

## 4 Точность механической обработки

Точность любого изделия определяется точностью составляющих его элементов, т. е. деталей.

*Точность обработки* – степень соответствия реального размера размеру, указанному на чертеже детали.

*Погрешность обработки* – степень отклонения реального размера от размера, указанного на чертеже детали. Как известно, изготовить деталь абсолютно точно невозможно.

Точность размера зависит от многих факторов и определяется отклонениями действительных размеров  $T_p$ , от правильной геометрической формы  $T_f$ , от требуемой точности расположения поверхностей  $T_{расп}$ . Отклонения действительных размеров оцениваются качествами: 01, 0, 1, 2...18.

*Погрешность формы* (ГОСТ 2.308, ГОСТ 24643) оценивается отклонением от цилиндричности, отклонением от круглости, отклонением от формы в продольном сечении, отклонением от плоскостности, от прямолинейности.

*Взаимное расположение поверхностей* оценивается отклонением от соосности, отклонением от параллельности, биением радиальным или торцовым, отклонением от симметричности, отклонением от пересечения осей.

Допустимая величина погрешности зависит от размера детали и от точности ее изготовления и приводится в ГОСТах.

В производственных условиях при обработке деталей используется два метода достижения точности размеров: индивидуальный и автоматический. Индивидуальный метод характерен для единичного производства. Возникающие погрешности зависят от исполнителя работы и его квалификации. Этот метод характерен для свободнойковки, когда размеры и форма поковки выдерживается путем пробных промеров в процессековки. Тоже наблюдается при литье в земляные формы при ручной формовке. К этому методу относится сборка методом индивидуальной подгонки соединяемых деталей машин. При механической обработке заготовок индивидуальным методом размеры получаются на ненастроенных станках путем пробных замеров и рабочих ходов.

#### 4.1. Метод пробных рабочих ходов и замеров

Метод пробных рабочих ходов и замеров сводится к тому, что с обрабатываемой поверхности сначала снимают пробную стружку, далее станок останавливают и делают замер полученного размера. После этого вносится поправка в положение режущего инструмента при помощи деления лимба на станке. Затем делают пробный рабочий ход и замер получаемого размера. Опять сравнивают полученный размер с чертежным и при необходимости опять вносят поправку в положение режущего инструмента.

Таким образом, путем пробных ходов и замеров добиваются правильного положения инструмента относительно детали. После этого обработка поверхности детали производится окончательно по всей длине. При обработке других поверхностей той же детали установка на размер повторяется снова.

Положительные стороны этого метода:

- а) получение более высокой точности обработки по характеристикам  $T_p$  и  $T_\phi$  за счет увеличения расчетного количества рабочих ходов;
- б) исключается влияние износа режущего инструмента на точность получаемого размера, так как пробные замеры дают возможность учесть износ инструмента;
- в) применение разметки в сочетании с данным методом позволяет правильно распределить припуск и предотвратить брак при обработке маломерных заготовок;
- г) отпадает необходимость в изготовлении различного рода сложных и специальных приспособлений таких, как кондукторов, поворотных и делительных устройств. Взаимное расположение обработанных поверхностей достигается с помощью разметки.

Отрицательные стороны:

- а) точность обработки лимитируется минимальной величиной снимаемой стружки. При работе доведенными резцами минимальная толщина снимаемой стружки 0,005мм (5мкм), при точении заточенными резцами обычно 0,02мм, при работе резцами с небольшим затуплением 0,05мм;
- б) возможность появления брака вследствие усталости рабочего;
- в) необходимость высокой квалификации рабочего;
- г) низкая производительность обработки;
- д) высокая себестоимость обработки.

Разновидностью индивидуального метода является метод работы по формуляру, который применяется в тяжелом машиностроении. Данный метод заключается в следующем: одну из сопрягаемых деталей обрабатывают, и полученный размер вносят в формуляр детали. Исходя из полученного размера и необходимой посадки, определяют размеры другой сопрягаемой детали, которую и выдерживают при изготовлении.

При выполнении операции шлифования независимо от типа производства применяется индивидуальный метод достижения точности размера. Это

объясняется тем, что шлифовальный круг быстро изнашивается, а точность требуется высокая. Пробные замеры для новой установки шлифовального круга в зависимости от типа производства могут производиться вручную или при помощи автоматических устройств. Исключение составляет шлифование установленным кругом, где применяется автоматический метод достижения точности размеров.

Признаки данного метода:

- а) универсальные ненастроенные станки,
- б) применение разметки и выверки,
- в) отсутствие специальных приспособлений.

#### 4.2. Автоматический метод достижения точности размеров

Автоматический метод достижения точности размеров характерен для мелкосерийного, серийного, крупносерийного и массового производств. Размеры при данном методе получаются на настроенных станках. Настройка может быть элементарной, с помощью специальных устройств, применением станков автоматов и полуавтоматов. Исполнитель работы, его квалификация не влияют на точность получаемых размеров. Данный метод используется при выполнении заготовок методами штамповки и литья, за исключением литья в земляные формы ручной формовки. К этим методам относятся сборка, осуществляемая методами взаимозаменяемости.

Метод автоматического достижения точности при механической обработке состоит в том, что инструмент окончательно устанавливается в определенное положение перед обработкой, т. е. настраивается на обрабатываемый размер. После этого вся партия деталей обрабатывается без изменения положения режущего инструмента (рис. 72). Настроечные размеры:  $H_1 = a$ ,  $H_2 = K = D_{\phi}/2 + v$ .

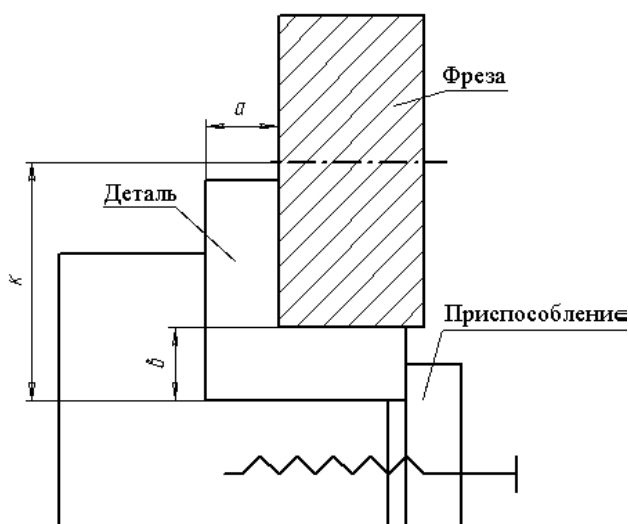


Рис. 72. Настроечные размеры при выполнении автоматического метода достижения точности при механической обработке

Если при методе пробных рабочих ходов и замеров точность обрабатываемой поверхности целиком определяется квалификацией

рабочего, то при применении автоматического метода точность будет зависеть от наладчика (точность установки инструмента на настроечные размеры), от инструментальщика (точность изготовления инструмента), от технолога (правильность назначения технологических баз и размеров, определяющих схему установки детали и конструкцию приспособления).

Преимущества автоматического метода достижения точности:

- а) независимость точности обработки от минимально возможной толщины снимаемой стружки,
- б) независимость точности обработки от квалификации рабочего и его усталости,
- в) повышение производительности обработки,
- г) более низкая себестоимость обработки за счет высокой производительности, снижение брака и уменьшения потребности в квалифицированных рабочих.

Как известно, режущий инструмент в процессе работы изнашивается. При автоматическом методе достижения точности размеров инструмент находится в определенном положении, поэтому появление износа приводит к появлению неточности при обработке. Для компенсации погрешностей, вызванных износом инструмента, производится периодическая поднастройка станка, восстановление первоначального положения детали инструмента. В серийном производстве подобная поднастройка производится вручную методом пробных замеров и рабочих ходов. В крупносерийном и массовом производствах поднастройка осуществляется автоматически.

Признаки данного метода:

- а) использование настроенных станков,
- б) использование специальных и специализированных приспособлений,
- в) работа мерными инструментами,
- г) наличие поднастройки,
- д) использование активных методов контроля.

## 5 Основные методы обработки поверхностей

Методы обработки типовых поверхностей деталей рассматриваются в зависимости от конкретных условий их применения с учетом:

- вида обрабатываемой поверхности;
- типовой формы обрабатываемой детали (вал, втулка, диск, корпус);
- применяемого оборудования.

Из всей совокупности поверхностей деталей можно выделить типовые, наиболее характерные и часто встречающиеся поверхности: наружные цилиндрические поверхности (НЦП) и наружные торцовые поверхности (НТП); внутренние цилиндрические поверхности (ВЦП) и внутренние торцовые поверхности (ВТП); наружные резьбовые поверхности (НРП) и внутренние резьбовые поверхности (ВРП); плоские поверхности (ПП); зубчатые поверхности (ЗП); шпоночные поверхности (ШпП); шлицевые поверхности (ШлП).

Основные методы обработки поверхностей представлены в таблицах:

Таблица 4.1 - Ориентировочная характеристика этапов и видов обработки основных поверхностей детали типа вала

Этапы	Характеристики пов-ти		Виды обработки			
	Точность поверхности, IT	Шероховатость поверхности <sup>*1</sup> , Ra, мкм	Точение	Подрезка торца	Шлифование	Точение НЦП под резьбу
Эчр	13...12	6,3	+	+		+ 7...8h
Эп/ч	11	3,2	+	+	+ <sup>*3</sup>	+ 6h
Эч	10...9	1,6	+	+	+ <sup>*3</sup>	+ 4...5h
Эп	8...7	0,8	+ <sup>*2</sup>	+	+	
Эв	6	0,4	+ <sup>*2</sup>		+	
Эов	5	0,2	+ <sup>*2</sup>		+ <sup>*4</sup>	

+ - Экономически целесообразные методы (виды) обработок.

+ - достижимая точность, но нецелесообразно.

\*1 – без зависимости от размера (диаметра) обрабатываемой поверхности (для первого ряда размеров);

\*2 – рационально для цветных материалов, когда шлифование невозможно;

\*3 – используется когда лезвийная обработка невозможна (обдирочное шлифование);

\*4 – используется только в единичном производстве.

Таблица 4.2 - Способ нарезания резьбовых поверхностей

Способ обработки	Вид поверхности	Степень точности
Единичное производство		
резцами	НР, ВР	4h, 4, 5H
плашками (лерками)	НР	8g
метчиками	ВР	4, 5H
резьбовыми гребенками	НР	7g
дисковыми фрезами	НР	6...8g
шлифованием	НР	4h
Серийное, массовое производство		
метчиками	ВР	4, 5H
дисковыми фрезами	НР	6, 7g
гребенчатыми фрезами	НР, ВР	6, 7g, 6...8H
резьбонарезными головками	НР, ВР	4...6g, 4...6H ( $\varnothing > 32$ )
накатыванием	НР	4h
шлифованием	НР	4h

Таблица 4.3 - Ориентировочная характеристика этапов обработки основных ВЦП

	Характеристики поверхности		Сверление	Зенкерование	Развертывание	Растачивание	Подрезание внутренних торцов	Протягивание	Шлифование	Обработка под резьбу
	Точность поверхности, IT	Шероховатость поверхности <sup>*1</sup> , Ra, мкм								
Эчр	13...12	6,3	Черновое	Черновое		Черновое	Черновое	Черновое		Чр. 7-8H
Эп/ч	11	3,2		П/чистовое		П/чистовое	П/чистовое	П/чистовое	П/чистовое	П/ч 6H
Эч	10...9	1,6			Чистовое	Чистовое	Чистовое	Чистовое	Чистовое	Ч 4-5H
Эп	8...7	0,8			Пов. точности	Пов. точности		Пов. точности	Пов. точности	
Эв	6	0,4			Высокой точности	Высокой точности			Высокой точности	
Эов	5	0,2					Особо высокой точности		Особо высокой точности	

\*1 – без зависимости от размера (диаметра) обрабатываемой поверхности (для первого ряда размеров);

Таблица 4.4 - Характеристика отделочных методов обработки

Группа методов	Методы	Характеристика					
		Исходные			После обработки		
		Tф	Ra	Z	Tф	Ra	кратность перехода
Tф	Хонингование	2÷20	0,4÷1,6	12÷60	1÷10	0,1÷0,4	2÷4 <sup>x</sup>
	Доводка	1÷6	0,2÷0,4	5÷20	0,25÷3,0	0,05÷0,1	2 <sup>x</sup>
Ra	Полирование	-	0,4÷0,8	10÷20	-	0,1÷0,4	2÷4 <sup>x</sup>
	Суперфиниширование	-	0,2÷0,4	7÷10	-	0,0125÷0,1	2 <sup>x</sup>

Таблица 4.5 - Ориентировочные характеристики основных этапов обработки плоских поверхностей

Этапы	Точность поверхности, IT	Шероховатость поверхности*1, Ra, мкм	Стругание	Фрезерование	Протягивание	Шлифование
Эчр	13...12	6,3	Черновое	Черновое	Черновое	
Эп/ч	11	3,2	П/чистовое	П/чистовое	П/чистовое	П/чистовое
Эч	10...9	1,6	Чистовое	Чистовое	Чистовое	Чистовое
Эп	8...7	0,8	Пов. точности	Пов. точности	Пов. точности	Пов. точности
Эв	6	0,4	Высокой точности	Высокой точности	Высокой точности	Высокой точности
Эов	5	0,2				Особо высокой точности

Таблица 4.6 - Ориентировочные методы и способы зубообразования

Степень точности	Методы и способы							Отделочные методы			Ориентировочные этапы обработки	
	Фрезерование			Резцовые головки	Зубопротыгивание	Накатывание		Шлифование (закаленные)	Шевингование HRC 30-32	Прикатка (не закаленные)		Зубохонингование (закаленные)
Тип пр-ва:	дисконной фрезой	червячными фрезами	долбяком			горячее	холодное				Шлифование (закаленные)	
Тип пр-ва:	Е, МС	Е-М, m>5	С-М, m<2,5	С-М	С-М	М	М, m<1	Е-М	Кс-М			
11	3,2÷6,3			3,2÷6,3	3,2÷6,3							Эчр
10	3,2÷6,3	3,2*1		3,2÷6,3	3,2÷6,3	3,2						Эп/ч
9	3,2÷6,3	3,2*1		3,2÷6,3	3,2÷6,3	3,2						Эп/ч
8		1,6*1	1,6				1,6	1,6	0,8	0,4	0,8	Эч
7		0,8*1	0,8				0,8	0,8	0,4	0,2	0,4	Эп
6			0,4					0,4	0,2		0,2	Эв
5								0,2				Эов
Способ обработки	Копирование	Обкатка	Обкатка	Обкатка	Копирование		Обкатка	Копирование, обкатка		Обкатка		
Примечание	для ВЦП, основной метод для Е, МС	основной метод для С			храповики		очень производительный			по необходимости		

**3,2** - Экономически целесообразные методы (виды) обработок, Ra, мкм.

**3,2** - достижимая точность, но нецелесообразно, Ra, мкм.

\*1 – точность достигается за 1 переход.

## 7) Изготовление шпоночных и шлицевых поверхностей.

### Способы формообразования шпоночных поверхностей

Способы и методы	Точность паза по ширине		Тип производства	Способ обработки
	IT	Ra, мкм		
<b>Шпонки</b>				
Фрезерование:				
- дисковой фрезой	11	3,2	Е, МС	Копирование
- концевой фрезой	11	3,2	Е, МС	Копирование
- концевой 2 <sup>x</sup> спиральной фрезой	9	1,6	С	Копирование
Долбление	9	1,6	С-М	Копирование
Протягивание	7	0,8	КС, М	Копирование
<b>Шлицы</b>				
Фрезерование:				
- дисковой фрезой	11	3,2	КС, М	Копирование
- шлицевой червячной фрезой	9	1,6	КС, М	Обкатка
Протягивание	7, 8	0,8	С-М	Копирование
Строгание	7	0,8	КС, М	Копирование
Накатывание	7, 8	0,8	М	Обкатка
Шлифование	7, 8	0,8	Е-М	Копирование