

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК НА НАСТРОЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ

Трухман И.М. Рамзаева Е.А. Мартынов В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

При проектировании технологических процессов (ТП) механической обработки заготовок одним из основных требований, предъявляемых к проектным решениям является снижение трудоёмкости и себестоимости изготовления деталей. Если рассматривать задачу с позиций размерного анализа, то на основании анализа многочисленных работ в этой области можно сделать вывод - решение вышеназванной проблемы в общей постановке сводится к минимизации количества составляющих звеньев в размерных цепях, образованных как относительно припусков, так и относительно конструкторских размеров. Первое приводит к снижению колебания припусков и тем самым к повышению КИМ, второе, при косвенном выдерживании точности конструкторских размеров, гарантирует обработку исходной заготовки на всех ступенях с экономической точностью.

Пользуясь математическим аппаратом теории размерных цепей, вышесказанное можно записать следующим образом:

$$T_{\Delta_i} = \sum_{m+n} T_j \longrightarrow \min, \quad (1)$$

где T_{Δ_i} - допуск (колебание) замыкающего звена размерной цепи, которым может быть либо конструкторский размер, либо припуск, или его неравномерность;

m, n - соответственно количество увеличивающих и уменьшающих звеньев в размерной цепи;

T_j - допуск составляющего звена.

Анализ формулы (1) позволяет сделать вывод, что идеальной размерной цепью будет двухзвенная, т.е. состоящая из одного замыкающего и одного составляющего звена. В практике спроектировать ТП со всеми двухзвенными размерными цепями невозможно. Сформулированные в технологии машиностроения принципы базирования [1] и критерии оптимизации размерной структуры ТП [2] позволяет в какой то степени приблизить проектные решения к оптимальным.

Помимо вышесказанного в работах [1,3] авторами было показано, что сократить количество составляющих звеньев в размерных

цепях возможно, если учитывать параллельную связь составляющих звеньев на уровне СПЗИ. Это положение авторами было реализовано для размерных цепей, в качестве составляющих звеньев которых используются более одного размера заготовки. При этом замена совокупности размеров заготовки (как составляющих звеньев) одним результирующим даёт значительное снижение колебания допуска замыкающего звена.

Аналогичную закономерность можно установить, если рассматривать обработку заготовки на настроенном оборудовании в автоматическом цикле, при настройке каждого инструмента от базы приспособления или станка (см.рис.1). Из рисунка следует, что каким бы образом мы не координировали в операционном эскизе обрабатываемые поверхности 2...4, то колебание любой из них относительно технологической (установочной) базы пов.1 будет определяться не суммой погрешностей размеров связывающих их, а суммарной погрешностью размера, связывающего их непосредственно, т.е.

$$\omega_{\Sigma 1-(2...4)} = \omega_y + \omega_{0 2...4} \quad , \quad (2)$$

где $\omega_{\Sigma 1-(2...4)}$ - суммарная погрешность координирующего размера (A_2, A_3, A_4) при обработке пов.2...4;

ω_y - погрешности установки;

$\omega_{0 2...4}$ - погрешность метода обработки пов.2...4.

Для доказательства правомерности уравнения (2) рассмотрим в качестве примера цепную простановку операционных размеров при обработке поверхностей 2...4 (на рис.1 они выделены). Запишем уравнения размерных цепей на подетальном операционном уровне относительно каждого координирующего размера A_2, A_3, A_4 через операционные размеры A'_2, A'_3, A'_4 :

$$\left. \begin{aligned} A_2 &= A'_2 \\ A_3 &= A'_2 + A'_3 \\ A_4 &= A'_2 + A'_3 + A'_4 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

В свою очередь уравнения размерных цепей на уровне СПЗИ относительно операционных размеров A'_2, A'_3, A'_4 примут следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} A'_2 &= -A_y + A_{02} \\ A'_3 &= A_{03} - A_{02} \\ A'_4 &= A_{04} - A_{03} \end{aligned} \right\} , \quad (4)$$

где A_y - размер (с нулевым номиналом), определяющий установку заготовки в приспособлении;

$A_{02} \dots A_{04}$ - размер, определяющий остаточные явления метода обработки.

Нетрудно заметить, что между уравнениями размерных цепей системы (4) существует параллельная связь на уровне СПЗИ, которая устанавливается через размеры A_{02} и A_{03} .

Подставляя (4) в (3), после несложного преобразования получим

$$\left. \begin{aligned} A_2 &= A_{02} - A_y \\ A_3 &= A_{03} - A_y \\ A_4 &= A_{04} - A_y \end{aligned} \right\} . \quad (5)$$

На основании уравнений (5) суммарная погрешность координирующих размеров A_2, A_3, A_4 примет следующий вид

$$\left. \begin{aligned} \omega_{\Sigma 1-2} &= \omega_y + \omega_{02} \\ \omega_{\Sigma 1-3} &= \omega_y + \omega_{03} \\ \omega_{\Sigma 1-4} &= \omega_y + \omega_{04} \end{aligned} \right\} . \quad (6)$$

Сравнивая уравнения (6) и (2), можно сделать вывод, что они идентичны.

Таким образом, все размерные цепи относительно припусков, удаляемых с пов. 2...4 при заданных условиях обработки (см. рис. 1), будут трёхзвенными, т.е.

$$Z_{i_{2...4}} = A_{i-1_{2...4}} - A_{i_{2...4}} , \quad (7)$$

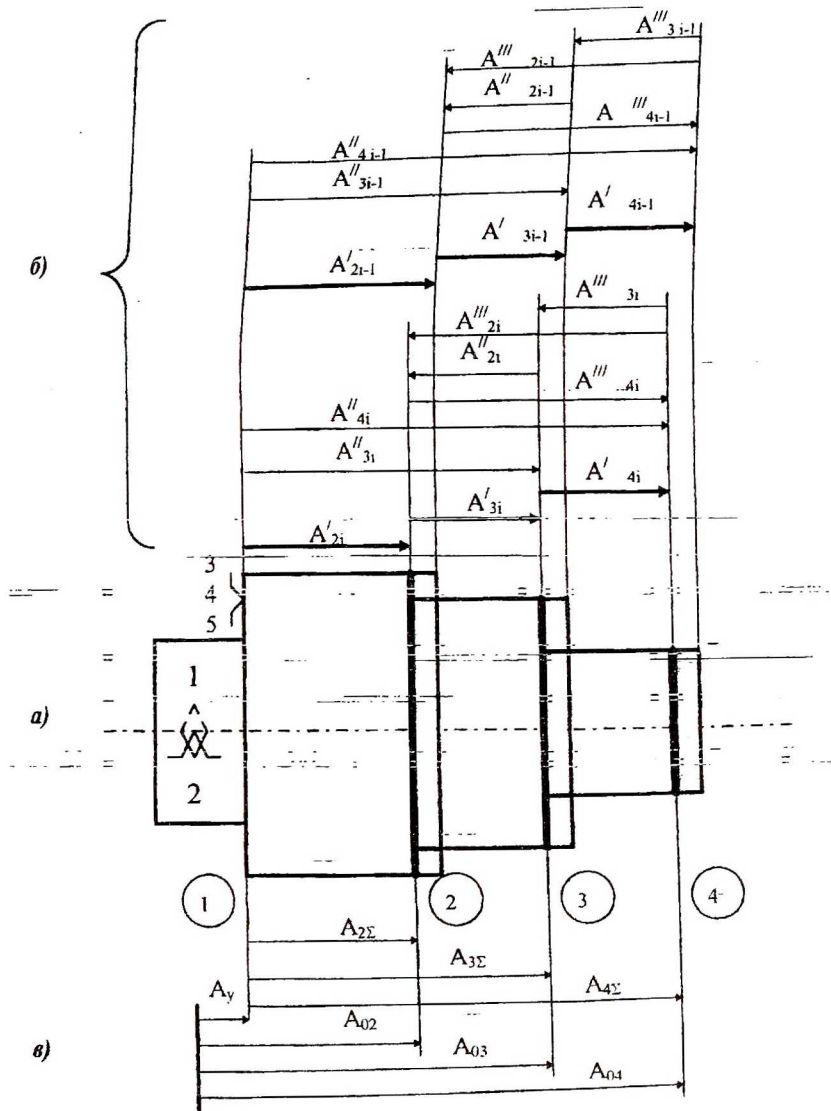


рис. 1

Рис.1. Эскиз обрабатываемой детали (а), подетальный уровень размерных связей возможные схемы координации обрабатываемых поверхностей 2...4 на i -ой и $i-1$ -й ступенях обработки (б), уровень размерных связей в СПЗИ (в)

что обеспечит минимум колебания припуска. При этом необходимо отметить, что в принятом в практике подходе на основании теории размерных цепей, мы будем иметь

$$Z_{i_{2,4}}^{\min} = A_{i-1_{2,4}} - A_i, \quad (8)$$

$$Z_{i_{2,4}}^{\max} = A_{i-1_2} + A_{i-1_3} + A_{i-1_4} - A_{i_2} - A_{i_3} - A_{i_4}, \quad (9)$$

где $Z_{i_{2,4}}^{\min}$ - размерные цепи с минимальным количеством составляющих звеньев (оно равно 2);

$Z_{i_{2,4}}^{\max}$ - размерные цепи с максимальным количеством составляющих звеньев (оно равно 6).

Формула (8) соответствует координатному методу простановки размеров, а формула (9) - цепному. При использовании комбинированного метода количество составляющих звеньев будет колебаться от 2 до 6.

Из вышеизложенного следует, что используя положения теории размерных цепей, мы неоправданно завышаем значения операционных припусков, что приводит к увеличению трудоёмкости и себестоимости изготовления детали. Аналогичное явление можно показать и для размерных цепей относительно конструкторских размеров.

Сформулируем общее правило о количестве составляющих звеньев при расчете размерных цепей, замыкающими звеньями которых являются припуски и конструкторские размеры:

если в размерную цепь в качестве составляющих звеньев входит несколько операционных размеров с одной операции, которая выполняется по настройке в автоматическом цикле (при настройке инструментов от базы приспособления или станка), то они заменяются одним результирующим межоперационным размером с допуском, соответствующим точности рассматриваемого метода обработки на данной операции.

Использование сформулированного положения в работах по размерному анализу как при ручном, так и автоматизированном проектировании позволит:

1. сократить количество ужесточений операционных размеров в размерных цепях относительно конструкторских размеров, если точность последних не обеспечивается;

2. снизить количество итераций по формированию размерной структуры ТП, если не обеспечивается точность конструкторских размеров;

3. избежать в некоторых случаях при расчете размерных цепей метода неполной взаимозаменяемости (вероятностного метода);

4. уменьшить колебания припусков;

5. производить обработку исходной заготовки на всех ступенях с экономической точностью.

Вышеизложенный методический материал прошел апробацию в промышленности и в учебном процессе кафедр технических ВУЗов (как составная часть методического обеспечения пакета прикладных программ «Размерный анализ»).

Список литературы

1. Иващенко И.А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации. М. :Машиностроение, 1975.-222с.
2. Иващенко И.А.,Трухман И.М. Анализ методов формирования размерной структуры и критериев оптимизации технологических процессов механической обработки деталей авиационных изделий. В сб.: прогрессивные методы в технологии производства авиадвигателей.- Куйбышев: КуАИ, 1984.с.3-13.
3. Матвеев В.В., Бойков Ф.М., Свиридов Ю.Н. Проектирование экономичных технологических процессов в машиностроении. Челябинск: Южно-Уральское книж.изд.-во., 1979.-112с.