

Список цитированных источников

1. Шишкин, С.А. Реактивная мощность потребителей и сетевые потери электроэнергии // Энерго-сбережение. – 2004. – № 4.
2. Овсейчук В., Компенсация реактивной мощности. К вопросу о технико-экономической целесообразности / В. Овсейчук, Г. Трофимов, А. Кац [и др.] // Новости электротехники. – 2008. – №4(52).
3. Поляков, А.В. Компенсация реактивной мощности // Самарский государственный технический университет. – 2004.
4. Бутев В. Электронный фазометр // Радио. – 1990. – №5.
5. Железко, Ю.С. Компенсация реактивной мощности в сложных электрических системах. – М.: Энергоиздат, 1981. – 200 с.
6. Сульжиц, А. Тарифные системы на электрическую энергию для населения // А. Сульжиц, А. Сульжиц Энергетика и ТЭК. – 2008. – № 12 (69). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.energetika.by/arch>
7. Ярошевич, А.В. Схема компенсации реактивной мощности в квартирных электрических сетях // Вестник Брестского государственного технического университета / редкол.: А.А. Гладышук [и др.] – Брест: БрГТУ. – № 5 (71): физика, математика, информатика. – 2011. – С. 66-67.
8. Чуйко, В.Г. Радиоизмерения. – М.: МИЭТ, 2001.
9. Воронов, А.С. Измерение разности фаз сигналов / Алтайский государственный технический университет // Горизонты образования. – 2007. – №9.
10. Клаассен, К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. – Москва: Постмаркет, 2000. – 352 с.
11. Бутев, В. Электронный фазометр // Радио. – 1990. – №5.
12. Горошков, Б.И. Радиоэлектронные устройства: Справочник. – М.: Радио и связь, 1984. – 400 с.
13. Быстров, Ю.А. Электронные приборы и устройства на их основе: Справочная книга / Ю.А. Быстров, С.А. Гамкрелидзе, Е.Б. Иссерлин, В.П. Черепанов. – М.: ИП «РадиоСофт». – 2002. – 656 с.

УДК 621.91.002

Муха В.В.

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

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

Оценка приемлемости разработанной технологии мехобработки для обеспечения заданной точности размеров детали выполняется путем выявления и решения технологических размерных цепей. Методики выявления и расчета линейных технологических размерных цепей достаточно подробно описаны в учебной и специальной технической литературе [1, 2], в отличие от угловых размерных цепей, несмотря на их важность для оценки годности получаемых деталей, учитывая более высокий уровень точности угловых отклонений элементов деталей и отсутствие регулировки угловых положений рабочих органов. Таким образом, усовершенствование методики оценки приемлемости техпроцессов с учетом специфики угловых размерных связей, возникающих между размерами получаемых деталей и технологическими системами, является актуальной задачей.

Комплексно и формализованно выявить технологические размерные цепи для всех чертежных размеров детали можно путем построения графов размерных связей техпроцесса [1, 2]. Такой граф является моделью размерных связей в отдельном координатном направлении, представленной парой структурированных множеств: 1) множество объектов детали, объектов промежуточных полуфабрикатов и заготовки (вершины графа); 2) множество размеров между этими объектами, формирующихся в ходе мехобра-

ботки и при получении заготовки (ребра графа). Схематично граф принято изображать плоской фигурой, состоящей из конечного числа пронумерованных окружностей (символизируют вершины) и линий с обозначениями размеров между объектами (символизируют ребра). Для тщательного выявления и нумерации всех объектов (вершин графа), формируемых на всех стадиях обработки и способных служить границами размеров в принятом координатном направлении, целесообразно выполнить совмещенный эскиз детали, заготовки и промежуточных полуфабрикатов. Число видов (проекций) на эскизе должно быть достаточно для изображения всех объектов и уяснения их положения. На эскизе объекты нумеруют по порядку их расположения в принятом для анализа направлении. Для одного координатного направления надо составить исходный и технологический графы.

На исходном графе все пронумерованные вершины соединяют рёбрами, соответствующими исходным размерам (размерам детали, припускам, смещениям осей поверхностей). На технологическом графе эти же вершины соединяют рёбрами, соответствующими технологическим размерам (размеры между технологическими базами и обрабатываемыми поверхностями и размеры, копируемые с инструмента) и размерам чертежа заготовки. При совмещении указанных графов образуются замкнутые контуры из вершин и ребер. Каждый кратчайший замкнутый контур совмещенного графа соответствует технологической размерной цепи и используется для составления уравнения взаимосвязи номиналов ее звеньев. В левой части уравнения записывается обозначение исходного ребра со знаком «+». В правой части записываются обозначения ребер технологического графа в той последовательности, в которой они встречаются при обходе контура от границы исходного ребра с меньшим номером до его границы с большим номером. Обозначение технологического ребра записывают со знаком «+», если обход по нему происходит от вершины с меньшим номером к вершине с большим номером, и со знаком «-», если наоборот. После обхода всех кратчайших замкнутых контуров получается система линейных алгебраических уравнений (число уравнений должно быть равно числу рёбер на исходном графе), представляющая математическую модель всех размерных связей техпроцесса по данному координатному направлению. В дополнение к каждому уравнению системы составляют уравнение или неравенства взаимосвязи допусков ребер и два уравнения или неравенства взаимосвязи предельных значений ребер, традиционно используемые при решении размерных цепей методом максимума-минимума [1]. Все составленные уравнения решаются совместно методом подстановки в таком порядке, чтобы в каждом решаемом уравнении оставался лишь один неизвестный параметр. К заранее известным параметрам уравнений размерных цепей относятся: размеры детали и их допуски (из чертежа детали); допуски размеров, формы и расположения поверхностей заготовки (из стандартов); допуски технологических размеров (из таблиц средней экономической точности обработки). При определении допуска технологического размера, получаемого от черновой технологической базы, к табличному допуску следует добавить погрешность формы технологической базы. Расчёт уравнений размерных цепей целесообразно начинать с оценки приемлемости техпроцесса для достижения требуемой точности детали с помощью уравнения (неравенства) взаимосвязи допусков. Если они выдерживаются, то техпроцесс приемлем и можно приступить к определению неизвестных параметров размерных цепей (технологических размеров, припусков, размеров заготовки). В противном случае необходимо изменить схе-

мы базирования (соблюдать принцип совмещения баз), применять более точные методы обработки и оборудование.

В ходе теоретических исследований формирования угловых размеров деталей при мехобработке выявлен ряд особенностей составления графов и уравнений угловых размерных связей техпроцессов, а также решения таких уравнений:

1) графы и уравнения угловых размерных связей следует составлять и решить до графов и уравнений линейных размерных связей. Это позволяет определить угловые смещения поверхностей полуфабрикатов, как составных частей промежуточных припусков. Эти смещения вносятся в исходный граф;

2) в общем случае достаточно составить исходный и технологический граф для трех координатных плоскостей детали. Одну из них следует совмещать с часто применяемой установочной, направляющей или двойной направляющей технологической базой;

3) при выявлении технологических угловых размеров следует учитывать технологические базы, способные ориентировать заготовки в угловых координатных направлениях;

4) при составлении графа размерных связей для одной координатной плоскости из рассмотрения исключаются угловые размеры, лежащие в перпендикулярных ей плоскостях;

5) если все элементы детали номинально перпендикулярны или параллельны друг другу, достаточно составить только выражения взаимосвязи допусков параллельности и перпендикулярности. При этом не требуется строгая последовательность нумерации объектов и разделение ребер технологического графа на увеличивающие и уменьшающие. Их отклонения считаются однонаправленными для оценки наибольшего отклонений получаемого размера детали;

6) для сравнения таких допусков их значения в мкм/мм приводятся к единой базовой длине.

Поясним описанные особенности на примере размерного анализа техпроцесса обработки корпуса (рисунок 1) по угловым размерам вокруг оси X. Заготовкой является отливка в песчано-глинистой форме. Техпроцесс мехобработки включает следующие операции: операция 05 вертикально-фрезерная (фрезерование плоскости 1 торцовой фрезой); операция 10, горизонтально-фрезерная с ЧПУ (переход 1 – черновое зенкерование отверстия 5, переход 2 – чистовое зенкерование отверстия 5, переход 3 – фрезерование плоскостей 2 концевой фрезой с поворотом детали на 180° вокруг вертикальной оси, переходы 4, 5 – фрезерование поверхностей 11 и 12 торцовой фрезой с поворотом детали на 180°); операция 15, вертикально-сверлильная (сверление 2-х отверстий 8); Операционные эскизы с указанием технологических размеров γ_j представлены на рисунке 1. Совмещенный эскиз детали и заготовки в проекции на плоскость, перпендикулярную оси X (плоскость YZ), представлен на рисунке 2. Этой проекции достаточно для указания всех объектов, формируемых на всех стадиях обработки детали. На указанном совмещенном эскизе (рисунок 3) номера соответствуют объектам: 1 – нижняя плоскость заготовки (К); 2 – нижняя плоскость детали (Д); 3 – плоскость дна канавки детали и заготовки;

4 – верхняя плоскость основания детали; 5 – верхняя плоскость основания заготовки; 6 – ось крепежного отверстия в основании детали; 7 – ось главного отверстия детали (Е); 8 – ось главного отверстия после чернового зенкерования; 9 – ось отверстия заготовки; 10 – ось наружной цилиндрической поверхности заготовки (Г); 11 – поверхность

отверстия заготовки; 12 – поверхность отверстия после черного зенкерования; 13 – поверхность главного отверстия детали; 14 – наружная цилиндрическая поверхность заготовки; 15 – левая боковая поверхность детали; 16 – левая боковая поверхность заготовки; 17 – правая боковая поверхность детали; 18 – правая боковая поверхность заготовки; 19 – поверхность крепежного отверстия в основании детали. Угловые размеры и допуски, заданные на чертеже детали, на совмещенном эскизе имеют обозначение α_j , допуски формы и расположения элементов заготовки имеют обозначение β_j .

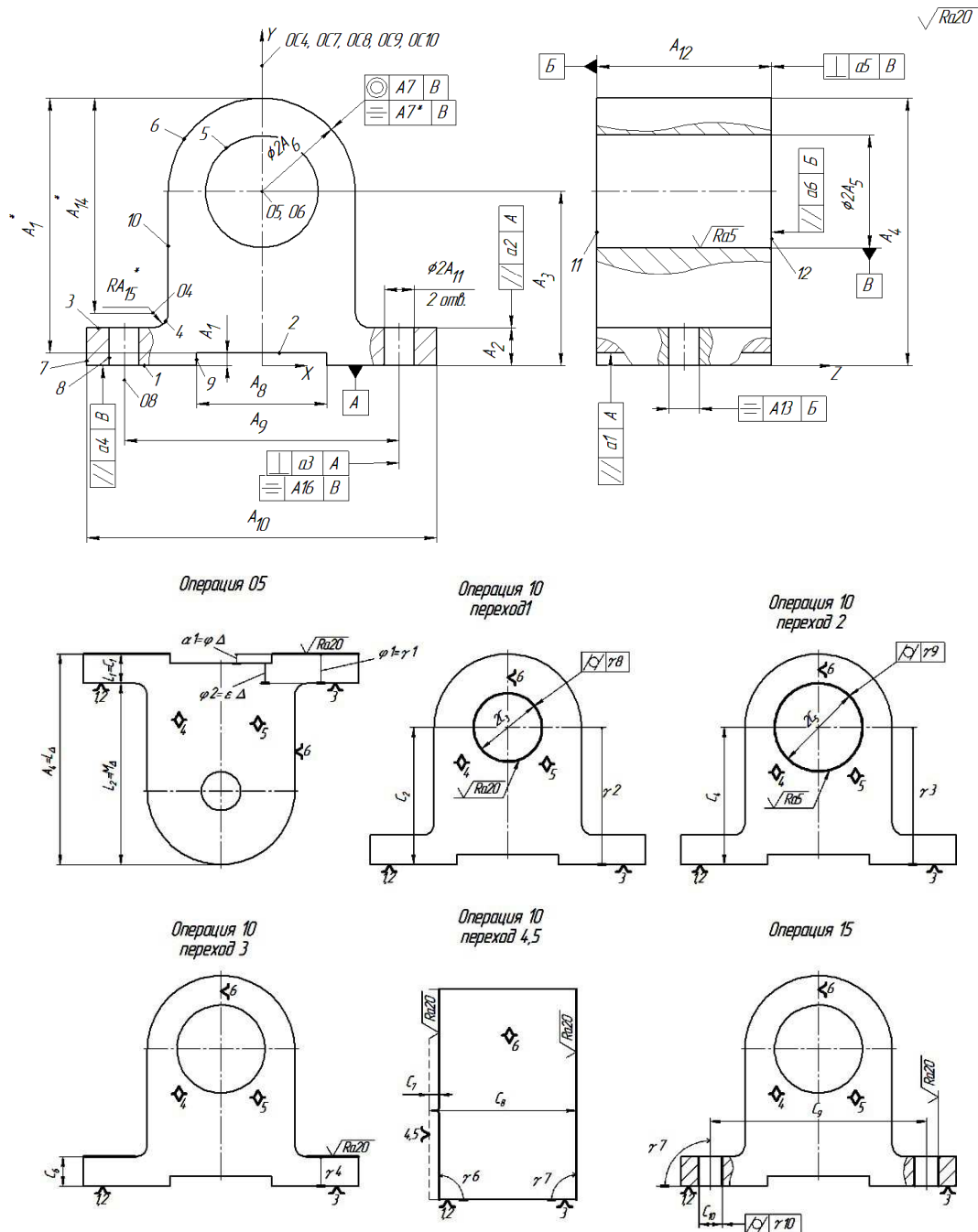


Рисунок 1 – Чертеж детали «корпус» и операционные эскизы ее обработки

На основе совмещенного эскиза и операционных эскизов построены исходный и технологический графы размерных связей техпроцесса (рисунок 3). На исходном графе, кроме угловых размеров и допусков детали, представлены угловые смещения ρ_i , являющиеся составляющими минимальных промежуточных припусков.

В нашем случае угловые номинальные положения объектов детали и заготовки известны из изображения проекций (0° или 90°), поэтому нет необходимости составлять уравнения размерных цепей в номиналах и предельных значениях. Достаточно составить выражения взаимосвязи допусков. Поочередно мысленно перенося ребра исходного графа на технологический граф, получаем замкнутые кратчайшие контуры и составляем для них выражения взаимосвязи допусков размеров a_j , ρ_i , β_j , γ_j :

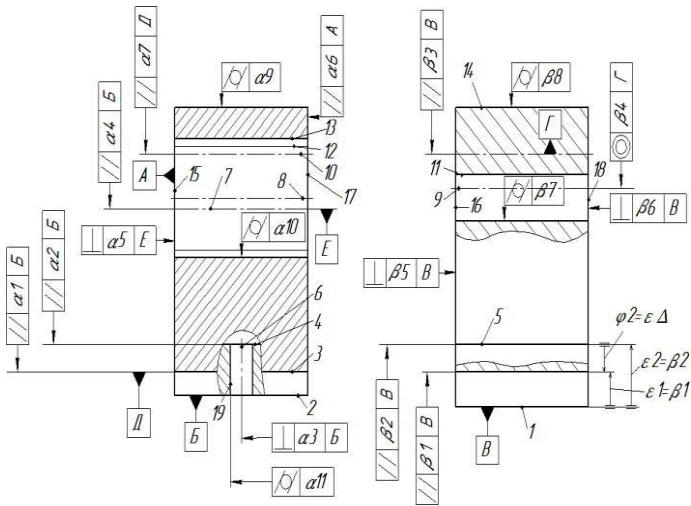


Рисунок 2 – Совмещенный эскиз детали и заготовки в проекциях на плоскость YZ

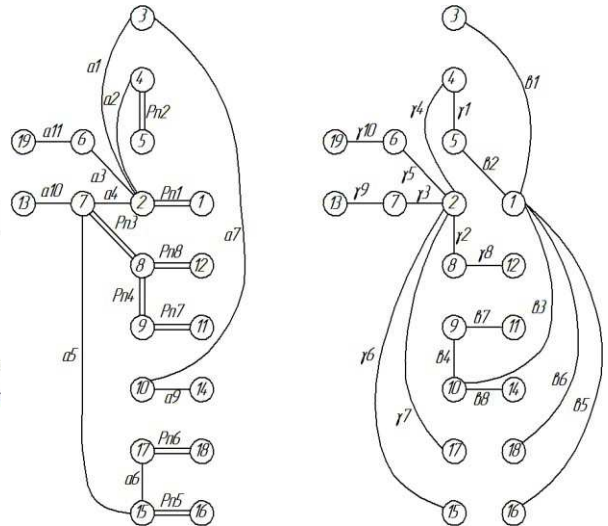


Рисунок 3 – Исходный и технологический графы угловых связей техпроцесса в плоскости YZ

- 1) $T\alpha_1 \geq T\gamma_4 + T\gamma_1 + T\beta_2 + T\beta_1$ 2) $T\alpha_2 \geq T\gamma_4$ 3) $T\alpha_3 \geq T\gamma_5$ 4) $T\alpha_4 \geq T\gamma_3$
- 5) $T\alpha_5 \geq T\gamma_3 + T\gamma_6$ 6) $T\alpha_6 \geq T\gamma_6 + T\gamma_7$ 7) $T\alpha_7 \geq T\beta_1 + T\beta_3$ 8) $T\alpha_9 \geq T\beta_8$
- 9) $T\alpha_{10} \geq T\gamma_9$ 10) $T\alpha_{11} \geq T\gamma_{10}$ 11) $T\rho_{n1} = T\beta_2 + T\gamma_1$ 12) $T\rho_{n2} = T\gamma_1$
- 13) $T\rho_{n3} = T\gamma_3 + T\gamma_2$ 14) $T\rho_{n4} = T\gamma_2 + T\gamma_4 + T\gamma_1 + T\beta_2 + T\beta_3 + T\beta_4$
- 15) $T\rho_{n5} = T\gamma_6 + T\gamma_4 + T\gamma_1 + T\beta_2 + T\beta_5$ 16) $T\rho_{n6} = T\gamma_7 + T\gamma_4 + T\gamma_1 + T\beta_2 + T\beta_6$
- 17) $T\rho_{n7} = T\beta_7$ 18) $T\rho_{n8} = T\gamma_8$

Для оценки приемлемости техпроцесса по точности размеров a_j проверялось соблюдение выражений 1...10. Для этого выбранные по таблицам средней экономической точности [3] допуски $T\gamma_j$ и выбранные по ГОСТ 26645-85 допуски отливки $T\beta_j$ и приводились к единой базовой длине 100 мм. По остальным уравнениям вычислялись погрешности перекосов $T\rho_i$, входящие в состав промежуточных припусков.

Апробирование предлагаемой усовершенствованной методики на большом числе техпроцессов, доказывает ее работоспособность. Ее использование на практике позволит повысить качество технологической подготовки производства.

Список цитированных источников

1. Махаринский, Е.И. Основы технологии машиностроения: учебник. – Мн.: Выш. шк., 1997.
2. Проектирование технологии: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / И.М. Баранчукова, А.А. Гусев, Ю.Б. Крамаренко [и др.]; под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.
3. Косилова, А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник технолога / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М.А. Калинин. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.