

А.Г. Косилова

Справочник технолога-машиностроителя

Том 1

Москва
«Книга по Требованию»

УДК 621
ББК 34.4
А11

А11 **А.Г. Косилова**
Справочник технолога-машиностроителя: Том 1 / А.Г. Косилова – М.: Книга по Требованию, 2023. – 655 с.

ISBN 978-5-458-26909-4

В 1-м томе приведены сведения по точности обработки и качеству поверхностей деталей машин, припуски на механическую обработку, рекомендации по проектированию различных технологических процессов изготовления деталей.

ISBN 978-5-458-26909-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

| | | | | |
|--|-----|---|--|-----|
| лей типа ступицы на базе вертикального токарного восьмишпиндельного станка 1К282 | 523 | Инструментальная оснастка станков с ЧПУ (Р. К. Мещеряков, А. И. Мещеряков) | 567 | |
| Пример роботизированной линии механической обработки детали типа вала | 524 | Точность обработки деталей на станках с ЧПУ и в гибких производственных системах (Р. К. Мещеряков, К. Р. Мещеряков) | 571 | |
| Адаптивные промышленные роботы с системами технического зрения (СТЗ) в машинообрабатывающих цехах | 525 | Основные положения | 571 | |
| Типовые циклограммы работы роботизированных технологических комплексов механической обработки | 526 | Элементарные погрешности обработки деталей | 574 | |
| Применение промышленных роботов в автоматизированных транспортно-накопительных системах | 526 | Погрешность линейного позиционирования станков с ЧПУ | 576 | |
| Эффективность применения промышленных роботов и роботизированных технологических комплексов | 533 | Влияние условий обработки на точность деталей | 577 | |
| Глава 9. | | Методы наладки станков с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточкой группы (Р. К. Мещеряков, Е. И. Борисов) | 581 | |
| ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ И В ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ | | 535 | Повышение точности обработки деталей на станках с ЧПУ и в гибких производственных системах (Р. К. Мещеряков, В. С. Стародубов) | 585 |
| Применение гибких производственных систем при механической обработке деталей (В. Н. Васильев, Р. К. Мещеряков) | 535 | Производительность станков с ЧПУ и гибких производственных систем (Л. И. Волчекич, Р. К. Мещеряков) | 597 | |
| Основные понятия | 535 | Особенности нормирования операций, выполняемых на станках с ЧПУ (Р. К. Мещеряков, А. Н. Новиков, М. Г. Шеметов) | 603 | |
| Примеры структур гибких производственных систем механической обработки деталей и их характеристики | 537 | Эффективность обработки деталей на станках с ЧПУ и в гибких производственных системах (Р. К. Мещеряков, В. Н. Васильев) | 622 | |
| Требования к технологичности конструкции деталей, обрабатываемых на станках с ЧПУ и в гибких производственных системах (Р. К. Мещеряков, И. В. Гайгал) | 542 | Основные требования к эксплуатации станков с ЧПУ, обеспечивающие их эффективное использование | 622 | |
| Обработка на сверлильно-фрезерно-расточных станках с ЧПУ (Р. К. Мещеряков, И. В. Гайгал, К. Р. Мещеряков) | 546 | Коэффициент загрузки станка | 629 | |
| Основные типы устройств ЧПУ и станков | 546 | Определение числа условно-высвобождаемых рабочих при внедрении станков с ЧПУ | 630 | |
| Системы координат станка с ЧПУ, детали, инструменты | 549 | Многостаночное обслуживание станков с ЧПУ | 631 | |
| Типовые и постоянные циклы обработки элементов деталей | 550 | Расчет экономической эффективности внедрения станков с ЧПУ | 636 | |
| Расчет координатных перемещений | 557 | Проблемы, возникающие при создании гибких производственных систем высокого уровня (В. Н. Васильев, Р. К. Мещеряков) | 638 | |
| Последовательность выполнения переходов обработки деталей | 559 | Перечень ГОСТов | 645 | |
| | | Предметный указатель | 648 | |

Глава 1

ТРЕБОВАНИЯ К ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ

Качество изготовления продукции определяется совокупностью свойств процесса ее изготовления, соответствием этого процесса и его результатов установленным требованиям. Основными производственными факторами являются качество оборудования и инструмента, физико-химические, механические и другие свойства исходных материалов и заготовок, совершенство разработанного технологического процесса и качество выполнения обработки и контроля.

В машиностроении показатели качества изделий весьма тесно связаны с точностью обработки деталей машин. Полученные при обработке размер, форма и расположение элементарных поверхностей определяют фактические зазоры и натяги в соединениях деталей машин, а следовательно, технические параметры продукции, влияющие на ее качество (например, мощность двигателей, точность станков), надежность и экономические показатели производства и эксплуатации.

Под *погрешностью обработки* понимают отклонение полученного при обработке значения геометрического или другого параметра от заданного. *Абсолютную погрешность* выражают в единицах рассматриваемого параметра: $\Delta X = X_d - X_n$, где X_d и X_n – соответственно действительное (полученное) и номинальное значения параметра. При несимметричном расположении поля допуска относительно номинального значения вместо номинального значения параметра принимают его среднее значение. Отношение абсолютной погрешности к заданному значению параметра называют *относительной погрешностью*: $\Delta X/X_n$ или $\Delta X/X_n \cdot 100\%$. Количественно точность характеризуется обратной величиной модуля относительной погрешности $|\Delta X/X_n|^{-1}$.

Конструктивные допуски и технические требования на изготовление деталей назначают с учетом условий работы деталей в машине. Эти требования обеспечиваются финишными переходами обработки. Однако важно обязательное соблюдение технологического

ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

регламента изготовления детали и на всех предшествующих переходах обработки, так как результаты финишных переходов обработки существенно зависят от качества выполнения предшествующих переходов обработки.

Допуски размеров регламентируются ГОСТ 25346–82 (СТ СЭВ 145–75), допуски формы и расположения – ГОСТ 24643–81 (СТ СЭВ 636–77).

В табл. 1–3 приведены допуски формы цилиндрических и плоских поверхностей и значения параметра шероховатости R_a в зависимости от квалитетов допусков размеров и уровней относительной геометрической точности. При отсутствии указаний о допускаемых отклонениях формы и расположения поверхностей эти отклонения ограничиваются полем допуска на размер. Однако на всех переходах механической обработки отклонения формы и расположения поверхностей рекомендуется ограничивать некоторой частью допуска размера, с тем чтобы исключить возможность появления брака по размеру.

ТАБЛИЦЫ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ

Особенности выполнения отдельных операций не позволяют дать заключение о точности обработки по аналогии с другими операциями, так как между ними не бывает всестороннего сходства. В частности, отличаются размеры и форма обрабатываемых заготовок, состояние станков, режимы обработки и другие технологические факторы. Хотя таблицы дают лишь общее представление о возможной точности обработки, они необходимы как справочные данные при проектировании технологических процессов.

Приводимые таблицы содержат ориентировочные данные по точности для различных методов обработки, полученные систематизацией непосредственных наблюдений в производственных условиях.

В табл. 4 и 5 приведены данные о точности и качестве поверхностей при обработке наружных цилиндрических поверхностей и отверстий, а в табл. 6 – данные о точности расположения осей отверстий при растачивании.

Каждому методу обработки соответствует определенный диапазон квалитетов точности

1. Допуски (мкм) формы цилиндрических поверхностей (цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения) в зависимости от квалитета допуска размера

| Квалитеты допуска размера при уровне относительной геометрической точности | | | Интервал номинальных размеров, мм | | | | | | | | | | | | Степень точности по ГОСТ 24643-81 |
|--|----|-----|-----------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------------------------|
| | | | До 3 | Св. 3 до 10 | Св. 10 до 18 | Св. 18 до 30 | Св. 30 до 50 | Св. 50 до 120 | Св. 120 до 250 | Св. 250 до 400 | Св. 400 до 630 | Св. 630 до 1000 | Св. 1000 до 1600 | Св. 1600 до 2500 | |
| A | B | C | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 4 | 4 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,6 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 4 | 5 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,6 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 |
| 4 | 6 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,6 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 |
| 5 | 6 | 1,2 | 1,6 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 |
| 6 | 7 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 |
| 7 | 8 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| 8 | 9 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 |
| 9 | 10 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 160 |
| 10 | 11 | 12 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 200 | 250 |
| 11 | 12 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 160 | 200 | 300 | 400 | 10 |
| 12 | | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 160 | 200 | 250 | 300 | 400 | 11 | |

П р и м е ч а н и я: 1. Под номинальным размером понимают номинальный диаметр поверхности. 2. Допуски цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения (сокращенно «допуски геометрии»), соответствующие уровням: А – нормальной, В – повышенной, С – высокой относительной геометрической точности, составляют примерно 30, 20 и 12% допуска размера. Допуски формы ограничивают отклонения радиуса, а допуски размера – отклонения диаметра поверхности. 3. Допуски геометрии, для которых используется менее 12% допуска размера, характеризуют особо высокую геометрическую точность поверхности. 4. Допуски геометрии назначают в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска размера. Исключение составляют случаи, когда истолкование предельных размеров отличается от установленного ГОСТ 25346-82 (СТ СЭВ 145-75), например, для поверхностей, несопрягаемых или легко деформируемых элементов. В этих случаях числовое значение допуска геометрии может превышать допуск размера.

2. Допуски (мкм) прямолинейности, плоскости и параллельности плоскостей в зависимости от квалитета допуска размера (по РТМ 2 Н31-1-81)

| Квалитеты допуска размера при уровне относительной геометрической точности | | | Интервал номинальных размеров, мм | | | | | | | | | | | | 12 |
|--|----|-------|-----------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|-------|
| | | | До 3 | Св. 3 до 10 | Св. 10 до 18 | Св. 18 до 30 | Св. 30 до 50 | Св. 50 до 120 | Св. 120 до 250 | Св. 250 до 400 | Св. 400 до 630 | Св. 630 до 1000 | Св. 1000 до 1250 | Св. 1250 до 1600 | |
| A | B | C | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 4 | 4 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,6 | 1,6 | 2-2,5 | 3 | 4 | 5 | 8 | 8 | 10 | 10 | 12 |
| 4 | 5 | 1 | 1,6 | 2 | 2 | 2,5 | 3-4 | 5 | 6 | 8 | 12 | 12 | 12 | 16 | 20 |
| 4 | 6 | 1,2 | 1,6 | 2 | 2,5 | 2,5 | 3-4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 12 | 16 | 20 |
| 4 | 7 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 20 | 20 | 25 | 30 | 30 |
| 4 | 8 | 2-2,5 | 2,5-3 | 3 | 4 | 5-6 | 6-8 | 8-10 | 10-12 | 12-16 | 12-16 | 16-20 | 20-25 | 25 | 25-30 |
| 5 | 6 | 1,6 | 2-2,5 | 2,5-3 | 3 | 4 | 5-6 | 6-8 | 8-10 | 10-12 | 12-16 | 16-20 | 20-25 | 25 | 30-50 |
| 5 | 7 | 2,5 | 3-4 | 4-5 | 5 | 6 | 8-10 | 10-12 | 12-16 | 16-20 | 20-25 | 25 | 30 | 40 | 40-50 |
| 6 | 7 | 8 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60-80 |
| 7 | 8 | 9 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 |
| 8 | 9 | 10 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 200 |
| 9 | 10 | 11 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 160 | 200 | 300 |
| 10 | 11 | 12 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 160 | 200 | 250 | 300 | 400 |
| 11 | 12 | | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 160 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 800 |
| 12 | | | 60 | 80 | 100 | 120 | 160 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 800 | 1000 |

П р и м е ч а н и е. Под номинальным размером понимают размер наибольшей стороны плоской поверхности.

3. Параметр шероховатости поверхности R_a (мкм) детали в зависимости от квалитета допуска размера и уровня относительной геометрической точности

| Уровни относительной геометрической точности при номинальных размерах, мм | | | | Квалитеты допуска размера | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|---------------|----------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|--------------|---------|---------|---------|-----|
| До 18 | Св. 18 до 50 | Св. 50 до 120 | Св. 120 до 500 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 и 13 | 14 и 15 | 16 и 17 | |
| C -B | C- | -C | | — | — | — | — | — | — | 0,8 | 0,8 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | — | — |
| B | B | -B | C | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,8 | 0,8 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 6,3 | 12,5 | 12,5 | 25 |
| A- | | | | 0,1 | 0,2 | 0,2— 0,4 | 0,4 | 0,8 | 0,8— 1,6 | 3,2 | 3,2 | 6,3 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 25 |
| * | | | | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,8 | 1,6 | 1,6 | 3,2 | 3,2 | 6,3 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 30 |
| | | | | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,8 | 1,6 | 1,6 | 6,3— 3,2 | 6,3 | 6,3— 12,5 | 25 | 25 | 50 | 50 |
| | | | | 0,4 | 0,8 | 0,8 | 1,6 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 6,3 | 6,3 | 12,5 | 25 | 50 | 100 |
| | | | | 0,2— 0,4 | 0,4— 0,8 | 0,8 | 0,8— 1,6 | 1,6— 3,2 | 3,2 | 6,3 | 6,3 | 12,5 | 25 | 50 | 100 | |
| | | | | 0,4— 0,8 | 0,8— 1,6 | 1,6 | 1,6— 3,2 | 3,2 | 3,2 | 6,3 | 6,3 | 12,5 | 25 | 50 | 100 | |
| | | | | 0,8 | | | | | | | | | | | | |

Примечания: 1. По данным РТМ 2 Н31-4-81. 2. В таблице установлены наиболее грубые пределы (наибольшие допускаемые) параметра R_a .

Приняты следующие соотношения для уровней относительной точности: $Ra < 0,05 IT$ ($Rz < 0,2 IT$) – для уровня А (нормальный); $Ra < 0,025 IT$ ($Rz < 0,1 IT$) – для уровня В (повышенной); $Ra < 0,012 IT$ ($Rz < 0,05 IT$) – для уровня С (высокой), где IT – допуск соответствующего размера. 3. Для особо высокой относительной геометрической точности (допуски формы составляют менее 25% допуска размера) $Ra < 0,15 T_F$ ($Rz < 0,6 T_F$), где T_F – допуск формы. 4. При заданных допусках биения T_c (радиального, торцового, в заданном направлении, полного радиального, полного торцового биения) рекомендуется назначать $Ra < 0,1 T_c$ ($Rz < 0,4 T_c$). 5. Знак * означает, что рассматривается случай, когда допуски формы не указаны на чертеже, т. е. допуски формы ограничиваются полем допуска размера. 6. Знак (–) перед или после обозначения уровня относительной точности означает, что следует назначать величину Ra , указанную в таблице относительно знака (–). Например, по 11-му квалитету для –B и –C принимают $Ra = 3,2$ мкм; для С – принимают $Ra = 1,6$ мкм.

4. Точность и качество поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей

| Обработка | Параметр шероховатости поверхности R_a , мкм | Глубина дефектного покровного слоя, мкм | Квалитет допуска размера | Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах поверхности, мм | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|--|---|--------------------------|---|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | | Св. 3 до 6 | Св. 6 до 10 | Св. 6 до 18 | Св. 6 до 30 | Св. 30 до 50 | Св. 50 до 80 | Св. 80 до 120 | Св. 120 до 180 | Св. 180 до 250 | Св. 250 до 315 | Св. 315 до 400 | Св. 400 до 500 |
| Обтачивание: черновое | 50 – 6,3 | 120 – 60 | 14 | — | — | — | — | 620 | 740 | 870 | 1000 | 1150 | 1300 | 1400 | 1550 |
| | | | 13 | 180 | 220 | 270 | 330 | 390 | 460 | 540 | 630 | 720 | 810 | 890 | 970 |
| получистовое или однократное чистовое | 25 – 1,6 | 50 – 20 | 12 | 120 | 150 | 180 | 210 | 250 | 300 | 350 | 400 | 460 | 520 | 570 | 630 |
| | | | 13 | 180 | 220 | 270 | 330 | 390 | 460 | 540 | 630 | 720 | 810 | 890 | 970 |
| | | | 12 | 120 | 150 | 180 | 210 | 250 | 300 | 350 | 400 | 460 | 520 | 570 | 630 |
| | | | 11 | 75 | 90 | 110 | 130 | 160 | 190 | 220 | 250 | 290 | 320 | 360 | 400 |
| | | | 10 | 48 | 58 | 70 | 84 | 100 | 120 | 140 | 160 | 185 | 210 | 230 | 250 |
| | | | 9 | 30 | 36 | 43 | 52 | 62 | 74 | 87 | 100 | 115 | 130 | 140 | 155 |
| | | | 8 | 18 | 22 | 27 | 33 | 39 | 46 | 57 | 63 | 72 | 81 | 89 | 97 |

Продолжение табл. 4

Продолжение табл. 4

| Обработка | Степень точности формы по ГОСТ 24643-81 | Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах поверхности, мм | | | |
|--------------------------------------|---|---|----------------|----------------|----------------|
| | | Св. 3 до 10 | Св. 10 до 18 | Св. 18 до 30 | Св. 30 до 50 |
| Обкатывание, алмазное выглаживание | 7-8-9 | 6-10-16 | 8-12-20 | 10-16-25 | 12-20-30 |
| | 6-7-8 | 4-6-10 | 5-8-12 | 6-10-16 | 8-12-20 |
| | 5-6-7 | 2,5-4-6 | 3-5-8 | 4-6-10 | 5-8-12 |
| | 4-5-6 | 1,6-2,5-4 | 2-3-5 | 2,5-4-6 | 3-5-8 |
| | 3-4-5 | 1,0-1,6-2,5 | 1,2-2-3 | 1,6-2,5-4 | 2-3-5 |
| | 2-3-4 | 0,6-1,0-1,6 | 0,8-1,2-2 | 1,0-1,6-2,5 | 1,2-2-3 |
| Обработка | Степень точности формы по ГОСТ 24643-81 | Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах поверхности, мм | | | |
| | | Св. 50 до 120 | Св. 120 до 250 | Св. 250 до 400 | Св. 400 до 500 |
| Обтачивание: черновое | 11-12-13 | 100-160-240 | 120-200-300 | 160-240-400 | 200-300-500 |
| | 10-11-12 | 60-100-160 | 80-120-200 | 100-160-240 | 120-200-300 |
| | 9-10-11 | 40-60-100 | 50-80-120 | 60-100-160 | 80-120-200 |
| | 10-11-12 | 60-100-160 | 80-120-200 | 100-160-240 | 120-200-300 |
| | 9-10-11 | 40-60-100 | 50-80-120 | 60-100-160 | 80-120-200 |
| | 8-9-10 | 25-40-60 | 30-50-80 | 40-60-100 | 50-80-120 |
| | 7-8-9 | 16-25-40 | 20-30-50 | 25-40-60 | 30-50-80 |
| | 6-7-8 | 10-16-25 | 12-20-30 | 16-25-40 | 20-30-50 |
| | 5-6-7 | 6-10-16 | 8-12-20 | 10-16-25 | 12-20-30 |
| | 6-7-8 | 10-16-25 | 12-20-30 | 16-25-40 | 20-30-50 |
| | 5-6-7 | 6-10-16 | 8-12-20 | 10-16-25 | 12-20-30 |
| | 4-5-6 | 4-6-10 | 5-8-12 | 6-10-16 | 8-12-20 |
| | 3-4-5 | 2,5-4-6 | 3-5-8 | 4-6-10 | 5-8-12 |
| | 2-3-4 | 1,6-2,5-4 | 2-3-5 | 2,5-4-6 | 3-5-8 |
| | 2-3-4 | 1,6-2,5-4 | 2-3-5 | 2,5-4-6 | 3-5-8 |
| | 1-2-3 | 1,0-1,6-2,5 | 1,2-2-3 | 1,6-2,5-4 | 2-3-5 |
| Шлифование: предварительное чистовое | 6-7-8 | 10-16-25 | 12-20-30 | 16-25-40 | 20-30-50 |
| | 9-6-7 | 6-10-16 | 8-12-20 | 10-16-25 | 12-20-30 |
| | 4-5-6 | 4-6-10 | 5-8-12 | 6-10-16 | 8-12-20 |
| | 3-4-5 | 2,5-4-6 | 3-5-8 | 4-6-10 | 5-8-12 |
| | 3-4-5 | 2,5-4-6 | 3-5-8 | 4-6-10 | 5-8-12 |
| | 2-3-4 | 1,6-2,5-4 | 2-3-5 | 2,5-4-6 | 3-5-8 |
| | 2-3-4 | 1,6-2,5-4 | 2-3-5 | 2,5-4-6 | 3-5-8 |
| | 1-2-3 | 1,0-1,6-2,5 | 1,2-2-3 | 1,6-2,5-4 | 2-3-5 |
| | 1-2-3 | 1,0-1,6-2,5 | 1,2-2-3 | 1,6-2,5-4 | 2-3-5 |
| | 1-2-3 | 1,0-1,6-2,5 | 1,2-2-3 | 1,6-2,5-4 | 2-3-5 |
| Обкатывание, алмазное выглаживание | 7-8-9 | 16-25-40 | 20-30-50 | 25-40-60 | 30-50-80 |
| | 6-7-8 | 10-16-25 | 12-20-30 | 16-25-40 | 20-30-50 |
| | 5-6-7 | 6-10-16 | 8-12-20 | 10-16-25 | 12-20-30 |
| | 4-5-6 | 4-6-10 | 5-8-12 | 6-10-16 | 8-12-20 |
| | 3-4-5 | 2,5-4-6 | 3-5-8 | 4-6-10 | 5-8-12 |
| | 2-3-4 | 1,6-2,5-4 | 2-3-5 | 2,5-4-6 | 3-5-8 |

Приложения: 1. Приведенные в таблице данные относятся к деталям из стали. Для деталей из чугуна или цветных сплавов допуски на размер и допуски формы можно принимать соответственно на один квалитет и одну степень точнее. 2. Допуски на размер и допуски формы действительны для поверхностей с $l/d < 2$. При $l/d = 2 \div 10$ допуски принимать соответственно на один-два квалитета и одну-две степени точности формы грубее. 3. Допуски формы (цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения — сокращенно «допуски геометрии») указаны для уровней С—В—А (С—высокой, В—повышенной и А—нормальной) относительной геометрической точности. 4. Указанные в таблице значения параметра Ra примерно соответствуют уровням А—С относительной геометрической точности, причем $Rz = 4Ra$.

5. Точность и качество поверхности при обработке отверстий

| Обработка | Параметр шероховатости поверхности, R_a , мкм | Глубина дефектного слоя, мкм | Класситет допуска размера | Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах отверстий, мм | | | | | | | | | | | |
|--|---|------------------------------|--------------------------------|---|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|
| | | | | Св. 3 до 6 | Св. 6 до 10 | Св. 10 до 18 | Св. 18 до 30 | Св. 30 до 50 | Св. 50 до 80 | Св. 80 до 120 | Св. 120 до 180 | Св. 180 до 250 | Св. 250 до 315 | Св. 315 до 400 | Св. 400 до 500 |
| Сверление и рас- сверливание | 25—0,8 | 70— 15 | 13 12 11 10 9 | — 75 48 30 | — 90 58 36 | 270 180 110 70 43 | 330 210 130 84 52 | 390 250 160 100 62 | 460 300 190 120 74 | — — — — — | — — — — — | — — — — — | — — — — — | — — — — — | |
| Зенкерование: черновое | 25—6,3 | 50— 20 | 13 12 | — — | — — | 270 180 | 330 210 | 390 250 | 460 300 | 540 350 | — — | — — | — — | — — | — — |
| однократное литого или прошитого от- верстия; чистовое пос- ле чернового или сверления | 25—0,4 | 50— 20 | 13 12 11 10 9 8 | — — — — — — | — — — — — — | 270 180 110 70 43 27 | 330 210 130 84 52 33 | 390 250 160 100 62 39 | 460 300 190 120 74 46 | 540 350 220 140 87 57 | — — — — — — | — — — — — — | — — — — — — | — — — — — — | |
| Развертывание: нормальное | 12,5— 0,8 | 25— 15 | 11 10 | 75 48 | 90 58 | 110 70 | 130 84 | 160 100 | 190 120 | 220 140 | 250 160 | 290 210 | 320 185 | 360 230 | — — |
| точное | 6,3— 0,4 | 15—5 | 9 8 7 | 30 18 12 | 36 22 15 | 43 27 18 | 52 33 21 | 62 39 25 | 74 46 30 | 87 57 35 | 100 63 40 | 115 72 46 | 130 81 52 | 140 89 57 | — — — |
| тонкое | 3,2— 0,1 | 10—5 | 6 5 | 8 5 | 9 6 | 11 8 | 13 9 | 16 11 | 19 13 | 22 15 | 25 18 | 29 20 | 32 23 | 36 25 | — — |
| Протягивание: черновое | 12,5— 0,8 | 25— 10 | 11 10 | — — | — — | — — | — — | 160 | 190 | 220 | 250 | — — — — | — — — — | — — — — | — — — — |
| литого или прошитого от- верстия | | | | | | | | 100 | 120 | 140 | 160 | | | | |
| чистовое после черново- го или после сверления | 6,3— 0,2 | 10—5 | 9 8 7 6 | — — — — | — — — — | 43 27 18 11 | 52 33 21 13 | 62 39 25 16 | 74 46 30 19 | 87 57 35 22 | 100 63 40 25 | — — — — | — — — — | — — — — | — — — — |
| Растачивание: черновое | 25—1,6 | 50— 20 | 13 12 11 | 180 120 75 | 220 150 90 | 270 180 110 | 330 210 130 | 390 250 160 | 460 300 190 | 540 350 220 | 630 400 250 | 720 460 290 | 810 520 320 | 890 570 360 | 970 630 400 |
| чистовое | 6,3— 0,4 | 25— 10 | 10 9 8 | 48 30 18 | 58 36 22 | 70 43 27 | 84 52 33 | 100 62 39 | 120 74 46 | 140 87 57 | 160 100 63 | 185 115 72 | 210 130 81 | 230 140 89 | 250 155 97 |

Продолжение табл. 5

| Обработка | Параметр шероховатости поверхности R_a , мкм | Глубина дефектного поверхностного слоя, мкм | Квалитет допуска размера | Технологические допуски (мкм) на размер при номинальных диаметрах отверстий, мм | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-----------------------------|---|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | | | | Св. 3 до 6 | Св. 6 до 10 | Св. 10 до 18 | Св. 18 до 30 | Св. 30 до 50 | Св. 50 до 80 | Св. 80 до 120 | Св. 120 до 180 | Св. 180 до 250 | Св. 250 до 315 | Св. 315 до 400 | Св. 400 до 500 |
| Растачивание тонкое | 3,2—1,6 | 10—5 | 7 6 5 | 12 8 5 | 15 9 6 | 18 11 8 | 21 13 9 | 25 16 11 | 30 19 13 | 35 22 15 | 40 25 18 | 46 29 20 | 52 32 23 | 57 36 25 | 63 40 27 |
| Шлифование: предварительное | 6,3—0,4 | 25—10 | 9 8 | — — | — — | 43 27 | 52 33 | 62 39 | 74 46 | 87 57 | 100 63 | 115 72 | 130 81 | 140 89 | 155 97 |
| чистовое | 3,2—0,2 | 20—5 | 7 6 | — — | — — | 18 11 | 21 13 | 25 16 | 30 19 | 35 22 | 40 25 | 46 29 | 52 32 | 57 36 | 63 40 |
| тонкое | 1,6—0,1 | 10—5 | 5 | — | — | 8 | 9 | 11 | 13 | 15 | 18 | 20 | 23 | 25 | 27 |
| Притирка, хонингование | 1,6—0,1 | 5—3 | 5 4 | 5 4 | 6 4 | 8 5 | 9 6 | 11 7 | 13 8 | 15 10 | 18 12 | 20 14 | 23 16 | 25 18 | 27 20 |
| Раскатывание, калибрование, алмазное выглаживание | 6,3—0,1 | — | 10 9 8 7 6 5 | — — — — — — | 58 36 22 15 9 6 | 70 43 27 18 11 8 | —84 52 33 21 13 9 | 100 62 39 25 16 11 | 120 74 46 30 19 13 | 140 87 57 35 22 15 | 160 100 63 40 25 18 | 185 115 72 46 29 20 | 210 130 81 52 32 23 | 230 140 89 57 36 25 | 250 155 97 63 40 27 |

| Обработка | Степень точности формы по ГОСТ 24643—81 | Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах отверстий, мм | | | |
|--|--|---|--|--|--|
| | | Св. 3 до 10 | Св. 10 до 18 | Св. 18 до 30 | Св. 30 до 50 |
| Сверление и расверливание | 10—11—12 9—10—11 8—9—10 7—8—9 6—7—8 | — — 10—16—25 6—10—16 4—6—10 | 30—50—80 20—30—50 12—20—30 8—12—20 5—8—12 | 40—60—100 25—40—60 16—25—40 10—16—25 6—10—16 | 50—80—120 30—50—80 20—30—50 12—20—30 8—12—20 |
| Зенкерование: черновое | 10—11—12 9—10—11 | — | 30—50—80 20—30—50 | 40—60—120 25—40—60 | 50—80—120 30—50—80 |
| однократное литого или прошитого отверстия; чистовое после чернового или сверления | 10—11—12 9—10—11 8—9—10 7—8—9 6—7—8 5—6—7 | — | 30—50—80 20—30—50 12—20—30 8—12—20 5—8—12 3—5—8 | 40—60—120 25—40—60 16—25—40 10—16—25 6—10—16 4—6—10 | 50—80—120 30—50—80 20—30—50 12—20—30 8—12—20 5—8—12 |

Продолжение табл. 5

| Обработка | Степень точности формы по ГОСТ 24643-81 | Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах отверстий, мм | | | |
|---|--|---|---|--|--|
| | | Св. 3 до 10 | Св. 10 до 18 | Св. 18 до 30 | Св. 30 до 50 |
| Развертывание: нормальное | 8—9—10 7—8—9 | 10—16—25 6—10—16 | 12—20—30 8—12—20 | 16—25—40 10—16—25 | 20—30—50 12—20—30 |
| точное | 6—7—8 5—6—7 4—5—6 | 4—6—10 2,5—4—6 1,6—2,5—4 | 5—8—12 3—5—8 2—3—5 | 6—10—16 4—6—10 2,5—4—6 | 8—12—20 5—8—12 3—5—8 |
| тонкое | 3—4—5 2—3—4 | 1,0—1,6—2,5 0,6—1,0—1,6 | 1,2—2—3 0,8—1,2—2 | 1,6—2,5—4 1,0—1,6—2,5 | 2—3—5 1,2—2—3 |
| Протягивание: черновое литого или прошитого отверстия | 8—9—10 7—8—9 | — | — | — | 20—30—50 12—20—30 |
| чистовое после чернового или после сверления | 6—7—8 5—6—7 4—5—6 3—4—5 | — | 5—8—12 3—5—8 2—3—5 1,2—2—3 | 6—10—25 4—6—10 2,5—4—6 1,6—2,5—4 | 8—12—20 5—8—12 3—5—8 2—3—5 |
| Растачивание: черновое | — 10—11 9—10—11 8—9—10 | 25—40—60 16—25—40 10—16—25 | 30—50—80 20—30—50 12—20—30 | 40—60—100 25—40—60 16—25—40 | 50—80—120 30—50—80 20—30—50 |
| чистовое | 7—8—9 6—7—8 5—6—7 | 6—10—16 4—6—10 2,5—4—6 | 8—12—20 5—8—12 3—5—8 | 10—16—25 6—10—16 4—6—10 | 12—20—30 8—12—20 5—8—12 |
| тонкое | 4—5—6 3—4—5 2—3—4 | 1,6—2,5—4 1,0—1,6—2,5 0,6—1,0—1,6 | 2—3—5 1,2—2—3 0,8—1,2—2 | 2,5—4—6 1,6—2,5—4 1,0—1,6—2,5 | 3—5—8 2—3—5 1,2—2—3 |
| Шлифование: предварительное | 6—7—8 5—6—7 | — | 5—8—12 3—5—8 | 6—10—16 4—6—10 | 8—12—20 5—8—12 |
| чистовое | 4—5—6 3—4—5 | — | 2—3—5 1,2—2—3 | 2,5—4—6 1,6—2,5—4 | 3—5—8 2—3—5 |
| тонкое | 2—3—4 | — | 0,8—1,2—2 | 1,0—1,6—2,5 | 1,2—2—3 |
| Притирка, хонингование | 2—3—4 1—2—3 | 0,6—1,0—1,6 0,4—0,6—1,0 | 0,8—1,2—2 0,5—0,8—1,2 | 1,0—1,6—2,5 0,6—1,0—1,6 | 1,2—2—3 0,8—1,2—2 |
| Раскатывание, калибрование, алмазное выглаживание | 7—8—9 6—7—8 5—6—7 4—5—6 3—4—5 2—3—4 | 6—10—16 4—6—10 2,5—4—6 1,6—2,5—4 1,0—1,6—2,5 0,6—1,0—1,6 | 8—12—20 5—8—12 3—5—8 2—3—5 1,2—2—3 0,8—1,2—2 | 10—16—25 6—10—16 4—6—10 2,5—4—6 1,6—2,5—4 1,0—1,6—2,5 | 12—20—30 8—12—20 5—8—12 3—5—8 2—3—5 1,2—2—3 |

Продолжение табл. 5

| Обработка | Степень точности фор- мы по ГОСТ 24643-81 | Допуски формы (мкм) при номинальных диаметрах отверстий, мм | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | Св. 50 до 120 | Св. 120 до 250 | Св. 250 до 400 | Св. 400 до 500 |
| Сверление и рас- сверливание | 10—11—12 9—10—11 8—9—10 7—8—9 6—7—8 | 60—100—160 40—60—100 25—40—60 16—25—40 10—16—25 | — | — | — |
| Зенкерование: черновое | 10—11—12 9—10—11 | 60—100—160 40—60—100 | — | — | — |
| однократное литого или прошитого отверстия чистовое после черно- вого или свер- ления | 10—11—12 9—10—11 8—9—10 7—8—9 6—7—8 5—6—7 | 60—100—160 40—60—100 25—40—60 16—25—40 10—16—25 6—10—16 | — | — | — |
| Развертывание: нормальное | 8—9—10 7—8—9 | 25—40—60 16—25—40 | 30—50—80 20—30—50 | 40—60—100 25—40—60 | — |
| точное | 6—7—8 5—6—7 4—5—6 | 10—16—25 6—10—16 4—6—10 | 12—20—30 8—12—20 5—8—12 | 16—25—40 10—16—25 6—10—16 | — |
| тонкое | 3—4—5 2—3—4 | 2,5—4—6 1,6—2,5—4 | 3—5—8 2—3—5 | 4—6—10 2,5—4—6 | — |
| Протягивание: черновое литого или прошитого отверстия | 8—9—10 7—8—9 | 25—40—60 16—25—40 | 30—50—80 20—30—50 | — | — |
| чистовое после черно- вого или пос- ле сверления | 6—7—8 5—6—7 4—5—6 3—4—5 | 10—16—25 6—10—16 4—6—10 2,5—4—6 | 12—20—30 8—12—20 5—8—12 3—5—8 | — | — |
| Растачивание: черновое | 10—11—12 9—10—11 8—9—10 | 60—100—160 40—60—1000 25—40—60 | 80—120—200 50—80—120 30—50—80 | 100—160—240 60—100—160 40—60—100 | 120—200—300 80—120—200 50—80—120 |
| чистовое | 7—8—9 6—7—8 5—6—7 | 16—25—40 10—16—25 6—10—16 | 20—30—50 12—20—30 8—12—20 | 25—40—60 16—25—40 10—16—25 | 30—50—80 20—30—50 12—20—30 |
| тонкое | 4—5—6 3—4—5 2—3—4 | 4—6—10 2,5—4—6 1,6—2,5—4 | 5—8—12 3—5—8 2—3—5 | 6—10—16 4—6—10 2,5—4—6 | 8—12—20 5—8—12 3—5—8 |