

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

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-

менте возбуждалась стоячая ультразвуковая волна. Интенсивность обработки при этом зависит от взаимного положения деталей в зоне обработки. Так, исследованиями установлено при доводке шариков в ультразвуковом поле (рис. 1а) шарики, обработанные на различных радиусах дорожек нижнего диска имели нелинейные отличия по размеру и точности, что является результатом действия ультразвука различной интенсивности. В этом случае характер движения шариков определяется расположением изделий относительно стоячей волны, возбуждаемой в материале инструмента [2]. Различные значения действующей амплитуды колебаний над каждой из дорожек качения шариков приводят к различным величинам точности, их размеров в каждой дорожке. Эксцентричное смещение доводочных дисков относительно друг друга позволяет изменить такую закономерность и обеспечить одинаковый размер тел качения [3]. Такое явление возникает благодаря тому, что обкатываясь, шарики могут проходить различные зоны ультразвукового поля, и получать одинаковое вращение вокруг своих осей (рис. 1, б).

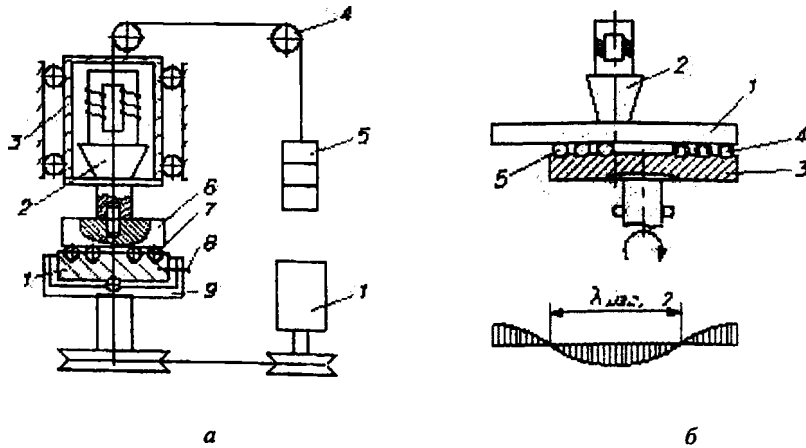


Рис. 1. Схемы обработки сферических поверхностей с ультразвуком: а – при соосной обработке инструментами, б – при смещении дисков

Такое воздействие ультразвуковых колебаний инструмента приводит к изменению кинематики вращения шариков, при котором достигается изменение направления вращения шариков вокруг своих осей при пересечении различных зон акустической волны.

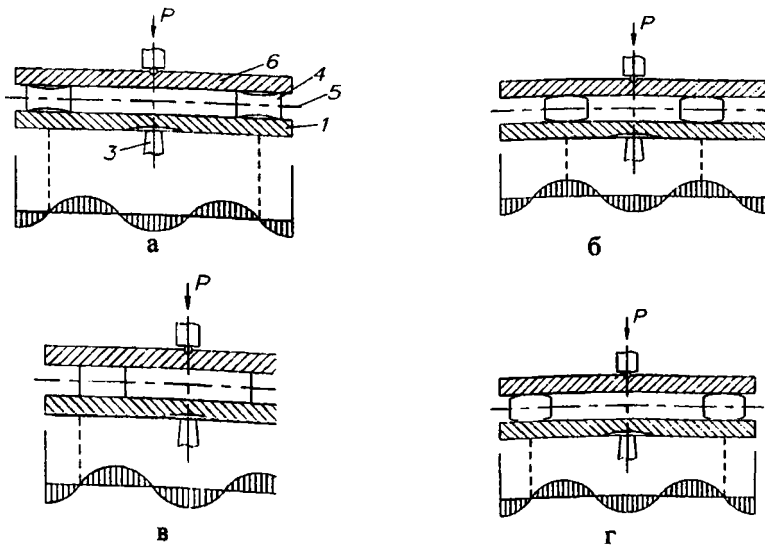


Рис. 2. Схема обработки цилиндрических тел вращения с погрешностью формы деталей: а – седлообразных, б – бочкообразных, в – с конусностью

Аналогичную закономерность влияния ультразвуковых колебаний на показатели процесса обработки цилиндрических деталей можно наблюдать при обработке цилиндрических

деталей при однодисковой и двухдисковой доводке. Возможность управляющего действия ультразвуковых колебаний при обработке деталей цилиндрической открывається при целенаправленном воздействии на изделия путем их расположения относительно изгибной волны ультразвуковых колебаний инструмента. Один из инструментов соединен с источником колебаний 3 (рис. 2) и возбуждает в нем акустическую изгибную волну, эпюра распределения которой имеет вид стоячей волны. Изделия 4, уложенные в сепаратор 5, прижимаются диском 6 с усилием Р. Такой способ позволяет устранить возникающие на изделиях отклонения формы изделий в продольном направлении: седлообразность, конусность, бочкообразность, или решить обратную задачу, т.е. образовать бочковидную форму.

Особенность распространения изгибной волны заключается в том, что она имеет общие признаки как продольной, так и поперечной волн. Поэтому точки рабочей поверхности диска-притира совершают колебательное смещение в вертикальном направлении с амплитудой A_v и в радиальном с амплитудой A_p (рис.1). При этом изменение амплитуды вертикально направленных колебаний по радиусу диска носит четко выраженный циклический характер, т.е. имеет место чередование пучностей и узлов в соответствии с формой ультразвуковой волны. В то же время амплитуда радиально направленных колебаний плавно возрастает от нулевого значения в центре диска до максимального на периферии инструмента. Таким образом, при обработке с ультразвуком интенсивность акустического поля по радиусу инструмента оказывается переменной, что предопределяет различную степень влияния колебаний на показатели процесса доводки с изменением места расположения заготовки относительно оси вращения диска-притира.

Ультразвуковой способ доводки позволяет повысить точность отверстий в осевом направлении оптимальным расположением обрабатываемых изделий относительно изгибной волны ультразвуковых колебаний инструмента. Детали с седлообразностью (рис.2а) ориентируются относительно ультразвуковой волны так, чтобы их середина совпадала с узлом данной волны, т.е. в сечении с минимальной амплитудой колебаний. При доводке бочкообразных деталей (рис.2б) их середина располагается против пучности волны. Образование же бочкообразности требует их смещения в зону узла колебаний упругой волны (рис.2г).

Доводка отверстий осуществляется инструментом 1 (рис.3), в котором возбуждается продольная звуковая волна 4 от источника колебаний 2. В продольном направлении отверстия могут образовываться такие формы погрешности как седлообразность, бочкообразность и конусность.

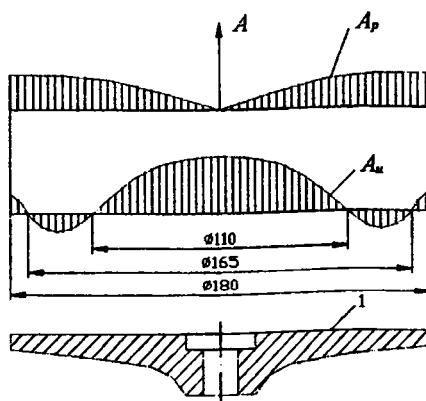


Рис. 3. Конструкция доводочного диска для ультразвуковой доводки

Устранение указанных погрешностей форм отверстий и в данном случае становится возможным при соблюдении соответствующего взаимного положения детали и инструмента [5]. Седлообразные изделия 3 (рис.3а) предварительно отобранные для обработки располагаются в пучности колебаний с максимальной амплитудой колебаний в среднем сечении, а бочкообразные (рис.3б) – в узле, что, в конечном счете, обеспечивает выравнивание погрешности формы.

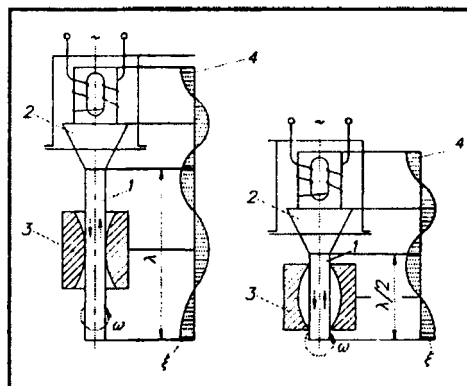


Рис. 4. Способ доводки отверстий с ультразвуком

Во всех приведенных схемах обработки используется волновой характер распространения упругой волны, как акустический параметр, влияющий на показатели обработки, и свидетельствующий о возможности управления процессом ультразвуковой обработки для повышения точности геометрической формы обработанных поверхностей за счет оптимального выбора относительного расположения контактируемых поверхностей. Процесс абразивной обработки сопровождается одновременным улучшением качества обработанной поверхности, обусловленной высокочастотным воздействием инструмента через абразивную прослойку в зоне контакта [1,2]. При этом показатели производительности, т.е. съема материала в единицу времени, определяются совместным действием как технологических, так и акустических (частотой и амплитудой ультразвуковых колебаний) факторов.

Для проведения исследований процессов абразивной обработки цилиндрических тел и шариков был разработан настольный станок с вертикальной осью вращения. В шпинделе станка был встроены пьезокерамический преобразователь ультразвуковых колебаний с коническим волноводом, на котором закрепляется шлифовальный круг с алмазносным слоем, диаметром 250мм. На инструменте возбуждалась резонансная изгибная волна частотой 18 кГц. Верхний диск выполнен в поперечном сечении по нерабочей стороне в форме гиперболы. Он закрепляется на стойке и имеет возможность эксцентричного смещения в горизонтальной плоскости. Предварительные исследования подтвердили изложенные выше заключения:

ЛИТЕРАТУРА

1. М.Г. Киселев, В.Т. Минченя, В.А.Ибрагимов. Ультразвук в поверхностной обработке материалов.- Мн.: Тесей, 2001г. -360с.
2. Луговой В.П. Автореферат кандидатской диссертации. Мн. 1981.
3. А.с. 664824 СССР. Устройство для доводки шариков. / М.Г.Киселев, М.Ю.Пикус, В.П.Луговой. Б.Д.Дисон// Бюл. изобр. - 1979. - № 20.
4. А.с.1794630 СССР. Способ доводки тел вращения. / В.П.Луговой// Бюл. изобр. - 1993. - № 6.
5. А.с.1189577. Способ доводки отверстий. В.П.Луговой // Бюл. изобр. - 1985. - № 41.