

Таблица 2.1 – Номинальные значения операционных размеров и припусков

Номинальные значения операционных размеров, мм	Значения припусков, мм
$S1 = 31,69_{-0,06}$	$z2 = 1,09^{+0,06}_{-0,52}$
...	...
$S7 = 8^{+0,22}$	$z10 = 0,38^{+0,52}_{-0,29}$

Т.о. размерный анализ позволяет упростить расчеты и повысить их точность, а также получить обоснованное значение припусков с поправкой на ошибки от смещения оси, погрешности формы и оценить правильность выбора технологии обработки детали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование технологических процессов в машиностроении: Учебное пособие для вузов/ И.П. Филонов, Г.Я. Беляев, Л.М. Кожуро и др.; Под общ. ред. И.П. Филонова; +CD. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 910 с. 2. Матвеев В.В., Бойков Ф.И., Свиридов Ю.Н. Проектирование экономичных технологических процессов в машиностроении. Челябинск: Южно-Уральское книжное изд-во, 1979, 111 с. 3. Проектирование техпроцессов механической обработки в машиностроении /Под ред. В.В. Бабука. – Мн.: Вышэйшая школа, 1987. – 256 с. 4. Справочник технолога- машиностроителя, т.1./Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова - 4-ое изд., перер. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с., ил.

УДК 620.16

Шумова Е.А.

РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ С УЧЁТОМ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОВ ПРИПУСКОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Перед тем как любое изделие будет направлено для изготовления на производство и дальнейшую эксплуатацию, должен быть выполнен большой объём подготовительных работ связанных, в частности, с технологической подготовкой производства. ТПП в качестве своей основы включает размерный анализ.

Размерный анализ – это совокупность расчетно-аналитических процедур, осуществляемых при разработке и анализе конструкций и технологических процессов

Проведение комплекса работ размерного анализа является совершенно необходимым, без этого само проектирование технологических процессов невозможно, поскольку сводится к укрупненному проектированию технологии на уровне типовой технологии. Даже при наличии технологии, операционных эскизов, – без простановки размеров и допусков – технологических, научно обоснованных, технология не реализуема, точно так, как конструкция без конструкторских размеров и допусков.

Основной целью данного исследования является расчёт технологических размерных цепей расположения поверхностей, а в частности нахождение допустимых радиальных биений обрабатываемых цилиндрических поверхностей детали, для чего необходимо также рассчитать погрешности формы поверхностей и ожидаемые эксцентриситеты припуска.

Данная деталь содержит несколько цилиндрических поверхностей, поэтому только значения диаметров не могут полностью описать геометрию тела вращения. Необходимо ещё

знать взаимное расположение поверхностей. Геометрически это может быть определено через эксцентриситеты. С этой целью для наиболее ответственных поверхностей (в первую очередь для конструкторских баз) на чертежах деталей задается величина радиального биения, равная удвоенному эксцентриситету.

Заданные чертежом диаметры и радиальные биения, как правило, непосредственно на заготовительных операциях не выполняются. Они образуются в процессе механической обработки за одну или несколько операций или переходов. Поэтому, при назначении диаметральных размеров и допусков на них, необходимо решить две задачи:

1. Назначить для заготовки и для механической обработки такие технологические размеры, чтобы на каждом переходе гарантировалось снятие припуска определенной величины, а на последней операции выдерживался бы диаметр, заданный рабочим чертежом детали.

2. Назначить для заготовки и механической обработки технологически оправданные радиальные биения, которые обеспечили бы выполнение требований по радиальному биению, заданные чертежом.

Сложность решения этих задач заключается в том, что нормативов на допуски на радиальное биение не существует. Их необходимо рассчитывать. Такой расчет вызывает определенные трудности, т.к. припуск по диаметру, как правило, расположен не абсолютно концентрично (равномерно). Расчет усложняется и тем, что деталь «Водило» изготавливается не за одну, а за несколько операций, поэтому заданные радиальные биения не выполняются непосредственно с одной установки.

Маршрут обработки детали «Водило» следующий:

Операция 005 Черновое точение наружной поверхности $\Phi 220$.

Операция 010 Получистовое точение наружной поверхности $\Phi 220$.

Операция 015 Чистовое точение наружной поверхности $\Phi 220$.

Операция 020 Черновая расточка отверстия под шлицы $\Phi 78$.

Операция 025 Чистовая расточка отверстия под шлицы $\Phi 78$.

Операция 030 Шлицевое протягивание.

Операция 035 Расточка выточки $\Phi 101$.

Операция 040 Рассверливание отверстия $\Phi 32$.

Операция 045 Черновая расточка отверстий $\Phi 32$.

Операция 055 Тонкая расточка отверстий $\Phi 32$.

Для выполнения расчетов необходимо составить размерную схему техпроцесса изготовления детали, построить граф совмещенного дерева, выявить размерные цепи эксцентриситетов и составить расчетные уравнения (рис. 1, 2).

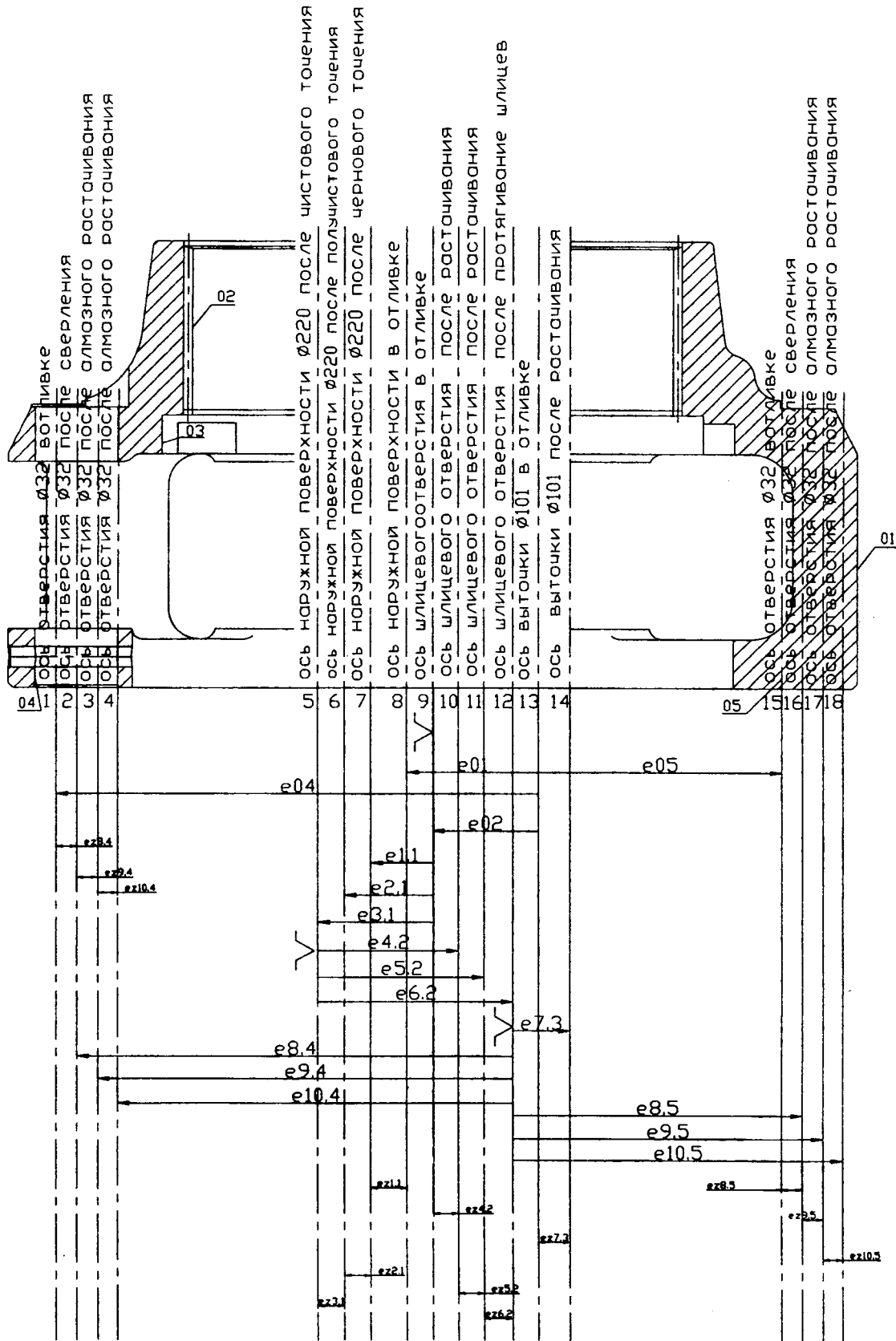


Рис. 1. Размерная схема технологического процесса

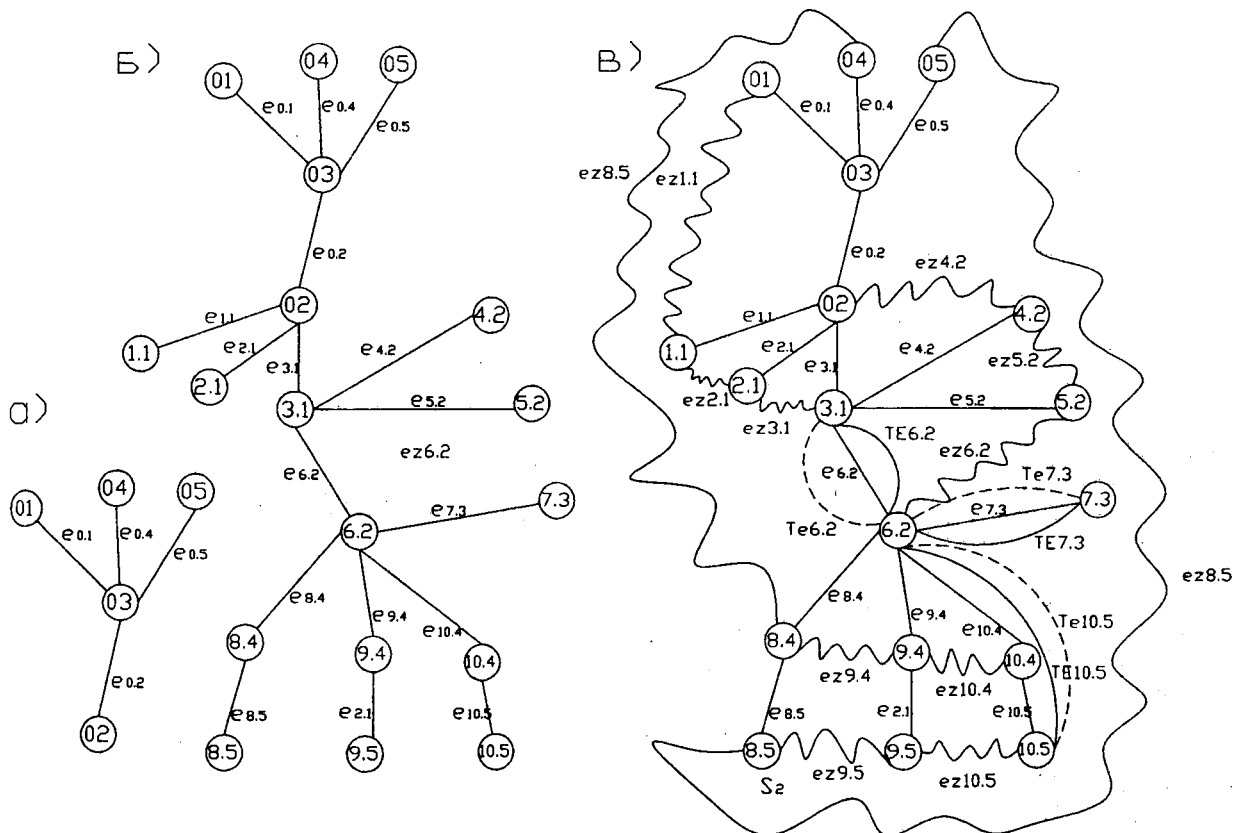


Рис. 2. а – дерево эксцентриситетов заготовки;
 б – дерево эксцентриситетов обрабатываемой детали;
 в – граф совмещённого дерева

При механической обработке эксцентриситеты в основном возникают в связи с погрешностями установки детали в приспособлении и от погрешности, возникающей при деформации системы СПИД под воздействием сил резания. Погрешность установки возникает всякий раз, когда измерительная база не совпадает с установочной, а погрешности от деформации системы СПИД возникают в связи с тем, что под действием сил резания все звенья системы деформируются, и резец отжимается от детали.

Таблица 1 – Расчёт эксцентриситетов e , возникающих при механической обработке

Обозначение	Расчетные уравнения	Значение, мкм
$e_{0.1}$	$e_{0.1} = 0$	0
$e_{0.2}$	$e_{0.2} = \rho_{\text{пл}}$	270
$e_{0.4}$	$e_{0.4} = 0$	0
$e_{0.5}$	$e_{0.5} = 0$	0
$e_{1.1}$	$e_{1.1} = \varepsilon_y + \Delta y_{1.1}$	140
$e_{2.1}$	$e_{2.1} = \varepsilon_y + \Delta y_{2.1}$	140
$e_{3.1}$	$e_{3.1} = \varepsilon_y + \Delta y_{3.1}$	140
$e_{4.2}$	$e_{4.2} = \varepsilon_y + \Delta y_{4.2}$	122
$e_{5.2}$	$e_{5.2} = \varepsilon_y + \Delta y_{5.2}$	51
$e_{6.2}$	$e_{6.2} = \varepsilon_y + \Delta y_{6.2}$	40
$e_{7.3}$	$e_{7.3} = \varepsilon_y + \Delta y_{7.3}$	80
$e_{8.4} = e_{8.5}$	$e_{8.4} = e_{8.5} = \varepsilon_y + c_0 + \Delta y_{8.4} \cdot L$	203
$e_{9.4} = e_{9.5}$	$e_{9.4} = \varepsilon_y + \Delta y_{9.4}$	30
$e_{10.4} = e_{10.5}$	$e_{10.4} = \varepsilon_y + \Delta y_{10.4}$	25

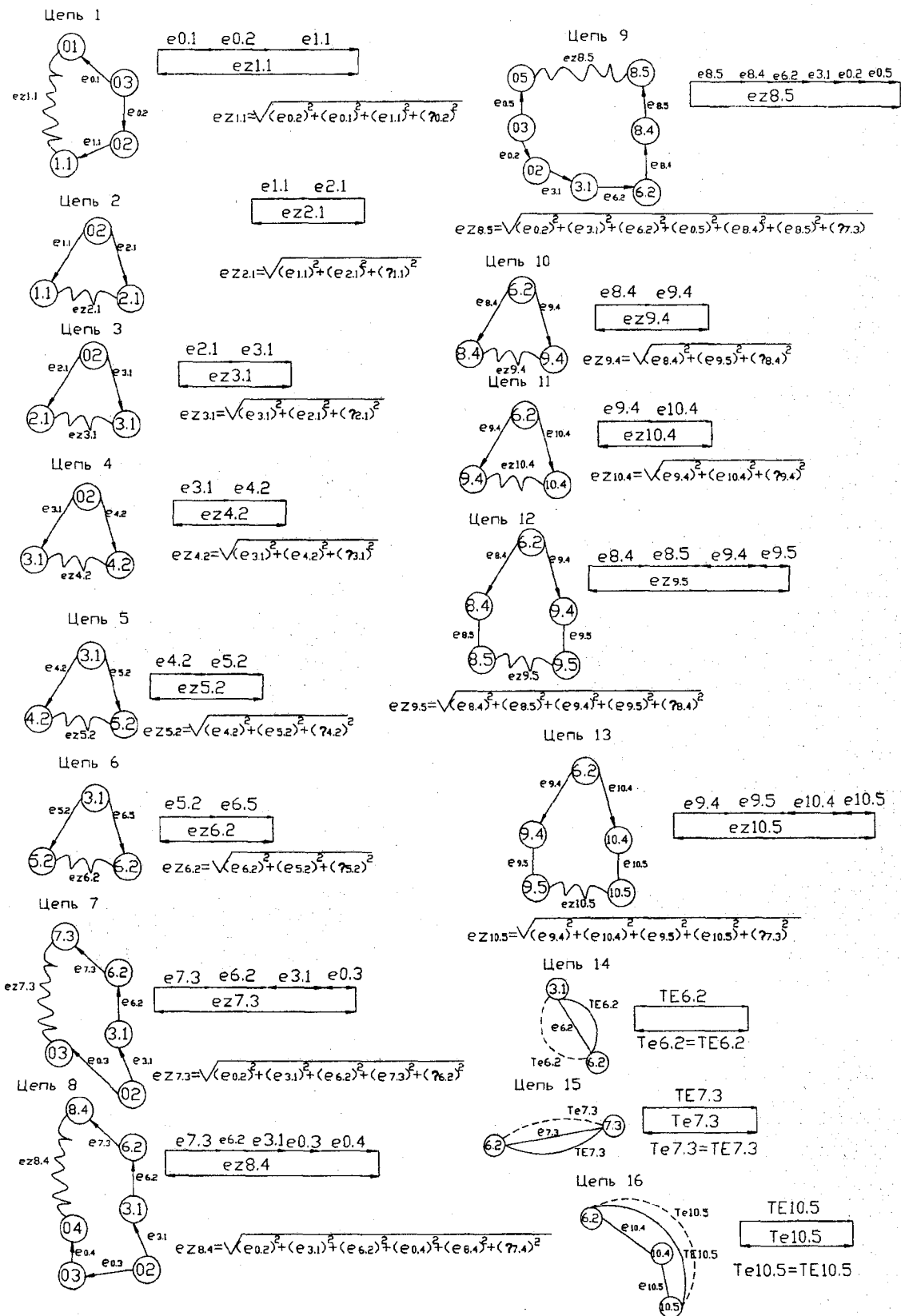


Рис. 3. Размерные цепи и расчётные уравнения

Эксцентриситеты e , возникающие в детали и заготовке в результате действия погрешностей системы СПИД, являются составляющими звеньями технологических размерных цепей эксцентриситетов (рис. 3). Замыкающими звеньями этих цепей являются: допустимые эксцен-

триситеты Te_i и Te_i , задаваемые в конструкторской и технологической документации, а также – эксцентриситеты припусков – eZ_i .

В размерной цепи для нахождения величины e_{zi} (эксцентриситета припуска) составляющими звеньями являются эксцентриситеты e_i , возникающие в детали и заготовке в результате действия погрешностей системы СПИД. Надо учесть и погрешность формы обрабатываемых поверхностей ρ_ϕ , так как она приводит к увеличению неравномерности снимаемого припуска.

Таблица 2 – Расчет ожидаемой погрешности (эксцентриситета) припуска

Обозначение	Расчетные уравнения	Значение, мкм
Ez1.1	$eZ_{1.1} = \sqrt{e_{0.1}^2 + e_{0.2}^2 + e_{1.1}^2 + \rho_{\delta 0.2}^2}$	305,8
Ez2.1	$eZ_{2.1} = \sqrt{e_{1.1}^2 + e_{2.1}^2 + \rho_{\delta 1.1}^2}$	198
Ez3.1	$eZ_{3.1} = \sqrt{e_{2.1}^2 + e_{3.1}^2 + \rho_{\delta 2.1}^2}$	197,9
Ez4.2	$eZ_{4.2} = \sqrt{e_{3.1}^2 + e_{4.2}^2 + \rho_{\delta 3.1}^2}$	185,7
Ez5.2	$eZ_{5.2} = \sqrt{e_{5.2}^2 + e_{4.2}^2 + \rho_{\delta 4.2}^2}$	132,2
Ez6.2	$eZ_{6.2} = \sqrt{e_{5.2}^2 + e_{6.2}^2 + \rho_{\delta 5.2}^2}$	64,8
Ez7.3	$eZ_{7.3} = \sqrt{e_{0.2}^2 + e_{3.1}^2 + e_{6.2}^2 + e_{7.3}^2 + \rho_{\delta 6.2}^2}$	317
Ez8.4	$eZ_{8.4} = \sqrt{e_{0.4}^2 + e_{0.2}^2 + e_{3.1}^2 + e_{6.2}^2 + e_{8.4}^2 + \rho_{\delta 7.4}^2}$	367,8
Ez8.5	$eZ_{8.5} = \sqrt{e_{0.5}^2 + e_{0.2}^2 + e_{3.1}^2 + e_{6.2}^2 + e_{8.4}^2 + e_{8.5}^2 + \rho_{\delta 7.3}^2}$	367,8
Ez9.4	$eZ_{9.4} = \sqrt{e_{8.4}^2 + e_{9.5}^2 + \rho_{\delta 8.4}^2}$	205,2
Ez10.4	$eZ_{10.4} = \sqrt{e_{9.4}^2 + e_{10.4}^2 + \rho_{\delta 9.4}^2}$	39
Ez9.5	$eZ_{9.5} = \sqrt{e_{8.4}^2 + e_{8.5}^2 + e_{9.4}^2 + e_{9.5}^2 + \rho_{\delta 8.4}^2}$	290,2
Ez10.5	$eZ_{10.5} = \sqrt{e_{9.4}^2 + e_{10.4}^2 + e_{9.5}^2 + e_{10.5}^2 + \rho_{\delta 9.4}^2}$	51

Расчет допустимых радиальных биений

Допустимый эксцентриситет должен быть определен по формуле:

$$Te_i \geq \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2 + \rho_{\phi_i}^2 + \rho_{\phi_{i-1}}^2}$$

$$Te_{6.2} \geq \sqrt{\hat{a}_{6.2}^2 + \rho_{5.2}^2 + \rho_{4.2}^2} = \sqrt{40^2 + 0^2 + 0^2} = 40 \text{ мкм};$$

$$Te_{7.3} \geq \sqrt{\hat{a}_{7.3}^2 + \rho_{6.3}^2 + \rho_{5.3}^2} = \sqrt{80^2 + 0^2 + 0^2} = 80 \text{ мкм};$$

$$Te_{10.5} \geq \sqrt{\hat{a}_{10.4}^2 + \hat{a}_{10.5}^2 + \rho_{9.4}^2 + \rho_{10.4}^2} = \sqrt{45^2 + 25^2 + 0.135^2} = 50 \text{ мкм}.$$

Для проверки, обеспечивают ли полученные значения Te_i заданное чертежом техническое условие Te_E , необходимо:

- а) определить его ожидаемую (расчетную) погрешность

$$\rho_E = \sum_{i=1}^n T e_i$$

б) произвести сравнение $\rho_E \leq T_E$.

В данном случае $\rho_{E6.2} = T_{E6.2} = 40$ мкм; $\rho_{E7.3} = T_{E7.3} = 80$ мкм; $\rho_{E10.5} < T_{E10.5} = 50$ мкм.

В результате получилось, что заданное условие выполняется. Следовательно, технологию обработки детали можно считать удовлетворительной, и нет необходимости её пересматривать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование технологических процессов в машиностроении: Учебное пособие для вузов / И.П. Филонов, Г.Я. Беляев, Л.М. Кожуро и др.; Под общ. ред. И.П. Филонова; +CD. - Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 910 с.
2. Матвеев В.В., Бойков Ф.И., Свиридов Ю.Н. Проектирование экономичных технологических процессов в машиностроении. Челябинск: Южно-Уральское книжное изд-во, 1979, 111 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: 2001. – 912 с.
4. Технология машиностроения: Сборник задач и упражнений. Учеб. пособие / В.И. Аверченков и др.; Под общ. ред. В.И. Аверченкова и Е.А. Польского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 288 с. – (Высшее образование)

УДК 621.1: 679.8

Луговой В.П.

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОВОДКЕ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Геометрическая точность формы и размеров прецизионных деталей при традиционных методах шлифования и доводки достигается изменением конструкторских или технологических факторов (скорость обработки, давление, материал и размер абразивного зерна). Каждый из этих факторов может оказывать благоприятное воздействие в определенных диапазонах и сочетаниях численных значений. Известно, что использование ультразвука при доводке позволяет улучшить показатели точности и качества поверхности в силу особенностей воздействия в зоне контакта детали и инструмента, интенсифицируя сам процесс обработки [1]. При этом особый интерес, представляет возможность управления обработкой при воздействии ультразвуком на динамику и кинематику скольжения контактирующих поверхностей. Использование ультразвуковых колебаний открывает новые возможности управления показателями точности еще одним фактором – акустическим.

Учитывая волновой характер распространения ультразвуковых колебаний в зоне контакта «деталь-инструмент» можно полагать, что ультразвук оказывает различную степень воздействия в различных точках этой зоны. В ряде случаев такой волновой характер распространения ультразвуковых колебаний в инструменте (или обрабатываемой детали) можно целенаправленно использовать с целью повышения точности геометрической формы. Основными видами геометрических форм обрабатываемых поверхностей являются плоские поверхности, тела вращения: цилиндрические и конические наружные и внутренние поверхности, а также сферические поверхности с тремя осями вращения. Особенность ультразвуковой доводки является необходимость создания резонансной ультразвуковой системы таким образом, чтобы в инстру-