УДК 621.9.048.6

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ

Андрей Павлович Лихачев,магистрант,
Юлия Станиславовна Семенова,к.т.н, доцент кафедры ТМС,
Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск

Введение

В настоящее время одной из важных проблем современного машиностроения является повышение качества, долговечности и надежности деталей машин и механизмов. Обеспечение необходимых эксплуатационных свойств детали, достигается на финишных этапах технологического процесса обработки. Известно, что эксплуатационные свойства деталей зависят не только от физико-механических характеристик материала, из которого они изготовлены, но и от состояния поверхности. На сегодняшний день существует достаточное количество методов повышения качества поверхностного слоя деталей машин. Одним из перспективных методов является ультразвуковое поверхностное пластическое деформирование (УЗПД). Метод заключается в пластическом деформировании поверхностного слоя деталей, в результате которого формируется упрочненный поверхностный слой, снижается величина шероховатости поверхности и образуется регулярный микрорельеф [1].

Как правило, исходная геометрия поверхности, ее шероховатость и состояние поверхностного слоя заготовки, определяют точность и качество детали на всех операциях технологического процесса её изготовления [2]. В связи с этим целью данной работы является анализ особенностей технологического наследования при УЗПД, имеющем отличительные особенности не только от механической обработки резанием, но и от других методов поверхностного пластического деформирования.

Методика проведения экспериментальных исследований

Поскольку УЗПД относится к финишной обработке, то в ходе подготовки эксперимента учитывалось ее место в технологическом процессе изготовления деталей. Так, для обеспечения необходимой шероховатости и точности обработки проводилась подготовка образцов. Так, согласно работам [3, 4] исходная шероховатость перед УЗПД должна соответствовать получистовой

обработке, поскольку наличие глубоких перепадов высоты микронеровностей, характерных для более грубой обработки, приводит к формированию не полностью регулярного микрорельефа со следами предшествующей обработки. Для эксперимента использовались цилиндрические заготовки диаметром 45 мм, изготовленные из стали 40Х13. УЗПД проводилось на универсальном токарно-винторезном станке модели 1А616. Для исследования влияния исходного состояния поверхности на шероховатость после УЗПД каждый образец был разделен на 5 участков с различной исходной шероховатостью (Ra 10 мкм…Ra 3,5 мкм). Шероховатость поверхности измерялась на профилографе-профилометре модели 252. После обработки на каждом участке измерялись диаметры в двух взаимоперпендикулярных направлениях микрометром. Обработка проводилась на следующих режимах: скорость вращения детали - V = 90 м/мин, статическое усилие прижима инструмента к детали - Fct = 50 Н, частота ультразвуковых колебаний инструмента - f=22 кГц, амплитуда колебаний - 2А = 25 мкм.

Целью проведения эксперимента являлось установление взаимосвязей исходных размеров и полученных после обработки, а также исходной и полученной шероховатости.

Результаты и обсуждение

В таблице представлены результаты измерений диаметров образцов до и после обработки УЗПД поверхностей с различной исходной шероховатостью.

Таблица

Исходная шероховатость, мкм	Диаметр до УЗПД, d_1, мм	Диаметр после УЗПД, d_2, мм	$d_{2ср}$- $d_{1ср}$
Ra10	43,48…43,66	43,42…43,49	0,11
Ra 8	43,44…43,62	43,4…43,48	0,08
Ra 6,7	43,4…43,51	43,34…43,41	0,06
Ra 5,3	43,18…43,28	43,15…43,22	0,03
Ra 3,5	43,02…43,11	43,01…43,09	0,01

Из таблицы видно, что после обработки УЗПД диаметр детали уменьшается тем больше, чем выше исходная шероховатость. Это объясняется тем, что при ударении деформирующего элемента о поверхность детали происходит смятие микронеровностей и перераспределение металла в пределах их высоты. На рис.1 представлена схема обработки УЗПД, поясняющая данное явление, где d_1 – исходный диаметр детали до УЗПД, мм; d_2– конечный диаметр после УЗПД, мм; δ – разница высот микронеровностей на предшествующем этапе обработки и после УЗПД.

Согласно работам [4-6] значение шероховатости после обработки определяется режимами УЗПД.

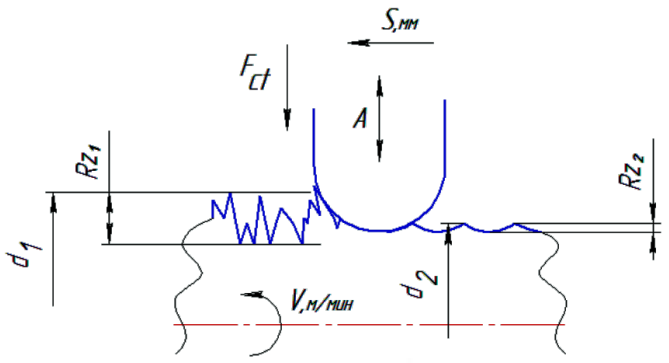

Рис.1. Схема обработки при ультразвуковом пластическом деформировании.

На рис.2. представлен график изменения параметра шероховатости в зависимости от подачи S, при фиксированных значениях скорости, статического усилия, частоты, амплитуды, полученные опытным путем и расчетом по модели, представленной в работах [7,8]. Из графика видно, что шероховатость с достаточно высокой точностью определяется режимами обработки. Однако следует отметить, что эксперимент проводился на образцах, подготовленных с условием предварительной обработки точением до шероховатости, соответствующей получистовой обработке. При шероховатости свыше Ra10 мкм на обрабатываемой поверхности остаются следы предшествующей обработки.

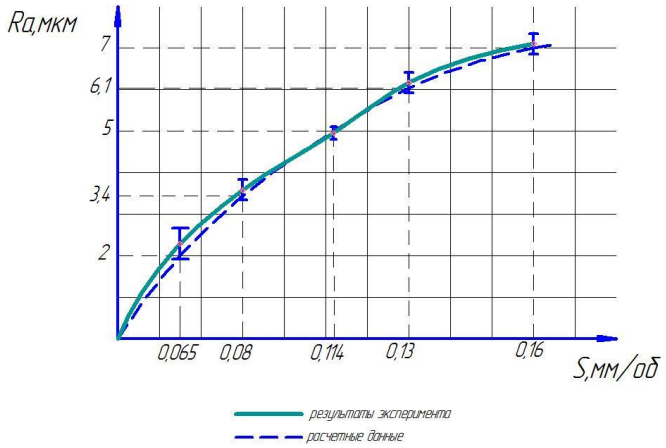

Рис.2. График зависимости изменения шероховатости Ra от подачи S.

Таким образом, технологическое наследование качества поверхности проявляется в том случае, если исходная шероховатость поверхности перед УЗПД слишком велика. В остальных случаях величина исходной шероховатости не влияет на результат обработки УЗПД.

Выводы

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что технологическое наследование точности при УЗПД имеет место, как и при других видах финишной обработки. При этом уточнение размера происходит в пределах изменения высоты микронеровностей исходной поверхности. Качество поверхности, оцениваемое параметром шероховатости, определяется режимами обработки при обеспечении исходной шероховатости не выше Ra 10 мкм для исследованных режимов. Значение величины исходной шероховатости для других условий обработки является целью дальнейших исследований.

Список литературы

1. Рахимянов Х.М., Семенова Ю.С., Сауткина М.А., Скрынник В.А., Лихачев А.П. Обеспечение качества поверхности деталей машин ультразвуковым пластическим деформированием перед нанесением покрытия Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2013. № 2 (59). С. 4-7.

2. Суслов А.Г., Федоров В.П., Горленко О.А. и др. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений / Под общей ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2006. – 448 с.: ил.

3. Красильников Б. А., Семенова Ю. С., Сауткина М. А., Скрынник В. А. Расчет операционных размеров на этапах технологического процесса нанесения покрытий // Актуальные проблемы в машиностроении: материалы 1 междунар. науч.-практ. конф. / под ред. В.Ю. Скибы. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. – С. 99-105.

4. Rakhimyanov Kh., Semyonova J., Eryomina A.. Technological peculiarities providing the surface quality parameters at ultrasonic surface hardening // Applied Mechanics and Materials. - 2015. – Vol. 698: Electrical Engineering, Energy, Mechanical Engineering, EEM 2014. – P. 482-486.

5. Х. М. Рахимянов, Ю. В. Никитин, С.А. Зайдес, В.Ю. Блюменштейн. Технологические процессы поверхностного пластического деформирования. - монография под ред. С.А. Зайдеса. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ. 2007. – 404 с.

6. Рахимянов Х.М., Семенова Ю.С. Прогнозирование геометрического состояния поверхности цилиндрических деталей из стали 45 при ультразвуковом поверхностном пластическом деформировании // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2011. №3. С. 11-17.

7. Рахимянов Х.М., Семенова Ю.С. Моделирование процесса формирования регулярного микрорельефа при ультразвуковом пластическом деформировании // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2010. - № 2. С. 3-10.

8. Rakhimyanov Kh., Rakhimyanov K., Eryomina A. Modeling of Deformation Processes for Conditions of Ultrasonic Frequency Impulse Impact on the Surface Layer of Metals and Alloys // Applied Mechanics and Materials. - 2015. – Vol. 788 – P. 63-68.