

ТЕМА 6.
Основы проектирования
технологических
процессов сборки

1. Характеристика сборочных процессов и организационные формы сборки.
2. Точность выполнения сборочных операций.
3. Технологические методы сборки.
4. Разработка технологического процесса сборки.
5. Особенности нормирования сборочных операций.

Характеристика сборочных процессов.

Сборка – образование соединений составных частей изделия. Соединение может быть разъемным или неразъемным. К видам соединений относятся: запрессовка, свинчивание, сварка, пайка, склеивание и т.п.

По стадиям различают следующие виды сборки:

- предварительную сборку, разборку с целью определения размера компенсатора;
- промежуточную – для совместной дальнейшей обработки сборочной единицы (например, нижняя головка шатуна);
- под сварку (может вводиться как сборочная операция в поточной линии);
- окончательную сборку, после которой разборка не предусмотрена.

В зависимости от метода образования соединений существуют следующие виды сборки:

- слесарная – слесарно-сборочные операции;
- монтаж – установка изделия или его составных частей на месте использования;
- электромонтаж – монтаж изделий, имеющих токоведущие элементы;
- сварка, пайка, клейка, склеивание.

При сборке различают следующие виды соединений:

- **неподвижное разъемное и неразъемное;**
 - подвижное разъемное и неразъемное.
- К неподвижным разъемным соединениям относятся такие, которые можно (после сборки) разобрать без повреждения сочленяющих соединяемых деталей (резьбовые, шпоночные и т.п.).
- К неподвижным неразъемным соединениям относятся такие, расчленение которых (после сборки) невозможно без повреждения или разрушения сочлененных деталей (сварка, пайка, склеивание, развальцовка и т.п.).
- К подвижным разъемным соединениям относятся такие, в которых детали сопрягаются по подвижной посадке (зубчатые зацепления).
- К подвижным неразъемным соединениям относятся подшипники качения, втулочно-роликовые цепи и т.п.

Точность выполнения сборочных операций

Точность сборки – важнейшее условие получения изделия с заданными качественными показателями.

Погрешности при выполнении сборочных операций вызваны такими основными причинами:

- отклонения от точности размеров, геометрической формы и взаимного расположения поверхностей сопрягаемых деталей;
- несовершенство качества поверхности деталей;
- отклонение от точности установки (ориентирование) и закрепления деталей при сборке;
- остаточные напряжения в материале, которые вызывают деформации, нарушение зазоров и посадок;
- геометрические неточности сборочного оборудования, инструмента и оснастки;
- неправильная настройка и режимы работы сборочного оборудования.

Наиболее прогрессивные методы сборки можно использовать при наличии взаимозаменяемых деталей, подлежащих сочленению. Однако, это возможно лишь в условиях массового или крупносерийного производства.

Рассмотрим многозвенную цепь. Погрешность замыкающего звена $\omega_{A_3'}$ определяется из уравнения:

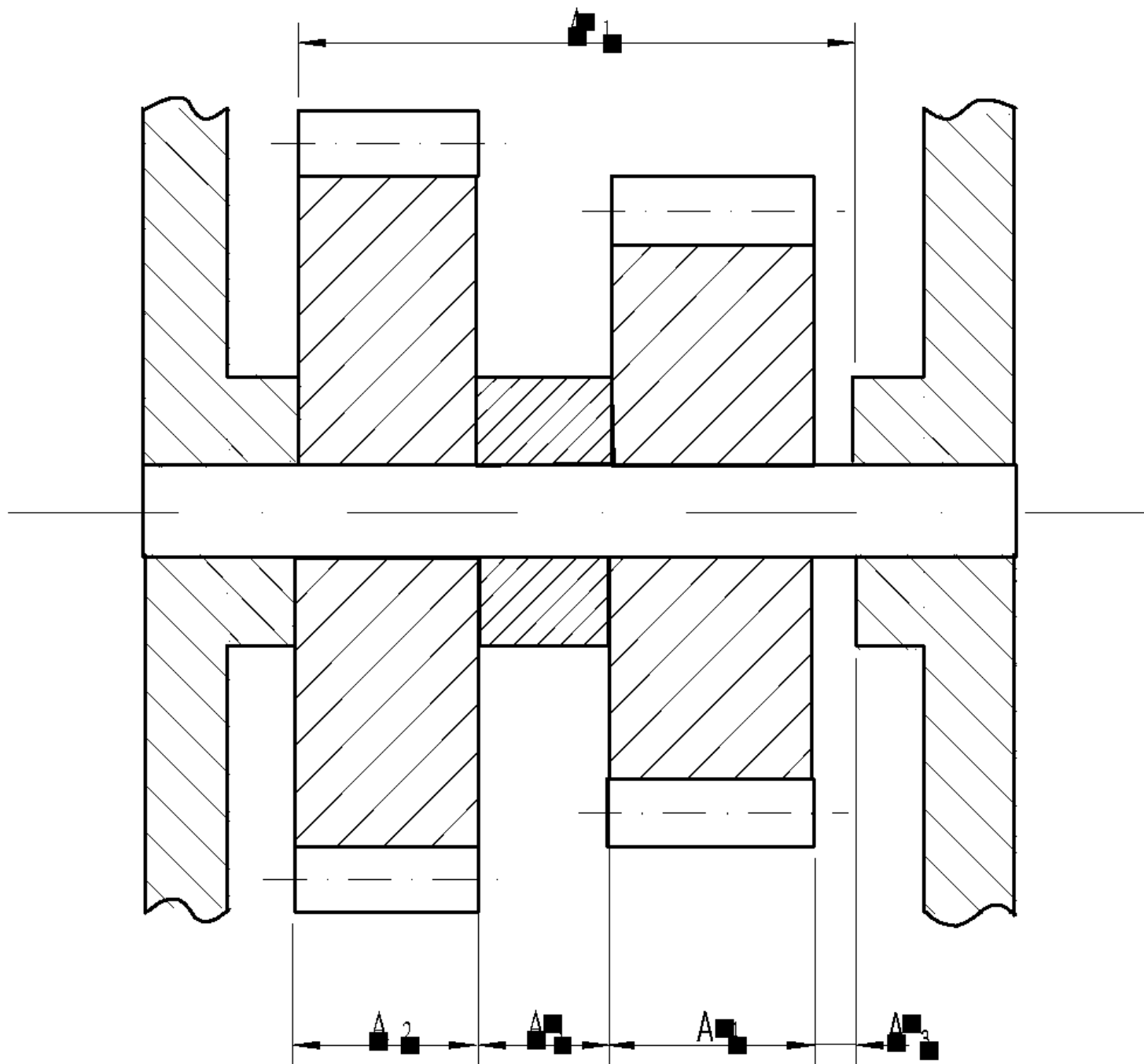
$$\omega_{A_1} = \omega_{A_2} + \omega_{A_3} + \omega_{A_4} + \omega_{A_3'}$$

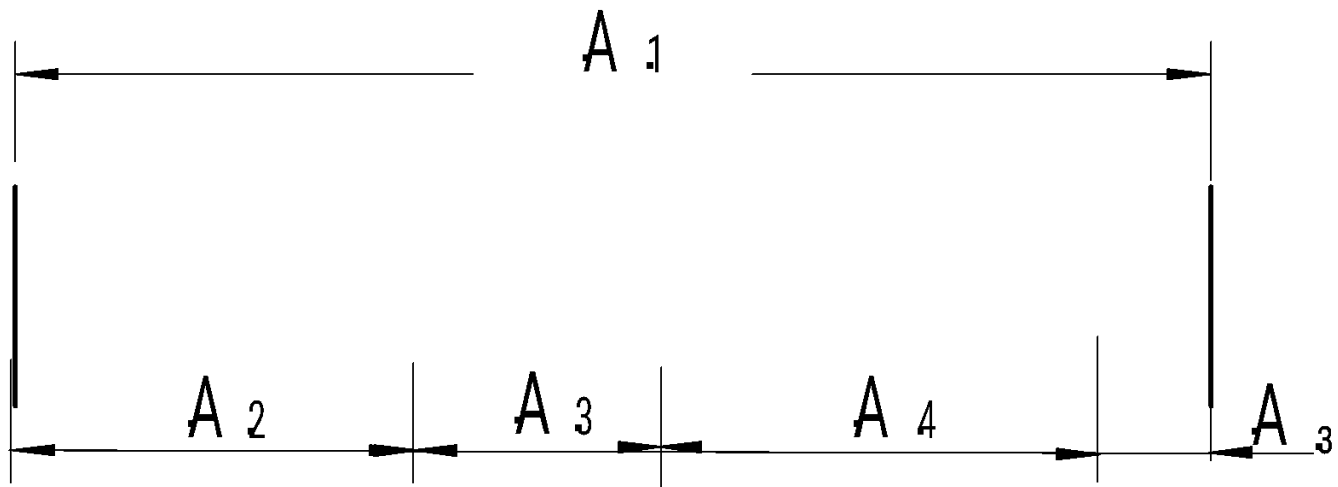
откуда:

$$\omega_{A_3'} = \omega_{A_1} - \omega_{A_2} - \omega_{A_3} - \omega_{A_4}$$

или по условию «собираемостью узла»

$$\omega_{A_3'} = \omega_{A_1} + (-\omega_{A_2}) + (-\omega_{A_3}) + (-\omega_{A_4})$$





Таким образом, правила построения размерной цепи в общем виде:

погрешность размера замыкающего звена размерной цепи равна алгебраической сумме погрешностей размеров составляющих звеньев этой цепи:

$$\omega_3 = \sum_{i=1}^{n-1} \omega_i$$

где ω_i – погрешность размера i -го звена;

n – количество звеньев размерной цепи, в том числе замыкающего звена;

допуск на замыкающее звено размерной цепи равен алгебраической сумме допусков размеров составляющих звеньев этой цепи:

$$T_3 = \sum_{i=1}^{n-1} T_i$$

где T_i – допуск i -го звена цепи.

Требуемая точность сборки должна быть достигнута соответствующими технологическими методами сборки.

Технологические методы сборки

В зависимости от типа производства различают пять методов достижения точности замыкающего звена при сборке:

- полной взаимозаменяемости;
- неполной (частичной) взаимозаменяемости;
- групповой взаимозаменяемости;
- регулировки;
- пригонки.

В основном применяют первые два метода, обеспечивающие взаимозаменяемость при сборке с наименьшими затратами труда.

Метод полной взаимозаменяемости основан на том, что требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается у всех путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их величин.

Основан этот метод на расчете размерных цепей на \max и \min . Метод прост и обеспечивает 100% взаимозаменяемость. Недостаток – уменьшает допуски на составляющие звенья, т.е. основывается на расчете по крайним предельным отклонениям размеров цепи при неблагоприятном их сочетании (вал – с \min диаметром, втулка – с \max).

Размерной цепью называется совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи и образующих замкнутый контур. Размеры обозначаются прописными буквами русского алфавита (например, А, Б, В и т.д.).

Размеры, входящие в цепь, называются звеньями размерной цепи. Различают:

- замыкающее (исходное) звено – звено, получаемое в цепи последним в результате решения поставленной задачи при изготовлении или ремонте или являющее исходным при постановке задачи;
- увеличивающие звенья – звенья, с увеличением которых замыкающее звено (при прочих постоянных) увеличивается;
- уменьшающие звенья – звенья, с увеличением которых замыкающее звено (при прочих постоянных) уменьшается;
- компенсирующее звено – звено, изменением размера которого достигается требуемая точность замыкающего звена;

Обозначение звеньев те же, что и размеров (А, Б, В и т.д.), но с добавлением индексов:

Δ – для замыкающего звена;

i – порядковый номер составляющего звена с указанием стрелкой:

Б

(\rightarrow) – увеличивающее звено, (\leftarrow) – уменьшающее звено, $\boxed{Б}$ – компенсирующее звено.

Решение обратной задачи:

- номинальный размер замыкающего звена

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} A_i$$

- допуск замыкающего звена

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} TA_i$$

- верхнее отклонение

$$A_{\Delta \max} = \sum_{i=1}^n \overset{\boxtimes}{A}_{i \max} - \sum_{i=1}^m \overset{\boxtimes}{A}_{i \min}$$

- нижнее отклонение

$$A_{\Delta \min} = \sum_{i=1}^n \overset{\boxtimes}{A}_{i \min} - \sum_{i=1}^m \overset{\boxtimes}{A}_{i \max}$$

Метод полной взаимозаменяемости

- отличается от предыдущего тем, что с целью снижения себестоимости обработки допуски на размеры составляющих звеньев преднамеренно увеличивают.

Если предположить, что действительные отклонения размеров составляющих звеньев являются случайными независимыми величинами, то, применяя для расчетов допуска на замыкающее звено метод суммирования по теории вероятности, получим:

$$TA_{\Delta} = K \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} [a_i (TA_i)^2]}$$

где K – коэффициент риска, характеризующий процент выхода значений замыкающего звена за пределы установленного допуска (при $K=3$ риск брака равен 0,2%); a – коэффициент, характеризующий закон распределения.

Использование этого метода целесообразно для достижения точности в многозвенных размерных цепях.

Метод групповой взаимозаменяемости

- основан на том, что детали изготавливают с увеличенными полями допусков. Перед сборкой сопрягаемые детали сортируют на размерные группы с одинаковыми допусками.

Обычно определяют производственные (кратные) допуски, увеличивая их в кратное число раз.

Производственные допуски определяют по формулам: $TA_{1K} = kTA_1$ $TA_{2K} = kTA_2$ где k – коэффициент кратности допусков (или количество групп сортировки деталей); TA_1 , TA_2 – величины допусков для сопрягаемых деталей.

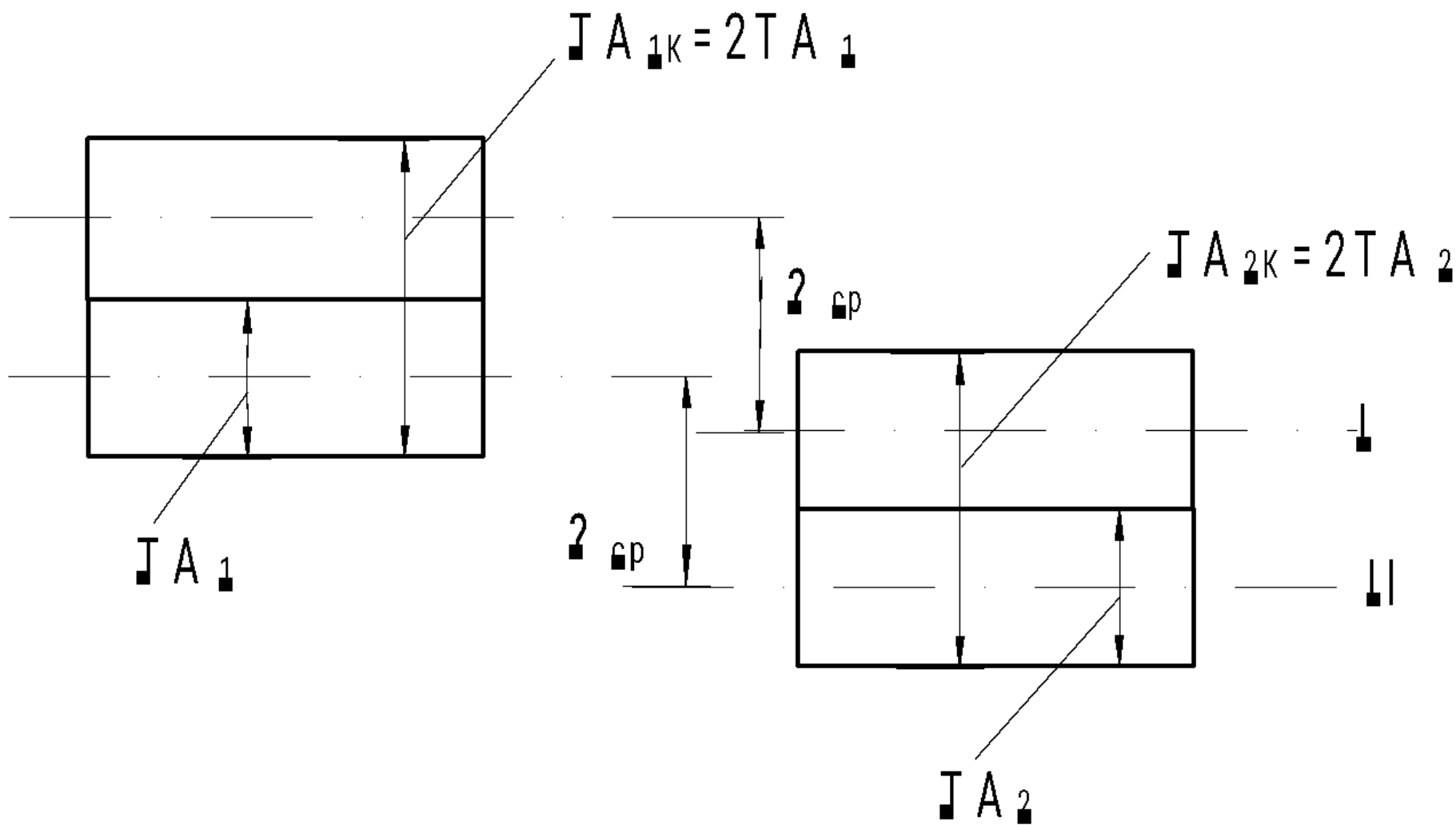
Общее поле технологических допусков: $TA_0 = TA_{1K} + TA_{2K} = k(TA_1 + TA_2)$

$$k = \frac{TA_{1K} + TA_{2K}}{TA_1 + TA_2}$$

Для обеспечения среднего для всех зазора или натяга $\Delta_{ср}$ необходимо, чтобы

$$TA_1 = TA_2$$

Таким образом, в пределах одной размерной группы сборку деталей ведут по методу полной взаимозаменяемости.



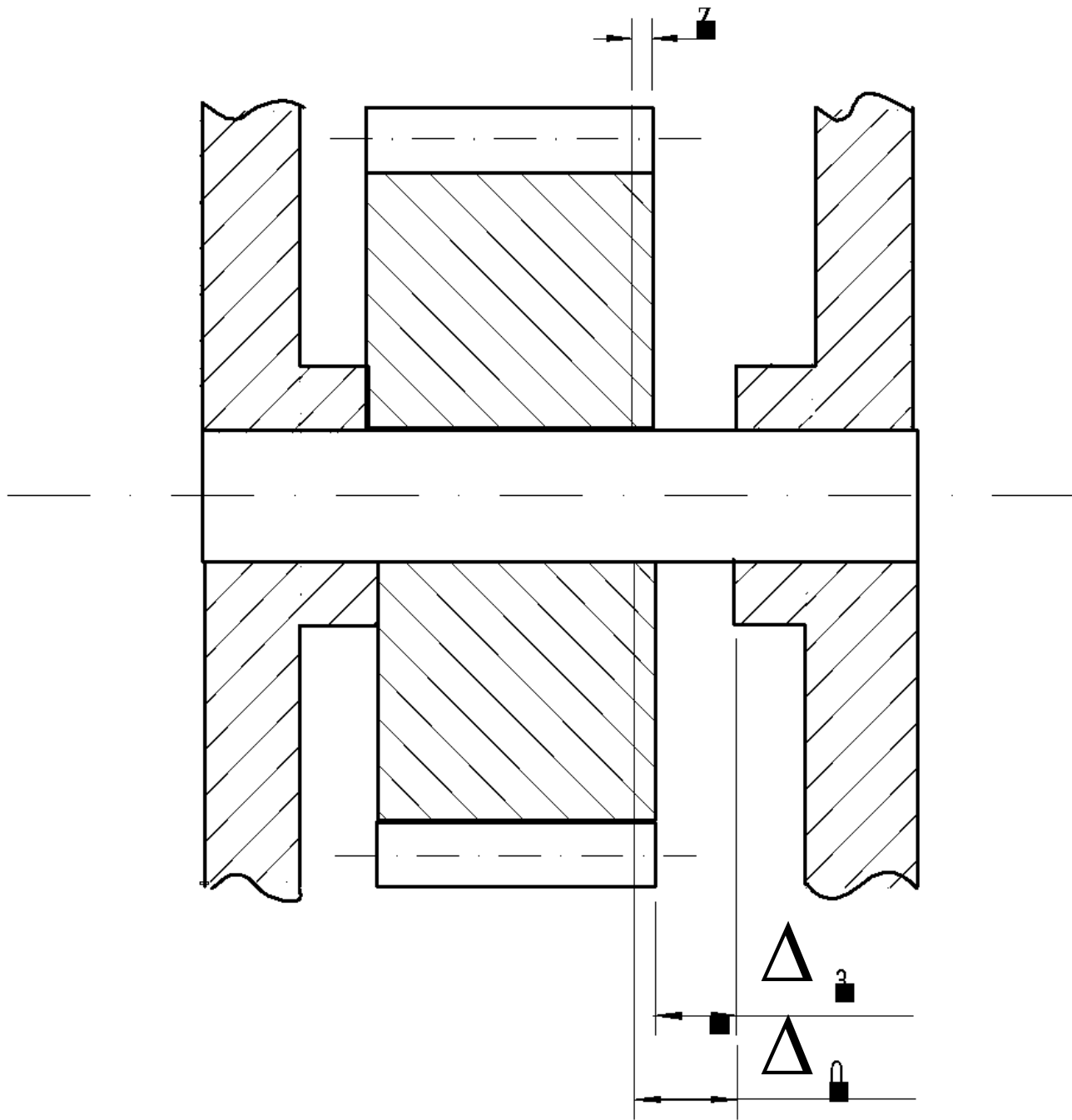
Метод подгонки

- применяется в единичном и мелкосерийном производстве. Заданная точность достигается снятием с одной из сопрягаемых деталей необходимого слоя материала.

Заданный зазор Δ_3 достигается подгонкой детали опиловкой, шабрением, притиркой и т.п. Припуск на подгонку:

$$z = \Delta_3 - \Delta_0 \quad z = T_{3\max} - T_3$$

где $T_{3\max}$ – max допуск замыкающего звена, назначается с учетом расширенного поля допуска на размеры сопрягаемых деталей;
 T_3 – заданный допуск на замыкающее звено.



Метод регулировки

- **основан на том, что заданная точность размера замыкающего звена достигается изменением размера компенсирующего звена (компенсатора) – заранее выбранного элемента, исполнительный размер которого имеет увеличенный размер допуска, с помощью которого достигается необходимый размер замыкающего звена.**
- **Этот метод широко применяется в машиностроении, так как он обладает широкой универсальностью, не зависит от числа звеньев размерной цепи, допуска на замыкающее звено и типа производства. С помощью компенсаторов можно регулировать не только допуск на замыкающее звено в процессе сборки, но и износ основной детали в процессе эксплуатации машины.**

Разработка технологического процесса сборки

Для проектирования сборочных операций необходимо определить организационно-технологические характеристики сборки.

Такт сборки – это рассчитанный фонд времени (сменный, месячный, годовой), деленный на программу выпуска за соответствующий период:

$$\tau = \frac{\Phi_{\text{д.о.}}}{N_{\text{в}}}$$

Организационные формы сборки зависят от такта и типа производства. Различают стационарную и поточную организацию сборки.

Стационарная сборка – выполнение сборочных операций на постоянных рабочих местах, к которым подаются узлы, детали, комплектующие изделия. Мелкосерийное производство, рабочие высокой квалификации.

Поточная сборка – сборочные процессы на подвижных или неподвижных специализированных постах поточной линии.

Подвижная поточная сборка – объект передвигается по конвейеру. Серийное или массовое производство.

Неподвижная поточная сборка – на неподвижных рабочих постах; выполняются специализированные виды сборочных работ, передвигаясь от одного поста к другому. Серийное производство.

Продолжительность сборки на поточной линии:

$$T_{\text{сб.л}} = \tau \cdot n_{\text{р.м.}}$$

где р.м. – количество рабочих мест на линии сборки, определяется количеством сборочных и контрольных операций, количеством рабочих мест (для подгонки, притирки и т.д.).

Производительность сборки на данном рабочем месте:

$$N_{\text{сб}} = \frac{\Phi_{\text{д.о.}} \cdot R_{\text{сп}}}{t_{\text{шт.сб.}}}$$

где $N_{\text{сб}}$ – количество собираемых изделий за планируемый промежуток времени (смена, месяц, год);

$\Phi_{\text{д.о.}}$ – действительный фонд времени за этот же промежуток;

$t_{\text{шт.сб.}}$ – штучное время;

$R_{\text{сп}}$ – списочная численность рабочих на данном рабочем месте

Коэффициент загрузки рабочих мест:
Общий коэффициент загрузки поточной линии:

$$\eta_{з.сб.} = \frac{t_{ум.сб.}}{\tau R_{сн}}$$

Общий коэффициент загрузки поточной линии:

$$\eta_{з.л.} = \frac{1}{n_{р.м.}} \sum_{i=1}^{i=n_{р.м.}} \eta_{з.сб.i}$$

Коэффициент трудоемкости сборочного процесса:

$$\eta_{тр.сб.} = \frac{T_{сб}}{T_{обр}}$$

где $T_{сб}$, $T_{обр}$ – трудоемкость сборки и обработки всех элементов, входящих в сборочную единицу (час, минута, чел/час).

Под технологической операцией сборки подразумевают законченную часть сборочного процесса, осуществляемую на одном рабочем месте или группой рабочих.

Операции расчленяются на переходы, установовы, приемы.

Сборочным переходом называется законченная часть операции, выполняемая без смены инструмента или приспособления. Переходы могут быть технологическими и вспомогательными. Вспомогательные переходы, как и при механической обработке, не связаны непосредственно с количественными и качественными измерениями объекта сборки, а служат для выполнения технологических переходов.

Переходы расчленяются на отдельные операции – части перехода, состоящие из простейших движений рабочего или инструмента.

Установом называется каждое отдельно взятое действие по приданию собираемым объектам определенного относительного положения.

При проектировании учитывают тип производства и организационные формы сборки. Например, при поточной сборке продолжительность операции должна быть равной или кратной такту сборки.

При сборке необходимо:

особое внимание уделить точности базирования, схеме закрепления базовых элементов;

выбрать технологическое оборудование, приспособления, инструмент;

определить режимы выполнения операций, нормы времени, разряд работы и т.д.

Эффективность разработанного технологического процесса сборки оценивают по трудоемкости, себестоимости или по коэффициентам себестоимости и трудоемкости:

$$\eta_{себ} = \frac{C_{сб}}{C_{обр}}$$

Особенности нормирования сборочных операций

При выполнении слесарно-сборочных работ трудно разграничить основное и вспомогательное время: приемы выполняются как единый комплекс работ. Поэтому выделяют неполное оперативное время: время установки и снятия деталей определяют отдельно, так как эти приемы при выполнении ручных работ носят самостоятельный характер и продолжительны.

$$t_{шт.сб.} = t_{н.оп.} + t_{у.е.} + t_{обсл.} + t_{ф.}$$

В серийном производстве включается подготовительно-заключительное время.

Норма на партию:

$$T_{п} = t_{шт.сб.} \cdot n + T_{п.з.}$$