

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ СБОРОЧНЫХ РАБОТ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ЗАМЫКАЮЩИХ ЗВЕНЬЕВ СБОРОЧНЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ КОМПЕНСАТОРАМИ РАЗНОЙ ТОЛЩИНЫ

Анализ способов расчета сборочных размерных цепей, используемых при достижении точности сборки методом регулирования [1, 2, 3, 4 и др.], позволил выявить их существенные недостатки:

1) степень компенсации определяется без учета погрешностей сборочных работ и оснастки;

2) условие достижения точности сборки не учитывают погрешности сборочных работ при формировании размера компенсатора;

3) в величину компенсации кроме допусков составляющих звеньев сборочной конструкторской размерной цепи включается допуск компенсатора и погрешности сборочных работ [1, 2], несмотря на то, что компенсатор не может компенсировать свои погрешности и погрешности формирования его размера, влияющие на его выбор;

4) не учитывается случайный характер составляющих величины компенсации и погрешностей, определяющих точность сборки [4].

Толщина неподвижного компенсатора, требуемого для отдельного экземпляра собираемого изделия, в большинстве случаев определяется измерением места под компенсатор, полученного при предварительной сборке изделия без компенсатора, при которой на место замыкающего звена устанавливается его материальный эталон, размер которого равен желаемому значению замыкающего звена. Если толщина выбранного компенсатора равна размеру измеренного места, то после окончательной сборки изделия с таким компенсатором замыкающее звено будет равно размеру эталона. В противном случае, отклонение толщины компенсатора от размера указанного места приведет к такому же по величине отклонению замыкающего звена от эталона. При описанном методе определения толщины компенсатора, устраняется зависимость отклонения замыкающего звена от отклонений составляющих звеньев конструкторской размерной цепи, являющихся размерами деталей изделия, и возникает зависимость отклонения замыкающего звена только от отклонения размера выбранного компенсатора.

Для определения поля рассеяния компенсатора следует выявить и решить технологическую сборочную размерную цепь, которая формируется на этапе предварительной сборки изделия и определения толщины требуемого компенсатора. Замыкающим звеном в ней является толщина выбранного компенсатора, а составляющими звеньями, кроме размеров деталей изделия, также являются размеры используемой сборочной оснастки (материальный эталон замыкающего звена) и погрешности выполнения сборочных работ, необходимых для определения размера компенсатора. В этих условиях поле рассеяния толщины компенсатора в пределах партии собираемых изделий, будет складываться из полей рассеяния всех составляющих звеньев технологической размерной цепи.

Однако, целенаправленным, индивидуальным для отдельного экземпляра изделия, изменением толщины компенсатора возможно компенсировать только отклонения той части составляющих звеньев технологической цепи, которые имеют стабильные значения для этого экземпляра. Такими звеньями, являются размеры штатных деталей изделия (кроме компенсатора). Остальные звенья технологической размерной цепи, влияющие на толщину выбранного компенсатора, могут приобретать случайные значения при многократной предварительной сборке одного и того же экземпляра изделия. Поэтому их невозможно компенсировать целенаправленным изменением размера компенсатора. К таким звеньям относятся: размер материального эталона замыкающего звена с полем рассеяния δ_s (в случае наличия нескольких экземпляров эталона); погрешность установки эталона $\delta_{уэ}$, вызванная деформацией стыков эталона и его возможным перекосом при предварительной сборке; погрешность измерения места под компенсатор $\delta_{и}$, погрешность изготовления компенсатора $\delta_{ик}$, погрешность выбора компенсатора δ_e (отклонение номинальной длины выбранного компенсатора от результата измерения места под компенсатор). Сумма указанных случайных отклонений и погрешностей будет определять отклонение толщины выбранного компенсатора от размера места под компенсатор, сформированного в идеальных условиях без погрешности эталона и установки эталона, и, следовательно, будет определять отклонение замыкающего звена конструкторской цепи от его желаемого (эталонного) значения.

Проведенный анализ влияния элементов технологической сборочной размерной цепи на погрешность размера выбранного компенсатора, а следовательно, и на погрешность замыкающего звена сборочной конструкторской цепи, позволяет составить выражение для расчета величины компенсации за счет изменения размера компенсатора и условие достижение точности сборки при методе регулирования неподвижными компенсаторами разной длины, отражающее соотношение допуска замыкающего звена конструкторской размерной цепи и погрешностей, которые нельзя компенсировать выбором компенсатора.

Величину компенсации V следует определять, как сумму полей рассеяния звеньев, являющихся размерами деталей изделия, участвующих в предварительной сборке. Приняв допущение о нормальном законе распределения слагаемых полей рассеяния, в соответствии с правилами теоретико-вероятностного расчета размерных цепей [1], получим

$$V = \sqrt{\sum_{j=1}^m \omega_j^2}, \quad (1)$$

где ω_j – поле рассеяния j -того звена конструкторской размерной цепи; m – число звеньев конструкторской размерной цепи (кроме компенсатора).

Из анализа технологической размерной цепи следует, что замыкающее звено конструкторской размерной цепи будет гарантированно попадать в пределы заданного для него допуска TA_A , если этот допуск будет больше суммы погрешностей, вызывающих отклонение размера места под компенсатор от толщины компенсатора в пределах использования компенсатора отдельной ступени. Применив правило сложения полей рассеяния нормально распределенных случайных величин для указанных ранее погрешностей сборочных работ и оснастки

получим условие достижения точности сборки регулированием компенсаторами разной длины

$$TA_{\Delta} \geq \sqrt{\delta_{\text{э}}^2 + \delta_{\text{уэ}}^2 + \delta_{\text{и}}^2 + \delta_{\text{к}}^2 + \delta_{\text{б}}^2}. \quad (2)$$

Таким образом, при высокой точности сборочной оснастки, измерительных средств и компенсаторов можно обеспечить высокую точность сборки при невысокой точности составляющих звеньев конструкторской размерной цепи (кроме компенсатора).

Большое влияние на точность сборки оказывает погрешность выбора компенсатора $\delta_{\text{б}}$, ближайшего по размеру к измеренной полости под компенсатор. При строгом соблюдении сборщиком технологической дисциплины невозможно ошибочно выбрать компенсатор, отличающийся от полости больше чем на разность размеров соседних компенсаторов в комплекте, то есть больше чем на одну ступень компенсации. Поэтому максимальное значение погрешности выбора компенсатора можно принять равным ступени компенсации ($\delta_{\text{вmax}} = S$). Это позволяет определять значение ступени компенсации во взаимосвязи с другими погрешностями, определяющими точность сборки. С целью минимизации числа компенсаторов в комплекте на одно изделие рационально иметь наибольшее возможное значение ступени компенсации, при котором выражение (2) преобразуется в равенство

$$S = \sqrt{TA_{\Delta}^2 - \delta_{\text{э}}^2 - \delta_{\text{уэ}}^2 - \delta_{\text{и}}^2 - \delta_{\text{к}}^2}. \quad (3)$$

Число компенсаторов N в комплекте для каждого экземпляра изделия (число ступеней компенсации) определяется делением величины компенсации V на ступень компенсации S .

Примененный при расчете величины и ступени компенсации способ сложения полей рассеяния случайных величин позволяет существенно уменьшить число требуемых ступеней компенсации, по сравнению со случаем арифметического сложения полей рассеяния, при незначительной доле бракованных изделий 0,27 %.

Условие (2) можно использовать для определения рациональных значений погрешностей сборочных работ: изготовления материального эталона замыкающего звена; измерения местоположения компенсатора; установки эталона; изготовления компенсатора.

Погрешность достоверного измерения полости под компенсатор должна позволять исключить выбор компенсатора, отличающегося по толщине от размера полости более чем на одну ступень компенсации. Следовательно, взаимосвязь между значениями $\delta_{\text{и}}$ и S , должна быть подобна взаимосвязи допустимой погрешности измерения и допуска контролируемого параметра. Обычно ступень компенсации имеет значение от нескольких сотых до нескольких десятых долей миллиметра, что при размере места под компенсатор 3...5 мм соответствует допускам грубее 9 качества. При этом, в соответствии с рекомендациями [4] и ГОСТ 8.051-81, допустимая погрешность измерения не должна превышать одной пятой части от допуска контролируемого параметра. Тогда правомерно соотношение

$$\delta_{\text{и}} \leq 0,2 \cdot S. \quad (4)$$

После преобразований формулы (3) с учетом соотношения (4) получим выражение для расчета числа ступеней компенсации

$$N = \frac{V}{S} = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^m \omega_j^2}}{0,98 \sqrt{(TA_{\Delta}^2 - \delta_{\vartheta}^2 - \delta_{y\vartheta}^2 - \delta_{\kappa}^2)}}. \quad (5)$$

Погрешность размера эталона замыкающего звена A_{Δ} может быть принята равной технологическому допуску этого размера. Так как количество требуемых эталонов замыкающего звена A_{Δ} для изделия определенной конструкции невелико, то их без существенных затрат можно изготовить с максимально возможной на данном предприятии точностью (обычно с точностью размера по 6...7 квалитетам).

Погрешность установки эталона $\delta_{y\vartheta}$ следует рассчитывать на основе геометрических схем его возможных перекосов в собираемом изделии. При исключении возможности перекосов эталона погрешность его установки может быть принята равной большому из двух параметров: либо погрешности формы установочной поверхности эталона; либо параметру R_z шероховатости установочной поверхности эталона.

Предлагаемая методика позволяет повысить объективность расчетов величины компенсации, ступени компенсации, числа неподвижных компенсаторов в комплекте на одно изделие путем учета влияния случайных погрешностей сборочных работ и оснастки. Ее использование при проектировании техпроцессов сборки машин позволит повысить эффективность технологической подготовки производства.

Список цитированных источников

1. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник / 5-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2020. – 512.
2. Солонин, И. С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И. С. Солонин, С. И. Солонин. – М. : Машиностроение, 1980 – 110 с.
3. Технология машиностроения (специальная часть) : учебник для машиностроительных специальностей вузов / А. А. Гусев [и др.] – М. : Машиностроение, 1986. – 480 с.
4. Балакшин, В. С. Основы технологии машиностроения. – М. : Машиностроение, 1969 – 358 с.

УДК 621.865.8

Корнещук И. И.

Научный руководитель: к. т. н., доцент Голуб В. М.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РАССАДЫ В КРУПНЫХ МАСШТАБАХ

В статье рассматривается концепт и реализация роботизированной установки для производства рассады в крупных масштабах, подробное описание всех составляющих установки, аргументация выбора материалов, устройств.