

Для расчета перекоса оси симметрии главных режущих кромок сверла использовалась формула [1], включающая те же параметры

$$\beta = 1,4 \frac{\Delta P \cdot l^2}{2 \cdot E \cdot I} \quad (12)$$

После подстановки формулы (5) в формулу (9) и затем в формулу (12) получено выражение взаимосвязи перекоса оси сверла, подачи сверла и угла наклона плоскости заготовки

$$\beta = 0,35 \frac{l^2}{2 \cdot E \cdot I} \cdot z \cdot \sqrt{C_{py}^2 + C_{pz}^2} \cdot s^y \cdot a \left[1 - \frac{(\sin 90^\circ - \varphi - \alpha)}{\sin 90^\circ - \varphi + \alpha} \right] \quad (13)$$

Полученное выражение можно использовать для оценки возможности сверления отверстия в наклонной плоскости на этапе проектирования сверлильной операции. Сверление возможно, если рассчитанное значение перекоса оси сверла не превысит допустимого значения, указанного на чертеже детали. Если перекося окажется больше допустимого значения, то необходимо уменьшить скорость осевой подачи сверла или перед сверлением подготовить площадку, перпендикулярную оси требуемого отверстия.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Косилова, Ф.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник технолога / Ф.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М.А. Калинин. – М.: Машиностроение, 1976.

2. Справочник технолога-машиностроения: в 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001.

УДК 621.91.002

Марчук К.А.

Научный руководитель: доцент Медведев О.А.

РАСЧЕТ КОМПЕНСАТОРОВ-ЧЛЕНОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО РЯДА ПРИ ДОСТИЖЕНИИ ТОЧНОСТИ СБОРКИ МЕТОДОМ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Применение неподвижных компенсаторов для достижения точности замыкающего звена TA_{Δ} сборочной конструкторской размерной цепи основано на том, что с помощью компенсатора определенного размера можно компенсировать за счет допуска замыкающего звена часть суммарного поля рассеяния составляющих звеньев TA_{Σ} , называемую степенью компенсации C и равную (в идеале) TA_{Δ} . Увеличив компенсатор на величину TA_{Δ} можно компенсировать еще такую же часть, примыкающую к первой, и так далее. В действительности степень компенсации меньше допуска замыкающего звена из-за погрешностей изготовления компенсаторов и погрешностей определения требуемого размера компенсатора во время предварительной сборки конкретного экземпляра изделия. Эти погрешности нельзя компенсировать выбором компенсатора. Для их компенсации приходится выделять часть TA_{Δ} .

Применение комплекта из нескольких компенсаторов разной толщины для каждого экземпляра изделия требует значительных материальных и трудовых затрат на их изготовление. Известен способ уменьшения требуемого количества компенсаторов в комплекте на одно изделие, при котором размеры компенсаторов являются членами геометрической прогрессии со знаменателем 2 [1]. Если в качестве первого компенсатора принята величина степени компенсации C , то размеры компенсаторов в комплекте, заранее изготовленном для каждого экземпляра изделия, будут принадлежать ряду $K_i = C$,

2С, 4С, 8С, 16С, 32С ... Применение такого ряда обусловлено тем, что при выборочном сложении размеров компенсаторов можно получить суммарный размер любой кратности по отношению к ступени компенсации. Это позволяет компенсировать любое отклонение суммарного составляющего звена сборочной конструкторской размерной цепи в пределах TA_{Σ} . Однако в технической литературе отсутствуют методики расчета рациональной величины C и минимально достаточного числа компенсаторов l в комплекте на одно изделие с учетом погрешностей выполнения сборочных работ.

В основе предлагаемой методики расчета компенсаторов – членов геометрической прогрессии лежат схемы компенсации суммарного допуска составляющих звеньев конструкторской сборочной размерной цепи, описанные в [2] и представляющие собой сочетание конструкторской и технологической сборочных размерных цепей. Реальная конструкторская цепь представлена в схеме компенсации математически тождественной трехзвенной цепью, состоящей из суммарного составляющего звена A_{Σ} , компенсатора K и замыкающего звена A_{Δ} . Суммарное составляющее звено является алгебраической суммой всех увеличивающих и уменьшающих составляющих звеньев реальной цепи (кроме компенсатора), а его допуск TA_{Σ} равен арифметической сумме допусков составляющих звеньев (кроме компенсатора). При этом все многообразие реальных конструкторских цепей может быть сведено к трем вариантам математически тождественных трехзвенных цепей, отличающихся по влиянию компенсатора на замыкающее звено (уменьшающий или увеличивающий компенсатор), и по расположению увеличивающего компенсатора в одной ветви цепи с суммарным составляющим звеном; или в разных ветвях. В схеме компенсации каждое звено трехзвенной цепи представлено его предельными размерами и полем допуска.

Технологическая сборочная размерная цепь формируется на этапе предварительной сборки изделия, когда определяется требуемый размер компенсатора. Замыкающим звеном в ней является местоположение компенсатора, а составляющими звеньями, кроме размеров деталей изделия, также являются размеры используемой сборочной оснастки и погрешности выполнения сборочных работ. При окончательной сборке изделия из комплектующих деталей и выбранного компенсатора, отклонение замыкающего звена конструкторской цепи от эталона будет равно отклонению размера выбранного компенсатора от размера его местоположения. Это отклонение складывается из отклонений тех звеньев технологической цепи, которые при предварительной сборке конкретного изделия могут приобретать случайные значения, отличающиеся от их значений в конструкторской цепи (погрешность изготовления эталона среднего значения замыкающего звена ε_z , погрешность установки эталона ε_{y0} , погрешность измерения местоположения компенсатора ε_{y1} , погрешность изготовления компенсаторов TK , погрешность выбора компенсатора ε_{δ}). Погрешности таких звеньев могут быть компенсированы только за счет допуска замыкающего звена конструкторской цепи, а не выбором компенсатора. Технологическая цепь представлена в схеме компенсации указанными погрешностями, которые в сумме не должны превышать допуска замыкающего звена конструкторской цепи TA_{Δ} . При допущении симметричного распределения суммарной погрешности, совмещаем середину ее поля рассеяния с серединой поля допуска замыкающего звена конструкторской цепи. На схемах сумма $\varepsilon_z, \varepsilon_{y0}, \varepsilon_{y1}$ обозначена как погрешность формирования размера компенсатора ε_{DK} .

Для уменьшения требуемого числа компенсаторов целесообразно обеспечить частичное перекрытие TA_{Δ} и TA_{Σ} . Это всегда можно сделать путем корректировки положения поля допуска любого из составляющих звеньев конструкторской цепи. При этом число

компенсаторов в комплекте на одно изделие будет на единицу меньше числа ступеней компенсации. Для того чтобы набор компенсаторов при любом их числе оставался уменьшающим или увеличивающим, надо середину TA_{Δ} совместить с серединой первой ступени компенсации.

Так как ступень компенсации равна толщине первого компенсатора из геометрического ряда (обычно не менее 0,1 мм), то эта толщина, наряду с погрешностями сборочной оснастки и допуском изготовления компенсаторов, определяет точность сборки.

При одинаковых прочих погрешностях допуск тонкого компенсатора должен быть значительно жестче допуска компенсаторов разной длины, так как набор из $n = N-1$ тонкого компенсатора, необходимый для компенсации отклонений A_{Σ} в пределах N -й ступени компенсации, должен иметь суммарный допуск $(N-1)TK$, равный допуску одного компенсатора из комплекта компенсаторов разной длины.

Схемы компенсации, учитывающие эти особенности, приведены на рис. 1 и 2 для уменьшающего и увеличивающего компенсатора, соответственно.

Если использовать в качестве основы расчета точности компенсаторов и сборочной оснастки метод максимума-минимума, то условие достижения точности сборки при любом (в пределах n) числе компенсаторов в наборе примет вид [2]

$$TA_{\Delta} \geq C + \epsilon_{pk} + n \cdot TK. \quad (1)$$

Максимальное значение погрешности выбора набора компенсаторов равно ступени компенсации C . С такой погрешностью измеренное значение компенсатора воспроизводится на выбранном наборе компенсаторов в самом неблагоприятном случае. Для сокращения числа компенсаторов в комплекте следует принять максимально допустимое значение C , при котором условие (3) превращается в равенство.

Если использовать комплекты компенсаторов, в которых размеры компенсаторов являются членами геометрической прогрессии со знаменателем 2 (последующий член в два раза больше предыдущего), то значение i -го члена такой прогрессии можно выразить формулой [3], приняв в качестве первого члена величину ступени компенсации C ,

$$C_i = 2^{i-1} \cdot C. \quad (2)$$

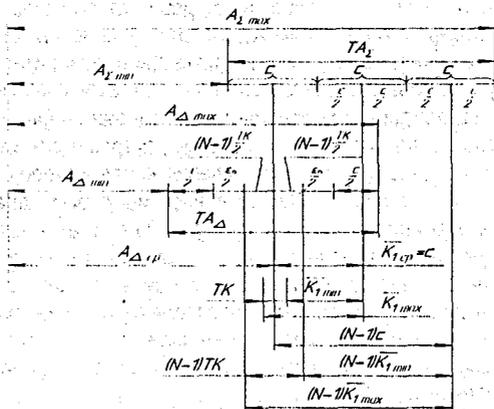


Рисунок 1 – Схема компенсации допусков составляющих звеньев регулируемым комплектом одинаковых тонких уменьшающих компенсаторов

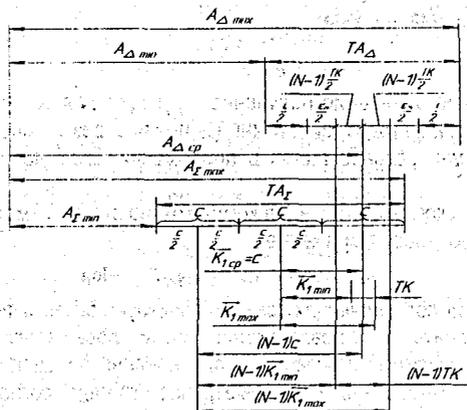


Рисунок 2 – Схема компенсации допусков составляющих звеньев регулированием комплектом одинаковых тонких увеличивающих компенсаторов

Сумма любого конечного числа n членов такой геометрической прогрессии определяется по формуле [3]

$$\sum_{i=1}^n K_i = (2^n - 1) \cdot C. \quad (3)$$

Число n компенсаторов в комплекте для каждого экземпляра изделия должно быть таким, чтобы сумма их размеров равнялась той части TA_{Σ} , которую нельзя компенсировать за счет допуска замыкающего звена конструкторской размерной цепи TA_{Δ} , то есть величине $TA_{\Sigma} - C$. Тогда предыдущее равенство приобретет вид

$$\sum_{i=1}^n K_i = (2^n - 1) \cdot C = TA_{\Sigma} - C. \quad (4)$$

После раскрытия скобок и преобразований получим

$$2^n = TA_{\Sigma} / C = N, \quad (5)$$

где N – число требуемых ступеней компенсации.

После логарифмирования предыдущего равенства по основанию 2 получим выражение для расчета числа требуемых компенсаторов в комплекте на каждый экземпляр изделия

$$n = \log_2(TA_{\Sigma} / C) = \log_2 TA_{\Sigma} - \log_2 C. \quad (6)$$

Чтобы использовать данное выражение необходимо предварительно определить величину ступени компенсации. Уравнение для расчета ступени компенсации можно получить из условия достижения точности замыкающего звена сборочной конструкторской размерной цепи, выраженное формулой (1). Подставив в данное условие выражение (6), после преобразований получим

$$TA_{\Delta} \geq C + \epsilon + TK \cdot \log_2 TA_{\Sigma} - TK \cdot \log_2 C. \quad (7)$$

Предпочтительным является максимально возможное значение C , при котором данное выражение обращается в равенство. Для получения более компактного выражения для расчета ступени компенсации выделим $\log_2 C$ в левую часть уравнения

$$\log_2 C = \frac{C + \epsilon + TK \cdot \log_2 TA_{\Sigma} - TA_{\Delta}}{TK}. \quad (8)$$

После потенцирования получим

$$c = 2^{\frac{C+c \cdot TK \cdot \log_2 TA_2 - TA_1}{TK}} \quad (9)$$

Численное решение уравнения полученной функции для определения степени компенсации выполнялось методом дихотомии (деления отрезка пополам) с помощью компьютерной программы, разработанной в приложении Excel на языке Visual Basic for Application (VBA).

Для расчета числа компенсаторов n в комплекте на один экземпляр изделия, с учетом значения C , использовалось выражение

$$n = \log_2(TA_2 / C) = \log_2 TA_2 - \log_2 C.$$

Значение допусков составляющих звеньев конструкторской и технологической цепей следует скорректировать так, чтобы значение n получалось целым.

Разработанные зависимости позволяют обоснованно определить степень компенсации и число компенсаторов – членов геометрического ряда, согласующиеся с параметрами точности компенсаторов и сборочной оснастки, используемой при достижении точности сборки методом регулирования. Она позволяет избежать необоснованно высоких требований к точности сборочной оснастки, обоснованно сократить число компенсаторов в комплекте на одно изделие и сократить себестоимость сборки.

Сравнительные расчеты степени компенсации и числа компенсаторов по методике, описанной в [4], и по предлагаемой методике, выполненные для размерных цепей плунжерных насосов, червячных редукторов, и других изделий показали, что в среднем число компенсаторов в комплекте на одно изделие уменьшается в 2...3 раза.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Палей, М.А. Допуски и посадки: справ.: в 2 ч. / М.А. Палей [и др.] – СПб.: Политехн., 2001. – ч. 2. – 608 с.
2. Выбор технологической оснастки для достижения точности сборки методом регулирования неподвижных компенсаторов / О.А. Медведев, П.Н. Ковальчук // Вестник БрГТУ. – Брест, 2008. – №4(52): Машиностроение, автоматизация, ЭВМ. – С. 40–44.
3. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1984.

УДК 621.7

Рачковская О.С.

Научный руководитель: старший преподаватель, Хоронжевский Ю.А.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЧЕРНЫХ СПЛАВОВ

Детали машин и приборов, передающих нагрузку, должны обладать жёсткостью и прочностью, достаточными для ограничения упругой и пластической деформации, при гарантированной надежности и долговечности. Из многообразия материалов в наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют сплавы на основе железа – чугун и особенно стали.

Сплавы, микроскопические однородные системы, состоящие из двух или более металлов (реже – металлов и неметаллов) с характерными металлическими свойствами. Техническое значение металлических сплавов объясняется тем, что многие их свойства (прочность, твердость, электрическое сопротивление) гораздо выше, чем у составляющих их чистых металлов.

Черные сплавы широко используются в производстве газовых и электрических плит.