

ОБОСНОВАНИЕ ДОПУСТИМЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ СБОРОЧНОЙ ОСНАСТКИ И НЕПОДВИЖНЫХ КОМПЕНСАТОРОВ РАЗНОЙ ТОЛЩИНЫ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ТОЧНОСТИ СБОРКИ МАШИН МЕТОДОМ РЕГУЛИРОВАНИЯ

О. А. Медведев, Б. С. Дарчич

Брестский государственный технический университет, г. Брест,
Республика Беларусь

Анализ способов расчета сборочных размерных цепей, при достижении точности сборки методом регулирования [1, 2, и др.], позволил выявить их существенные недостатки: 1) условия достижения точности сборки не учитывают погрешности формирования размера компенсатора; 2) степень компенсации определяется без учета указанных погрешностей; 3) в величину компенсации включается допуск компенсатора и погрешности сборочных работ [3], несмотря на то, что компенсатор не может компенсировать свои погрешности.

Для составления объективного условия достижения точности сборки с учетом погрешностей сборочных работ проведен тщательный анализ размерных взаимосвязей между замыкающим звеном сборочной конструкторской размерной цепи и звеньями сборочной технологической размерной цепи, определяющей размер выбираемого компенсатора. Такой подход позволяет в значительной мере устранить указанные ранее недостатки.

Размер неподвижного компенсатора, требуемого для отдельного экземпляра собираемого узла, в большинстве случаев находится путем измерения места под компенсатор, полученного при предварительной сборке узла без компенсатора, когда на место замыкающего звена устанавливается его эталон. Если толщина выбранного компенсатора равна размеру измеренного места, то после окончательной сборки узла с таким компенсатором замыкающее звено будет равно размеру эталона. В противном случае отклонение компенсатора от размера указанного места приведет к такому же по величине отклонению замыкающего звена от эталона. Следовательно, вместо зависимости точности замыкающего звена от точности всех составляющих звеньев конструкторской размерной цепи возникает зависимость точности замыкающего звена только от точности компенсатора.

Для определения поля рассеяния компенсатора следует выявить и решить технологическую сборочную размерную цепь, которая формируется на этапе предварительной сборки узла и определения толщины требуемого компенсатора. Замыкающим звеном в ней является толщина выбранного компенсатора, а составляющими звеньями, кроме размеров деталей узла, также являются размеры используемой сборочной оснастки (эталон замыкающего звена) и погрешности выполнения сборочных работ. В этих условиях поле рассеяния величины компенсатора в пределах партии собираемых узлов, подлежащее компенсации,

следует определять как сумму полей рассеяния всех составляющих звеньев технологической размерной цепи. Целенаправленным, индивидуальным для отдельного экземпляра собираемого узла, изменением толщины компенсатора возможно компенсировать только отклонения той части составляющих звеньев, которые имеют стабильные значения для этого экземпляра, то есть отклонения звеньев, являющихся размерами деталей узла. Сумму полей рассеяния второй части составляющих звеньев технологической цепи, которые могут приобрести случайные значения в конкретном экземпляре узла, возможно компенсировать только за счет допуска замыкающего звена конструкторской размерной цепи. К таким звеньям относятся: погрешность изготовления эталона замыкающего звена δ_z , погрешность установки эталона $\delta_{уз}$, погрешность измерения места под компенсатор δ_u , погрешность изготовления компенсатора δ_k , погрешность выбора компенсатора δ_e (отклонение номинальной толщины выбранного компенсатора от результата измерения места под компенсатор).

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 условие достижения точности сборки при методе регулирования неподвижными компенсаторами разной толщины и определить величину компенсации изменением толщины компенсатора.

Величину компенсации V , обеспечиваемую за счет целенаправленного изменения компенсатора, следует определять как сумму полей рассеяния δ_j звеньев, являющихся размерами деталей узла, участвующих в предварительной сборке (m звеньев кроме компенсатора).

$$V = \sum_{j=1}^m \delta_j . \quad (1)$$

С учетом проведенного анализа технологической цепи условие достижения точности сборки должно отражать соотношение допуска замыкающего звена TA_{Δ} конструкторской цепи и суммы погрешностей, вызывающих отклонение размера места под компенсатор от толщины выбранного компенсатора (в пределах использования одного компенсатора из комплекта)

$$TA_{\Delta} \geq \delta_z + \delta_{уз} + \delta_u + \delta_k + \delta_e . \quad (2)$$

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).

Важным параметром полученного условия достижения точности является погрешность выбора компенсатора нужной толщины из заранее изготовленного комплекта компенсаторов, в котором толщины соседних компенсаторов отличаются на величину ступени компенсации. Анализ условий выбора компенсатора позволяет сделать вывод, что при соблюдении технологического регламента эта погрешность не может превышать ступень компенсации. Поэтому ступень компенсации S , как максимальную величину погрешности выбора

толщины компенсатора, при которой условие достижения точности сборки (2) превращается в равенство, следует определять по формуле

$$S = TA_{\Delta} - \delta_{\vartheta} - \delta_{\gamma\vartheta} - \delta_u - \delta_{\kappa}. \quad (3)$$

Число ступеней компенсации N (число компенсаторов в комплекте) определяется делением величины компенсации на ступень компенсации

$$N = \frac{V}{TA_{\Delta} - \delta_{\vartheta} - \delta_{\gamma\vartheta} - \delta_u - \delta_{\kappa}}. \quad (4)$$

Полученное условие достижения точности замыкающего звена A_{Δ} и выражение для расчета числа ступеней компенсации можно использовать для определения рациональных значений погрешностей сборочной оснастки (материального эталона замыкающего звена и измерительного средства), погрешностей установки эталона и изготовления компенсатора. Как следует из выражения (4) уменьшение указанных погрешностей до минимально возможных значений при прочих равных условиях приведет к уменьшению числа компенсаторов в комплекте и, возможно, к снижению затрат на изготовление комплекта компенсаторов. Однако малые значения погрешностей возможны при использовании более дорогой сборочной оснастки и дорогостоящей технологии изготовления точных компенсаторов, что может привести к повышению общих затрат на достижение требуемой точности.

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

Погрешность установки эталона $\delta_{\gamma\vartheta}$ 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.

При выборе средства измерения размера места под компенсатор целесообразно учитывать взаимосвязь между значениями $\underline{\delta}_u$ и s , которая аналогична 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 точности грубее 9 квалитета. В соответствии с рекомендациями [4] и ГОСТ 8.051-81 для достоверного измерения и заключения о годности, погрешность измерения не должна превышать одной пятой части от допуска контролируемого параметра. Следовательно, исключить ошибочный выбор компенсатора, отличающегося от размера места под компенсатор более чем на одну ступень компенсации S , можно, если погрешность измерения будет соответствовать условию

$$\delta_u \leq 0,2 \cdot S. \quad (5)$$

После преобразований формулы (4) с учетом взаимосвязи (5) получим

$$N = \frac{V}{0,83(TA_{\Delta} - \delta_{\gamma} - \delta_{\gamma\beta} - \delta_{\kappa})}. \quad (6)$$

Наиболее существенное влияние на затраты при достижении точности имеет значение погрешности изготовления компенсаторов. Эти затраты можно выразить произведением затрат на один компенсатор на число компенсаторов в комплекте.

Учитывая противоположное влияние δ_{κ} на первый и второй множитель, можно предположить, что характер зависимости затрат на изготовление компенсаторов от их точности близок к параболическому, с минимальным значением в пределах реального изменения точности от 6 до 14 квалитета.

Для определения значения δ_{κ} , приводящего к минимуму затрат на изготовление комплекта компенсаторов, была разработана типовая технология мехобработки плоских границ компенсаторов в виде колец диаметром до 150 мм с разным уровнем точности, состоящая из черного, получистового, чистового фрезерование и предварительного, чистового, тонкого плоского шлифования. Для каждой стадии обработки составлены математические модели расчета основного времени. Затраты на отдельную стадию обработки определялись, как произведение затрат на одну минуту работы оборудования, принятого для ее выполнения [5], на основное время этой стадии обработки в минутах. Полученная таким образом математическая модель затрат на обработку плоских границ компенсаторов разной точности и компьютерная программа для определения точности изготовления компенсаторов, приводящей к минимуму затрат на мехобработку комплекта компенсаторов, позволяет повысить объективность определения величины и ступени компенсации, параметров точности сборочной оснастки. Она может быть полезна инженерам-технологам, занимающимся проектированием техпроцессов сборки машин.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник / А. А. Маталин – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 512 с.
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. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А. М. Дальского [и др.] – 5-е изд. перераб. и доп. В 2-х томах – М. : Машиностроение, 2001.
5. Расчеты экономической эффективности новой техники: справочник / под общ. ред. К. М. Великанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, 1990. – 448 с.