

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ УПРОЧНЯЮЩЕ-ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

¹Клубович В.В., ¹Луцко В.Ф., ²Сакевич В.Н., ¹Рубаник В.В.

¹ ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси»

г. Витебск, Беларусь

²УО «Витебский государственный технологический университет»

г. Витебск, Беларусь

Известно, что эксплуатационные характеристики деталей зависят от состояния поверхности и поверхностного слоя, формируемых на финишных стадиях обработки. Особенно актуальным является улучшение качества поверхностного слоя изделий со сложной геометрией поверхности, например, для деталей пресс-форм, штамповой оснастки, коленчатых валов и др., финишные операции доводки и полировки для которых выполняются вручную. Очевидно, что в этом случае добиться одинакового качества обработки всей поверхности и поверхностного слоя изделия невозможно, что при определенных условиях приводит к его преждевременному износу и поломке. Кроме того, финишные операции являются наиболее трудоемкими. Трудозатраты на эти операции составляют 25%-35% от общих трудозатрат по изготовлению детали.

Поверхностная ультразвуковая обработка является эффективным способом увеличения долговечности, повышения чистоты и точности изделий, различных по конструкции, материалу и условиям эксплуатации. Ультразвуковая упрочняюще-чистовая обработка поверхности деталей заключается в том, что в процессе механической обработки поверхность детали подвергается воздействию рабочей поверхности инструмента (шарик, ролик и др.), колеблющегося с ультразвуковой частотой. Воздействие ультразвуковых колебаний существенным образом влияет на состояние поверхности и поверхностного слоя изделия: а) создаются остаточные сжимающие напряжения; б) уменьшается шероховатость; в) возникает регулярный микрорельеф поверхности; г) возрастает микротвердость поверхности [1-4]. Наряду с этим, введением ультразвука в зону обработки можно решить ряд технических проблем.

В ИТА НАН Беларуси разработан инструмент, технология и оборудование для ультразвуковой упрочняющей и доводочной обработки изделий сложной геометрической формы: штамповой оснастки, пресс-форм и др. на базе фрезерного станка с ЧПУ; коленчатых валов на базе круглошлифовального станка; валов с поперечными технологическими отверстиями на базе токарно-винторезного станка.

Основными узлами разработанного ультразвукового оборудования являются: электронный генератор и акустическая система. Электронный генератор ультразвуковой частоты формирует колебания необходимой частоты и мощности для питания пьезоэлектрического преобразователя. Электронный генератор работает на частоте $20 \pm 0,5$ кГц и имеет регулируемую выходную мощность до 400 Вт. Частота и мощность сигнала, подаваемого на преобразователь, измеряется в режиме реального времени с помощью встроенных в генератор частотомера и ваттметра. Генератор также имеет функцию реле времени, что позволяет дозированно подавать ультразвуковую энергию в зону обработки. Микропроцессорное управление генератора обеспечивает контроль и включение/выключение подачи ультразвуковой энергии. Микроконтроллер может также хранить режимы обработки, которые он использует для управления акустической системой.

Акустическая система состоит из установленных соосно и соединенных между собой ультразвукового преобразователя и излучателя-инструмента. Преобразователь служит для преобразования электрических колебаний, вырабатываемых генератором в энергию механических колебаний той же частоты. Излучатель-инструмент, который обычно изготавливается из стали 45, выполняет функцию передачи акустической энергии от преобразователя к обрабатываемому изделию и одновременно является инструментом, с помощью которого осуществляется ультразвуковая поверхностная обработка. Обработка деталей производится путем удара наконечника, закрепленного на торце излучателя, по поверхности изделия с частотой 20 кГц. В качестве материала

наконечника использовали твердый сплав ВК-6М, как наиболее износостойкий и обладающий высокой ударной вязкостью. Наряду с этим, указанный сплав удовлетворительно паяется латунным припоем, что обеспечивает надежный акустический контакт и крепление.

Для крепления акустической системы в шпинделе станка фрезерного станка с ЧПУ разработана навесная оснастка (рис. 1). Она позволяет совершать ультразвуковому инструменту такие же перемещения, как и при работе фрезой. Причем акустическая система подпружинена, что позволяет вести обработку неровностей, имеющих высоту, превышающих амплитуду колебаний инструмента, и при этом избежать его поломки в процессе обработки. При ультразвуковой обработке изделия используется та же программа, что и при его фрезеровании.

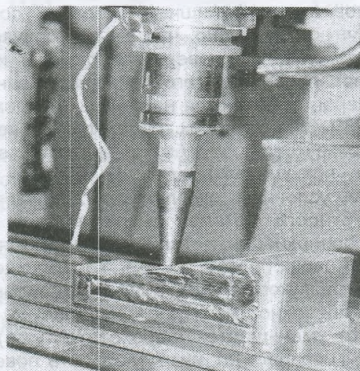


Рисунок 1– Фотография навесной оснастки с смонтированной в нее акустической системой, крепящейся в шпинделе фрезерного станка ГФ 2171

Для оценки эффективности работы вышеописанного оборудования была проведена ультразвуковая обработка твердосплавным инструментом ВК-6М (радиус наконечника $R = 5\text{ мм}$), изготовленной из стали марки Ст45 матрицы, предназначенной для формирования волнистых асбестоцементных листов (шифера). Обработку матрицы осуществляли на станке ГФ 2171 в режиме: амплитуда колебаний рабочей поверхности наконечника $\approx 12+15\text{ мкм}$ при выходной мощности ультразвукового генератора 400 Вт; скорость продольной подачи рабочего инструмента по поверхности матрицы была равна 800 мм/мин; шаг поперечной подачи составлял 0,5 мм; статическое усилие прижима $\approx 50\text{ Н}$. В результате обработки шероховатость поверхности R_a уменьшилась от 35-40 до 1,2-1,6 мкм, а микротвердость поверхностного слоя возросла с 27 ± 2 до $32,4 \pm 1,8\text{ HRC}$.

На рисунок 2 показан внешний вид оборудования ультразвуковой упрочняюще-восстановительной обработки с помощью наплавки коренных и шатунных шеек коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания [5]. Оборудование смонтировано на базе круглошлифовального станка мод. 3А423 и позволяет производить обработку галтели и шейки вала за один проход инструмента без дополнительных устройств и переналадок.

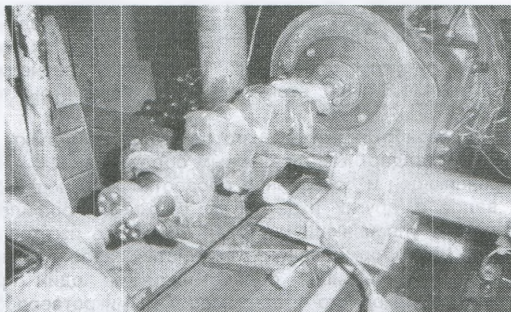


Рисунок 2 – Фотография оборудования ультразвуковой упрочняюще-чистовой обработки коренных и шатунных шеек коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания на базе круглошлифовального станка мод. 3А423

На рисунке 3 представлен внешний вид оборудования ультразвуковой упрочняюще-чистовой обработки поверхности вала с поперечными технологическими отверстиями, смонтированного на базе токарно-винторезного станка мод. 1К62. Излучатель-инструмент акустической системы крепится в устройстве, которое в свою очередь закреплено в резцедержателе станка. Пластическая деформация поверхностного слоя детали осуществляется колеблющимся с ультразвуковой частотой 20,0 кГц инструментом в виде двух роликов (твердый сплав ВК-6М диаметром 6 мм), контактирующих с обрабатываемой поверхностью вала. Амплитуда ультразвуковых колебаний деформирующих роликов в диапазоне выходной мощности преобразователя $400 \div 600$ Вт составляет $10 \div 14$ мкм. Регулировка и установка необходимой статической силы прижима деформирующих роликов к обрабатываемой поверхности вала производится с помощью тарированной пружины.

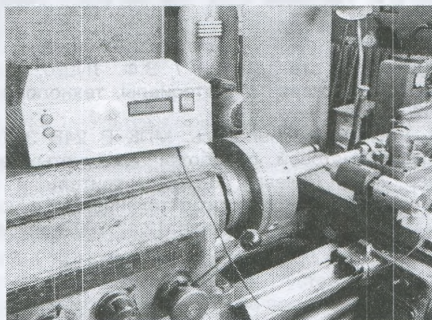


Рисунок 3 – Внешний вид оборудования ультразвуковой упрочняюще-чистовой обработки поверхности вала с технологическими отверстиями на базе токарно-винторезного станка мод. 1К62

Для оценка эффективности данного оборудования была проведена упрочняюще-чистовая обработка изготовленного из стали марки Ст45 вала диаметром 35 мм с поперечным технологическим отверстием. Исходная шероховатость поверхности вала после токарной обработки составляла $R_a=30$ мкм, а микротвердость поверхностного слоя $HRC=27 \pm 2$. Ультразвуковую упрочняюще-чистовую обработку вала осуществляли в режиме: скорость перемещения рабочего инструмента по поверхности вала была равна 5 м/мин; поперечная подача составляла 0,2 мм/об; статическое усилие прижима ≈ 50 Н. В результате ультразвуковой обработки участок поверхности вала,

обработанный одним деформирующим роликом, имеет следующие значения измеряемых параметров: $R_a=1.25\pm 1.6$ мкм, $HRC=30.6\pm 2.4$. Участок поверхности вала, обработанный вторым роликом, приобрел следующие значения параметров: $R_a=0.9\pm 1.1$ мкм, $HRC=32.4\pm 1.8$. При этом, форма и параметры технологического отверстия не изменились.

Таким образом, разработанный и изготовленный комплект ультразвуковой оснастки в сочетании со стандартным фрезерным оборудованием с ЧПУ может быть использован для упрочняющей и доводочной обработки штамповой оснастки, пресс-форм, коленчатых валов и других изделий со сложным профилем поверхности. Проведена ультразвуковая упрочняюще-чистовая обработка изготовленной из стали марки Ст.45 матрицы для формирования волнистых асбестоцементных листов. Шероховатость поверхности матрицы, обработанной за один проход рабочего инструмента, повысилась с исходного 4 класса до 7, а микротвердость возросла на 20%. Проведена упрочняюще-чистовая обработка вала с поперечным отверстием, изготовленного из стали марки Ст45. В результате ультразвуковой обработки участок поверхности вала, обработанный одним деформирующим роликом, имеет шероховатость $R_a=1.25\pm 1.6$ мкм и микротвердость $HRC=30.6\pm 2.4$, а участок поверхности вала, обработанный вторым, имеет соответственно $R_a=0.9\pm 1.1$ мкм и $HRC=32.4\pm 1.8$. Ультразвуковая обработка вала инструментом с двумя деформирующими роликами позволяет сохранить форму и параметры технологического отверстия.

Список литературы:

1. Муханов, И.И. Импульсная упрочняюще-чистовая обработка деталей машин ультразвуковым инструментом. НТО. МАШПРОМ. М.: Машиностроение, 1978. – 44 с.
2. Холопов, Ю.В. О возможностях безабразивной ультразвуковой финишной обработки металлов / Ю.В. Холопов // Мир техники и технологий. – 2005. – №7. – с. 36-39.
3. Сливин А.Н. Исследование процесса поверхностной ультразвуковой обработки металлов / А.Н. Сливин, В.А. Нестеров, С.С. Хмельв // Всероссийская конференция ИАМП-2010, 2010. – с. 179 – 187.
4. Луцко В.Ф. Ультразвуковая упрочняюще-чистовая обработка вала с поперечными технологическими отверстиями / В.Ф. Луцко, С.Н. Шрубилов, В.В. Шедьков, К.И. Аршинов, С.Н. Юркевич // Материалы, технологии и инструменты. – 2013, –т.18, №2. – с.86-89.
5. Патент №7285, Республика Беларусь, МПК В 24В 39/00. Устройство для ультразвуковой упрочняюще-чистовой обработки коленчатых валов /Луцко В.Ф., Клубович В.В., Еремеев А.С., Сакевич В.Н./; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение «Институт технической акустики Национальной академии наук Беларуси». – № а 20021012; заявл. 12.12.2002; опубл.30.06.2004.