

Тема 5. Складання і розрахунок розмірних ланцюгів. [1 с. 223-238; 2 с. 183-190].

- 5.1 Замикальна ланка.
- 5.2 Збільшувальні та зменшувальні ланки.
- 5.3 Визначення коефіцієнту точності.
- 5.4 Вибір квалітету.
- 5.5 Технологічний принцип призначення граничних відхилів.

У машин, механізмів і окремих деталей взаємне розташування осей і поверхонь залежить звичайно від великого числа розмірів, що сполучаються.

Визначення допусків на всі ці розміри є складною задачею, що вирішується розмірним аналізом. Встановлення раціональних допусків розмірів, що визначають взаємне розташування осей і поверхонь, не тільки забезпечує взаємозамінність і полегшує процес складання, але, як правило, обумовлює експлуатаційні якості машини. Велике значення має використання розмірного аналізу при ремонті машин, коли необхідно відновлювати первісне взаємне розташування осей і поверхонь.

5.1 Замикальна ланка.

Розмірний аналіз заснований на складанні і розрахунку розмірних ланцюгів.

Розмірним ланцюгом називається сукупність розмірів, що утворює замкнутий контур, і визначає розташування осей і поверхонь.

Розміри, що утворюють розмірний ланцюг, називаються ланками. Ланка, що є вихідна при постановці задачі і яка при складанні, виготовленні або вимірі деталі є остання, називається замикаючою. Інші ланки називаються складовими. Прийнято позначати ланки, що входять у ланцюг, однією прописною буквою російського алфавіту.

На рисунку 5.1 зображений підтримувальний ролик, що кріпиться на осі шайбою і гайкою. Для забезпечення можливості вільного обертання ролика на осі, крім радіального зазору, повинний бути забезпечен осьовий зазор A_{Δ} . Його величина залежить від довжини гладкої ненарізаної частини осі A_1 , товщини шайби

A_2 , і ширини ролика A_3 . Ці розміри й утворять складальний або конструкторський розмірний ланцюг.

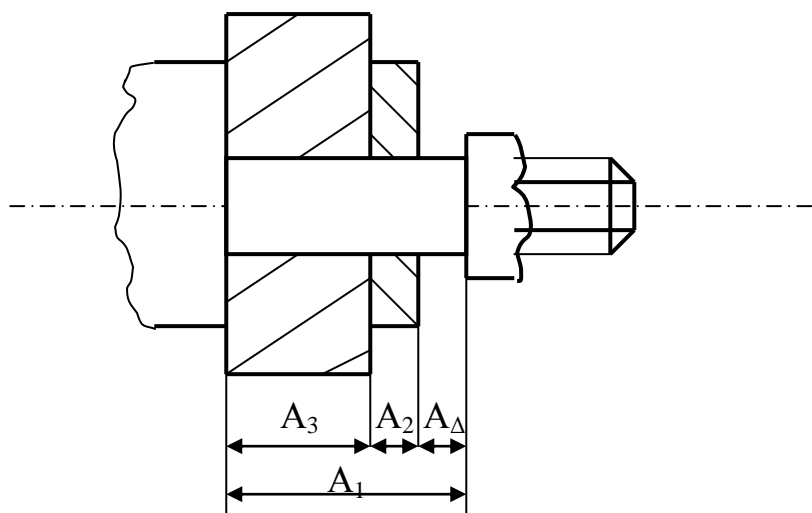


Рисунок 5.1 – Складальний розмірний ланцюг.

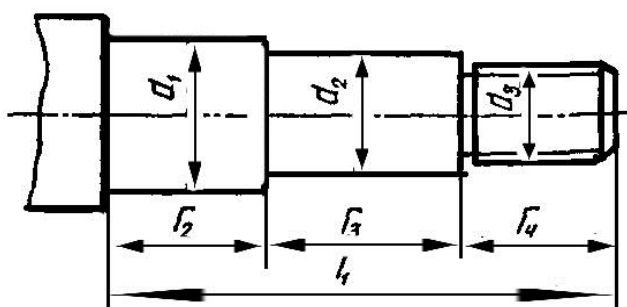


Рисунок 5.2 – Подетальний розмірний ланцюг.

Прикладом технологічного розмірного ланцюга є розмірний ланцюг східчастого валика (рис.5.2).

Яка з ланок розмірного ланцюга східчастого валика буде замикаючою, залежить від технології її виготовлення. Якщо валик буде оброблений спочатку під діаметр d_1 , на довжині Γ_1 потім під діаметр d_2 на довжині $(\Gamma_1 - \Gamma_2)$ і, нарешті, під діаметр d_3 на довжині $(\Gamma_1 - \Gamma_2 - \Gamma_3)$, то останнім виявиться розмір Γ_4 , що і буде замикаючим. Якщо ж обробляти валик за допомогою копіювального пристрою і спочатку одержати d_3 на довжині Γ_4 , потім d_2 на довжині Γ_3 , і, нарешті d_1 на довжині Γ_2 , то в цьому випадку останнім виявиться розмір Γ_1 , що є сумою вже отриманих розмірів. При такій технології виготовлення розмір Γ_1 буде замикаючою ланкою розмірного ланцюга.

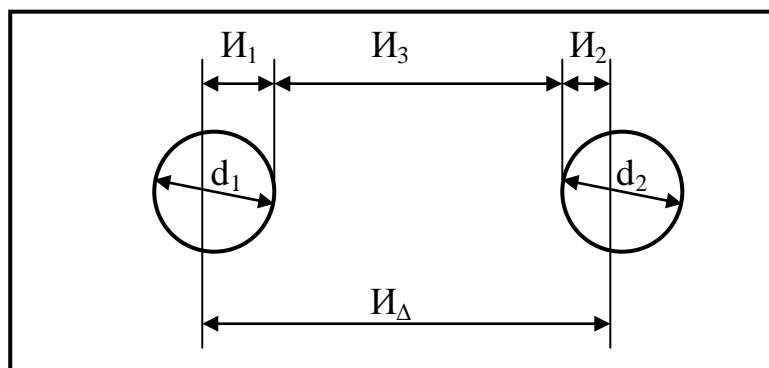


Рисунок 5.3 – Вимірювальний розмірний ланцюг.

Приклад вимірювального розмірного ланцюга приведений на рис.5.3. При вимірі міжосьової відстані вимірюють діаметри отворів d_1 і d_2 і відстань між отворами I_3 . Шукана міжосьова відстань буде дорівнювати:

$$I_{\Delta} = I_1 + I_2 + I_3$$

де $I_1 = d_1/2$;

$$I_2 = d_2/2$$

Складові ланки по-різному впливають на замикаючу ланку.

5.2 Збільшувальні та зменшувальні ланки.

Наприклад, при збільшенні розміру A_1 (рис.5.1) і постійному розмірі інших ланок замикаюча ланка буде збільшуватися. При збільшенні кожного з розмірів A_2 або A_3 і постійному розмірі інших ланок замикаюча ланка буде зменшуватися. Ланки, зі збільшенням яких замикаюча ланка також збільшується, називають збільшувальні. А ланки, зі збільшенням яких замикаюча ланка зменшується, називають зменшувальні.

Розмірні ланцюги можуть лінійними, ланками яких є лінійні розміри, і кутовими, ланками яких є кутові розміри.

Розрізняють також плоскі і просторові розмірні ланцюги.

У плоских розмірних ланцюгах лінійні розміри можуть бути спрямовані під кутом друг до друга, але розташовуватися в одній або декількох рівнобіжних площинах, у просторових розмірних ланцюгах – у непаралельних площинах.

Тому що розмірний ланцюг – замкнутий контур, сума номінальних розмірів ланок збільшувальних, повинна бути дорівнювати сумі номінальних розмірів ланок зменшувальних, і замикаючої ланки, тобто в загальному виді:

$$\sum A_i^{зб} = \sum A_i^{зМ} + A_{\Delta},$$

відкіля

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m A_i^{зб} - \sum_{i=m+1}^{n-1} A_i^{зМ},$$

де A_{Δ} - номінальний розмір замикаючої ланки;

$\sum A_i^{зб}$ - сума номінальних розмірів ланок збільшувальних;

$\sum A_i^{зМ}$ - сума номінальних розмірів ланок зменшувальних;

m – число ланок збільшувальних;

n – загальне число ланок розмірного ланцюга.

Методи досягнення точності замикаючої ланки

Пряма задача полягає у визначенні допусків і граничних відхилів на всі складові ланки по відомому допуску і граничних відхилів замикаючої ланки.

Зворотна задача полягає у визначенні допуску і граничних відхилень замикаючої ланки по відомих допусках і граничних відхилах усіх складових ланок. Як правило, вона використовується для перевірки правильності призначення допусків і граничних відхилів складових ланок рішенням прямої задачі. Обидві ці задачі, що мають своєю метою досягнення необхідної точності замикаючої ланки, можуть вирішуватися різними методами:

1. Методи, що забезпечують взаємозамінність:

Метод \max - \min
(повної взаємозамінності)

Метод ймовірності
(неповної взаємозамінності)

2. Методи, що забезпечують точність замикаючої ланки (методи компенсації)

Метод пригонки

Метод
регулювання

Метод групової
взаємозамінності

У розмірних ланцюгах, у яких повинна бути забезпечена повна взаємозамінність, допуски розраховують по методу $\max - \min$.

Метод розрахунку розмірних ланцюгів на $\max - \min$

Щоб забезпечити повну взаємозамінність, необхідно навіть при самих несприятливих умовах сполучення розмірів складових ланок одержати розміри замикаючої ланки в заданих межах. Цей принцип лежить в основі методу розрахунку на $\max - \min$.

Запишемо вираження максимального і мінімального значення замикаючої ланки:

$$A_{\Delta \max} = \sum_{i=1}^m A_i^{3\bar{b}} - \sum_{m+1}^{n-1} A_i^{3M};$$

$$A_{\Delta \min} = \sum_{i=1}^m A_i^{3\bar{b}} - \sum_{m+1}^{n-1} A_i^{3M};$$

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

$$ESA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m ESA_i^{3\bar{b}} - \sum_{m+1}^{n-1} EIA_i^{3M},$$

Аналогічно

$$EJA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m EIA_i^{3\bar{b}} - \sum_{m+1}^{n-1} ESA_i^{3M},$$

Ці рівності можна записати у виді, більш зручному для розрахунку розмірних ланцюгів, виразивши граничні відхили через координату середини полючи допуску або, іншими словами, через середній відхил EMA_i , що дорівнює:

$$EMA_i = \frac{ESA_i + EJA_i}{2}, \quad (4.7)$$

Тоді

$$ESA_i = EMA_i + 0.5TA_i, \quad (4.8)$$

$$EJA_i = EMA_i - 0.5TA_i, \quad (4.9)$$

Аналогічно для замикаючої ланки

$$ESA_{\Delta} = EMA_{\Delta} + 0.5TA_{\Delta},$$

$$EJA_{\Delta} = EMA_{\Delta} - 0.5TA_{\Delta}$$

Щоб одержати формулу, що визначає середній відхил замикаючої ланки, складемо рівності (4.5 і 4.6) і розділимо на 2, одержимо:

$$EMA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m EMA_i^{3b} - \sum_{m+1}^{n-1} EMA_i^{3m}, \quad (4.10)$$

А для будь-якого виду розмірних ланцюгів:

$$EMA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} \xi_i \cdot EMA_i, \quad (4.11)$$

Таким чином, ми одержали всі рівняння, необхідні для рішення зворотної задачі.

5.3 Визначення коефіцієнту точності.

Більш складної є пряма задача, коли по відомому допуску і відхилам замикаючої ланки потрібно знайти допуски і відхили всіх складових ланок. Оскільки допуск на замикаючу ланку повинний бути дорівнює сумі допусків усіх складових ланок, суть задачі зводиться до тому, як розподілити допуск замикаючої ланки між усіма складовими ланками. Пряма задача може вирішуватися двома способами:

- 1) способом рівних допусків;

2) способом призначення допусків одного квалітету.

При способі рівних допусків, коли складові ланки є близькими по величині і можуть бути виконаними з однаковою точністю.

$$TA_1 = TA_2 = \dots = TA_{n-1}$$

Тоді $TA_{\Delta} = (n-1)TA_i$

Відкіля $TA_i = \frac{TA_{\Delta}}{n-1}$

Тобто допуск будь-якого складової ланки дорівнює допускові замикаючої ланки, діленому на число складових ланок. Цей спосіб простий, але не враховує різницю в номінальних розмірах складових ланок і зв'язану з нею різницю в технологічній складності одержання розмірів із заданими допусками. Тому спосіб рівних допусків застосовують тільки для орієнтованих розрахунків і попередньої оцінки точності виготовлення складових ланок. Щоб складність одержання заданої точності всіх ланок була приблизно однаковою, необхідно призначити допуски одного квалітету, а для цього треба допуск замикаючої ланки розділити пропорційно одиниці допуску кожного складової ланки. Допуск ланки дорівнює:

$$TA_i = K \cdot i_{Ai}$$

Підставивши це значення допуску у вираження

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

Одержимо $TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} k \cdot i_{Ai} = k \sum_{i=1}^{n-1} i_{Ai}$

5.4 Вибір квалітету.

Тому що ми хочемо призначити допуски одного квалітету, число одиниць допуску у всіх ланок повинне бути однаковим. Звідси:

$$k = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{i=1}^{n-1} i_{Ai}}$$

По отриманому числу одиниць допуску, або коефіцієнтові точності k , знаходять квалитет, по якому необхідно призначити допуски на усіх ланки.

Якщо коефіцієнт точності k не підходить близько до жодного квалитетові, а має якесь середнє значення, можна на частину ланок, більш складних у виготовленні, призначити допуски по найближчому грубому квалитеті, а на інші – по більш точному. При цьому повинно дотримуватися умова:

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

5.5 Технологічний принцип призначення граничних відхилів.

Граничні відхили бажано призначати по технологічному принципі, тобто відповідно до правил, виробленими практикою стосовно до існуючих технологічних процесів виготовлення деталей. Для розмірів поверхонь, що охоплюють, (діаметр отвору, ширина паза й ін.) відхили призначають як для основного отвору H , тобто $EJ=0$ мкм $H(^{+JT}_0)$.

Для розмірів, охоплюваних поверхонь (діаметр вала, товщина виступу й ін.) відхили призначають, як для основного вала, h тобто $es=0$ або $h(^0_{.JT})$. Для таких розмірів, як глибина отвору, ширина уступу, міжцентрова відстань, граничні відхили звичайно приймають симетричними $\pm JT/2$.

Призначені відхили повинні задовольняти умовам:

$$ESA_{\Delta} \geq \sum_{i=1}^m ESA_i^{3\sigma} - \sum_{m+1}^{n-1} EIA_i^{3M},$$

$$EJA_{\Delta} \leq \sum_{i=1}^m EIA_i^{3\sigma} - \sum_{m+1}^{n-1} ESA_i^{3M},$$

У розмірний ланцюг часто входять розміри, допуски на які уже відомі, і змінювати них не можна. До таких ланок відносяться в першу чергу розміри стандартизованих деталей (болтів, гайок, кілець підшипників кочення і т.д.). Розміри цих деталей, що входять у розмірний ланцюг, будуть впливати на розмір замика-

ючої ланки, тому при розрахунках допусків складових ланок необхідно враховувати і відомі вже допуски ланок.

При розрахунку розмірних ланцюгів методом повної взаємозамінності відомі допуски ланок враховують у такий спосіб. Допуск замикаючої ланки дорівнює сумі допусків усіх складових ланок, у тому числі і відомих. Але тому що змінити відомі допуски ланок не можна, те частину допуску, що залишилася, замикаючої ланки варто розподілити між іншими ланками. Виходячи з цього, коефіцієнт точності ланцюга з наявними відомими допусками можна визначити по формулі:

$$k = \frac{TA_{\Delta} - \sum_{q+1}^{n-1} TA_{i\text{ооп}}}{\sum_{i=1}^q i A_{i\text{ивиз}}},$$

де $\sum TA_{i\text{від}}$ – сума відомих допусків складових ланок;

$\sum i A_{i\text{виз}}$ – сума одиниць допуску всіх інших (обумовлених) складових ланок;

q – число ланок, для яких визначаються допуски.

Подальший розрахунок роблять у звичайній послідовності. Якщо ці умови не дотримуються, коректують відхили. Коли допуск приходиться трохи зменшити, тоді коректування здійснюють за рахунок найбільше просто виготовленої і вимірюваної ланки. Коли ж шляхом коректування допуск можна трохи розширити, її здійснюють за рахунок найбільш складного у виготовленні ланки. При відомих допусках замикаючої ланки й усіх, крім одного, що складають ланок допуск коригувальної ланки може бути знайдений з рівняння:

$$TA_{\text{кор}} = TA_{\Delta} - \sum_{i=1}^{n-2} i TA_i$$

Якщо допуск по цьому рівнянню виходить з негативним знаком або надзвичайно малим, варто застосовувати більш точний квалитет для одного або декількох складових ланок.

Координату середини полючи допуску коригувальної ланки визначають по одній з формул у залежності від того, якої є обрана коригувальна ланка.

Для коригувальної ланки, що збільшує:

$$EMA_{кор}^{зб} = \sum_{m+1}^{n-1} EMA_i^{зм} - \sum_{i=1}^{m-1} EMA_i^{зб} + EMA_{\Delta},$$

Для коригувальної ланки, що зменшує:

$$EMA_{кор}^{зм} = \sum_{i=1}^m EMA_i^{зб} - \sum_{m+1}^{n-2} EMA_i^{зм} - EMA_{\Delta},$$

Верхнє і нижнє відхили коригувальної ланки знаходять по формулах. Перевагами розрахунку розмірних ланцюгів повної взаємозамінності є спрощення процесу зборки і можливість його точного нормування, створення більш сприятливих умов для спеціалізації і коректування виробництва. До недоліків цього методу варто віднести одержання зайве твердих, технологічно важко здійснених допусків, неможливість використання його для розрахунку ланцюгів високої точності. Виходячи з цієї характеристики методу повної взаємозамінності, можна визначити область його застосування:

- 1) попередній розрахунок допусків;
- 2) розрахунок допусків у дрібносерійному й індивідуальному виробництві;
- 3) розрахунок розмірних ланцюгів невисокої точності;