

обрабатываемую поверхность. Это способствует более равномерному снижению высоты микронеровностей.

Показано, что наиболее эффективно процесс МАО МНТП реализуется при значениях магнитной индукции 0,32 - 0,42 Тл. Происходит снижение шероховатости по задней и передней поверхностям в 3 раза по сравнению с исходным значением. При скорости вращения обрабатываемого твердосплавного инструмента вокруг оси кольцевой ванны 2 м/с процесс активного формирования профиля при МАО происходит за первые 120-150 с. Далее наблюдается сглаживание неровностей, полученных на стадии алмазного шлифования. Влияние величины магнитной индукции на шероховатость рабочих поверхностей пластин показано на рис. 5.



Рисунок 5- Влияние величины магнитной индукции в рабочих зонах магнитных зазоров на шероховатость рабочих поверхностей МНТП.

Лучшие результаты по достигаемой шероховатости получены при значениях магнитной индукции в рабочих зазорах около 0,2 Тл и скорости обработки 3 м/с. С увеличением времени обработка более 240-300 с шероховатость обработанной поверхности растет, происходит преимущественное удаление кобальтовой связки и на поверхности проявляются карбидные составляющие, отмечается их выкрашивание.

Таким образом, при взаимодействии абразивной среды с обрабатываемыми поверхностями МНТП происходит изменение микрорельефа поверхности, напряженного состояния и структуры поверхностного слоя. Такие изменения обусловлены комплексом эффектов, которые возникают при пластической и упруго-пластической деформации обрабатываемых поверхностей и действии на материал сил магнитного происхождения. Они определяются кинематикой процесса обработки, особенностями взаимодействия абразивных частиц с поверхностью деталей, физическими явлениями, связанными как с механическим разрушением тонкого поверхностного слоя, так и особенностями перемангничивания материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. Л.: Машиностроение, 1986. – 176 с. 2. Сакулевич Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 328 с. 3. Оликер В.Е. Порошки для магнитно-абразивной обработки и износостойких покрытий. – М.: Металлургия, 1990. – 176 с. 4. Кожуро Л.М., Ремизовский Э.И., Ярошевич Г.Б. Качество поверхностного слоя при магнитно-абразивном полировании // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 1985. - №9. – с.146-150.

УДК 621.787.4-048.6

Басенок Г.С., Сидоренко В.А., Бачанцев А.И.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ УПРОЧНЯЮЩЕ-ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА ВИНТОВЫХ ПРУЖИН

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Среди большого разнообразия упругих элементов машин (рессор, торсионов, гибких валов, упругих контактов и т.д.) значительное место принадлежит пружинам различных конструкций, основным эксплуатационным свойством которых являются их сопротивление усталости, т. е. способность пружин к продолжительной работе в условиях циклических напряжений. Решающее влияние в этих условиях оказывает состояние поверхностного слоя, который из-за несовершенства технологического воздействия и влияния окружающей среды в той или иной мере имеет микроразрушения, риски, неровности, играющие роль концентраторов напряжений.

Наиболее распространенным видом финишной обработки пружин является их дробеструйный наклеп, обеспечивающий поверхностное пластическое деформирование (упрочняющий эффект) [1]. Недостатком этой технологии является относительно большая шероховатость ($Ra=1,25\dots 6,3\text{мкм}$), ячеистый вид поверхности и неравномерность наклепа по сечению витка пружины из-за её сложной геометрической формы.

За последнее время все более широкое распространение получают комбинированные виды обработки поверхностным пластическим деформированием (ППД) с использованием магнитных, электрических, ультразвуковых, тепловых полей (плазменный, индукционный, лазерный нагрев).

Введение ультразвукового поля в рабочую зону технологической обрабатывающей системы является одним из эффективных направлений совершенствования технологии, поскольку наряду с повышением производительности финишной обработки обеспечивается улучшение качества обработанных изделий и ресурса их работы [2].

В предлагаемом способе упрочняющей финишной обработки ППД пружин с круглым поперечным сечением витка в качестве инструментов использованы накатные головки с принудительным вращением сепараторов с деформирующими шариками [3]. Для интенсификации процесса и повышения качества обработанных пружин ультразвуковые колебания (УЗК) сообщают обрабатываемой пружине во время процесса упрочнения ППД.

Для реализации метода ультразвуковой упрочняюще-чистовой финишной обработки деталей типа винтовых пружин разработано устройство (рис.1), содержащее две накатные шариковые головки 1, расположенные диаметрально противоположно относительно детали 2, что уравнивает радиальные усилия (на рис. 1 показана только одна накатная головка). При обработке достаточно жестких пружин (при диаметре витка, превышающем 5 мм) могут быть использованы несколько накатных головок, что повысит производительность процесса.

На волноводе 3, связанном с источником 4 ультразвуковых колебаний, закрепляют пружину 2, на которую последовательно устанавливают накатные головки с заданным натягом на обработку.

Каждая накатная головка 1 состоит из деформирующих шариков 5, установленных в сепараторе 6 и контактирующих с опорным кольцом 7. Вращение кольцу передается ремнем 8 через приводной шкив 9 от электродвигателя 10, закрепленного на коробке 11 устройства.

В процессе обработки пружине 2 от источника 4 через волновод 3 сообщают УЗК и вращательное движение вокруг ее продольной оси от специального привода. Накатные головки приводятся во вращение в противоположных направлениях с частотой, равной

$$n_1 = n \frac{\pi D}{S_0}, \quad (1)$$

где n – частота вращения пружины, с^{-1} ;
 D – диаметр пружины, мм;
 S_0 – подача на оборот головки, мм/об.

Коретки 11 с накатными головками перемещают вдоль оси пружины на расстояние, равное шагу пружины. При достаточной жесткости обрабатываемых пружин движение подачи кореток реализуется автоматически без специального привода перемещения коробок.

Сложные УЗК (продольные, крутильные, изгибные), возникающие в материале пружины при обработке способствуют увеличению его пластичности, снижению сил трения и усилий деформации. УЗК, сообщаемые пружине, передаются шарикам 5 и опорному кольцу 7, которые дополнительно генерируют низкочастотные колебания. Их модуляция УЗК способствует увеличению степени упрочнения материала поверхностного слоя пружины и глубины упрочненного слоя. Кроме того, использование ультразвукового поля в процессе обработки облегчает визуальное об-

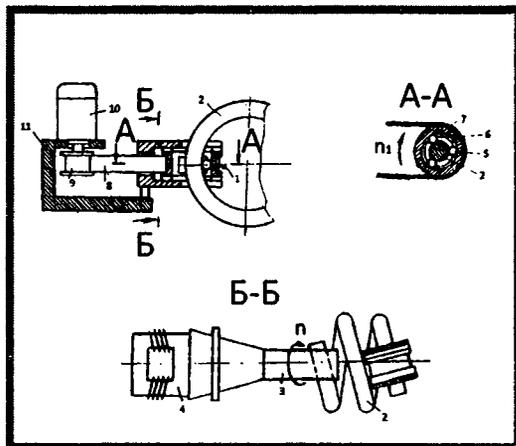


Рис. 1. Схема устройства для упрочняюще-чистовой обработки деталей типа винтовых пружин

наружение незаметных (в обычных условиях поверхностных дефектов), прежде всего микротрещин.

Важнейшей особенностью ультразвуковой упрочняюще-чистовой обработки является возможность широкого регулирования, как направления, так и величины скорости вращения накатных головок по отношению друг к другу. В результате на обработанной поверхности пружин образуется «сетка» следов регулярного микрорельефа, характерного для хонингования и вибронакатывания, что, как известно, способствует повышению эксплуатационных характеристик обработанных поверхностей (износостойкости, усталостной прочности, контактной жесткости и т.д.).

В соответствии с изобретением [3] и принципиальной схемой (рис. 1) изготовлен и испытан в производственных условиях Витебского завода «ВИСТАН» полуавтомат мод. ВЗ-185. Проведены сравнительные с дробеструйной обработкой экспериментальные исследования при обработке партии винтовых пружин с наружным диаметром 60 мм и диаметром поперечного сечения витка 6 мм с исходной шероховатостью $R_a = 2$ мкм из стали 65Г.

Ультразвуковую упрочняюще-чистовую обработку осуществляли при амплитуде УЗК-12 мкм, частоте – 23,3 кГц, усилии нагружения деформирующих шариков – 25 Н и подаче на оборот головки – 0,33 мм/об и частоте вращения 31,4 с⁻¹.

В результате обработки получена равномерная глубина упрочненного слоя – 0,28...0,34 мм с регулярным микрорельефом и шероховатостью поверхности $R_a = 0,15...0,30$ мкм. Усталостная прочность пружин по сравнению с дробеструйной обработкой повысилась в 1,6...1,8 раза.

Те же режимы обработки были выбраны при упрочнении серебряного покрытия, нанесенного гальваническим методом на медную катушку индуктивности, имеющую форму спиральной пружины с наружным диаметром 42 мм и диаметром сечения витка 6 мм. В результате обработки получен равномерный упрочненный слой серебряного покрытия с шероховатостью $R_a = 0,10...0,12$ мкм, что по данным заказчика повысило добротность катушки индуктивности на 15...20%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Остроумов В.П., Карпуни В.А. Повышение динамической прочности пружин. – М.: Машиностроение, 1981.
2. Марков А.И. Ультразвуковая обработка материалов. – М.: Машиностроение, 1980.
3. Патент 4.453.392. США. Способ упрочнения сложнофасонных поверхностей пластическим деформированием /В.В.Клубович, Г.С.Басенок, Л.К.Коньшев, В.А.Сидоренко, А.К.Глеб, А.М.Зиндер, М.Н.Конников, Б.Е.Горелик.