

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ШАРИКО-СТЕРЖНЕВЫМ УПРОЧНИТЕЛЕМ**Тамаркин М.А, Тищенко Э.Э., Новокрещенов С.А., Морозов С.А.**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Важную роль в формировании качества поверхности занимают финишные методы обработки, использование которых позволяет повысить эксплуатационные свойства деталей машин, такие как контактная жесткость, износостойкость, усталостная прочность и долговечность, решив, таким образом, задачи увеличения жизненного цикла изделий. Финишные методы позволяют выполнять обработку как всей детали, так и её локальных участков, на которых расположены концентраторы напряжений, что, зачастую, более выгодно. Среди финишных методов обработки важное место занимают методы обработки поверхностным пластическим деформированием (ППД), в том числе и локальные. Они позволяют значительно снизить шероховатость поверхности обрабатываемой детали, повысить физико-механические свойства поверхностного слоя. Кроме того, методы ППД позволяют формировать благоприятные остаточные напряжения, которые оказывают значительное влияние на их эксплуатационные свойства. Известно, что растягивающие остаточные напряжения могут значительно снизить усталостные характеристики детали, и наоборот, сжимающие – улучшить их.

Для осуществления процесса местной обработки ППД деталей простой и сложной конфигурации, имеющих небольшой перепад профиля по высоте, на кафедре «Технология машиностроения» ДГТУ под руководством профессора Бабичева А.П. изобретено специальное устройство – шарико-стержневой упрочнитель (ШСУ). ШСУ представляет собой многоконтактный виброударный инструмент, обработка которым построена на основе поверхностно-пластического деформирования. Обработка осуществляется пакетом цилиндрических стержней, расположенных в специальном цанговом зажиме, которым сообщается энергия удара бойка пневмомолотка через несколько слоев стальных шариков. При исследовании технологических возможностей обработки ШСУ установлено, что наибольшее влияние на качество поверхностного слоя обработанных деталей оказывает энергия удара привода, диаметр заточки стержней, число стержней в пакете, натяг при обработке, подача устройства вдоль обрабатываемой поверхности [1,2].

Проведены исследования процесса обработки ШСУ. Определена шероховатость поверхности после обработки детали:

$$Rz = 0,03 \sqrt{\frac{E_y \cdot \eta}{D \cdot N \cdot HB^{1,12}}} \quad (1)$$

где E_y – энергия удара бойка; N – число стержней в пакете; HB – твердость обрабатываемого материала по Бринеллю; η – коэффициент полезного действия устройства, зависящий ряда факторов (натяг при обработке, количество слоев шариков и т.п.), D – диаметр сферической заточки стержня (индентора).

Установлены зависимости для определения степени деформации и глубины упрочненного слоя:

$$\varepsilon = 1,134 \sqrt[4]{\frac{E_y \cdot \eta}{D^3 \cdot N \cdot HB^{1,12}}} \quad (2)$$

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

На основании методики, представленной в работе [3], предложена зависимость для определения остаточных напряжений при ШСУ:

$$\sigma_0 = k_u k_\sigma \left(\frac{E_y}{\left(\frac{D d}{2(D+d)}\right)^3} \right)^{\frac{1}{5}} \cdot \left(\frac{1 - \nu_d^2}{E_d} + \frac{1 - \nu_u^2}{E_u} \right)^{\left(-\frac{4}{5}\right)} \quad (4)$$

где k_u – коэффициент, учитывающий особенности формирования остаточных напряжений при обработке ШСУ, k_σ – коэффициент, учитывающий способность материала к упрочнению; E_y – энергия удара бойка; D и d – диаметры, соответственно, заточки стержня и отпечатка на детали; ν_d и ν_u – коэффициенты Пуассона для детали и стержня; E_d и E_u – модули упругости первого рода для детали и стержня.

Авторами проведены экспериментальные исследования процесса обработки ШСУ, подтверждающие адекватность полученных теоретических моделей. Разработана методика проектирования технологических процессов обработки ШСУ с обеспечением формирования сжимающих остаточных напряжений, которая прошла промышленную апробацию и используется в условиях ПАО «Роствертол».

1. Исаев А.Г. Обеспечение акустической безопасности при шарико-стержневом упрочнении с учетом достижения заданных параметров качества поверхностного слоя (на примере плоских деталей). Дис. ... канд.техн.наук, Ростов н/Д, 2017. – 129 с.
2. Tamarkin M.A., Tishchenko E.E., Shvedova A.S. Optimization of Dynamic Surface Plastic Deformation in Machining Russian Engineering Research, 2018, Vol. 38, No. 9, pp. 726–727.
3. Копылов Ю. Р. Динамика процессов виброударного упрочнения: монография / Ю. Р. Копылов. – Воронеж : ИПЦ «Научная книга». – 568 с.