

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДА ОБРАБОТКИ ШАРИКО-СТЕРЖНЕВЫМ УПРОЧНИТЕЛЕМ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССА

Сосницкая Тамара Сергеевна, Чернышев Евгений Николаевич,
Тищенко Элина Эдуардовна
Донской государственный технический университет
tamara.sosnitskaya@mail.ru

Для решения одной из важнейших задач современного машиностроения - повышения жизненного цикла изделия, обеспечивающегося путем повышения эксплуатационных свойств деталей, используются методы обработки поверхностным пластическим деформированием (ППД).

Одним из наиболее новых и эффективных устройств для обработки деталей методом ППД является шарико-стержневый упрочнитель (ШСУ). Это устройство позволяет обрабатывать не только плоские поверхности, но и поверхности, обладающие небольшим перепадом высот. Схема процесса обработки ШСУ представлена ниже на рисунке 1.

В качестве силового привода устройства использован пневмомолоток. Упрочнение производится с помощью пакета круглых стержней 2, имеющих на конце сферическую заточку. Стержни с помощью цангового зажима 6 закрепляются на корпусе упрочнителя 3. Между ударником 1 и стержнями 2 расположены несколько слоев металлических шариков 4. При прижатии устройства к детали 5, имеющей фасонный профиль с небольшим перепадом высот, стержни позволяют обеспечить полный контакт устройства со всеми участками поверхности детали. Для подачи устройства вдоль поверхности детали можно его закреплять на шпинделе фрезерного станка. Допускается подача устройства вручную.

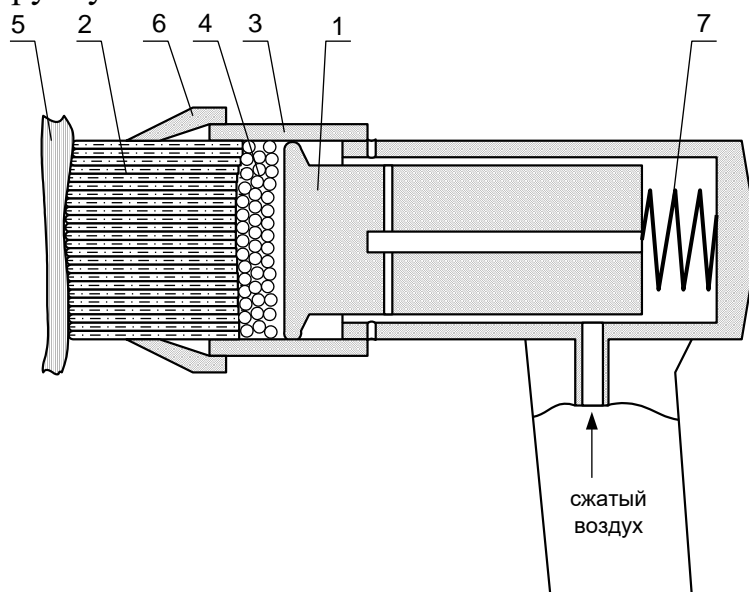


Рис. 1 Схема устройства для шарико-стержневого упрочнения:
1 – ударник пневмомолотка, 2 - упаковка стержней-инденторов со сферической заточкой, 3 – корпус упрочнителя, 4 - стальные шары,

5 - обрабатываемая деталь, 6 - цанговый зажим, 7 – упругий элемент

Наиболее значимые исследования в области обработки деталей методами ШСУ были проведены Кудрявцевым И.В., Бабичевым А. П., Папшевым Д.Д., Петросовым В.В., Смелянским В.М., Дроздом М.С., Сидякиным Ю. И., Пшибыльским В.П. и многими другими. Имеются работы по исследованию метода обработки ШСУ. Другие рассмотрели вопросы формирования основных показателей качества поверхностного слоя обрабатываемых деталей, оказывающих решающее влияние на улучшение их эксплуатационных свойств. Однако исследований надежности при обработке шарико-стержневым упрочнителем не проводилось.

При теоретических исследованиях ШСУ в работе [2] были выведены следующие зависимости для определения

- среднего арифметического отклонения профиля шероховатости поверхности:

$$Ra = 0,0075 \sqrt{\frac{E_y \cdot \eta}{D \cdot M \cdot HB^{1,12}}}$$

- глубины упрочненного слоя

$$h_n = \sqrt[8]{\frac{\left(\frac{E_y \cdot \eta}{D \cdot M \cdot HB^{1,12}}\right)^3}{D}},$$

- степени пластической деформации:

$$\varepsilon = 1,134 \sqrt[4]{\frac{E_y \cdot \eta}{D^3 \cdot M \cdot HB^{1,12}}}$$

где E_y - энергия удара, η - коэффициент полезного действия, D - диаметр сферы, ШСУ, M - число стержней в пакете, HB - твердость материала детали по Бринеллю.

Для анализа надежности технологических процессов ШСУ, согласно [1], используются коэффициенты надежности. При контроле технологических процессов по количественному признаку по зависимостям, представленным в [1], определены значения показателей точности по контролируемому параметру: коэффициент точности K_T , коэффициент мгновенного рассеивания $K_\rho(\tau)$, коэффициент смещения $K_{см}(\tau)$ и коэффициент запаса точности $K_z(\tau)$.

Полученный комплекс теоретических моделей процесса ШСУ, прошедший экспериментальную проверку, может быть использован для аналитического прогнозирования обеспечения надежности технологических процессов. Для этого были произведены расчеты параметров надежности технологических процессов ШСУ при возможном разбросе частоты и амплитуды колебаний в пределах 5-10-15 процентов и возможном разбросе диаметров стальных шариков в пределах 5-10-15 процентов при обработке деталей из различных материалов. Результаты представлены на рисунках 2-4

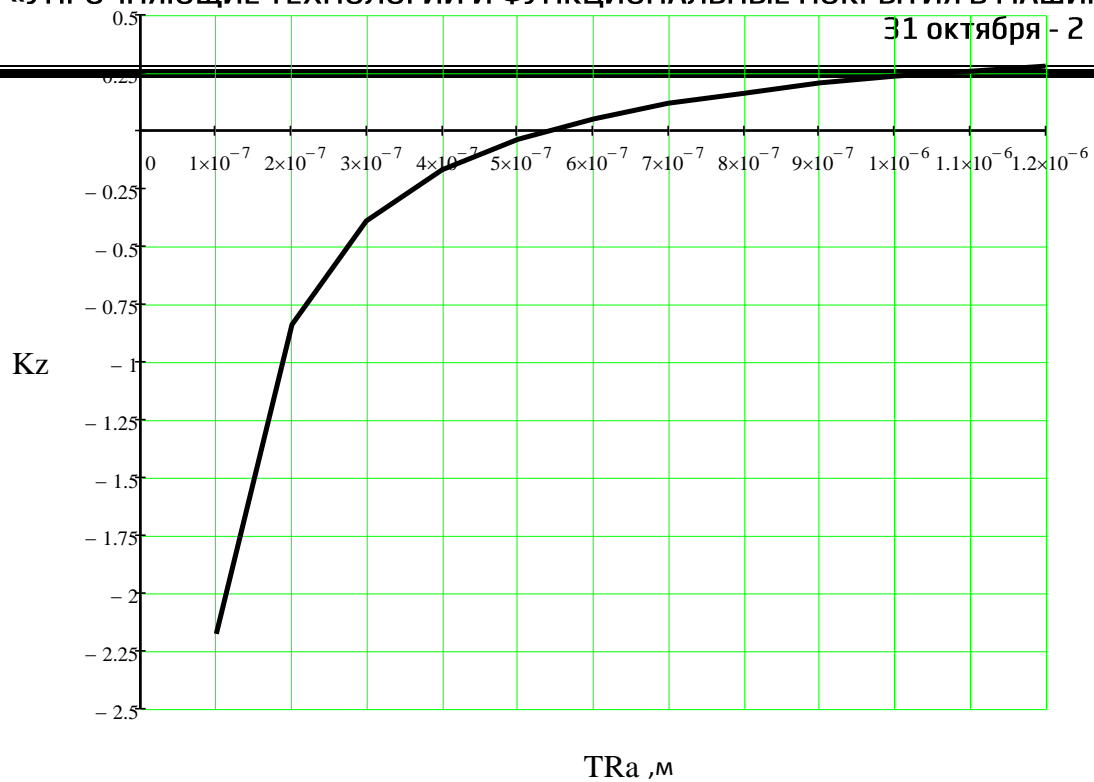


Рис. 2. Влияние величины допуска на надежность технологического процесса. Контролируемый параметр – шероховатость поверхности Ra. Диапазон изменения допуска 0,1 – 1,2 мкм с шагом 0,1 мкм, диаметр шарика – 10 мм, амплитуда 2,5 мм, частота 26,7 Гц. Материал – сталь 45. Разброс – 5%.

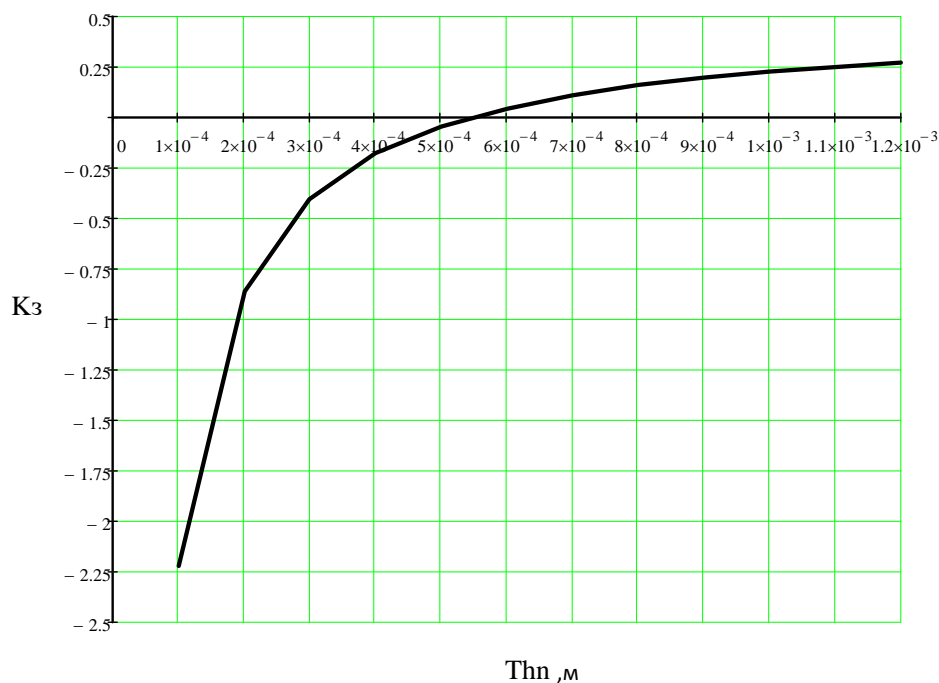


Рис. 3 Влияние величины допуска на надежность технологического процесса. Контролируемый параметр – глубина упрочненного слоя h_n . Диапазон изменения допуска 0,1 – 1,2 мм с шагом 0,1 мм, диаметр шарика – 8 мм, амплитуда 2,5 мм, частота 26,7 Гц, Материал сталь 45. Разброс 10 %.

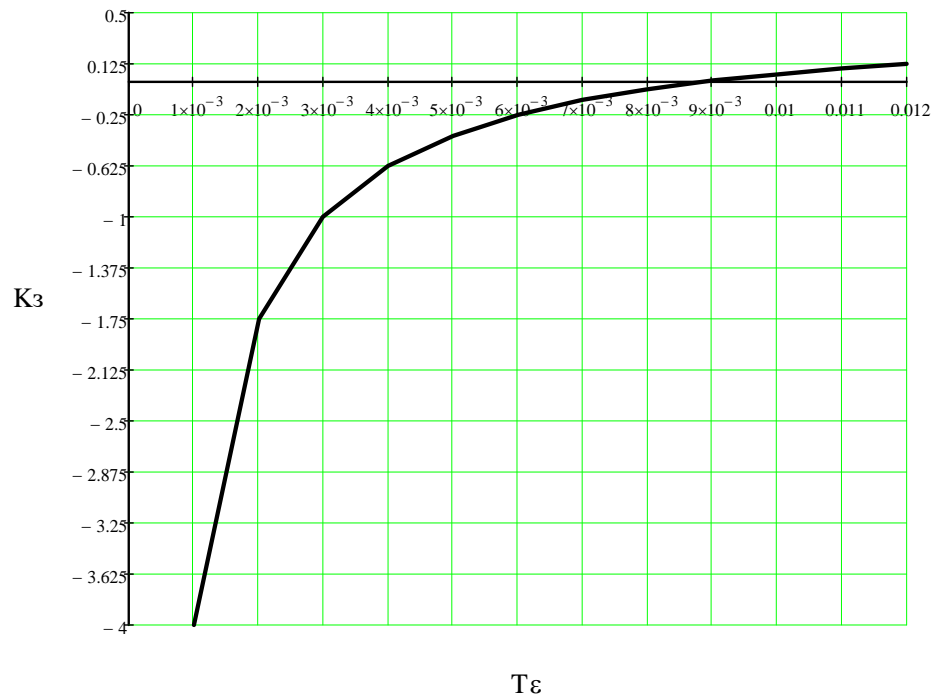


Рис. 4 Влияние величины допуска на надежность технологического процесса. Контролируемый параметр – степень деформации ϵ . Диапазон изменения допуска 0,1 -1,2% с шагом 0,1%, диаметр шарика – 10 мм, амплитуда 2 мм, частота 30 Гц, Материал сталь 45. Разброс 15%.

Разработанные зависимости позволяют прогнозировать результаты обработки, рассчитывать технологические параметры ШСУ, при различных сочетаниях которых обеспечивается заданное значение параметров качества поверхностного слоя обработанных деталей. При этом учет возможного разброса значений технологических параметров позволит рассчитать показатели точности по контролируемому параметру и, соответственно, прогнозировать надежность проектируемых технологических процессов. Оценка надежности технологического процесса и выбор его рационального варианта осуществляется следующим образом: по приведенным зависимостям рассчитывается поле рассеяния значений контролируемого параметра при различных отклонениях режимов обработки, характеристик рабочих сред и свойств материала обрабатываемых деталей. Устанавливается среднее значение отклонения контролируемого параметра относительно середины поля допуска. Далее рассчитывается значение коэффициента запаса точности по формуле, представленной в ГОСТ 27.202-83. В случае выполнения условия $K_3(t) > 0$ технологический процесс ШСУ считается надежным.

Литература

1. ГОСТ 27.202-83 Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции. 35 стр
2. Исаев А.Г. Обеспечение акустической безопасности при шарико-стержневом упрочнении с учетом достижения заданных параметров качества поверхностного слоя (на примере плоских деталей) Дисс... канд. техн. наук, Ростов н/Д, 2017. – 152 с.