

выдвинутых в начале исследований. Анализ полученных в эксперименте данных будет проводиться на следующем этапе научно-исследовательской работы.

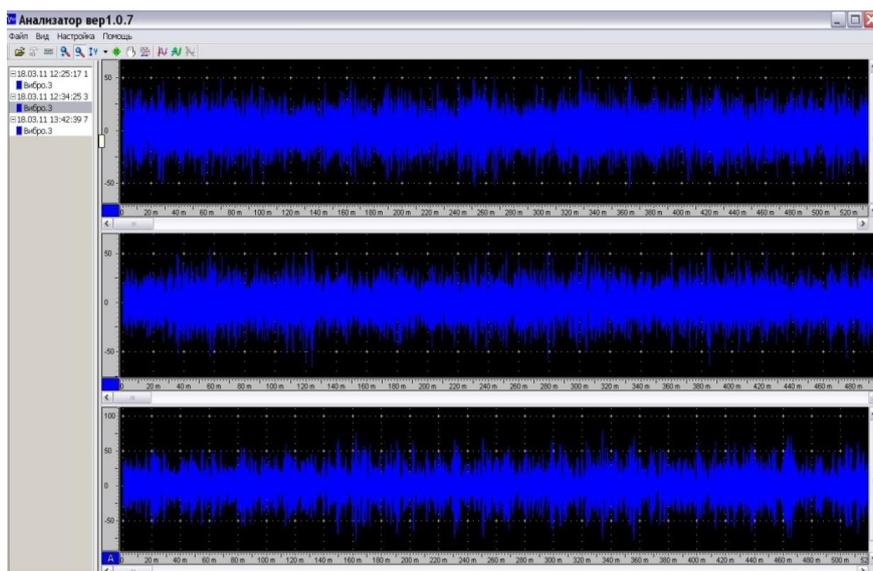


Рисунок 4 – Данные эксперимента в виде графика

Список цитированных источников

1. Жарков, И. Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом / И. Г. Жарков. – М. : Машиностроение, 1986. – 184 с.
2. Теория резания / П. И. Ящерицын [и др.]. – Минск.: Новое знание, 2006. – 512 с.
3. Старков, В. К. Физика и оптимизация резания материалов / В. К. Старков. – М. : Машиностроение, 2009. – 640 с.
4. Грановский, Г. И. Резание металлов / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. – М. : Высшая школа, 1985 – 304 с.

УДК 621.91.002

Вишневский А. И., Сульжиц В. И.

Научный руководитель: к. т. н., доцент Медведев О. А.

УСЛОВИЕ ДОСТИЖЕНИЯ ТОЧНОСТИ СБОРКИ МАШИН РЕГУЛИРОВАНИЕМ КОМПЕНСАТОРАМИ РАЗНОЙ ДЛИНЫ

Метод регулирования широко используется для достижения высокой точности замыкающих звеньев длинных конструкторских сборочных размерных цепей машин в серийном производстве при экономически выгодных допусках составляющих звеньев. Он основан на быстром индивидуальном для каждого экземпляра собираемого узла изменении одного из составляющих звеньев – компенсатора. Изменение размера неподвижного компенсатора осуществляется ступенчато, выбором компенсатора требуемой длины из заранее изготовленного комплекта. В идеальном случае степень компенсации (разность размеров соседних компенсаторов в комплекте) равна допуску замыкающего звена, а число ступеней компенсации равно отношению величины компенсации к допуску замыкающего звена [1, 2].

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 формирования размера компенсатора; 3) в величину компенсации, кроме допусков составляющих звеньев сборочной конструкторской размерной цепи, включается допуск компенсатора и погрешности сборочных работ и оснастки [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].

Предлагаемая в данной работе методика определения степени и числа ступеней компенсации, с учетом погрешностей сборочных работ, определяющих отклонение длины выбранного компенсатора от требуемой длины компенсатора для получения желаемого значения замыкающего звена конструкторской размерной цепи, позволяет исправить отмеченные недостатки отмеченных ранее методик и повысить объективность расчетов размеров и числа компенсаторов.

Длина 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 длина выбранного компенсатора равна размеру измеренного места, то после окончательной сборки изделия 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. При описанном методе определения длины 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 длины 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 величины 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 длины 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 размер 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 $\delta_{yэ}$, вызванная деформацией стыков эталона и его возможным перекосом при предварительной сборке; погрешность измерения места под компенсатор δ_u , 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 выбранного размера 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 -го звена конструкторской размерной цепи;

m – число звеньев конструкторской размерной цепи (кроме компенсатора).

Из анализа технологической размерной цепи следует, что замыкающее звено конструкторской размерной будет гарантированно попадать в пределы заданного для него допуска TA_Δ , 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

$$TA_\Delta \geq \sqrt{\delta_s^2 + \delta_{yэ}^2 + \delta_u^2 + \delta_{ик}^2 + \delta_e^2}. \quad (2)$$

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 δ_6 , 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 ($\delta_{\max} = S$). 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 (1) преобразуется в равенство

$$S = \sqrt{TA_{\Delta}^2 - \delta_9^2 - \delta_{y_3}^2 - \delta_u^2 - \delta_k^2}. \quad (3)$$

Исходя из полученных выражений для условия достижения точности сборки и ступени компенсации, можно сделать вывод о том, что использование традиционных методик расчета размерных цепей при достижении точности сборки методом регулирования [1, 2, 3 и др.], в которых принимается $S = TA_{\Delta}$, не гарантирует достижения точности сборки при неизбежно возникающих погрешностях сборочных работ.

Число компенсаторов в комплекте, изготавливаемом для каждого экземпляра изделия (число ступеней компенсации), определяется делением величины компенсации на ступень компенсации. 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 %.

Для определения длин компенсаторов разных ступеней составлены схемы компенсации наглядно показывающие их взаимосвязи с границами замыкающего звена, границами величины компенсации, погрешностями сборочных работ и оснастки для трех типовых сочетаний, охватывающие все случаи реальных сборочных размерных цепей: увеличивающее суммарное составляющее звено (с полем рассеяния V) и уменьшающий компенсатор; увеличивающее суммарное составляющее звено и увеличивающий компенсатор; уменьшающее суммарное составляющее звено и увеличивающий компенсатор.

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 / А. А. Маталин. – 5-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2020. – 512 с.: ил.
2. Солонин, И. С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей / И. С. Солонин, С. И. Солонин. – М. : Машиностроение, 1980 – 110 с.: ил.

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 / В. С. Балакшин. – М. : Машиностроение, 1969. – 358 с.

УДК 004.94:539.3

Сосновский А. А., Ярмак М. А.

Научные руководители: к. ф.-м. н., доцент Веремейчик А. И.;

к. т. н., доцент Хвисевич В. М.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ЛОКАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ ЗАКАЛКИ НОЖА ЛИСТОВЫХ ГИЛЬОТИННЫХ НОЖНИЦ АКНА-3225

В реальных условиях работы элементы кузнечно-прессового оборудования подвергаются воздействиям агрессивной среды, механическим усилиям (центробежные силы, силы трения и т.д.). Для повышения надежности и долговечности таких деталей используются различные методы. Термическое упрочнение является одним из наиболее эффективных способов увеличения ресурса их работы, а также снижения материалоемкости [1]. Из всех способов такой термообработки можно выделить поверхностную закалку деталей при помощи движущейся плазменной струи (дуги) [1–3]. В отличие от традиционных способов термообработки воздействие концентрированной плазменной струи включает одновременное тепловое, механическое и радиационное воздействие [4]. Суть поверхностного плазменного упрочнения состоит в быстром нагреве поверхности металла до аустенитного состояния и интенсивном охлаждении с целью получения высокой твердости, износостойкости и прочности приповерхностного слоя в сочетании с вязкой сердцевиной самого тела. Такое упрочнение реализуется путем локальной закалки с помощью быстро перемещающегося высокоинтенсивного концентрированного источника тепла (плазменной струи), генерируемой плазмотроном постоянного тока мощностью до 1,5 кВт и характеризуется рядом преимуществ:

- достаточно малой глубиной закалки до 0,3–0,7 мм и лишь в местах износа;
- твердость и износостойкость поверхностного слоя ножа значительно выше, чем при объемной закалке;
- отсутствие термических деформаций благодаря локальности и кратковременности взаимодействия струи плазмы с поверхностью металла [5].

После распространения температурного поля в глубину детали на поверхности появляются сжимающие остаточные напряжения, которые могут достигать значительных величин. Величина и характер распределения этих термонапряжений изменяются в течение процесса нагрева и охлаждения. Основная причина возникновения термических напряжений – неравномерный нагрев или охлаждение различных объемов изделия. Временные (соответствующие определенному моменту времени) и остаточные (сохраняющиеся после полного выравнивания температур) структурные термические напряжения могут привести к образованию дефектов в подвергающихся термообработке изделиях. Кроме того, в последнее время появилась необходимость в совершенствовании некоторых