чистыми, без заусенцев, без следов литников и прибылей, не должны иметь штамповочных и литейных уклонов.

Вся дальнейшая обработка ведется от чистовых базовых поверхностей.

При выборе технологических баз могут быть приняты следующие типовые схемы базирования для каждого из рассматриваемых классов деталей:

- корпусные детали (блок цилиндров двигателя, картер коробок передач, картер редуктора и т.д.) – плоскость и два установочных отверстия;
- круглые стержни (коленчатый и распределительные валы, золотник, полуось т.д.) – центровые отверстия (шейки) и один из торцов;
- полые стержни (гильзы цилиндров, ступицы колес и т.д.) – внутренний или наружный диаметр и торец;
- диски (шестерня, маховик, шкив и т.д.) – центральное отверстие и торец;
- некруглые стержни (шатун, коромысло клапанов, балка передней оси автомобиля, сошка рулевого управления и т.д.) – за базу на первой операции для этого класса деталей принимают контуры головок – бобышек отверстий и их торцы с целью обработки противоположных торцов и точного отверстия, которое затем используется в качестве технологической базы для обработки остальных координированных с ним поверхностей. Механическая обработка осуществляется, как правило, при неподвижной заготовке.

8. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

После формирования содержания операций технологического процесса технолог имеет возможность выбрать тип оборудования и приспособления к нему. Они должны обеспечивать заданную точность и шероховатость поверхности изготавливаемой детали и другие технологические требования к ней, требуемую производительность и минимальную себестоимость обработки деталей.

При окончательном выборе оборудования учитывают [3]:

- соответствие главного параметра станка размерам обрабатываемых заготовок;
- соответствие производительности станка числу деталей, подлежащих изготовлению в заданный период времени;
- возможность работы на оптимальных режимах резания, при которых загрузка станка по мощности должна быть не менее 80%, а по времени 60...90%;
- время изготовления детали или партии деталей и их себестоимость должны быть минимальными

При высокой степени концентрации операции, выбирают многосуппортные и многошпиндельные станки. При выборе оборудования должно учитываться не только соответствие техническим требованиям, но и возможность достижения высоких экономических показателей проектируемой операции. Так при размере партии заготовок 5...25 штук экономически целесообразно перевести обработку с

токарного станка на револьверный, а при размере 150...700 шт. – с револьверного на одношпиндельный токарный автомат. Переход с одношпиндельного автомата на многошпиндельный экономически целесообразен при размере партии от 150 штук и выше. При этом с увеличением габаритных размеров заготовок величина операционной партии, при которой экономически целесообразно применение высокопроизводительных станков, уменьшается. При большом числе переходов и применяемых инструментов также эффективно применение токарных автоматов.

Развитие гибких производственных систем для автоматизации серийного производства предполагает широкое применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Но здесь необходимо установление экономически обоснованных границ применения этих станков. Так, при изготовлении специальных деталей сложной конфигурации (например, лопасти гидромурф и гидротрансформаторов) целесообразность применения этих станков не вызывает сомнений. Более сложным является вопрос об экономичности применения таких станков при обработке обычных деталей взамен универсального оборудования.

Из литературы [4] известно, что станок с ЧПУ оказывается наиболее экономичным в узком интервале размеров партии (4...20 штук). При количестве заготовок в партии менее 4-х штук наиболее экономичным является обычный токарный станок, а если партия превышает 20 штук – наиболее целесообразно использовать одношпиндельный токарный автомат.

Необходимо отметить, что быстрое совершенствование систем ЧПУ изменяет область их экономического применения и сдвигает ее в сторону уменьшения размеров операционных партий обрабатываемых заготовок.

В условиях крупносерийного и массового производства выполнение операций технологического процесса ведут на специальных станках, а содержание технологической операции определяет состав задания на проектирование этих станков.

Для установки заготовок на металлорежущие станки применяют станочные приспособления.

Различают 3 вида станочных приспособлений:

- 1) специальные (одноцелевые, переналаживаемые);
- 2) специализированные (узкоцелевые, ограниченно переналаживаемые);
- 3) универсальные (многоцелевые, широкопереналаживаемые).

Кроме того, станочные приспособления имеют 7 стандартных систем:

- 1) универсально-сборные УСП;
- 2) сборно-разборные СРП;
- 3) универсальные безналадочные УБП;
- 4) неразборные специальные НСП;
- 5) универсальные наладочные УНП;
- 6) специализированные наладочные СНП;
- 7) агрегатные средства механизации зажима АСМЗ.

Правильное применение тех или иных приспособлений позволяет получить высокие технико-экономические результаты. Выбор станочных приспособлений определяется типом машиностроительного производства. Так, в условиях единичного и мелкосерийного производства используются, в основном, универсальные стандартные приспособления (машинные тиски, самоцентрирующие патроны и т.д.), а также универсально-сборные приспособления. В условиях серийного производства целесообразны системы УСП, СРП, УНП, СНП и другие станочные приспособления многократного применения. Производительность труда значительно возрастает за счет применения быстродействующих с механизированным приводом; многоместных; автоматизированных, предназначенных для работы в сочетании с автооператором или технологическим роботом, приспособлений.

Применение точных, надежных, обладающих высокой жесткостью приспособлений с уменьшенными деформациями заготовок и стабильными силами их закрепления снижает отклонения размеров, формы и расположения поверхностей на 20...40%.

Применение станочных приспособлений снижает требования к квалификации исполнителей, уменьшает время выполнения операции, расширяет технологические возможности оборудования.

Станочные приспособления состоят из корпуса, опор, установочных устройств, зажимных механизмов привода вспомогательных механизмов деталей для установки, направления и контроля положения режущего инструмента. Графические обозначения опор и зажимных механизмов регламентированы ГОСТ 3.1107-81 и представлены в табл.1.6 приложения 1.

9. ВЫБОР РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

При выборе режущего инструмента необходимо руководствоваться тем, что при выполнении соответствующей операции инструмент должен обеспечивать заданную точность и качество обрабатываемых поверхностей, а также необходимую производительность и экономическую эффективность. В зависимости от метода обработки используется либо лезвийный инструмент, либо абразивный.

9.1. Лезвийный инструмент

Эффективность работы режущего инструмента в значительной мере определяется свойствами инструментального материала. Инструментальный материал выбирается с учетом физико-механических свойств материала заготовки, требуемой точности и шероховатости обрабатываемой поверхности, режимов обработки и типа производства.

Углеродистые инструментальные и легированные стали вследствие низкой теплостойкости применяются для инструментов, работающих с малыми скоростями резания: метчиков, плашек, ручных разверток, сверл малого диаметра и т.д.

Быстрорежущие стали обладающие более высокими теплостойкостью и износостойкостью, могут работать на более высоких скоростях.

Быстрорежущие стали умеренной теплостойкости (P18, P12, P9, P6M5, P6AM5, P8M3, 10P6M5) предназначены для обработки конструкционных материалов с $\sigma_{\text{в}} \leq 900 \dots 1000$ МПа.

Быстрорежущие стали повышенной теплостойкости (P9K10, P9K5, P9M4K8, P6M5K5, P10K5Ф5, P18Ф2K8M, P12Ф4K5, P12M3, Ф2K8) предназначены для обработки труднообрабатываемых материалов: жаропрочных и титановых сплавов, нержавеющей сталей с $\sigma_{\text{в}} \geq 1000$ МПа. Период стойкости инструментов, изготовленных из этих сталей, в 3-4 раза выше, чем у инструментов из сталей умеренной теплостойкости.

Быстрорежущие стали высокой теплостойкости, так называемые стали с интерметаллоидным упрочнением (B11M7K23, B18M7K25, B14M7K25 и др.), используют при обработке труднообрабатываемых материалов. Так, при обработке титановых сплавов стойкость инструментов из этих материалов в 30...50 раз выше стойкости инструментов из быстрорежущей стали P18, а при резании жаропрочных и нержавеющей сталей в 10...20 раз выше, чем у инструментов из стали P12Ф4K5.

В связи с дефицитом вольфрама находят применение быстрорежущие безвольфрамовые стали (11M5Ф). Они предназначены для обработки отожженных углеродистых и легированных конструкционных сталей, а также цветных сплавов на медной и алюминиевой основе.

Значительно большую теплостойкость и, соответственно, скорость резания по сравнению с быстрорежущими сталями имеют твердые сплавы.

Твердые сплавы изготавливаются методом порошковой металлургии. Основным компонентом для них являются карбиды вольфрама, титана и тантала. В качестве связки в твердых сплавах используют никель и молибден. Недостатком твердых сплавов является низкая прочность при изгибе. Твердость 86...90 HRA.

Прочность при сжатии твердых сплавов высокая, поэтому целесообразно располагать пластины твердых сплавов так, чтобы они работали на сжатие, а не на изгиб.

Однокарбидные (группа ВК) сплавы (BK3, BK4) как наиболее хрупкие применяются при чистовой обработке, а более вязкие сплавы (BK8, BK10) – при черновой.

Большой износостойкостью отличаются мелкозернистые и особомелкозернистые сплавы (обозначаются соответственно М и ОМ), например BK6-М, BK6-ОМ, BK10-ОМ.

Хорошие результаты дают мелкозернистые и особомелкозернистые легированные хромом (BK6-ХОМ, BK10-ХОМ, BK15-ХОМ), сплавы с добавлением рения (ВРК-15) – все они хорошо зарекомендовали себя при обработке труднообрабатываемых материалов.

При работе с ударными нагрузками (обдирочные операции, прерывистое точение и т.д.) применяются инструменты с крупнозернистыми (В) твердыми сплавами, например ВК6В.

Двухкарбидные твердые сплавы (группа ТК), такие как Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10, имеют большую твердость и хрупкость, чем однокарбидные, и применяются при получистовой и чистовой обработке материалов, обладающих высокой твердостью.

Трехкарбидные твердые сплавы (группа ТТК) содержат карбиды титана, тантала, вольфрама и кобальт. Твердые сплавы этой группы (ТТ7К12, ТТ20К9) превосходят по прочности двухкарбидные сплавы, имеют высокую износостойкость и эксплуатационную прочность, хорошо сопротивляются ударным нагрузкам и вибрациям. Поэтому они применяются при черновой обработке с большим сечением срезаемого слоя и при работе с ударами – строгание, фрезерование.

В теории резания есть правило, требующее, чтобы инструментальный и обрабатываемый материалы не имели химического родства. Поэтому при обработке, например, титановых сплавов, рекомендуется применять инструменты, оснащенные однокарбидными твердыми сплавами.

В связи с дороговизной и дефицитом вольфрама, находят применение безвольфрамовые твердые сплавы на основе карбида или карбонитрида титана и тугоплавких связок, например, никель-молибденовые. Безвольфрамовые сплавы (КНТ-16, ТН-20, ТН-30) обладают высокой окалинотойкостью, низким коэффициентом трения, пониженной склонностью к адгезионному взаимодействию с обрабатываемым материалом. С другой стороны, эти сплавы имеют более низкую прочность, склонны к разупрочнению при высоких температурах, обладают низкой теплопроводностью. Область их применения – чистовая и получистовая обработка конструкционных и малолегированных сталей и чугунов, а также некоторых цветных металлов.

Широкое применение находят режущие инструменты с неперетачиваемыми пластинами из металлокерамики, имеющей высокую твердость (92-94 HRA), теплостойкость (до 1200 С) и износостойкость. Наибольшее распространение получила керамика оксидного и оксидно-карбидного типов.

Оксидная керамика содержит до 99% Al_2O_3 . Наиболее распространенная марка ЦМ-332 имеет низкую прочность на изгиб и термоциклическую усталость, что допускает ее применение при чистовых и получистовых операциях при наличии виброустойчивого оборудования.

Оксидно-карбидную керамику получают добавлением к ее основе (Al_2O_3) карбидов титана, вольфрама и молибдена - в результате чего повышается прочность на изгиб и расширяется область ее применения. Серийно выпускаются керамики марок ВЗ, ВОК-63 в виде пластин.

В последнее время начали применять оксидно-нитридную керамику (марка «картинит» состоит из Al_2O_3 и TiN) и керамику на основе нитрида кремния (марка силинит – Р). Твердость их выше ранее рассмотренных керамик (94...96 HRA).

К группе **сверхтвердых инструментальных материалов** относятся алмазы, кубический нитрид бора и созданные на их основе поликристаллические сверхтвердые материалы (ПСТМ).

Алмаз является самым твердым из известных материалов, обладает высокой износостойкостью и теплопроводностью, малым коэффициентом трения и низкой адгезией к металлам, за исключением сплавов на основе железа.

Недостатками алмаза являются невысокая теплостойкость (800°C) и большая хрупкость, не допускающая динамических нагрузок при резании.

В качестве инструментальных материалов применяются природные и синтетические алмазы. Наибольшее применение в промышленности нашли синтетические алмазы ввиду их меньшей стоимости.

Промышленность выпускает синтетические алмазы в виде порошков (монокристаллов), поликристаллов и композиционных материалов.

Алмазные порошки используются, как правило, в абразивных инструментах. Для лезвийных инструментов применяют поликристаллы синтетических алмазов, приближающиеся к твердости природных алмазов, а по прочности на изгиб в 2...3 раза превосходящие их.

Инструменты из поликристаллов синтетических алмазов используются при обработке титановых и высококремнистых алюминиевых сплавов, медных сплавов и минералокерамики.

На основе синтетических алмазов изготавливаются композиционные материалы, состоящие из подложки (основы) и нанесенного на нее алмазного слоя. В качестве подложки используются твердые сплавы. Эти двухслойные пластины дают возможность объединить высокую твердость и износостойкость синтетических алмазов и прочность твердого сплава. Промышленность выпускает двухслойные пластины марок АТП (алмазно-твердосплавные пластины) и БПА (би-пластины алмазные).

Другой сверхтвердый инструментальный синтетический материал - это кубический нитрид бора (КНБ), содержащий 44% бора и 56% азота. По твердости этот материал приближается к алмазу, а по теплостойкости (1500°C) превосходит все инструментальные материалы. Существенным достоинством КНБ является его химическая инертность к обрабатываемым материалам, в том числе к стали и ее сплавам. Поликристаллы КНБ и композиционные материалы на его основе называются «композитами».

Основное применение лезвийных инструментов на базе кубического нитрида бора – обработка сталей и чугунов различной твердости. Причем, чем выше твердость стали и чугуна, а также скорость резания – тем значительнее преимущество КНБ по сравнению с инструментами из твердого сплава и минералокерамики. При этом обеспечивается 5..6-й квалитет точности и шероховатость поверхности $R_a=0,16...0,008$ мкм. Поэтому обработка заготовок лезвийными инструментами на основе КНБ может заменить операции шлифования абразивными инструментами.

Рекомендуемые области применения различных инструментальных материалов представлены в табл.1.8- 1.9 приложения 1.

9.2. Абразивный инструмент

Абразивный инструмент – это режущий инструмент, изготовленный из синтетических или природных материалов высокой твердости.

Абразивный инструмент применяется для обработки практически всех известных материалов: стали, чугуна, цветных металлов, дерева, стекла, пластмасс, резины и т.д. В зависимости от типа применяемого оборудования, требуемой точности и шероховатости поверхности применяют следующие виды абразивной обработки: шлифование, доводка, полирование, отрезание, отделочная обработка. Для этого используется абразивный инструмент различных типов и конструкций. Наиболее распространенными являются следующие типы абразивного инструмента:

- шлифовальные круги, в том числе шлифовальные головки и отрезные круги;
- абразивные бруски;
- абразивные шеверы;
- абразивные галтовочные тела;
- абразивный инструмент на гибкой основе;
- абразивные пасты;
- полировальные круги.

Наиболее широко используются шлифовальные круги общего применения из электрокорунда и карбида кремния, типы и размеры которых определяются ГОСТ 2424-83 и соответствуют ISO 525-86.

Основные типы абразивного инструмента [5]:

Тип 1 (ранее применявшееся обозначение ПП) – круги прямого профиля;

Тип 2 (К) – кольцевые круги;

Тип 3 (ЗП) – круги с коническим профилем;

Тип 4 (2П) – круги с двусторонним коническим профилем;

Тип 5 (ПВ) – круги с односторонней выточкой;

Тип 6(ЧК) – чашечные конические круги;

Тип 7 (ПВД) – круги с двусторонней выточкой;

Тип 10 (С) - круги с двусторонней выточкой и втулкой;

Тип 11 (4Ц) – круги чашечные цилиндрические;

Тип 12 и 14 (Т) – тарельчатые круги;

Тип 23 (ПВК) – круги с конической выточкой;

Тип 26 (ПВДК) - круги с двусторонней конической выточкой;

Тип 36 (ПН) – круги с запрессованными крепежными элементами.

Основные размеры шлифовальных кругов: наружный диаметр $D=3...1060$ мм, высота $T=1...250$ мм и диаметр посадочного отверстия $d=1...305$ мм.

Кроме типоразмеров кругов широкого применения, выпускается большая номенклатура специальных абразивных кругов, таких как угловые и фасонный круги, комплект кругов для шлифования шеек распределительных и коленчатых валов и др.

Все данные о конкретных абразивных инструментах закодированы в виде условных обозначений и их характеристик, которые включают следующие основные элементы:

- типоразмер инструмента;
- вид, марку и зернистость абразивного материала;
- номер структуры инструмента;
- вид и марку связки;
- рабочую скорость применения инструмента;
- класс точности.

Так, шлифовальный круг по ГОСТ 2424-83 обозначается:

1.500x50x305 24A10-П С2 7К 35м/с А 1кл ГОСТ 2424-83,

что означает: круг прямого профиля тип 1, с наружным диаметром 500 мм (D), высотой (Т) – 30 мм, диаметром посадочного отверстия (d) - 305 мм, из белого электрокорунда марки 24А, зернистостью 10-П, степенью твердости С2, номером структуры 7, на керамической связке К, для работы со скоростью 35 м/с, класса точности А 1-го класса неуравновешенности.

Это условное обозначение должно быть обязательно указано в соответствующей нормативно-технической документации при оформлении разработанного технологического процесса.

Типоразмер абразивного инструмента определяется видом операции, выбранным типом оборудования и размером обрабатываемой поверхности – отсюда [5]:

- круглое наружное, бесцентровое и плоское (периферией круга) шлифование осуществляется кругами прямого профиля типа 1(ПП) и для эльбора типов 1 А1 и А8;
- внутреннее шлифование – кругами типов 1, 1А1 и А8, головками типа АW;
- плоское шлифование (торцем круга) и заточка инструмента – кругами типа 36(ПН), типа 6(ЧК), типа 11(ЧЦ), из эльбора типа 11А2 и 12V5-45 (чашечные конические) и тарельчатыми типа 12R4, 12R9 и др;
- резьбошлифование – кругами типа 4(2П), из эльбора типа 1D1 и 1Е6Q;
- зубошлифование – кругами типа 12 и 14(Т);
- профильное шлифование – угловыми и фасонными кругами или кругами типа 1(ПП), спрофилированными соответствующим образом;
- хонингование и суперфиниширование – брусками типа БКВ, БП;
- отрезка – отрезными кругами.

Вид абразивного материала для инструмента выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала следующим образом: шлифование пластич-

ных материалов с высоким сопротивлением разрыву (все марки сталей) выполняют инструментом из электрокорунда; шлифование твердых хрупких материалов с низким сопротивлением разрыву (чугун, твердые сплавы, керамика, стекло, алюминиевые и медные сплавы) – инструментом из карбида кремния.

Инструмент из эльбора используют для шлифования высокотвердых инструментальных, быстрорежущих, жаропрочных сталей. При этом учитывают степень химического взаимодействия абразивного материала с обрабатываемым.

Правильный выбор марки и зернистости абразивного материала позволяет оптимизировать процесс обработки. Так, электрокорунд белый марок 24 и 25А целесообразно применять для чистового шлифования сталей, особенно закаленных. Электрокорунд марок 91А и 92А, легированный хромом и титаном, применяют при черновом и получистовом шлифовании сталей. Менее хрупкий нормальный электрокорунд марок 14А, 15А и 16А используют при шлифовании не термообработанных сталей, алюминиевых сплавов и бронзы.

Монокорунд марок 44А и 45А применяют для профильного шлифования деталей из закаленных легированных сталей. Циркониевый электрокорунд марки 38А6, как наиболее прочный, используют при обдирочном шлифовании.

Зернистость абразивного материала выбирается в зависимости от снимаемого припуска и требуемой шероховатости поверхности. Так, обдирочное шлифование осуществляют кругами зернистостью 125-250, черновое шлифование с припусками 0,5...1 мм кругами зернистостью 25-50, чистовое шлифование с припусками 0,2...0,3 мм – кругами зернистостью 10-16, тонкое шлифование с припусками 0,05...0,1 мм – кругами зернистостью М28-6.

Предварительное хонингование выполняют брусками зернистостью 200-400, окончательное хонингование – брусками зернистостью 40-60. Суперфиниширование осуществляется брусками зернистостью М28-М5.

На выбор твердости абразивного инструмента влияет твердость обрабатываемого материала. Твердость абразивного инструмента должна быть тем ниже, чем выше твердость обрабатываемого материала и скорость шлифования, больше снимаемый припуск и зона контакта круга с деталью и чем меньше зернистость инструмента.

Структура шлифовального круга определяется следующими соображениями:

- для чернового шлифования применяют круги со структурой N4-6;
- для получистового и чистового шлифования – круги со структурой N6-8;
- для профильного шлифования – круги со структурой N10-12.

Вид связки шлифовального круга зависит от вида шлифования и требований к шероховатости поверхности. Большинство видов шлифования осуществляется кругами с керамической связкой, как наиболее жесткими и обеспечивающими требуемую точность обработки.

Обдирочное шлифование и отрезание выполняется кругами с органическими связками, способными выдерживать переменные нагрузки.

Для получения шероховатости $R_a \leq 10$ мкм при доводке и полировании используют круги на специальных органических связках с повышенной эластичностью.

Хонингование и суперфиниширование выполняют брусками на керамической связке, для чернового хонингования – брусками на бакелитовой связке.

Для глубинного высокоскоростного шлифования сталей используют круги из эльбора на металлических связках.

Выбор класса точности шлифовального круга определяется видом операции и требованиями к точности обрабатываемых деталей. Для большинства видов шлифования точных деталей и для шлифования с повышенными скоростями рекомендуются круги класса А; для зубошлифования и обработки высокоточных деталей – круги класса АА.

10. Расчет режимов резания и норм времени

При назначении параметров режимов резания учитывается характер обработки, тип и размер инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки (ее прочность, твердость, жесткость и т.д.), тип и состояние оборудования. Параметры режимов резания рассчитывают в следующем порядке.

Глубина резания "t". При однократной или черновой (предварительной) обработке глубину резания назначают по возможности максимальной, равной всему припуску на обработку или большей части его, чтобы сократить число рабочих ходов. При чистовой (окончательной) обработке значение "t" назначают в зависимости от требований к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности.

Подача "S". При черновой обработке выбирают максимально возможную подачу, исходя из жесткости и прочности самого слабого звена технологической системы СПИД, мощности привода станка и других ограничивающих факторов.

При чистовой обработке подачу выбирают в зависимости от требуемой точности и шероховатости обработанной поверхности. Выбранные справочные табличные значения подач [6] согласуют с имеющимися подачами у конкретного станка и окончательно принимают ближайшее меньшее значение подачи.

Скорость резания "v" рассчитывают по эмпирическим формулам, установленным для каждого вида обработки, которые имеют общий вид

$$V_p = \frac{c_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \prod_{i=1}^n K_i, \quad (10.1)$$

где Т – экономическая стойкость инструмента, мин;

c_v, x_v, y_v, m, k_i – коэффициенты и показатели степеней, принимают по таблицам для каждого вида обработки [6].

Частота оборотов шпинделя определяется из расчетного значения " V_p ":

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d} \text{ мин}^{-1}, \quad (10.2)$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности или диаметр вращающегося инструмента, мм.

По расчетному значению " n_p " принимается ближайшее меньшее значение частоты оборотов шпинделя по паспорту станка " n_c " и корректируется скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_c}{1000 \cdot 60} \text{ м/с}. \quad (10.3)$$

Сила резания, H . Силой резания считают ее главную составляющую " P_z ", определяющую расходуемую на резание мощность N_e и крутящий момент на шпинделе станка:

$$P_z = 10 \cdot c_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{z_p} \cdot \prod_{i=1}^n k_{p_i}, \quad (10.4)$$

где c_p – постоянная и x_p, y_p, z_p – показатели степени для конкретных условий обработки; принимают по таблицам [6];

$\prod_{i=1}^n k_{p_i}$ – произведение коэффициентов, учитывающих фактические условия резания [6, таблицы].

Мощность резания, кВт, рассчитывают по формуле

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (10.5)$$

Полученное значение N_e не должно превышать мощности привода станка ($N_e < N_{ст}$).

Особое место занимает определение параметров режимов резания при обработке заготовок на станках с многоинструментальным оснащением. Будь то комплект инструментов, закрепленных в одном или нескольких блоках (суппортах, державках, скалках), или многошпиндельные агрегатные станки с индивидуальной подачей каждой одношпиндельной головки или комплекс инструментов в одном блоке, имеющих единую минутную подачу, но работающих с разными скоростями – во всех случаях режимы обработки принимаются по наиболее нагруженному (лимитирующему) инструменту. Так как остальные инструменты оказываются недогруженными, определяют их стойкости. Затем все инструменты объединяются в группы стойкости, чтобы можно было в случае необходимости одновременно заменить 15...50% инструментов.

После установления параметров режимов резания представляется возможным определение технической нормы времени на выполнение операций технологического процесса.

Технически обоснованная норма времени на технологическую операцию $T_{ш.к.}$ состоит из нормы подготовительно-заключительного времени $T_{п.з.}$ на партию P обрабатываемых заготовок и нормы штучного времени $T_{шт.}$, т.е.

$$T_{ш.к.} = T_{шт.} + \frac{T_{п.з.}}{P}, \text{ мин.} \quad (10.6)$$

Для станочных работ $T_{п.з.}$ принимается 9 мин, для слесарных – 12 мин.

В условиях массового производства (в связи с редкой сменой видов работы на отдельных рабочих местах) подготовительно-заключительное время в норму времени не включается, в качестве нормы времени принимается величина штучного времени, определяемая как:

$$T_{шт.} = T_o + T_v + T_{тех} + T_{орг} + T_{отд.}, \quad (10.7)$$

где T_o - основное (машинное) время, мин;

T_v – вспомогательное (неперекрываемое) время, мин;

$T_{тех}$ – время технического обслуживания, мин;

$T_{орг}$ – время организационного обслуживания, мин;

$T_{отд.}$ - время на личные потребности, мин.

В единичном и серийном производствах время на обслуживание рабочего места (на организационное и техническое) и время на отдых и личные потребности рабочего исчисляются в процентах от оперативного времени ($T_o + T_v$); формула для определения $T_{шт.}$ приобретает следующий вид:

$$T_{шт.} = (T_o + T_v)(1 + K/100), \quad (10.8)$$

где K – процент оперативного времени на обслуживание рабочего места и на личные потребности (для станочных работ $K=6...9\%$).

При всех станочных работах основное время T_o для каждого технологического перехода определяется отношением величины пути, пройденного инструментом, к его минутной подаче, т.е.

$$T_o = T_m = \frac{L \cdot i}{S_{мин}} = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot S_0}, \quad (10.9)$$

где T_m – машинное время, мин;

L – длина пути инструмента, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_1 - величина врезания инструмента, мм;

l_2 – величина перебега инструмента, мм;

i – число рабочих ходов;

$S_{мин}$ – минутная подача, мм/мин;

n – частота вращения шпинделя, мин⁻¹;

S_0 – подача на один оборот шпинделя, мм/об.

При последовательном выполнении переходов основное время на операцию суммируют по переходам. При параллельном выполнении переходов основное время на операцию принимают равным времени наиболее длительного перехода.

Вспомогательное время в станочных работах включает в себя:

- вспомогательное время на установку и снятие заготовки;
- вспомогательное время, связанное с переходом (управление механизмами станка);

- вспомогательное время на промер обрабатываемых поверхностей.

Составляющие вспомогательного времени выбираются по соответствующим нормативам [6]. Режимы резания рекомендуется рассчитывать на ПК, используя программное обеспечение [7].

11. Техничко-экономические показатели технологического процесса

Сопоставление технико-экономических показателей вариантов разрабатываемого технологического процесса производится путем сравнения себестоимости обработки заготовок, отражающей затраты живого и овеществленного труда.

Предлагаются следующие упрощенные показатели оценки экономичности технологического процесса:

- трудоемкость механической обработки;
- коэффициент основного времени;
- коэффициент использования материала;
- коэффициент загрузки оборудования;
- показатели уровня механизации (автоматизации).

Трудоемкость всего технологического процесса $T_{т.п.}$ равна сумме трудоемкостей $t_{шт.}$ всех операций технологического процесса:

$$T_{т.п.} = \sum_{i=1}^n t_{шт.} \quad (11.1)$$

Иногда варианты сравнивают по станкочемкости обработки партии заготовок.

Коэффициент основного времени K_o представляет собой отношение основного времени к штучному; чем он выше, тем производительнее используется станок:

$$K_o = \frac{T_o}{T_{шт.}} \quad (11.2)$$

Коэффициент использования материала $K_{и.м.}$ по ГОСТ 3.1404-86 – это отношение массы детали к массе заготовки

$$K_{и.м.} = \frac{M_{дет.}}{M_{заг.}} \quad (11.3)$$

Его рекомендуемые значения составляют: $K_{и.м.} \geq 0,5 \dots 0,6$ – для единичного, $K_{и.м.} \geq 0,7$ – для серийного, $K_{и.м.} \geq 0,85$ – для массового производства.

Для повышения $K_{и.м.}$ необходимо приближать форму заготовки к конфигурации готовой детали.

Коэффициент загрузки оборудования K_z представляет собой отношения расчетного количества оборудования K_p к принятому K_n . Он характеризует загрузку оборудования:

$$K_z = \frac{K_p}{K_n}. \quad (11.4)$$

В массовом производстве $K_z=0,85 \dots 0,90$; в серийном $K_z=0,6 \dots 0,7$.

В качестве критерия оценки вариантов технологического процесса может быть использована количественная оценка состояния механизации (автоматизации) отдельных операций технологического процесса согласно ГОСТ 14.309-86. Для этой оценки устанавливается система показателей, основными из которых являются показатели уровня механизации (автоматизации):

$$\text{живого труда} \quad d_m = \frac{\sum T_H^{M(A)}}{\sum T_{шт.}}; \quad (11.5)$$

$$\text{технологического процесса} \quad d_n = \frac{\sum T_o^{M(A)}}{\sum T_{шт.}}, \quad (11.6)$$

где $\sum T_H^{M(A)}$ - сумма основного (машинного) времени (А – при автоматизации), не перекрытого ручным временем, мин;

$\sum T_o^{M(A)}$ - сумма всего основного времени, мин;

$\sum T_{шт.}$ - сумма штучного времени всех операций, мин.

Согласно ГОСТ 14.309-86 установлены 8 категорий механизации и автоматизации в зависимости от величины показателя их уровня:

- нулевая – при отсутствии механизации или автоматизации;
- низшая – при показателе уровня от 0,01 до 0,25;
- малая – при показателе уровня от 0,25 до 0,45;
- средняя – при показателе уровня от 0,45 до 0,60;
- большая – при показателе уровня от 0,50 до 0,75;
- повышенная – при показателе уровня от 0,75 до 0,90;
- высокая – при показателе уровня от 0,90 до 0,99;
- полная – при показателе уровня 1,00.

12. Технологическая документация

Оформление технологической документации является завершающим этапом проектирования технологического процесса. Подробно данный раздел рассмотрен в методических указаниях кафедры [1].

Стандартами ЕСТД предусмотрены следующие основные виды технологической документации.

Маршрутная карта (МК) – технологический документ, содержащий описание всех технологических операций в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов. МК применяют в серийном, мелкосерийном и опытном производстве в качестве основного самостоятельного документа. Вместо МК технологический маршрут можно указывать в картах технологического процесса (КТП). МК или заменяющая ее КТП являются обязательным документом любого технологического процесса.

Операционная карта (ОК) содержит полное описание технологических операций с указанием переходов и технологических режимов. Операционное описание технологического процесса предусматривает описание всех технологических операций в последовательности их выполнения. Его применяют в серийном и массовом производствах, а для особо сложных деталей – в мелкосерийном и даже единичном производстве. Содержание операции может быть также отражено в КТП.

Карты эскизов (КЭ) – документы, содержащие графическую информацию о технологической операции. Для механической обработки в КЭ приводят эскизы наладок в виде схемы установки заготовок. На схеме обозначают технологические базы, выполняемые размеры с допусками и шероховатость обрабатываемых поверхностей. КЭ применяют в сочетании с ОК, КТП и МК.

Кроме перечисленных документов, применяются расчетно-технологические карты для обработки заготовок на станках с ЧПУ, материальные ведомости, ведомости оснастки, технологические инструкции, спецификации технологических документов и др.

Выбор комплекта и форм документов для оформления технологического процесса зависит от типа и характера производства и видов разрабатываемых технологических процессов. В серийном, мелкосерийном и опытном производствах, где изготавливаемые изделия включают в себя отдельные сложные и точные детали, применяют маршрутно-операционное описание технологического процесса, при котором дается сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические указания по оформлению технологических процессов. № 9/13, Донецк, ДПИ, 1992.
2. Прогрессивные комплексные типовые технологические процессы обработки основных деталей автомобиля. РТМ. – М.: Специализированный информационный центр по технологии автомобилестроения, 1965 – 1976.
3. Лебедев В.В. и др. Технология машиностроения: Учебник. - М.: Академия, 2006.
4. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для вузов.- Л.: Машиностроение, 1985.

5. Машиностроение. Энциклопедия: Том Ш-3. / Гл. редактор Фролов К.В. – М.: Машиностроение, 2000.
6. Справочник технолога – машиностроителя: Т.1,2 / под редакцией Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение, 1985.
7. Расчет режимов обработки деталей. (Программа для ПК): под редакцией Намаконова Б.В., АДИ Дон НТУ, 2011.

Оглавление

Введение	3
1. Исходные данные для проектирования технологических процессов	3
2. Отработка конструкции изделия на технологичность	4
3. Определение типа производства	5
4. Выбор способа получения заготовки	6
4.1. Получение заготовок литьем	7
4.2. Получение заготовок давлением	10
4.3. Получение заготовок из проката	12
4.4. Комбинированные способы получения заготовок	13
5. Выбор методов обработки поверхностей деталей	14
6. Расчет припусков на обработку, промежуточных и исходных размеров заготовки	15
7. Выбор технологических баз и способов установки заготовок при обработке	25
8. Выбор оборудования и приспособлений	30
9. Выбор режущего инструмента	32
9.1. Лезвийный инструмент	32
9.2. Абразивный инструмент	35
10. Расчет режимов резания и норм времени	39
11. Техничко-экономические показатели технологического процесса	42
12. Технологическая документация	43
Литература	44
Оглавление	45
Приложение 1	46
Приложение 2	84
Приложение 3	107
Приложение 4	112
Приложение 5	117

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические указания по оформлению технологических процессов. № 9/13, Донецк, ДПИ, 1992.
2. Прогрессивные комплексные типовые технологические процессы обработки основных деталей автомобиля. РТМ. – М.: Специализированный информационный центр по технологии автомобилестроения, 1965 – 1976.
3. Лебедев В.В. и др. Технология машиностроения: Учебник. - М.: Академия, 2006.
4. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для вузов.- Л.: Машиностроение, 1985.
5. Машиностроение. Энциклопедия: Том III-3. / Гл. редактор Фролов К.В. – М.: Машиностроение, 2000.
6. Справочник технолога – машиностроителя: Т.1,2 / под редакцией Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение, 1985.
7. Расчет режимов обработки деталей. (Программа для ПК): под редакцией Намаконова Б.В., АДИ Дон НТУ, 2011.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1.1

Параметры шероховатости и качества допусков размеров при различных методах обработки

Метод обработки	Ra, мкм	Квалитеты												
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Отрезка: приводной пилой резцом фрезой абразивом														
	25...50													
	25...100													
	25...50													
	3,2... 6,3													
Подрезка торцов	3,2... 12,5													
Строгание: черновое чистовое тонкое														
	12,5... 25													
	3,2...6,3													
	0,8...1,6													
Долбление: черновое														
	85...50													

чистовое	3,2... 12,5													
Фрезерова- ние цилин- дрической фрезой:														
черновое	25...50													
чистовое	3,2...6,3													
тонкое	1.6													
Фрезерова- ние торцовой фрезой:														
черновое	6,3... 12,5													
чистовое	3,2...6,3													
тонкое	0,8...1,6													

Продолжение табл. 1.1

Метод обра- ботки	Ra, мкм	Квалитеты													
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Фрезерова- ние скорост-															

ное:															
черновое	3,2														
чистовое	0,8...1,7														
Обтачивание с продольной подачей:															
обдирочное	25...100														
получистовое	6,3... 12,5														
чистовое	1,6...3,2														
тонкое (ал- мазное)	0,4...0,8														
Обтачивание с поперечной подачей:															
обдирочное	25...100														
получистовое	6,3... 12,5														
чистовое	3,2														
тонкое	0,8...1,6														
Сверление: до 15 мм	6,3... 12,5														
> 15 мм	12,5... 25														

Рассверливание	12,5... 25													
Зенкерование:														
черновое (по корке)	12,5... 25													
чистовое	3.2...6.3													

Продолжение табл. 1.1

Метод обработки	Ra, мкм	Квалитеты												
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Растачивание														
черновое	50...100													
получистовое	12,5... 25 1,6													
чистовое	1,6... 3.2													
тонкое (алмазное)	0,4...0,8													

Развертыва- ние															
получистовое	6,3... 12,5														
чистовое	1,6...3,2														
тонкое	0,4...0,8														
Протягива- ние:															
получистовое	6.3														
чистовое	0,8...3, 2														
отделочное	0,2...0,4														
Зенкерова- ние:															
плоское с направлением	6,3... 12,5														
угловое	3,2... 6,3														
Шлифование круглое:															
получистовое	3.2...6.3														
чистовое	0.8...1.6														
тонкое	0.2...0,4														

Продолжение табл. 1.1

Метод обработки	Ra, МКМ	Квалитеты													
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Шлифование плоское:															
получистовое чистовое тонкое	3.2														
	0,8... 1,6														
	0,2... 0,4														
Прошивание:															
чистовое тонкое	0,4... 1,6														
	0,05 ... 1,6														
Калибрование отверстия ша- риком или оправкой:															
сверления	0,4... 1,6														
	0,4...														
расточивания															

развертывания	1,6													
	0,05													
	...													
	1,6													
Обкатывание или раскатыва- ние роликами или шариками при значении исходной шеро- ховатости Ra = 3,2 ... 12,5 мкм	0,4... 1,6													

Продолжение табл. 1.1

Метод обработ- ки	Ra, мкм	Квалитеты												
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Притирка:														
чистовая	0,4...3,2													
тонкая	0,1...1,6													

Полирование:															
обычное	0,2...1,6														
тонкое	0,05... 0,1														
Доводка:															
грубая	0,4														
средняя	0,1...0,2														
тонкая	0,05														
отделочная (зеркальная)	(Rz = 0,012... 0,25)														
Хонингование:															
плоскостей	0,1...0,4														
цилиндров	0,05... 0,2														
Суперфини- ширование															
плоскостей	0,2...0,4														
цилиндров	0,1...0,4														
Нарезание резьбы:															
плашкой, мет- чиком	3,2... 12,5														

[illegible]

Окончание табл. 1.1

[illegible]

механическое сглаживание														
Ультразвуко- вая обработка твердых спла- вов	0,2...0,8													

Таблица 1.2

**Детали, получаемые механической обработкой.
 Качество поверхностей отверстий после обработки**

Способ обработки	Диаметр отвер-	Ква-	<i>Rz</i>	<i>h</i>
------------------	----------------	------	-----------	----------

		ствий d , мм	литет	мкм	
Сверление спиральными сверлами		От 3 до 6	12	20	40
		Св. 6 >> 10		32	50
		>> 10 >> 18		40	60
		>> 18 >> 50		50	70
		>> 50 >> 80		63	80
Глубокое сверление специальными сверлами		От 3 до 10	12	16	25
		Св. 10 >> 18		20	30
		>> 18 >> 30		32	40
		>> 30 >> 50		50	50
Зенкерование	однократное	До 80	10	32	40
	черновое	От 18 до 30	11	40	40
		Св. 30 до 80		50	50
	чистовое	До 30	10	32	30
		Св. 30 до 80		40	40
та-чи-ва-ние	черновое		12	40	50

	чистовое	От 50 до 260	10	20	20
Разверты- вание	нормальное	От 6 до 30	10	10	20
	точное		8	5	10
	тонкое		7	3,2	5

Окончание табл. 1.2

Способ обработки		Диаметр отверстий d ,мм	Ква-литет	Rz	h
				мкм	
Отделочные методы	шлифование	До 80	7 – 9	5	10
	протягивание	От 10 до 80	8	4	6
	калибрование шариком	>> 6 >> 80	7	0.63	-
	хонингование	До 80	6 – 7	0.16	-

Примечания: 1. Под черновым зенкерованием следует понимать обработку по литому или прошитому при штамповке отверстию; под чистовым – обработку после сверления или черного зенкерования. 2. Виды развертывания (нормальное, точное и тонкое), характеризуются допуском на диаметры разверток. 3. При обработке мерным инструментом (сверлом, зенкером, разверткой, протяжкой, фрезой и т. п.) диаметр инструмента принимают ближайшим по сортаменту, причем наименьший предельный размер инструмента должен быть не менее диаметра D_{3min} , полученного расчетом.

4. Значения допусков для квалитетов 6 – 12 приведены в табл. 1.5.

Таблица 1. 3

Увод сверла и смещение оси отверстия при сверлении

Сверло	Диаметр отверстия, мм
--------	-----------------------

	3 – 3	6 – 10	10 – 18	18 – 30	30 – 50
Увод Δ_y , мкм на 1 мм длины отверстия					
Спиральное	2,1	1,7	1,3	0,9	0,7
Специальное	1,6	1,3	1,0	0,7	0,4
Смещение C_0 (мм) оси отверстия относительно номинального положения					
Спиральные и специальные	10	15	20	25	30

Таблица 1.4

Коэффициент уточнения K_y для отливок, поковок, штампованных заготовок и сортового проката

Технологический переход	K_y
-------------------------	-------

после обтачивания:	
однократного	0,05
чернового	0,06
получистового	0,05
чистового	0,04
После шлифования:	
чернового	0,03
чистового	0,02

Таблица 1.5

Выбор марок быстрорежущей стали для различных режущих инструментов

Марка стали	Прочность, износо- стойкость	Шлифуе- мость	Изготавливаемый инструмент
----------------	---------------------------------	------------------	-------------------------------

Р 18	Удовлетворительная прочность, повышенная износостойкость при малых и средних скоростях резания, широкий интервал закалочных температур	Удовлетворительная	Режущий инструмент всех видов, в том числе для обработки обычных конструкционных материалов в условиях динамических нагрузок
------	--	--------------------	--

Р 9	Удовлетворительная прочность, повышенная износостойкость при средних и повышенных скоростях резания, более узкий интервал оптимальных закалочных температур, повышенная пластичность при температурах горячей деформации	Пониженная по сравнению со сталью Р 18	Простой формы с малым объемом шлифованных поверхностей (резцы, сверла, зенкеры и др.), для обработки обычных конструкционных материалов
-----	--	--	---

Продолжение табл. 1. 5

Марка стали	Прочность, износостойкость	Шлифуемость	Изготавливаемый инструмент
P6M5	Повышенная прочность, более узкий, чем у стали P18, интервал оптимальных закалочных температур, повышенная склонность к обезуглероживанию и выгоранию молибдена	Удовлетворительная	То же, что и стали P18
P14Ф4, P9Ф5	Повышенная износостойкость при низких и средних скоростях резания	Низкая; рекомендуется применение эльборовых шлифовальных кругов	Для снятия стружки небольшого сечения; для обработки материалов, обладающих абразивными свойствами в условиях нормального разогрева режущей кромки

Р18К5 Ф2, Р9М4К 8, Р6М5К 5	Повышенная вто- ричная твердость и износостойкость	Пониженная, но лучше, чем шлифу- емость стали Р14Ф4; ре- комендуется применение эльборовых шлифоваль- ных кругов	Для обработки вы- сокопрочных, кор- розионностойких и жаропрочных ста- лей и сплавов в условиях повышен- ного нагрева режу- щей кромки
---	--	---	---

P10K5 Ф5	Повышенная вторичная твердость, высокая износостойкость	Низкая; рекомендуется применение эльборовых шлифовальных кругов	Простой формы с малым объемом шлифованных поверхностей (резцы, сверла, зенкеры и др.), для обработки высокопрочных, коррозионностойких и жаропрочных сталей и сплавов, материалов, обладающих абразивными свойствами в условиях повышенного разогрева режущей кромки
P9K5	Повышенная вторичная твердость	Пониженная, близкая к стали P9	Для обработки сталей и сплавов повышенной твердости и вязкости; пригодна для работы с ударом

P9K10	Повышенная вторичная твердость (пониженная ударная вязкость)		С малым объемом шлифованных поверхностей, для обработки коррозионностойких, жаропрочных, а также повышенной твердости и вязкости сталей и сплавов
-------	--	--	---

Таблица 1. 6

Выбор марок твердого сплава при различных видах обработки резанием

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	трудно-обработываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	нечетных металлических материалов
						НВ 240	НВ 400-700		

Черновое точение по корке и ока- лине при нерав- номерном сече- нии среза и пре- рывистом реза- нии с ударами	T5K10 T5K12 BK8 BK8B	T5K12 TT7K12 BK8 BK8B	T5K12 BK8B BK8	-	BK8 BK8B	BK8 BK8B BK4	BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8	-
---	-------------------------------	--------------------------------	----------------------	---	-------------	--------------------	-------------	-------------------	---

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеро- дистой и леги- ро- ванной стали	трудно- об- рабаты- ваемых мате- риалов	коррози- онностой- кой стали аустенит- ного клас- са	зака- ленной стали	титана и спла- вов на его ос- нове	чугуна		цвет- ных метал- лов и их спла- вов	неме- тал- liche- ских мате- риа- лов
						HB 240	HB 400- 700		

Черновое точение по корке при не- равномерном се- чении среза и не- прерывном реза- нии	T14K8 T5K10	BK4 BK8 BK8B	BK4 BK8	-	BK4	BK4 BK8 BK6	BK6M BK4	BK4 BK6	
--	----------------	--------------------	------------	---	-----	-------------------	-------------	------------	--

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке							
	углеро-	трудно-	корро-	зака-	титана	чугуна	цвет-	неме-

	дистой и леги- ро- ванной стали	об- рабаты- ваемых мате- риалов	зионно- стойкой стали аусте- нитного класса	ленной стали	и спла- спла- вов на его ос- нове	НВ 240	НВ 400- 700	ных метал- лов и их спла- вов	тал- liche- ских мате- риа- лов
Черновое точение по корке при от- носительно рав- номерном сече- нии среза и не- прерывном реза- нии	T15K6 T14K8	T5K10 BK4 BK8	BK6M BK4	-	BK8	BK4 BK8	BK6M BK3	BK3 BK3M BK4	BK4

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	трудно-обработываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	нечугунных сплавов
						НВ 240	НВ 400-700		
Получистовое и чистовое точение при прерывистом резании	T15K6 T14K8 T5K10	BK4 BK8 BK8B	BK4 BK8	T5K10 BK4 BK8	BK4	BK4 BK6 BK8	BK6M	BK3 BK3M BK4	
Точное точение при прерывистом резании	T30K4 T15K6	-	BK6M	T14K8 T5K10 BK4	BK4 	BK3 BK3M BK4	BK6M BK3	BK3 BK3M BK4	BK3 BK3M BK4

Продолжениетабл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	трудно-обработываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	неметаллических материалов
						НВ 240	НВ 400-700		
Точное точение при непрерывном резании	T30K4	-	BK6M BK3M	T30K4 T15K6 BK6M BK3M	BK4 BK6M BK3M	BK3 BK3M	BK6M BK3M BK3	BK3 BK3M	
Отрезка и прорезка канавок	T15K6 T14K8 T5K10	BK4 BK8 BK8B	BK6M BK4	BK6M BK4 BK3M	BK4 BK8	BK4 BK6 BK8	BK6M BK3	BK3 BK3M BK4	BK3 BK3M BK4

Продолжение табл. 1.6

иды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	труднообрабатываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	нечетных металлических материалов
						НВ 240	НВ 400-700		
Предварительное нарезание резьбы	T15K6 T14K8	T15K6 T14K8 BK4	BK6M BK4	BK6M BK4	BK4 BK6M	BK3 BK3M	BK6M BK3M	BK4 BK6 BK6M	BK3 BK3M BK4
Окончательное наезание резьбы	T30K4 T15K6	T30K4 T15K6 B14K8	BK6M BK3M	BK3M	BK3M	BK4	BK3	BK3 BK3M	BK3 BK3M

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	труднообрабатываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	нечетных металлических материалов
						НВ 240	НВ 400-700		
Строгание и долбление черновое	T15K12 В BK8B BK15	T5K12	T15K12 BK8 BK15	-	-	BK8 BK8B	-	BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	трудно-об-рабаты-ваемых мате-риалов	корро-зионно-стойкой стали аусте-нитного класса	зака-ленной стали	титана и спла-спла-вов на его ос-нове	чугуна		цвет-ных метал-лов и их спла-вов	неметал-лических материа-лов
						НВ 240	НВ 400-700		
Строгание и долбление полу-чистовое и чистовое	T5K10 T5K12B BK8 BK8B	TT7K12	T5K12 BK8B BK15	-		BK4	-	BK4 BK6	

Черновое фрезе- рование	T15K6 T14K8 T5K10	T5K10 BK4 BK8	T5K12 T5K10 T14K8		BK4 BK8	BK6 BK8		BK4 BK6 BK8	BK3 BK4
----------------------------	-------------------------	---------------------	-------------------------	--	----------------	------------	--	-------------------	------------

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеро- дистой и леги- ро- ванной стали	трудно- об- рабаты- ваемых мате- риалов	корро- зионно- стойкой стали аусте- нитного класса	зака- ленной стали	титана и спла- спла- вов на его ос- нове	чугуна		цвет- ных метал- лов и их спла- вов	неметал- лических материа- лов
						HB 240	HB 400- 700		

Получистовое и чистовое фрезе- рование	T30K4 T15K6 T14K8	T15K6 T14K8 T5K10	T15K6 T14K8	-	-	BK6 BK4	BK6M	BK3 BK3M BK4	BK3 BK3M
--	-------------------------	-------------------------	----------------	---	---	------------	------	--------------------	-------------

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке							
	углеро- дистой	трудно- об-	корро- зионно-	зака- ленной	титана и спла-	чугуна	цвет- ных	неме- тал-

	и леги- ро- ванной стали	работы- ваемых мате- риалов	стойкой стали аусте- нитного класса	стали	спла- вов на его ос- нове	НВ 240	НВ 400- 700	метал- лов и их спла- вов	личе- ских мате- риа- лов
Сверление не- глубоких (нор- мальных) отвер- стий	T5K10 T5K12B BK8 BK8B	T5K12B TT7K12 BK8B BK8	T5K12 BK8B BK8	-	BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8	BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8	BK3 BK4
Сверление глу- боких отверстий					-				

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер	Марка твердого сплава при обработке
-----------------	-------------------------------------

обработки	углеродистой и легированной стали	трудно-об-рабаты-ваемых мате-риалов	корро-зионно-стойкой стали аусте-нитного класса	зака-ленной стали	титана и спла-спла-вов на его ос-нове	чугуна		цвет-ных метал-лов и их спла-вов	неме-тал-личе-ских мате-риа-лов
						НВ 240	НВ 400-700		
Кольцевое свер-ление глубоких отверстий	T15K6 T14K8 T5K10	-							
Рассверливание неглубоких (нор-мальных) пред-варительно про-сверленных от-верстий	T14K8 T5K10 T15K6	BK4 BK8	BK8	T14K8 T5K10 BK8	T14K8 T5K10 BK8	BK4 BK8	BK3 BK3M BK4	BK6M BK3 BK4 BK3M	BK3 BK3M

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	труднообрабатываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	нечугунных материалов
						НВ 240	НВ 400-700		
Рассверливание неглубоких (нормальных) отверстий в литых, кованных или штампованных деталях	T5K10 T5K12 BK8 BK8B	T5K12 TT7K12 BK8 BK8B	T5K12 BK8B BK8	-	-	BK4 BK6 BK8	-	BK4 BK6 BK8	-

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	трудно-обрабатываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	неметаллических материалов
						НВ 240	НВ 400-700		
Рассверливание глубоких предварительно просверленных отверстий	T15K6 T14K8	BK4 BK8	T14K8 T5K10 BK8	-	BK3 BK3M BK4	BK6M BK4	BK3 BK3M BK4	BK4 BK8 BK8M	-

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	труднообрабатываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	неметаллических материалов
						НВ 240	НВ 400-700		
Черновое зенкование	T15K6 T14K8 T5K10 T5K12 BK8	T5K10 BK4 BK8	BK6M BK4	-	BK4 BK8	BK4 BK6 BK8	BK6M	BK4 BK6 BK8	BK4 BK6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	трудно-об-рабаты-ваемых мате-риалов	корро-зионно-стойкой стали аусте-нитного класса	зака-ленной стали	титана и спла-сплавов на его ос-нове	чугуна		цвет-ных метал-лов и их спла-вов	неме-тал-личе-ских мате-риа-лов
						НВ 240	НВ 400-700		
Получистовое и чистовое зенке-рование	T30K4 T15K6 T14K8	T15K6 T14K8 T5K10 BK6M	BK6M	-	BK4 BK8	BK3 BK3M BK4	BK4	BK3 BK3M BK4	
Предварительное и окончательное развертывание	T30K4 T15K6	T30K4 T15K6 BK6M BK3M	BK6M BK4	T30K4 BK3M BK6M	BK4 BK6M BK3M	BK3 BK3M BK6M	BK6M BK3M		

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАГОТОВОК, ПОЛУЧАЕМЫХ ЛИТЬЕМ

Таблица 2.1

Способы изготовления отливок, их особенности и область применения

Способы изготовления отливок	Масса отливки, т	Материал	Область применения и особенности способа
Разовые формы			
Ручная формовка: в почве с верхом	До 200	Сталь, серый, ковкий и высокопрочный чугун, цветные металлы и сплавы	Станины, корпуса машин, рамы, цилиндры, шаботы молотов, траверсы
по шаблону	До 100		Отливки в виде тел вращения (зубчатые колеса, кольца, диски, трубы, шкивы, маховики, котлы, цилиндры)
в крупных опоках			Станины, бабки, коробки скоростей, блоки цилиндров
в съемных опоках со стержнями из быстротвердеющей смеси	До 35		Станины ГМК, болтовысадочных автоматов, ножниц; позволяет уменьшить припуски на 25-30% и трудоемкость механической обработки на 20-25%

Продолжение таблицы 2.1

Способы изготовления отливок	Масса отливки, т	Материал	Область применения и особенности способа
В почве с верхней опокой с облицовочным слоем из быстротвердеющей смеси	До 25		Шаботы, станины, цилиндры; позволяет снизить трудоемкость изготовления заготовки и механической обработки за счет уменьшения припусков на 10-18%
в стержнях	До 2		Отливки со сложной ребристой поверхностью (головки и блоки цилиндров, направляющие)
в почве открытая	До 0,15		Отливки, не требующие механической обработки (плиты, подкладки)
в мелких и средних опоках	До 0,1		Рукоятки, шестерни, шайбы, втулки, рычаги, муфты, крышки

Продолжение таблицы 2.1

Способы изготовления отливок	Масса отливки, т	Материал	Область применения и особенности способа
Машинная формовка: в крупных опоках	До 2	Сталь, серый, ковкий и высокопрочный чугун, цветные металлы и сплавы	Бабки, суппорты, корпуса небольших станин
в мелких и средних опоках	До 0,1		Шестерни, подшипники, муфты, маховики, позволяет получать отливки высокой точности с низкой шероховатостью поверхности
Литье в оболочковые формы: песчано-смоляные	До 0,15	Сталь, чугун и цветные сплавы	Ответственные фасонные отливки в крупносерийном и массовом производстве
химически твердеющие тонкостенные (10-20 мм)	До 0,2		Ответственные фасонные мелкие и средние отливки
химически твердеющие толстостенные (50-150 мм)	До 40		Большие отливки (станины штамповочных молотов, подушки прокатного станка)
жидкостекольные оболочковые	До 0,1	Углеродистые и коррозионно-стойкие стали, кобальтовые, хромистые и алюминиевые сплавы, латунь	Точные отливки с низкой шероховатостью поверхности в серийном производстве
Способы изготовления отливок	Масса отливки, т	Материал	Область применения и особенности способа
литье по выплавляемым моделям	До 0,15	Высоколегированные сплавы и стали (за исключением ще-	Лопатки турбин, клапаны, дюзы, шестер-

		лочных металлов, реагирующих с кремнеземом облицовочного слоя)	ни, режущий инструмент, детали приборов. Керамические стержни позволяют изготавливать отливки толщиной 0,3 мм и отверстия диаметром до 2 мм
литье по растворимым моделям	До 0,15	Титан, жаропрочные стали	Лопатки турбин, детали приборов. Солевые модели снижают шероховатость поверхности
литье по замораживаемым моделям	До 0,14	Титан, жаропрочные стали	Тонкостенные отливки (минимальная толщина стенки 0,8 мм, диаметр отверстия до 1 мм)

Продолжение таблицы 2.1

Способы изготовления отливок	Масса отливки, т	Материал	Область применения и особенности способа
литье по газифицируемым моделям	До 15	Любые сплавы	Мелкие и средние отливки (рычаги, втулки, цилиндры, корпуса)
Многократные формы			
Литье в формы: гипсовые	0,10	Сталь, чугун, цветные металлы и сплавы	Крупные и средние отливки в серийном производстве
песчано-цементные	70		
кирпичные	200		
шамотно-кварцевые	100		
глинистые	50		
графитовые	0,014		
каменные	0,03		
металлокерамические и керамические	0,025		
Литье в кокиль: с горизонтальной, вертикальной и комбинированной плоскостью разъема	7 (чугун) 4 (сталь) 0,5 (цветные металлы и сплавы)	Сталь, чугун, цветные металлы и сплавы	Фасонные отливки в крупносерийном и массовом производстве (поршни, корпуса, диски, коробки подач, салазки)

Продолжение таблицы 2.1

Способы изготовления отливок	Масса отливки, т	Материал	Область применения и особенности способа
литье в облицованный кокиль	0,25	Сталь аустенитного и ферритного классов	Лопатки рабочих колес гидротурбин, коленчатые валы, буксы, крышки букс и другие крупные толстостенные отливки
Литье под давление: на машинах с горизонтальными и вертикальными камерами прессования	0,10	Магниевые, алюминиевые, цинковые и свинцово-оловянные сплавы, сталь	Отливки сложной конфигурации (тройники, колена, кольца электродвигателей, детали приборов, блок двигателя)
с применением вакуума	0,05	Медные сплавы	Плотные отливки простой формы
Центробежное литье на машинах с осью вращения: вертикальной	0,05	Чугун, сталь, бронза и др.	Отливки типа тел вращения (венцы, шестерни, бандаж, колеса, фланцы, шкивы, маховики), двухслойные заготовки (чугун – бронза, сталь – чугун) при $l:d < 1$
горизонтальной	0,60		Трубы, гильзы, втулки, оси, при $l:d > 1$

Продолжение таблицы 2.1

Способы изготовления отливок	Масса отливки, т	Материал	Область применения и особенности способа
наклонный (угол наклона 3-6°)	1,0		Трубы, валы, слитки
вертикальной, не совпадающий с геометрической осью отливки	0,01		Фасонные отливки, не являющиеся телами вращения (рычаги, вилки, тормозные колодки)
штамповка жидких сплавов	До 0,30	Цветные сплавы	Слитки, фасонные отливки с глубокими полостями (турбинные лопатки, детали арматуры высокого давления)
с кристаллизацией под поршневым давлением	0,01	Чугун и цветные сплавы	Массивные и толстостенные отливки без газовых раковин и пористости; можно получать уплотненные заготовки из нелитейных материалов (чистый алюминий)
Литье выжиманием	Панели размером до 1000хх2500 мм с толщиной 2,5 – 5 мм	Магниевого и алюминиевые сплавы	Крупногабаритные отливки, в том числе ребристые

Окончание таблицы 2.1

Способы изготовления отливок	Масса отливки, т	Материал	Область применения и особенности способа
Вакуумное всасывание	0,01	Сплавы на медной основе	Небольшие отливки тел вращения (втулки, гильзы)
Последовательно направленная кристаллизация	0,012	Цветные сплавы	Отливки с толщиной стенки до 3 мм при протяженности до 3000 мм
Литье под низким давлением	0,030	Чугун, алюминиевые сплавы	Тонкостенные отливки с толщиной стенки 2мм при высоте 500-600 мм (головки блока цилиндров, поршни, гильзы)
Непрерывное литье	Трубы диаметром 300-1000 мм	Сталь, чугун, цветные металлы и сплавы	Листы, заготовки крупного сечения (слитки, трубы, валы)

Таблица 2.2

Ориентировочные данные о требуемой точности размеров отливок

Размеры отливки	Характеристика точности размеров	Квалитеты
Определяемые подвижными сопрягаемыми поверхностями типа отверстия - вал	Высокая	До 11
Определяемые неподвижными сопрягаемыми поверхностями типа отверстие – вал (например, крышки). Определяемые несопрягаемыми поверхностями (например, размеры шкивов, маховиков)	Средняя	12-14
Подвергаемые механической обработке	Средняя	Более 11 в зависимости от способа литья
Габаритные: толщины стенок, ребер, фланцев, (если к ним не предъявляются особые требования)	Низкая	Более 15

Таблица 2.3

Допуски размеров и шероховатость поверхности отливок

Литье	Сплавы отливок		
	Легкие цветные	Тяжелые цветные	Ковкий, высокопрочный чугун, сталь
Под давление	IT11 – IT13 до Ra=0,63 мкм	IT12 – IT14 до Ra=1,25 мкм и грубее	-
В керамические модели и по выплавляемым моделям	IT12 – IT14 до Ra=2,5 мкм	IT13 – IT15 до Rz=20 мкм	IT14 – IT15 до Rz=20 мкм и грубее

Продолжение таблицы 2.3

Литье	Сплавы отливок		
	Легкие цветные	Тяжелые цветные	Ковкий, высоко- прочный чугун
В кокиль под низким давлением без стержней и с песчаными стержнями; в песчаные формы, отверждаемые в контакте с оснасткой	<i>IT13 – IT17</i> до <i>Rz=20</i> мкм	<i>IT14 – IT17</i> до <i>Rz=40</i> мкм	<i>IT15 – IT18</i> до <i>Rz=80</i> мкм
В песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой; центробежное; в сырые и сухие песчано-глинистые формы	<i>IT14 – IT18</i> до <i>Rz=40</i> мкм	<i>IT15 – IT19</i> до <i>Rz=80</i> мкм	<i>IT16 – IT20</i> до <i>Rz=80</i> мкм и грубее

Таблица 2.4

**Допустимые отклонения размеров чугунных
и стальных отливок**

Наибольший габаритный размер заготовки	Номинальный размер										
	До 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000	Св. 2000 до 3150	Св. 3150 до 5000	Св. 5000 до 6300	Св. 6300 до 10000
I класс точности											
До 120	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Св. 12 до 260	0,3	0,4	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Св. 260 до 500	0,4	0,6	0,8	1,0	-	-	-	-	-	-	-
Св. 500 до 1250	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	-	-	-	-	-
Св. 1250 до 3150	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	3,0	-	-	-
Св. 3150 до 5000	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	-	-

Продолжение таблицы 2.4

Наибольший габаритный размер заго- товки	Номинальный размер										
	До 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000	Св. 2000 до 3150	Св. 3150 до 5000	Св. 5000 до 6300	Св. 6300 до 10000
II класс точности											
До 260	0,5	0,8	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Св. 260 до 500	0,8	1,0	1,2	1,5	-	-	-	-	-	-	-
Св. 500 до 1250	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	-	-	-	-	-
Св. 1250 до 3150	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	-	-	-
Св. 3150 до 6300	1,5	1,8	2,2	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	9,0	12, 0	-
III класс точности											
До 500	1,0	1,5	2,0	2,5	-	-	-	-	-	-	-
Св. 500 до 1250	1,2	1,8	2,2	3,0	4,0	5,0	-	-	-	-	-
Св. 1250 до 3150	1,5	2,0	2,5	3,5	5,0	6,0	7,0	9,0	-	-	-
Св. 3150 до 6300	1,8	2,2	3,0	4,0	5,5	6,5	8,0	10, 0	12, 0	15, 0	-
Св. 6300 до 10000	2,0	2,5	3,5	4,5	6,0	7,5	9,0	11, 0	14, 0	17, 0	20, 0

Таблица 2.5

**Допустимые отклонения размеров отливок
из цветных металлов и сплавов**

Номи- нальный размер отливки	Литье в песча- ные формы		Литье в оболоч- ковые формы		Литье по выплав- ляемым молелям		Центро- бежное литье		Литье под давлением	
	Точность отливок									
	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III
До 10	0,4	0,8	0,2	0,4	0,12	0,2	0,2	0,4	0,1	0,12
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,6	1,6	0,3	0,6	0,24	0,3	0,3	0,6	0,2	0,24
Св. 10 до 18	0,4	0,8	0,24	0,4	0,16	0,24	0,24	0,4	0,12	0,16
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,6	1,6	0,4	0,6	0,24	0,4	0,4	0,6	0,24	0,24
Св. 18 до 30	0,5	0,8	0,3	0,5	0,2	0,3	0,3	0,5	0,14	0,2
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,8	1,6	0,5	0,8	0,3	0,5	0,5	0,8	0,28	0,3
Св. 30 до 50	0,6	1,0	0,4	0,6	0,24	0,4	0,4	0,6	0,17	0,24
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,0	1,6	0,6	1,0	0,4	0,6	0,6	1,0	0,34	0,4
Св. 50 до 80	0,8	1,2	0,5	0,8	0,5	0,8	0,5	0,8	0,3	0,5
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,2	2,0	0,8	1,2	0,8	1,2	0,8	1,2	0,5	0,8
Св. 80 до 120	1,0	1,6	0,6	1,0	0,6	1,0	1,0	1,6	0,4	0,6
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,6	2,5	1,0	1,6	1,0	1,6	1,6	2,5	0,6	1,0
Св. 120 До 180	1,2	2,0	1,2	2,0	0,8	1,2	1,2	2,0	0,5	0,8
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,0	3,0	2,0	3,0	1,2	2,0	2,0	3,0	0,8	1,2
Св. 180 до 260	1,6	2,4	1,6	2,4	1,0	1,6	1,6	2,4	0,6	1,0
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,4	4,0	2,4	4,0	1,6	2,4	2,4	4,0	1,0	1,6
Св. 260 до 360	1,8	3,0	1,8	3,0	1,2	1,8	1,8	3,0	0,8	1,2
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,0	4,5	3,0	4,5	1,8	3,0	3,0	4,5	1,2	1,8
Св. 360 до 500	2,2	3,6	2,2	3,6	1,4	2,2	2,2	3,6	-	1,4
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,6	5,5	3,6	5,5	2,2	3,6	3,6	5,5	-	2,2
Св. 500 до 630	4,0	6,4	2,4	4,0	1,6	2,4	2,4	4,0	-	1,6
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6,4	10,0	4,0	6,4	2,4	4,0	4,0	6,4	-	2,4

Окончание табл. 2.5

Номи- нальный размер отливки	Литье в песча- ные формы		Литье в оболоч- ковые формы		Литье по выплав- ляемым молелям		Центро- бежное литье		Литье под давлением	
	Точность отливок									
	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III
Св. 630 До 800	5,0	8,0	3,0	5,0	-	3,0	3,0	5,0	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8,0	12,0	5,0	8,0	-	5,0	5,0	8,0	-	-
Св. 800 до 1000	5,6	9,0	3,6	5,6	-	3,6	3,6	5,6	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9,0	14,0	5,6	9,0	-	5,6	5,6	9,0	-	-
Св. 1000 до 1250	6,4	10,0	4,0	6,4	-	4,0	4,0	6,4	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10,0	16,0	6,4	10,0	-	6,4	6,4	10,0	-	-
Св. 1250 до 1600	8,0	12,0	5,0	8,0	-	5,0	5,0	8,0	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12,0	20,0	8,0	12,0	-	8,0	8,0	12,0	-	-
Св. 1600 до 2000	9,0	14,0	-	9,0	-	-	-	9,0	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	14,0	22,0	-	14,0	-	-	-	14,0	-	-

Примечание: В числителе приведены допуски на размеры отливок, оформляемых в одной части формы, в знаменателе - на размер отливок, оформляемых в двух частях формы и более или стержнями

Таблица 2.6

Толщина стенок отливок

Материал	Характеристики отливки	Наименьшая толщина стенки, мм
Литье в песчаные формы		
Сталь углеродистая	Мелкие (до 2 кг)	8
	Средние (2-50 кг)	12
	Крупные (св. 50 кг)	20
Сталь низколегированная	На 20-40% больше, чем для отливок из углеродистой стали	
Чугун серый	Мелкие (до 2 кг)	3 – 4
	Средние (2-50 кг)	6 – 8
	Крупные (св. 50 кг)	10 – 20
Чугун высокопрочный	На 15-20% больше, чем для отливок из серого чугуна	
Чугун ковкий	Размеры площади стенки, мм:	
	50 x 50	2,5 - 3,5
	100 x 100	3 – 4
	200 x 200	3,5 - 5,5
	350 x 350	4 - 5,5
	500 x 500	5 – 7
Бронзы оловянистые	Наибольшая протяженность стенки, мм:	
	до 50	3
	св. 50 до 100	5
	св. 100 до 200	6
Специальные бронзы и латуни	Мелкие (до 2 кг)	До 6
	Средние (2-50 кг)	До 8
Кремнистые бронзы	-	До 4
Алюминиевые сплавы	Наибольшая протяженность стенки, мм:	
	до 200	3 – 5
	св. 200 до 800	5 – 8
Магниевые сплавы	Мелкие	4
	Средние (протяженность не более 400 мм)	6
Цинковые сплавы	-	До 3

Продолжение таблицы 2.6

Материал	Характеристики отливки		Наименьшая толщина стенки, мм							
Литье в кокиль										
Магниевого сплава	Площадь стенки до 30 см ²		3							
Алюминиевые сплавы			3 – 4							
Бронзы			4 – 6							
Чугун	Площадь стенки см ² : до 25 св. 25 до 125 св.125		4 6 15							
Сталь	-		8 – 10							
Литье по выплавляемым моделям										
Материалы	Толщина стенки при габаритных размерах, мм									
	Св. 10 до 50		Св. 50 до 100		Св. 100 до 200		Св. 200 до 350		Св. 350	
	nom	min	nom	min	nom	min	nom	min	nom	min
Оловянно-свинцовистые сплавы	1 – 1,5	0,7	1,5 – 2	1,0	2-3 1,5		2,5 – 3,5	2	3 - 4	2,5
Цинковые сплавы	1,5 – 2	1,0	2 - 3	1,5	2,5 – 3,5	2,0	3 - 4	2,5	3,5 – 5	3
Чугун	1,5 – 2	1,0	2 – 3,5	1,5	2,5 – 4	2,0	3 – 4,5	2,5	4 - 5	3,5
Медные, магниевые и алюминиевые сплавы	2 – 2,5	1,5	2,5 – 4	2,0	3,0 – 4	2,5	3,5 – 5	3	4 - 7	3,5
Сталь углеродистая	2 – 2,5	1,5	2,5 – 4	2,0	3,5 – 5	2,5	3,5 – 6	3	5 - 7	4,0
Можно допускать стенки толщиной меньше 0,75 мм, если они имеют длину не более 8 – 10 мм.										

Окончание таблицы 2.6

Материал	Характеристики отливки				Наименьшая толщина стенки, мм
Литье под давлением					
Сплавы	Толщина стенки отливки (мм) при площади сплошной поверхности, см ²				
	До 25	Св. 25 до 100	Св. 100 до 225	Св. 225 до 400	Св. 400 до 1000
Оловянно – свинцовистые	0,6	0,7	1,1	1,5	-
Цинковые	0,8	1,6	1,5	2,0	3,0
Магниевые	1,3	1,8	2,5	3,0	4,0
Алюминиевые	1,0	1,5	2,0	2,5	4,0
Медные	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0
Примечание. Для стали оптимальная толщина стенок 3 мм.					
Литье в оболочковые формы					
Характеристика отливки			Толщина стенки, мм		
Мелкие, кроме отливок из стали			2 – 2,5		
Средние и мелкие стальные			3 – 4		
Примечание: 1. При толщине стенок 10 – 12 мм в отливках можно выполнять отверстия диаметром 6 мм и более по моделям (без стержней). 2. Для стальных отливок радиусы закруглений должны быть не менее 3 мм. 3. Переходный угол для оформления различных утолщений на отливке 30 – 45 ⁰					

Таблица 2.7

Размеры отверстий и резьб в отливках

Литье по выплавляемым моделям						
Диаметр отверстия, мм		Глубина отверстия, мм				
		сквозного			глухого	
До 5		5 – 10			До 5	
Св. 5 до 10		10 – 30			5 – 15	
Св. 10 до 20		30 – 60			15 – 25	
Св. 20 до 40		60 – 120			25 – 30	
Св. 40 до 60		120 – 200			30 – 80	
Св. 60 до 100		200 – 300			80 – 100	
Св. 100		300 – 350			100 – 200	
Литье под давлением						
Сплав	Размеры отверстия, мм			Крупность не менее	Параметры резьбы, мм	
	Диаметр min	Глубина отвер- ствия			Шаг min	Диа- метр min
		глухого	сквозного			
Цинко- вый	1,5	3d	6d	0°30'	0,75	6(10)
Магни- вый	2,0	3d	4d	1°00'	1,0	6(15)
Алюми- ниевый	2,5	3d	4d	1°00'	1,0	10(20)
Медный	5,0	3d	4d	1°30'	1,5	12(-)
Литье в кокиль, в оболочковые и песчаные формы						
Сплав	Размеры отверстий, мм			Минимальный диаметр резьбы, мм		
	Диаметр min	Глубина отверстия		наружный	внут- рен- ний	
		сквозного	глухого			
Цинковый	8	2d	3d	-	-	
Магниевый	8	2d	3d	-	-	
Алюминиевый	8	2d	3d	6	20	
Медный	10	1,5d	2d	6	25	

Примечания: 1. Размеры резьб для литья под давлением без скобок даны для наружной резьбы, в скобках – для внутренней. 2. При литье в песчаные формы наименьшие размеры литых отверстий составляют: Для чугуновых отливок 10 мм при толщине стенок 8-10 мм; 15 мм при толщине стенок 20-30 мм; 18 мм при толщине стенок 40-50 мм; для стальных отливок соответственно 25 мм при

толщине до 40 мм; 30 мм при толщине 40-60 мм и 35-40 мм – при большей толщине стенок.

Таблица 2.8

Качество поверхности отливок ($Rz+h$, мкм), достигаемое различными способами формовки

Отливка		Наибольший размер отливки, мм				
Материал	Класс точности ¹	До 500	Св. 500 до 1250	Св. 1250 до 3150	Св. 3150 до 6300	Св. 6300 до 10000
Чугун	I	400	600	800	-	-
	II	500	700	900	-	-
	III	600	800	1000	1500	2000
Сталь	I	300	500	700	-	-
	II	400	600	800	-	-
	III	500	700	900	1300	1700
Цветные металлы и сплавы	I	200	400	-	-	-
	II	300	500	-	-	-
	III	400	600	800	1100	-

¹ Классы точности отливки достигаются: I – литьем в формы, изготовленные машинной формовкой по металлическим моделям; II – машинной формовкой по деревянным моделям; III – ручной формовкой по деревянным моделям.

Таблица 2.9

**Качество поверхности отливок, достигаемое
специальными способами литья**

Литье		Квали- тет	Rz, мкм	h, мкм, для заготовки		
				из чу- гуна	из стали	из цв. металлов
В кокиль		14-15	200	300	200	100
Центробежное		14-15	200	300	200	100
В оболочко- вые формы для элемен- тов, получа- емых	в одной по- луформе	11-12	40	260	160	100
	в обеих по- луформах	14	40	260	160	100
	под давле- нием	11-12	50	-	-	100
По выплавляемым моде- лям		11-12	32	170	100	63

Таблица 2.10

Отклонения расположения поверхностей отливок

Отклонения	Литье		
	в песчаные формы	в кокиль	под давле- нием
Межосевых расстояний отверстий ($\pm$) Δ м.о.р., мм	1,2 – 2,0	0,8 – 1,5	0,3 – 0,5
Расположение отверстий относительно технологи- ческих баз ($\pm$) Δ р.т.б., мм	1,2 – 2,5	0,5 – 1,2	0,10 – 0,35
От параллельности плос- кости Δ оп, мкм на 1 мм	$\frac{1}{2}$ допуска на размер	2,2 – 3,4	1,2 – 2,0
Перекося отверстия Δ п, мкм на 1 мм для диамет- ра отверстия d, мм: До 10	-	2,5 - 10	2,0 – 4,0
Св. 10 до 30	10 – 20		1,5 – 3,0
Св. 30 до 50	5 – 15		1,0 – 2,0
Св. 50	3 – 10		0,7 – 1,5

Продолжение табл. 2.10

Отклонения	Литье		
	в песчаные формы	в кокиль	под давлением
Коробление Δk , мкм на 1 мм: корпусных деталей	0,3 – 1,5	-	-
плит	2,0 – 3,0		

Таблица 2.11

Точность и качество поверхности после механической обработки отливок точением, фрезерованием, строганием, шлифованием

Обработка	Квалитет	Rz, мкм	h, мкм
Точение, фрезерование, строгание			
Литье в песчаные формы			
Отливка I класса точности			
Однократная	11 – 12	32	32
Черновая	12	50	50
Отливка II класса точности			
Черновая	14	100	100
Получистовая	12	50	50
Отливка III класса точности			
Обдирочная	16 – 17	320	320
Черновая	14 – 15	250	240
Получистовая	11 – 12	100	100
Отливка I, II, III классов точности			
Чистовая	10 – 11	25	25
Тонкая	7 – 9	5	5
Литье в кокиль и центробежное			
Однократная	11	25	25
Черновая	12	50	50
Чистовая	10	20	20
Тонкая	7 – 9	5	5
Литье в оболочковые формы			
Однократная	10 – 11	25	25
Черновая	11	20	20
Чистовая	10	10	10
Тонкая	7 – 9	5	5

Окончание таблицы 2.11

Обработка	Квалитет	Rz, мкм	h, мкм
Литье по выплавляемым моделям			
Однократная	10	15	20
Тонкая	7 – 9	2,5	5
Шлифование отливок, получаемых различными способами			
Однократная	7	5	10
Черновая	8 – 9	10	20
Чистовая	6 – 8	5	15
Тонкая	5 – 6	0,63	-

Таблица 2.12

Допуски размеров отливок¹, мм

Интервалы номинальных значений	Обозначение									
	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18	IT19	IT20
До 6	0,08	0,12	0,18	0,30	0,48	0,75	1,20	1,80	3,00	4,80
Св. 6 до 10	0,09	0,15	0,22	0,36	0,58	0,90	1,50	2,20	3,60	5,80
Св. 10 до 18	0,11	0,18	0,27	0,43	0,70	1,10	1,80	2,70	4,30	7,00
Св. 18 до 30	0,13	0,21	0,33	0,52	0,87	1,30	2,10	3,30	5,20	8,40
Св. 30 до 50	0,16	0,25	0,39	0,62	1,00	1,60	2,50	3,90	6,20	10,00
Св. 50 до 80	0,19	0,30	0,46	0,74	1,20	1,90	3,00	4,60	7,40	12,00
Св. 80 до 120	0,22	0,35	0,54	0,87	1,40	2,20	3,50	5,40	8,70	14,00

Продолжение таблицы 2.12

Интервалы номинальных значений	Обозначение									
	IT11	IT12	IT13	IT14	IT1 5	IT1 6	IT1 7	IT1 8	IT1 9	IT2 0
Св. 120 до 180	0,25	0,40	0,63	1,00	1,6 0	2,5 0	4,0 0	6,3 0	10, 00	16, 00
Св. 180 до 250	0,29	0,46	0,72	1,15	1,8 5	2,9 0	4,6 0	7,2 0	11, 50	18, 50
Св. 250 до 315	0,32	0,52	0,81	1,30	2,1 0	3,2 0	5,2 0	8,1 0	13, 00	21, 00
Св. 315 до 400	0,36	0,57	0,89	1,40	2,3 0	3,6 0	5,7 0	8,9 0	14, 00	23, 00
Св. 400 до 500	0,40	0,63	0,97	1,55	2,5 0	4,0 0	6,3 0	9,7 0	15, 50	25, 00
Св. 500 до 630	0,44	0,70	1,10	1,75	2,8 0	4,4 0	7,0 0	11, 00	17, 50	28, 00
Св. 630 до 800	0,50	0,80	1,25	2,00	3,2 0	5,0 0	8,0 0	12, 50	20, 00	32, 00

Окончание таблицы 2.12

Интервалы номинальных значений	Обозначение									
	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18	IT19	IT20
Св. 800 до 1000	0,56	0,90	1,40	2,30	3,60	5,60	9,00	14,00	23,00	36,00
Св. 1000 до 1250	0,66	1,05	1,65	2,60	4,20	6,60	10,50	16,50	26,00	42,00
Св. 1250 до 1600	0,78	1,25	1,95	3,10	5,00	7,80	12,50	19,50	31,00	-
Св. 1600 до 2000	0,92	1,50	2,30	3,70	6,00	9,20	15,00	23,00	-	-
Св. 2000 до 2500	1,10	1,75	2,80	4,40	7,00	11,00	17,50	-	-	-
Св. 2500 до 3150	1,35	2,10	3,30	5,40	8,60	13,50	-	-	-	-

¹ Значения допусков для квалитетов грубее 17-го получены экстраполированием

**СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАГОТОВОК,
ПОЛУЧАЕМЫХ ДАВЛЕНИЕМ**

Таблица 3.1

**Качество поверхности отливок ($Rz+h$, мкм),
изготавливаемых ковкой**

Наибольший размер по- ковки, мм	Пресс		Молот	Подкладные штампы
	Точность			
	повышенная	нормальная	нормальная	нормальная
От 50 до 180	800	1000	1000	750
Св. 180 до 500	1000	1500	1500	1250
Св. 500 до 1250	1500	2000	2000	1500
Св. 1250 до 3150	2000	2500	2500	-
Св. 3150 до 6300	2500	3000	3000	-
Св. 6300 до 10000	-	3500	3500	-

Таблица 3.2

Качество поверхности поковок, изготовленных штамповкой

Масса поковки, кг	Rz	h
	мкм	
До 0,25	80	150
Св. 0,25 до 4	160	200
Св. 4 до 25	200	250
Св. 25 до 40	250	300
Св. 40 до 100	320	350
Св. 100 до 200	400	400

Примечание. Точность изготавливаемых штамповкой, регламентируется ГОСТ 7505-74. Значение Rz в таблице даны после пескоструйной обработки поверхности поковки и травления; при дробеструйной или дробеметной обработке Rz принимать равным 400 мкм независимо от массы поковки.

Таблица 3.3

Кривизна Δk (мкм на 1 мм) поковок типа валов

Диаметр поковки D, мм	После штамповки	После правки на прессах	После термической обработки	
			в печах	ТВЧ
До 25	4	0,20	2,5	1,25
Св. 25 до 50	3	0,15	1,5	0,75
Св. 50 до 80	2	0,12	1,5	0,75
Св. 80 до 120	1,8	0,10	1,0	0,50
Св. 120 до 180	1,6	0,08	1,0	0,50
Св. 180 до 260	1,4	0,06	-	-
Св. 260 до 360	1,2	-	-	-
Св. 360 до 500	1,0	-	-	-

Таблица 3.4

Отклонение от концентричности и коробление поковок типа дисков и рычагов, получаемых на прессах различной точности

Толщина (высота) или ширина поковок, мм	Отклонение от концентричности отверстий $\Delta k_{\text{кс}}$, мм		Коробление $\Delta k_{\text{кс}}$, мм	
	Повышенная точность	Нормальная точность	Повышенная точность	Нормальная точность
До 50	0,50	0,8	0,5	0,5
Св. 50 до 80	0,63	1,4	0,5	0,5
Св. 80 до 120	0,80	2,0	0,5	0,7
Св. 120 до 180	1,00	2,8	0,6	0,9
Св. 260 до 360	1,50	3,2	0,7	1,0
Св. 360 до 500	2,50	3,6	0,8	1,1

Таблица 3.5

Кривизна Δ_k (мкм на 1 мм) для поковок

Вид обработки	Диаметр или размер сечения, мм				
	До 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 500
Ковка	3	2	1	0,8	0,6
Механическая обработка: обдирочная	1,5	1	0,5	0,4	0,3
черновая	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1
получистовая	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
После термической обработки (закалка) и правки	0,10	0,08	0,06	0,04	0,02

Таблица 3.6

Точность и качество поверхности поковки, изготавливаемой на ковочно–штамповом прессе методом выдавливания (деталь типа клапана)

Элемент детали	Допуск, мм	Rz, мкм	h, мкм
Стержень	0,3	40	40
Тарелка	0,6		

Таблица 3.7

Дефекты поковки вследствие отрубки исходной заготовки и последующей ковки на ВРКМ

Диаметр торцевой поверхности D, мм	Δ_2 , мкм
До 30	1,5
Св. 30 до 50	2,5
Св. 50 до 80	4
Св. 80 до 120	5

Для поковок, получаемых на ковочно – штаповочных прессах методом выдавливания (детали типа клапанов), изогнутость оси $\Delta_{из}=0,6$ мкм на 1 мм длины; смещение оси $\Delta_{см}=0,12$ мкм;

суммарное отклонение

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{из}^2 + \Delta_{сум}^2}$$

Таблица 3.8

Точность и качество поверхности поковок после механической обработки, получаемых ковкой на прессах, молотах и в подкладных штампах

Способ обработки		Квалитет ¹	Rz, мкм	h, мкм
Точение резцами, фрезерование	обдирочное	17	1250	350
	черновое	15 – 16	250	240
	получистовое	12 – 14	125	120
	чистовое	10 – 11	40	40
	тонкое	6 – 7	5	5
Шлифование	обдирочное	14 – 15	20	20
	черновое	10	15	15
	чистовое	6 – 7	5	5
	тонкое	5 – 6	2,5	5

¹ Значения допусков для квалитетов 5 – 17 даны в табл. 1.5 приложения 1

Таблица 3.9

Точность и качество поверхности штампованных поковок после механической обработки

Способ обработки	Квалитет ¹	Rz, мкм	h, мкм
Валы ступенчатые			
Обтачивание наружных поверхностей			
Однократное	11 – 12	32	30
Черновое	12	50	50
Чистовое	11	25	25
Тонкое	7 – 9	5	5
Подрезание торцевых поверхностей			
Черновое	12	50	50
Чистовое	11	32	30
Фрезерование			
Однократное	14	100	100
Диски			
Обтачивание наружных поверхностей			
Однократное	11 – 12	32	30
Черновое	14	100	100

Получистовое	12	50	50
Чистовое	10 – 11	25	25

Окончание таблицы 3.9

Способ обработки	Квалитет ¹	Rz, мкм	h, мкм
Подрезание торцевых поверхностей			
Однократное	11 – 12	32	30
Черновое	14	100	100
Получистовое	12	50	50
Чистовое	10 – 11	25	25
Рычаги (плоскости, параллельные оси детали, и плоскости разъема головок)			
Фрезерование			
Черновое	12	32	50
Чистовое	11	10	15
Протягивание			
Однократное	10	5	10
Обтачивание стержня			
Черновое	12	50	50
Чистовое	11	25	25
Шлифование валов, дисков, рычагов			
Однократное	7 – 9	5	10
Черновое	8 – 9	10	20
Чистовое	6 – 7	5	1,5
Тонкое	5 – 6	2,5	5

¹ Значения допусков для квалитетов 5 – 14 даны в таблице 1.5 приложения 1

Таблица 3.10

Отклонение от перпендикулярности Δn (мкм на 1 мм радиуса) торца фланца к оси поковки

Масса поковки, кг	При штамповке	
	на прессе	на ГKM
До 0,25	0,2	0,3
Св. 0,25 до 0,6	0,3	0,5
Св. 0,6 до 4	0,4	0,7
Св. 4 до 10	0,5	0,8
Св. 10 до 25	0,6	1,1
Св. 25 до 40	0,7	1,2

ПРИЛОЖЕНИЕ №4.

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ для заготовок, получаемых из проката

Таблица 4.1

Качество поверхности (мкм) сортового проката

Диаметр проката, мм	Точность прокатки					
	высокая		повышенная		обычная	
	<i>Rz</i>	<i>h</i>	<i>Rz</i>	<i>h</i>	<i>Rz</i>	<i>h</i>
До 30	63	50	80	100	125	150
Св. 30 до 80	100	75	125	150	160	250
>> 80 >> 180	125	100	160	200	200	300
>> 180 >> 250	200	200	250	300	320	400

Таблица 4.2

Кривизна профиля сортового проката (мкм на 1 мм)

Характеристика проката	Длина проката, мм				
	До 120	120 – 180	180 – 315	315 – 400	400 – 500
Без правки при точности прокатки: обычной повышенной высокой	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
	0,4	0,4	0,6	0,8	1,0
	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
	0,1				
Характеристика проката	Диаметр проката, мм				
	До 30	30 – 50	50 – 80	80 – 120	120 – 180

Без правки после закалки:					
в печах	2,0	1,3	0,9	0,6	0,5
ТВЧ	1,0	0,6	0,45	0,3	0,15
после правки на прессах	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08

Примечание. У поперечно-винтового проката при повышенной точности $\Delta_k = 2$ мкм на 1 мм длины, а при обычной точности $\Delta_k = 4$ мкм на 1 мм.

Таблица 4.3

Качество поверхности (мкм) поперечно – винтового проката

Диаметр проката, мм	Rz при точности проката		h
	повышенной	нормальной	
До 10	63	100	100
Св. 10 >> 18	100	200	180
>> 18 >> 30	160	320	300
>> 30 >> 50	320	500	500
>> 50 >> 80	500	800	800
>> 80 >> 120	800	1250	1200
120 >> 180	1250	1600	2000

Таблица 4.4

**Точность и качество поверхности после отрезки
сортового проката**

Способ отрезки	Квалитет	Rz + h, мкм
----------------	----------	-------------

На ножницах ¹	17	300
Приводными ножовками, дисковыми фрезами на фрезерных станках	14	200
Отрезными резцами на токарных станках	13	200
Отрубка на прессах	17	$Rz = 150 \div 300$ $h = 1000 \div 1600$

¹При отрезке на ножницах и отрубке на прессах получается вмятина в направлении, перпендикулярном к поверхности среза, достигающая $0,2D$, и скос по торцу до 3° , которые необходимо учитывать при последующей обработке заготовок как по торцу, так и по диаметру.

Таблица 4.5

Точность и качество поверхности заготовок из проката после механической обработки

Способ обработки	Переход	Квалитет ¹	Rz, мкм	h, мкм
Обработка наружных поверхностей				
Обтачивание резцами проката повышенной и обычной точности прокатки	Обдирка	14	125	120
	Черновое	12	63	60
	Чистовое и однократное	10 – 11	32 – 20	30
	Тонкое	7 – 9	6,3 – 3,2	-
Шлифование в центрах проката обычной точности прокатки	Черновое	8 – 9	10	20
	Чистовое и однократное	7 – 8	6,3	12
Бесцентровое шлифование проката повышенной и высокой точности	Тонкое	5 - 6	3,2 – 0,8	6 – 2
Обработка торцевых поверхностей				
Подрезание резцом на токарных станках	Черновое	12	50	50
	Чистовое	11	32	30
Шлифование на кругло- и торцешлифовальных станках	Однократное	6	5 – 10	-

¹ Значения допусков для квалитетов 6 – 14 даны в табл. 1.5 приложения 1.

Таблица 4.6

Сталь горячекатаная круглая (ГОСТ 2590 – 71)

Диаметры, мм	Предельные отклонения (мм) по диаметру при точности прокатки					
	высокой		повышен ной		обычной	
	+	-	+	-	+	-
5; 5,5; 6,3; 6,5; 7 – 9 10 – 19 20 – 25 26 – 48 50; 52 – 58 60; 62; 63; 65; 67; 68 70; 72; 75; 78 80; 82; 85; 90; 95 100; 105; 110; 115 120; 125; 130; 135 140; 150 160; 170; 180; 190; 200 210; 220; 230; 240; 250	0,1	0,2	0,2	0,5	0,3	0,5
	0,1	0,3	0,2	0,5	0,3	0,5
	0,2	0,3	0,2	0,5	0,4	0,5
	0,2	0,5	0,2	0,7	0,4	0,7
	0,2	0,8	0,2	1,0	0,4	1,0
	0,3	0,9	0,3	1,1	0,5	1,1
	0,3	1,1	0,3	1,3	0,5	1,3
			0,4	1,7	0,6	1,7
			0,6	2,0	0,8	2,0
	-	-	-	-	0,9	2,5
					1,2	3,0

Примечания: 1. Сталь диаметром до 9 мм поставляется в мотках, свыше 9 мм – в прутках. 2. Кривизна прутка не должна превышать 0,5% длины; по требованию потребителя должны поставляться прутки с кривизной, не превышающей 0,2% длины. 3. Допустимая кривизна реза прутка не должна превышать 0,1 диаметра – для прутков диаметром до 30 мм; 5 мм – для прутков диаметром свыше 30 мм.

Таблица 4.7

Сталь горячекатаная квадратная (ГОСТ 2591 – 71)

Размеры квадрата, мм	Предельные отклонения (мм) стороны квадрата при точности прокатки					
	высокой		повышен ной		обычной	
	+	-	+	-	+	-
5,9	0,1	0,2	0,2	0,5	0,3	0,5
10-19	0,1	0,3	0,2	0,5	0,3	0,5
20 – 25	0,2	0,3	0,2	0,5	0,4	0,5
26 – 48 (нет 43, 44, 47)	0,2	0,5	0,2	0,7	0,4	0,7
50; 52; 55; 58	0,2	0,8	0,2	1,0	0,4	1,0
60; 63; 65; 70; 75	0,3	0,9	0,3	1,1	0,5	1,1
80; 85; 90; 93; 95	0,3	1,1	0,3	1,3	0,5	1,3
100; 105; 110; 115	-	-	0,4	1,7	0,6	1,7
120; 125; 130; 135; 140	-	-	0,6	2,0	0,8	2,0
145; 150	-	-	-	-	-	-
160; 170; 180; 190; 200	-	-	-	-	0,9	2,5

Примечания: 1, Кривизна прутка не должна превышать 0,5% длины. По требованию потребителя должны поставляться прутки, кривизна которых не превышает 0,2% длины. Взаимное скручивание прутка вокруг продольной оси не допускается. 2. Допустимая косина реза не должна превышать: 0,1 стороны квадрата – при стороне квадрата до 30 мм; 5 мм – при стороне квадрата свыше 30 мм.

Таблица 4.8

Полоса стальная горячекатаная (ГОСТ 103 – 76)

Ширина полосы, мм	Предельные отклонения (мм) при точности			
	повышенной		нормальной	
	+	-	+	-

11; до 60	0,3	0,9	0,5	1,0
63; 65	0,3	1,1	0,5	1,3

Продолжение табл. 4.8

Ширина полосы, мм				Предельные отклонения (мм) при точности			
				повышенной		нормальной	
				+	-	+	-
70;		75					
80;		85					
90;		95		0,3	1,3	0,5	1,4
100;		105		0,5	1,4	0,7	1,6
				0,6	1,8	0,9	1,8
		110		0,7	2,0	1,0	2,0
120;		125		0,8	2,2	1,0	2,2
От 130	до	150		0,9	2,4	1,1	2,4
Св. 150	>>	180		1,0	2,5	1,2	2,8
				1,2	2,8	1,4	3,2
>> 180	>>	200		1,4		1,7	4,0
От 4	до	6		0,2	0,3	0,2	0,5
Св. 6	>>	16		0,2	0,4	0,2	0,5
				0,2	0,6	0,2	0,8
>> 16	>>	25		0,2	0,7	0,2	1,2
>> 25	>>	32		0,2	1,0	0,2	1,6
				0,2	1,5	0,3	2,0
36;		40		0,2	1,8	0,3	2,4
45;		50					
Св. 50	до	60					

Примечания: 1. Притупление углов полос не должно превышать 0,2 толщины, но не более 3 мм. 2. В зависимости от серповидности полосы изготавливают двух классов: класс 1 – серповидность полосы 0,2% длины; класс 2 – серповидность полосы 0,5% длины. По соглашению изготовителя с потребителем допускается изготавливать полосы с серповидностью до 0,8% любой измеряемой длины.

Таблица 4.9

Сталь горячекатаная шестигранная (ГОСТ 2879 – 69)

Диаметр вписанного круга, мм	Предельные отклонения (мм) при точности прокатки			
	обычной		повышенной	
	+	-	+	-
8; 9	0,3	0,5	0,1	0,3
10 – 19 (через 1 мм)	0,3	0,5	0,2	0,3
20; 21; 22; 24; 25	0,4	0,5	0,2	0,4
26; 28; 30; 32; 34; 36	0,4	0,7	0,2	0,6
38; 40; 42; 45; 48				
50; 52; 55	0,4	1,0	0,2	0,9
60; 63; 65; 70; 75	0,5	1,1	0,3	1,0
80; 85; 90; 95	0,5	1,3	0,4	1,2
100	0,6	1,7	0,5	1,5

Примечания: 1. Местная кривизна прутков из шестигранной стали не должна превышать 5 мм на 1 м длины; общая кривизна не должна превышать произведения предельной местной кривизны 1 м длины на длину прутка в метрах. По соглашению сторон могут поставляться прутки, кривизна которых не превышает 2 мм на 1 м длины. 2. Скручивание прутка шестигранной стали вокруг продольной оси не допускается.

Таблица 4.10

Уменьшение диаметра прутка при волочении за один переход

Диаметр прутка из цветных металлов, мм	Съем (мм) за один переход
--	---------------------------

До 8	0,6
Св. 8 << 14	0,8
>> 14	1,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ТАБЛИЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ

Таблица 5.1

**Припуски на механическую обработку валов, мм
(наружные поверхности вращения)**

Номинальный диаметр,мм	Способ Обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала					
		До 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000
Точение проката повышенной прочности							
До 30	Черновое и однократное	$\frac{1,2}{1,1}$	$\frac{1,7}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,25}{0,25}$	$\frac{0,3}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,12}{0,12}$	$\frac{0,15}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
Св. 30 до 50	Черновое и однократное	$\frac{1,2}{1,1}$	$\frac{1,5}{1,4}$	$\frac{2,2}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,3}{0,25}$	$\frac{0,3}{0,25}$	$\frac{0,35}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,15}{0,12}$	$\frac{0,16}{0,13}$	$\frac{0,20}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
Св. 50 до 80	Черновое и однократное	$\frac{1,5}{1,1}$	$\frac{1,7}{1,5}$	$\frac{2,3}{2,1}$	$\frac{3,1}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,25}{0,20}$	$\frac{0,3}{0,25}$	$\frac{0,3}{0,3}$	$\frac{0,4}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,14}{0,12}$	$\frac{0,15}{0,13}$	$\frac{0,17}{0,16}$	$\frac{0,23}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
Св. 80 до 120	Черновое и однократное	$\frac{1,6}{1,2}$	$\frac{1,7}{1,3}$	$\frac{2,0}{1,7}$	$\frac{2,5}{2,3}$	$\frac{3,3}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,25}{0,25}$	$\frac{0,3}{0,25}$	$\frac{0,3}{0,3}$	$\frac{0,3}{0,3}$	$\frac{0,35}{-}$	$\frac{-}{-}$

	Тонкое	$\frac{0,14}{0,13}$	$\frac{0,15}{0,13}$	$\frac{0,16}{0,15}$	$\frac{0,17}{0,17}$	$\frac{0,20}{-}$	$\frac{-}{-}$
--	--------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	------------------	---------------

Продолжение табл. 5.1

Номинальный диаметр, мм	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала, мм					
		До 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000
Точение проката обычной прочности							
До 30	Черновое и однократное	$\frac{1,3}{1,1}$	$\frac{1,7}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Получистовое	$\frac{0,45}{0,45}$	$\frac{0,50}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,25}{0,20}$	$\frac{0,25}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,13}{0,12}$	$\frac{0,15}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
Св. 30 до 50	Черновое и однократное	$\frac{1,3}{1,1}$	$\frac{1,6}{1,4}$	$\frac{2,2}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Получистовое	$\frac{0,45}{0,45}$	$\frac{0,45}{0,45}$	$\frac{0,50}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,25}{0,20}$	$\frac{0,25}{0,25}$	$\frac{0,30}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,13}{0,12}$	$\frac{0,14}{0,13}$	$\frac{0,16}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
Св. 50 до 80	Черновое и однократное	$\frac{1,5}{1,1}$	$\frac{1,7}{1,5}$	$\frac{2,3}{2,1}$	$\frac{3,1}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Получистовое	$\frac{0,45}{0,45}$	$\frac{0,50}{0,45}$	$\frac{0,50}{0,50}$	$\frac{0,55}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,25}{0,20}$	$\frac{0,30}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,35}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,13}{0,12}$	$\frac{0,14}{0,13}$	$\frac{0,18}{0,16}$	$\frac{0,20}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$

Продолжение табл. 5.1

Номинальный диаметр, мм	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала, мм					
		До 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000
Св. 80 до 120	Черновое и однократное	$\frac{1,8}{1,2}$	$\frac{1,9}{1,3}$	$\frac{2,1}{1,7}$	$\frac{2,6}{2,3}$	$\frac{3,4}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Получистовое	$\frac{0,50}{0,45}$	$\frac{0,50}{0,45}$	$\frac{0,50}{0,50}$	$\frac{0,50}{0,50}$	$\frac{0,55}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,25}{0,25}$	$\frac{0,25}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,35}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,15}{0,12}$	$\frac{0,15}{0,13}$	$\frac{0,16}{0,14}$	$\frac{0,18}{0,17}$	$\frac{0,20}{-}$	$\frac{-}{-}$
Св. 120 до 180	Черновое и однократное	$\frac{2,0}{1,3}$	$\frac{2,1}{1,4}$	$\frac{2,3}{1,8}$	$\frac{2,7}{2,3}$	$\frac{3,5}{3,2}$	$\frac{4,8}{-}$
	Получистовое	$\frac{0,50}{0,45}$	$\frac{0,50}{0,45}$	$\frac{0,50}{0,50}$	$\frac{0,50}{0,50}$	$\frac{0,60}{0,55}$	$\frac{0,65}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,30}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,35}{0,30}$	$\frac{0,40}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,16}{0,13}$	$\frac{0,16}{0,13}$	$\frac{0,17}{0,15}$	$\frac{0,18}{0,17}$	$\frac{0,21}{0,20}$	$\frac{0,27}{-}$
Св. 180 до 260	Черновое и однократное	$\frac{2,3}{1,4}$	$\frac{2,4}{1,5}$	$\frac{2,6}{1,8}$	$\frac{2,9}{2,4}$	$\frac{3,6}{3,2}$	$\frac{5,0}{4,6}$
	Получистовое	$\frac{0,50}{0,45}$	$\frac{0,50}{0,45}$	$\frac{0,55}{0,50}$	$\frac{0,55}{0,50}$	$\frac{0,60}{0,55}$	$\frac{0,65}{0,65}$
	Чистовое	$\frac{0,30}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,35}{0,35}$	$\frac{0,40}{0,40}$
	Тонкое	$\frac{0,17}{0,13}$	$\frac{0,17}{0,14}$	$\frac{0,18}{0,15}$	$\frac{0,19}{0,17}$	$\frac{0,22}{0,20}$	$\frac{0,27}{0,26}$

Продолжение табл. 5.1

Номинальный диаметр, мм	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала, мм					
		До 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000
Точение штампованных заготовок							
До 18	Черновое и однократное	$\frac{1,5}{1,4}$	$\frac{1,9}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,25}{0,25}$	$\frac{0,30}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,14}{0,14}$	$\frac{0,15}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
Св. 18 до 30	Черновое и однократное	$\frac{1,6}{1,5}$	$\frac{2,0}{1,8}$	$\frac{2,3}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,25}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,25}$	$\frac{0,30}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,14}{0,14}$	$\frac{0,15}{0,14}$	$\frac{0,16}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
Св. 30 до 50	Черновое и однократное	$\frac{1,8}{1,7}$	$\frac{2,3}{2,0}$	$\frac{3,0}{2,7}$	$\frac{3,5}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,30}{0,25}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,35}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,15}{0,15}$	$\frac{0,16}{0,15}$	$\frac{0,19}{0,17}$	$\frac{0,21}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
Св. 50 до 80	Черновое и однократное	$\frac{2,2}{2,0}$	$\frac{2,9}{2,6}$	$\frac{3,4}{2,9}$	$\frac{4,2}{3,6}$	$\frac{5,0}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,35}{0,30}$	$\frac{0,40}{0,35}$	$\frac{0,45}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,16}{0,16}$	$\frac{0,18}{0,17}$	$\frac{0,20}{0,18}$	$\frac{0,22}{0,20}$	$\frac{0,26}{-}$	$\frac{-}{-}$

Продолжение табл. 5.1

Номиналь- ный диаметр, мм	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала					
		До 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000
Св. 80 до 120	Черновое и однократное	$\frac{2,6}{2,3}$	$\frac{3,3}{3,0}$	$\frac{4,3}{3,8}$	$\frac{5,2}{4,5}$	$\frac{6,3}{5,2}$	$\frac{8,2}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,30}{0,30}$	$\frac{0,40}{0,35}$	$\frac{0,45}{0,40}$	$\frac{0,50}{0,45}$	$\frac{0,60}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,17}{0,17}$	$\frac{0,19}{0,18}$	$\frac{0,23}{0,21}$	$\frac{0,26}{0,24}$	$\frac{0,30}{0,26}$	$\frac{0,38}{-}$
Св. 120 до 180	Черновое и однократное	$\frac{3,2}{2,8}$	$\frac{4,6}{4,2}$	$\frac{5,0}{4,5}$	$\frac{6,2}{5,6}$	$\frac{7,5}{6,7}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое	$\frac{0,35}{0,30}$	$\frac{0,40}{0,30}$	$\frac{0,45}{0,40}$	$\frac{0,50}{0,45}$	$\frac{0,60}{0,55}$	$\frac{-}{-}$
	Тонкое	$\frac{0,20}{0,20}$	$\frac{0,24}{0,22}$	$\frac{0,25}{0,23}$	$\frac{0,30}{0,27}$	$\frac{0,35}{0,32}$	$\frac{-}{-}$
Шлифование заготовок							
До 30	Предвари- тельное по- сле термо- обработки	0,30	0,60	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Предвари- тельное по- сле чистово- го точения	0,10	0,10	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
	Чистовое после пред- варительно- го шлифова- ния	0,06	0,06	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$

Продолжение табл. 5.1

Номи- наль- ный диа- метр, мм	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала					
		До 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000
Св. 30 до 50	Предвари- тельное после термообра- ботки	0,25	0,50	0,85	— — —	— — —	— — —
	Предвари- тельное после чистового то- чения	0,10	0,10	0,10	— — —	— — —	— — —
	Чистовое по- сле предвари- тельного шлифования	0,06	0,06	0,06	— — —	— — —	— — —
Св. 50 до 80	Предвари- тельное после термообра- ботки	0,25	0,40	0,75	1,20	— — —	— — —
	Предвари- тельное после чистового то- чения	0,10	0,10	0,10	0,10	— — —	— — —
	Чистовое по- сле предвари- тельного шлифования	0,06	0,06	0,06	0,06	— — —	— — —
Св. 80 до 120	Предвари- тельное после термообра- ботки	0,20	0,35	0,65	1,00	1,55	— — —

	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	— — —
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	— — —

Окончание табл. 5.1

Номинальный диаметр, мм	Способ обработки поверхности	Припуск на диаметр при длине вала					
		До 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000
Св. 120 до 180	Предварительное после термообработки	0,17	0,30	0,55	0,85	1,30	2,10
	Предварительное после чистового точения	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Чистовое после предварительного шлифования	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

Примечания: 1. Припуски при точении в числителе указаны при установке заготовки в центрах, в знаменателе – в патроне.

2. Если величина припуска при шлифовании не может быть снята за один проход, то 70% его удаляют на первом и 30% на втором проходах.

3. Величины припусков на обработку конических поверхностей принимать те же, что и на обработку цилиндрических поверхностей, устанавливая их по наибольшему диаметру.

Таблица 5.2

Припуски на переход при обработке плоскостей, мм

Способ обработки плоскости	Припуск на сторону при наибольшем размере обрабатываемой поверхности, мм							
	До 150	Св. 50 до 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000	Св. 2000 до 3150
Черновая и однократная обработка лезвийным инструментом после литья:								
В песчаную форму I класс точности	0,9	1,1	1,5	2,2	3,1	4,5	7,0	10,0
В песчаную форму II класс точности	1,0	1,2	1,6	2,3	3,2	4,6	7,1	11,0
В постоянную форму (в кокиль)	0,7	0,8	1,0	1,6	2,2	3,1	4,6	7,0
В оболочковую форму	0,5	0,6	0,8	1,4	2,0	2,9	-	-
По выплавляемой модели	0,3	0,4	0,5	0,8	-	-	-	-
Получистовая обработка лезвийным инструментом после черновой	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,50	0,65
Чистовая обработка лезвийным инструментом после получистовой	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,20	0,20
Предварительное и однократное шлифо-	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08

вание после чисто- вой обработки лез- вийным инструмен- том								
Чистовое шлифова- ние после предвари- тельного	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05

Таблица 5.3

Припуски на обработку отверстия протягиванием, мм

Номинальный диа- метр отверстия, мм	Припуск на диаметр для отверстий (мм), подготовленных с точностью	
	до 8-го качества	грубее 8-го квали- тета
До 18	0,5	0,7
Св. 18 до 30	0,6	0,8
» 30 » 50	0,8	1,0
» 50 » 80	1,0	1,2
» 80 » 120	1,2	1,5
» 120 » 180	1,5	1,8
Примечание. Припуски даны на обработку отверстий длиной $\ell \leq 3d$		

Таблица 5.4

Припуски на обработку отверстия шлифованием, мм

Метод обработки	Припуски на диаметр при размере отверстия, мм		
	6-10	10-50	50-180
Шлифование до тер- мообработки	0,2	0,3	0,4-0,5
Шлифование после термообработки:			
Черновое	-	0,2	0,3
Чистовое	-	0,1	0,2

Таблица 5.5

Припуски на диаметр при обработке отверстий хонингованием, мм

Диаметр отверстия	Сталь	Чугун
До 80	0,05	0,02
Св. 80 до 180	0,06	0,03
» 180	0,07	0,04

Таблица 5.6

Припуски на притирку отверстий, мм

Диаметр отверстия, мм	Припуск на диаметр
До 50	0,010
Св. 50 до 80	0,015
» 80 » 120	0,020

Таблица 5.7

Припуски на шабрение, мм

плоскости						отверстия			
Ширина плоскостей, мм	Припуск на сторону при длине плоскости, мм					Припуск на диаметр при длине отверстия, мм			
	От 100 до 500	Св. 500 до 1000	Св. 1000 до 2000	Св. 2000 до 4000	Св. 4000 до 6000	Диаметр отверстия мм	До 100	Св. 100 до 200	Св. 200 до 300
До 100	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	До 80	0,05	0,08	0,12
						Св. 80 до 180	0,10	0,15	0,25
Св. 100 до 500	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	Св. 180 до 360	0,15	0,25	0,35

Таблица 5.8

Припуски на ширину пазов, мм

Ширина паза, мм	Чистовое фрезерование после черного	Шлифование пазов у термически обработанных и необработанных деталей после чистового фрезерования	Ширина паза, мм	Чистовое фрезерование после черного	Шлифование пазов у термически обработанных и необработанных деталей после чистового фрезерования
До 6	1,5	0,5	Св. 10 до 50	3,0	1,0
Св. 6 до 10	2,0	0,7	Св. 50 до 120	4,0	1,0
<i>Примечание. Размеры пазов: длина до 80 мм., глубина до 60 мм.</i>					

Таблица 5.9

Припуски на ширину торцов, мм

Длина детали, мм	Чистовая подрезка после черновой			Шлифование после черно- вой подрезки	
	Припуски при наибольшем размере торца				
	До 30	Св. 30 до 120	Св. 120 До 260	До 120	Св. 120 До 260
До 10	0,5	0,6	1,0	0,2	0,3
Св. 10 до 18	0,5	0,7	1,0	0,2	0,3
» 18 » 50	0,6	1,0	1,2	0,2	0,3
» 50 » 80	0,7	1,0	1,3	0,3	0,4
» 80 » 120	1,0	1,0	1,3	0,3	0,5
» 120 » 260	1,0	1,3	1,5	0,3	0,5

Таблица 5.10

Припуск на толщину зуба под чистовое нарезание после черного или под долбление, мм

Модуль	min	max	Модуль	min	max
Св. 2 до 3	0,4	0,5	Св. 5 до 7	0,6	0,7
Св. 3 до 5	0,5	0,6	Св. 7 до 10	0,7	0,8

Таблица 1.2

**Детали, получаемые механической обработкой.
Качество поверхностей отверстий после обработки**

Способ обработки		Диаметр отверстий d , мм	Квалитет	Rz	h
				мкм	
Сверление спиральными сверлами		От 3 до 6	12	20	40
		Св. 6 >> 10		32	50
		>> 10 >> 18		40	60
		>> 18 >> 50		50	70
		>> 50 >> 80		63	80
Глубокое сверление специальными сверлами		От 3 до 10	12	16	25
		Св. 10 >> 18		20	30
		>> 18 >> 30		32	40
		>> 30 >> 50		50	50
Зенкерование	однократное	До 80	10	32	40
	черновое	От 18 до 30	11	40	40
		Св. 30 до 80		50	50
	чистовое	До 30	10	32	30
		Св. 30 до 80		40	40
Рас- тачи- вание	черновое	От 50 до 260	12	40	50
	чистовое		10	20	20
Развер- тывание	нормальное	От 6 до 30	10	10	20
	точное		8	5	10
	тонкое		7	3,2	5

Окончание табл. 1.2

Способ обработки		Диаметр отверстий d , мм	Квалитет	Rz	h
				мкм	
Отделочные методы	шлифование	До 80	7 – 9	5	10
	протягивание	От 10 до 80	8	4	6
	калибрование шариком	>> 6 >> 80	7	0.63	-
	хонингование	До 80	6 – 7	0.16	-

Примечания: 1. Под черновым зенкерованием следует понимать обработку по литому или прошитому при штамповке отверстию; под чистовым – обработку после сверления или черного зенкерования. 2. Виды развертывания (нормальное, точное и тонкое), характеризуются допуском на диаметры разверток. 3. При обработке мерным инструментом (сверлом, зенкером, разверткой, протяжкой, фрезой и т. п.) диаметр инструмента принимают ближайшим по сортаменту, причем наименьший предельный размер инструмента должен быть не менее диаметра D_{3min} , полученного расчетом. 4. Значения допусков для квалитетов 6 – 12 приведены в табл. 1.5.

Таблица 1. 3

Увод сверла и смещение оси отверстия при сверлении

Сверло	Диаметр отверстия, мм				
	3 – 3	6 – 10	10 – 18	18 – 30	30 – 50
Увод Δ_y , мкм на 1 мм длины отверстия					
Спиральное	2,1	1,7	1,3	0,9	0,7
Специальное	1,6	1,3	1,0	0,7	0,4

Смещение C_0 (мм) оси отверстия относительно номинального положения					
Спиральные и специальные	10	15	20	25	30

Таблица 1.4

Коэффициент уточнения K_y для отливок, поковок, штампованных заготовок и сортового проката

Технологический переход	K_y
После обтачивания:	
однократного	0,05
чернового	0,06
получистового	0,05
чистового	0,04
После шлифования:	
чернового	0,03
чистового	0,02

Таблица 1.5

Выбор марок быстрорежущей стали для различных режущих инструментов

Марка стали	Прочность, износостойкость	Шлифуемость	Изготавливаемый инструмент
Р 18	Удовлетворительная прочность, повышенная износостойкость при малых и средних скоростях резания, широкий интервал закалочных температур	Удовлетворительная	Режущий инструмент всех видов, в том числе для обработки обычных конструкционных материалов в условиях динамических нагрузок

Р 9	Удовлетворительная прочность, повышенная износостойкость при средних и повышенных скоростях резания, более узкий интервал оптимальных закалочных температур, повышенная пластичность при температурах горячей деформации	Пониженная по сравнению со сталью Р 18	Простой формы с малым объемом шлифованных поверхностей (резцы, сверла, зенкеры и др.), для обработки обычных конструкционных материалов
-----	--	--	---

Продолжение табл. 1. 5

Марка стали	Прочность, износостойкость	Шлифуемость	Изготавливаемый инструмент
-------------	----------------------------	-------------	----------------------------

P6M5	Повышенная прочность, более узкий, чем у стали P18, интервал оптимальных закалочных температур, повышенная склонность к обезуглероживанию и выгоранию молибдена	Удовлетворительная	То же, что и стали P18
P14Ф4, P9Ф5	Повышенная износостойкость при низких и средних скоростях резания	Низкая; рекомендуется применение эльборовых шлифовальных кругов	Для снятия стружки небольшого сечения; для обработки материалов, обладающих абразивными свойствами в условиях нормального разогрева режущей кромки
P18K5 Ф2, P9M4K 8, P6M5K 5	Повышенная вторичная твердость и износостойкость	Пониженная, но лучше, чем шлифуемость стали P14Ф4; рекомендуется применение эльборовых шлифовальных кругов	Для обработки высокопрочных, коррозионностойких и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного нагрева режущей кромки

Марка стали	Прочность, износостойкость	Шлифуемость	Изготавливаемый инструмент
P10K5 Ф5	Повышенная вторичная твердость, высокая износостойкость	Низкая; рекомендуется применение эльборовых шлифовальных кругов	Простой формы с малым объемом шлифованных поверхностей (резцы, сверла, зенкеры и др.), для обработки высокопрочных, коррозионностойких и жаропрочных сталей и сплавов, материалов, обладающих абразивными свойствами в условиях повышенного разогрева режущей кромки
P9K5	Повышенная вторичная твердость	Пониженная, близкая к стали P9	Для обработки сталей и сплавов повышенной твердости и вязкости; пригодна для работы с ударом
P9K10	Повышенная вторичная твердость (пониженная ударная вязкость)		С малым объемом шлифованных поверхностей, для обработки коррозионностойких, жаропрочных, а также повышенной твердости и вязкости сталей и сплавов

Таблица 1. 6

Выбор марок твердого сплава при различных видах обработки резанием

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	труднообрабатываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	неметаллических материалов
						НВ 240	НВ 400-700		
Черновое точение по корке и окалине при неравномерном сечении среза и прерывистом резании с ударами	T5K10 T5K12 BK8 BK8B	T5K12 TT7K12 BK8 BK8B	T5K12 BK8B BK8	-	BK8 BK8B	BK8 BK8B BK4	BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8	-

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	труднообрабатываемых материалов	коррозионной стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	неметаллических материалов
						НВ 240	НВ 400-700		
Черновое точение по корке при неравномерном сечении среза и непрерывном резании	T14K8 T5K10	BK4 BK8 BK8B	BK4 BK8	-	BK4	BK4 BK8 BK6	BK6M BK4	BK4 BK6	

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	трудно-обрабатываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	нечетных металлических материалов
						НВ 240	НВ 400-700		
Черновое точение по корке при относительно равномерном сечении среза и непрерывном резании	T15K6 T14K8	T5K10 BK4 BK8	BK6M BK4	-	BK8	BK4 BK8	BK6M BK3	BK3 BK3M BK4	BK4

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	трудно-об-рабаты-ваемых мате-риалов	корро-зионно-стойкой стали аусте-нитного класса	зака-ленной стали	титана и спла-спла-вов на его ос-нове	чугуна		цвет-ных метал-лов и их спла-вов	неме-тал-личе-ских мате-риа-лов
						НВ 240	НВ 400-700		
Получистовое и чистовое точение при прерывистом резании	T15K6 T14K8 T5K10	BK4 BK8 BK8B	BK4 BK8	T5K10 BK4 BK8	BK4	BK4 BK6 BK8	BK6M	BK3 BK3M BK4	

Точное точение при прерывистом резании	T30K4 T15K6	-	BK6M	T14K8 T5K10 BK4	BK4	BK3 BK3M BK4	BK6M BK3	BK3 BK3M BK4	BK3 BK3M BK4
--	----------------	---	------	-----------------------	-----	--------------------	-------------	--------------------	--------------------

Продолжениетабл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеро- дистой и леги- ро- ванной стали	трудно- об- рабаты- ваемых мате- риалов	корро- зионно- стойкой стали аусте- нитного класса	зака- ленной стали	титана и спла- вов на его ос- нове	чугуна		цвет- ных метал- лов и их спла- вов	неме- тал- личе- ских мате- риа- лов
						HB 240	HB 400- 700		

Точное точение при непрерывном резании	T30K4	-	BK6M BK3M	T30K4 T15K6 BK6M BK3M	BK4 BK6M BK3M	BK3 BK3M	BK6M BK3M BK3	BK3 BK3M	
Отрезка и прорез- ка канавок	T15K6 T14K8 T5K10	BK4 BK8 BK8B	BK6M BK4	BK6M BK4 BK3M	BK4 BK8	BK4 BK6 BK8	BK6M BK3	BK3 BK3M BK4	BK3 BK3M BK4

Продолжение табл. 1.6

иды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке							
	углеро-	трудно-	корро-	зака-	титана	чугуна	цвет-	неме-

	дистой и леги- ро- ванной стали	об- рабаты- ваемых мате- риалов	зионно- стойкой стали аусте- нитного класса	ленной стали	и спла- спла- вов на его ос- нове	НВ 240	НВ 400- 700	ных метал- лов и их спла- вов	тал- liche- ских мате- риа- лов
Предварительное нарезание резьбы	T15K6 T14K8	T15K6 T14K8 BK4	BK6M BK4	BK6M BK4	BK4 BK6M	BK3 BK3M	BK6M BK3M	BK4 BK6 BK6M	BK3 BK3M BK4
Окончательное наезание резьбы	T30K4 T15K6	T30K4 T15K6 B14K8	BK6M BK3M	BK3M	BK3M	BK4	BK3	BK3 BK3M	BK3 BK3M

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер	Марка твердого сплава при обработке
-----------------	-------------------------------------

обработки	углеродистой и легированной стали	трудно-обрабатываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	неметаллических материалов
						НВ 240	НВ 400-700		
Строгание и долбление черновое	T15K12 В BK8B BK15	T5K12	T15K12 BK8 BK15	-	-	BK8 BK8B	-	BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	трудно-об-рабаты-ваемых мате-риалов	корро-зионно-стойкой стали аусте-нитного класса	зака-ленной стали	титана и спла-спла-вов на его ос-нове	чугуна		цвет-ных метал-лов и их спла-вов	неме-тал-личе-ских мате-риа-лов
						HB 240	HB 400-700		
Строгание и долбление полу-чистовое и чистовое	T5K10 T5K12B BK8 BK8B	TT7K12	T5K12 BK8B BK15	-		BK4	-	BK4 BK6	
Черновое фрезе-рование	T15K6 T14K8 T5K10	T5K10 BK4 BK8	T5K12 T5K10 T14K8		BK4 BK8	BK6 BK8		BK4 BK6 BK8	BK3 BK4

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	труднообрабатываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	неметаллических материалов
						НВ 240	НВ 400-700		
Получистовое и чистовое фрезерование	T30K4 T15K6 T14K8	T15K6 T14K8 T5K10	T15K6 T14K8	-	-	BK6 BK4	BK6M	BK3 BK3M BK4	BK3 BK3M

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	труднообрабатываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	неметаллических материалов
						HB 240	HB 400-700		
Сверление неглубоких (нормальных) отверстий	T5K10 T5K12B BK8 BK8B	T5K12B TT7K12 BK8B BK8	T5K12 BK8B BK8	-	BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8	BK8 BK8B	BK4 BK6 BK8	BK3 BK4
Сверление глубоких отверстий					-				

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	трудно-об-рабаты-ваемых мате-риалов	корро-зионно-стойкой стали аусте-нитного класса	зака-ленной стали	титана и спла-вов на его ос-нове	чугуна		цвет-ных метал-лов и их спла-вов	неме-тал-лических мате-риа-лов
						HB 240	HB 400-700		
Кольцевое свер-ление глубоких отверстий	T15K6 T14K8 T5K10	-							

Рассверливание неглубоких (нормальных) предварительно просверленных отверстий	T14K8 T5K10 T15K6	BK4 BK8	BK8	T14K8 T5K10 BK8	T14K8 T5K10 BK8	BK4 BK8	BK3 BK3M BK4	BK6M BK3 BK4 BK3M	BK3 BK3M
---	-------------------------	------------	-----	-----------------------	-----------------------	------------	--------------------	----------------------------	-------------

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке								
	углеродистой и легированной стали	труднообрабатываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	неметаллических материалов
						HB 240	HB 400-700		

□ Рассверливание неглубоких (нормальных) отверстий в литых, кованных или штампованных деталях	T5K10 T5K12 BK8 BK8B	T5K12 TT7K12 BK8 BK8B	T5K12 BK8B BK8	-	-	BK4 BK6 BK8	-	BK4 BK6 BK8	-
---	-------------------------------	--------------------------------	----------------------	---	---	-------------------	---	-------------------	---

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке							
	углеро-	трудно-	корро-	зака-	титана	чугуна	цвет-	неме-

	дистой и леги- ро- ванной стали	об- рабаты- ваемых мате- риалов	зионно- стойкой стали аусте- нитного класса	ленной стали	и спла- спла- вов на его ос- нове	НВ 240	НВ 400- 700	ных метал- лов и их спла- вов	тал- liche- ских мате- риа- лов
Рассверливание глубоких предва- рительно про- сверленных от- верстий	T15K6 T14K8	BK4 BK8	T14K8 T5K10 BK8	-	BK3 BK3M BK4	BK6M BK4	BK3 BK3M BK4	BK4 BK8 BK8M	-

Продолжение табл. 1.6

Виды и характер	Марка твердого сплава при обработке
-----------------	-------------------------------------

обработки	углеродистой и легированной стали	трудно-обрабатываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	неметаллических материалов
						НВ 240	НВ 400-700		
Черновое зенкование	T15K6 T14K8 T5K10 T5K12 BK8	T5K10 BK4 BK8	BK6M BK4	-	BK4 BK8	BK4 BK6 BK8	BK6M	BK4 BK6 BK8	BK4 BK6

Окончание табл. 1.6

Виды и характер	Марка твердого сплава при обработке
-----------------	-------------------------------------

обработки	углеродистой и легированной стали	трудно-обрабатываемых материалов	коррозионно-стойкой стали аустенитного класса	закаленной стали	титана и сплавов на его основе	чугуна		цветных металлов и их сплавов	нечетных металлических материалов
						НВ 240	НВ 400-700		
Получистовое и чистовое зенкерование	T30K4 T15K6 T14K8	T15K6 T14K8 T5K10 BK6M	BK6M	-	BK4 BK8	BK3 BK3M BK4	BK4	BK3 BK3M BK4	
Предварительное и окончательное развертывание	T30K4 T15K6	T30K4 T15K6 BK6M BK3M	BK6M BK4	T30K4 BK3M BK6M	BK4 BK6M BK3M	BK3 BK3M BK6M	BK6M BK3M		