

УДК 621. 923: 534-8

СПОСОБЫ ЛЕНТОЧНОГО ШЛИФОВАНИЯ И ПОЛИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ

С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

акад., д-р техн. наук, проф. В.В. КЛУБОВИЧ, А. С. ЕРЕМЕЕВ, Н.М. ЛАППО, В. Ф. ЛУЦКО

(Институт технической акустики, Витебск)

Рассматриваются способы ленточного шлифования и полирования изделий сложной геометрической формы типа пружин с наложением ультразвуковых колебаний различной направленности. Показано, что применение ультразвука при шлифовании и полировании цилиндрических пружин позволяет увеличить производительность процесса обработки в 1,5 раза, повысить качество обработки в 2...3 раза и увеличить чистоту поверхности на 1 ...2 класса.

Ленточное шлифование широко применяется в промышленности. Однако этот метод обладает некоторыми недостатками (основным является наличие в приповерхностном слое обработанной детали растягивающих напряжений), которые приводят к снижению усталостной прочности изделий.

Возбуждение же ультразвуковых колебаний в зоне резания при обработке деталей способствует формированию сжимающих напряжений, снижает силу резания, что значительно увеличивает технологические возможности метода обработки, в частности позволяет расширить ассортимент обрабатываемых деталей.

В связи с этим авторами разработан ряд способов шлифования и полирования выпуклых поверхностей, в том числе сложнофасонных поверхностей изделий типа пружин, абразивной лентой, скользящей по поверхности, прижатие к которой осуществляется за счет разности сил натяжения в ведомой и ведущей ветвях ленты, а также с наложением ультразвуковых колебаний на обрабатываемое изделие [1].

При подведении ультразвуковых колебаний к пружине вследствие сложной ее формы на поверхности последней возникают колебания нескольких видов: продольные, поперечные, изгибные и крутильные.

Поскольку длина волны каждого вида колебаний различна, то все точки поверхности пружины испытывают сложные колебания, следовательно, возникает возможность равномерной обработки всей поверхности спиральной цилиндрической пружины.

Рассмотрим способ обработки абразивными лентами цилиндрических изделий с криволинейной образующей поверхности. На рисунке 1 изображена схема расположения ветвей ленты, на которой локально-цилиндрический участок изделия охвачен кольцевой петлей абразивной ленты. Ветвям ленты сообщено движение резания и осцилляции вдоль оси обрабатываемой поверхности.

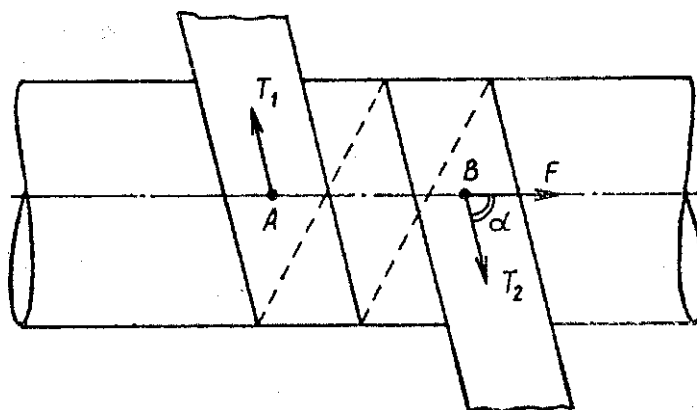


Рис. 1. Схема расположения ветвей ленты при шлифовании изделий

Будем считать ленту нерастяжимой гибкой связью. Ведущая и ведомая ветви ленты образуют с направлением осцилляции ленты некоторый угол α . В точке A происходит вход, а в точке B - выход ленты из контакта с обрабатываемым изделием. В ведущей ветви абразивной ленты действует сила натяжения T_2 , в ведомой - T_1 , причем $T_2 > T_1$. Следовательно, в точке B возникает дополнительная сила F , направленная вдоль оси изделия, которая равна:

$$F = T_2 \cos \alpha . \quad 0)$$

В противоположную сторону действует сила трения F_{mp}

$$F_{mp} = \mu N \tag{2}$$

где μ - коэффициент трения абразивной ленты по поверхности изделия; N - сила прижима ленты к обрабатываемому изделию.

Из выражений (1) и (2) имеем

$$T_2 \cos \alpha = \mu N \tag{3}$$

Натяжение T_2 согласно формуле Эйлера для случая проскальзывания ремней и канатов по цилиндрическому изделию равно:

$$T_1 = T_2 e^{\mu \phi} \tag{4}$$

где ϕ - угол охвата лентой поверхности изделия.

Из выражения (4) найдем значение коэффициента трения μ и подставим его в формулу (3). Тогда получим уравнение:

$$T_2 \cos \alpha = T_1 e^{-\mu \phi} \tag{5}$$

Выполнив соответствующие преобразования, найдем значение углов ϕ и α :

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{1}{\mu} \ln \frac{T_1}{T_2} \\ \alpha &= \arccos \left(\frac{T_1}{T_2} e^{-\mu \phi} \right) \end{aligned} \tag{6}$$

Анализ выражений (6) показывает, что угол охвата абразивной лентой сечения обрабатываемого изделия и угол наклона ветвей ленты к оси детали взаимосвязаны и оказывают существенное влияние на производительность обработки и качество обрабатываемой поверхности.

Обработку сложнофасонных поверхностей изделий по предложенному нами способу осуществляют следующим образом.

Весь периметр сечения изделия охватывают кольцеобразной петлей, сформированной из абразивной ленты, а ленту располагают таким образом, чтобы ведомая и ведущая ветви ее составили угол α с направлением осцилляции ленты. Затем ленте сообщают возвратно-поступательное движение, а обрабатываемому изделию сообщают ультразвуковые колебания. При расположении ведущей и ведомой ветвей абразивной ленты под углом к направлению осцилляции, отличным от 90° , лента, кроме движения в направлении действия силы натяжения, перемещается вдоль оси обрабатываемой поверхности изделия. Наличие дополнительного движения (осцилляции) ленты вдоль продольной оси обрабатываемой поверхности изделия способствует улучшению режущей способности абразивных зерен.

Исследования показали, что качество обработки во многом зависит от отношения скоростей (возвратно-поступательного движения ленты в направлении воздействия силы натяжения и возвратно-поступательного движения осцилляции вдоль продольной оси поверхности изделия). При отношении скоростей в диапазоне равном 0,6... 1,0 достигается наиболее высокая производительность процесса шлифования вследствие более благоприятных условий работы абразивных зерен. Шероховатость поверхности в этом случае наименьшая, так как при частом пересечении траекторий движения зерен происходит выравнивание микрорельефа за счет срезания выступов.

Угол охвата абразивной лентой сечения обрабатываемого изделия также существенно влияет на качество обработки. Так, например, для каналовых поверхностей (т.е. поверхностей, образуемых перемещением окружности, центр которой перемещается по некоторой траектории так, что угол между нормалью к плоскости окружности и направлением движения остается постоянным) необходимо вести обработку сразу по всему периметру их сечения и, следовательно, угол охвата детали должен составлять как минимум 360° . Именно в этом случае (от входа какой-либо точки ленты в контакт с обрабатываемой поверхностью и до выхода ее из контакта) обрабатывается весь периметр сечения поверхности изделия. Отклонение угла α наклона ветвей к направлению осцилляции от расчетного значения в сторону его возрастания приводит к снижению производительности процесса и увеличению шероховатости поверхности детали. Уменьшение угла α наклона ветвей ленты к оси обрабатываемой поверхности

детали относительно его расчетного значения может привести к сминанию ленты и снижению производительности процесса обработки.

С целью повышения производительности процесса шлифования и качественной обработки за счет обеспечения равномерного съема материала по всему периметру нормального сечения витка пружины, нами был разработан новый способ ленточного шлифования сложнофасонных поверхностей [2].

В предложенном способе пружину по периметру охватывают шлифовальной лентой в форме кольцевой петли, ветвям ленты сообщают движение резания, а изделию сообщают вращение вокруг продольной оси и накладывают на него ультразвуковые колебания. Угол охвата шлифовальной лентой периметра нормального сечения витка пружины выбирают равным $361...370^\circ$; пружину растягивают до достижения расстояния между точками ее крепления, кратного длине полуволны ультразвуковых колебаний.

Величину угла охвата сечения витка пружины выбирают несколько больше 360° с тем, чтобы компенсировать меньший съем обрабатываемого материала в области входа абразивной ленты в контакт с обрабатываемой поверхностью и выходом из него. Это повышает качество обработанной поверхности изделия за счет равномерного съема материала пружины и уменьшения некруглости. Угол охвата в пределах $361...370^\circ$ выбран также в связи с использованием при шлифовании абразива разной зернистости. Абразивам с малыми значениями размеров зерен соответствуют меньшие величины углов интервала. С увеличением зернистости абразивных или алмазных паст, используемых для чистовой обработки, угол охвата увеличивается до 370° .

При растяжении пружины на расстояние между точками крепления, кратном длине полуволны ультразвуковых колебаний, оба конца пружины оказываются закрепленными в пучности продольных колебаний. Однако, как отмечалось ранее, все точки поверхности пружины испытывают сложные колебания, поэтому существует возможность проводить равномерную обработку всей поверхности пружины. Расстояние пружины не должно превышать предела упругих деформаций, т.е. изменение длины пружины / в направлении ее оси должно быть не более

(7)

$$kG$$

где a - величина, характеризующая геометрические параметры пружины (диаметр пружины, диаметр проволоки); σ_m - предел текучести материала проволоки; k - коэффициент запаса прочности; G - модуль сдвига.

Так как в процесс обработки кроме сил резания на пружину воздействуют знакопеременные высокочастотные колебания, то коэффициент запаса прочности необходимо увеличить в 1,5 раза по сравнению с нормативным коэффициентом запаса прочности.

Для проведения исследований по обработке винтовых цилиндрических пружин была изготовлена экспериментальная установка, кинематическая схема которой приведена на рисунке 2.

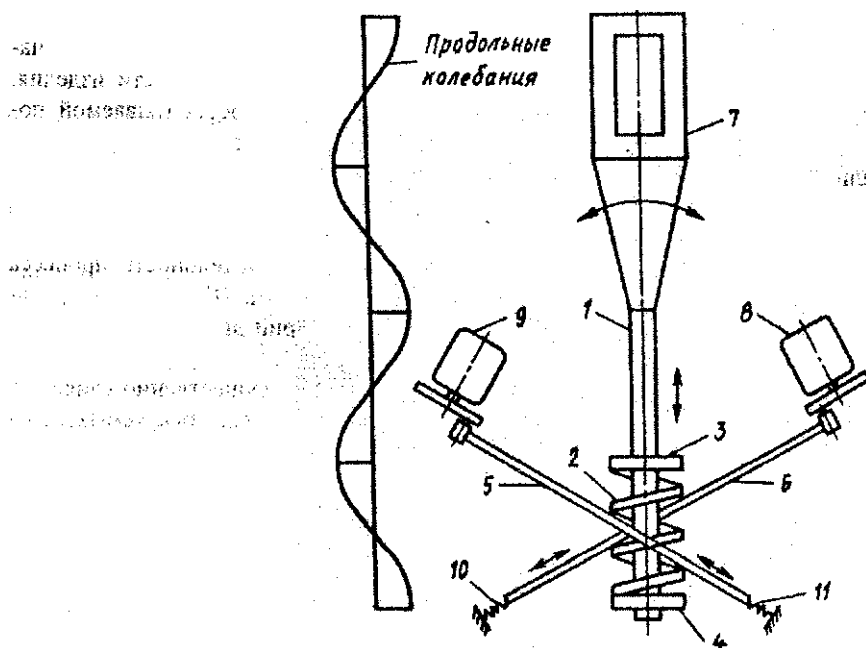


Рис. 2. Схема обработки винтовых цилиндрических пружин

Обработку пружин осуществляют следующим образом. На волноводе / закрепляют пружину 2 так, что расстояние между точками ее крепления кратно длине полуволны ультразвуковых колебаний и концы 3 и 4 ее находятся в пучности смещений. На пружине устанавливают абразивные ленты 5 и 6 так, чтобы они охватывали сечение витка пружины петлей, затем на пружину накладывают ультразвуковые колебания от магнитострикционного преобразователя 7. Лентам 5 и 6 с помощью электродвигателей 8 и 9 сообщают движение резания, а пружинами 10 и 11 регулируют усилия натяжения абразивных лент. Для компенсации моментов сил трения на обрабатываемой пружине зоны обработки ее располагают диаметрально противоположно и движение лент 5 и 6 осуществляют в противофазе.

Исследования предложенного способа обработки цилиндрических стальных пружин показали:

- производительность процесса шлифовки возросла в 1,5 раза (особенно при использовании паст малой зернистости) по сравнению с известными способами;
- качество обработки повышается за счет уменьшения некруглости в 2...3 раза;
- чистота обрабатываемой поверхности увеличивается на 1...2 класса.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. № 1230803 СССР. Способ ленточного шлифования сложнофасонных поверхностей изделий / В.В. Клубович, В.Ф. Луцко и др. // Открытия. Изобретения. - 1990. - № 23.
2. А.с. № 1527790 СССР. Способ ленточного шлифования сложнофасонных поверхностей / В.В. Клубович, В.Ф. Луцко и др. // Открытия. Изобретения. - 1990. - № 27.