

УДК 629.78

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОСЛЕ ДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ

Костичев В. Э., Николаев Н. Ю., Павлов В. Ф.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Одним из методов поверхностного пластического деформирования (ППД), применяемого для повышения сопротивления усталости деталей, работающих в условиях циклического нагружения, является дробеструйная обработка. В настоящее время применяется множество методик по назначению оптимальных режимов упрочнения, однако в основе большинства из них лежит экспериментальное исследование, являющееся дорогостоящим и энергозатратным.

В данной работе предложена методика динамического моделирования, позволяющая исследовать напряжённо-деформированное состояние (НДС) деталей после дробеструйной обработки. В основе данной методики лежит моделирование процесса с учётом накопления и перераспределения упругой и пластической составляющей деформаций в материале, а также учёта времени как фактора. Данная методика была реализована с помощью метода конечных элементов средствами программного комплекса ANSYS/LS-DYNA.

В качестве исходных данных принята обработка образца из титанового деформируемого сплава ВТ6 со следующими свойствами: плотность $\rho = 4500 \text{ кг/м}^3$, предел прочности $\sigma_{\sigma} = 1005 \text{ МПа}$, предел текучести $\sigma_T = 640 \text{ МПа}$, модуль упругости $E = 1,15 \times 10^5 \text{ МПа}$. Угол атаки дробью $\alpha = 90^\circ$, расстояние от торца сопла до образца $L = 125 \text{ мм}$ (рис. 1). Модель образца представляет собой объём с отдельно выделенным поверхностным слоем. Модель дроби – поток стальных микрошариков $d = 0,6 \text{ мм}$, приводимых в движение давлением воздуха, равным 2 МПа. Производительность обработки 18 мм/с.

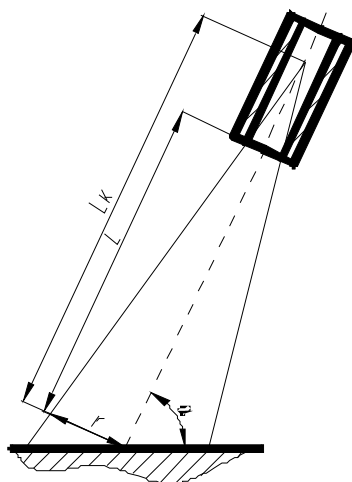


Рис. 1. Параметры обработки

В результате расчётов получено НДС образца после дробеструйного упрочнения, на основании которого построена зависимость остаточных напряжений $\sigma_{ост}$ от глубины поверхностного слоя a (рис. 2).

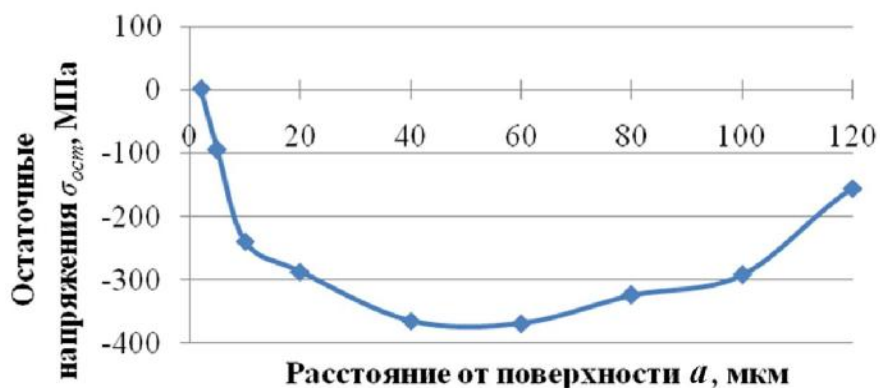


Рис. 2. Распределение остаточных напряжений $\sigma_{ост}$ по глубине поверхностного слоя (экспериментальные данные)

В работе Бардиновой С. Н. выполнено экспериментальное исследование образцов после дробеструйного упрочнения с помощью установки фирмы «Rösler» VB-130. Режимы обработки соответствуют представленным в данной работе. В результате исследования автором также построена зависимость остаточных напряжений $\sigma_{ост}$ от глубины поверхностного слоя a (рис. 3).

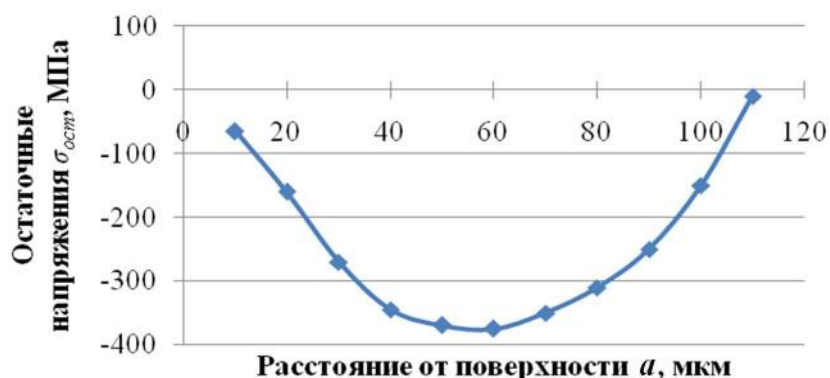


Рис. 3. Распределение остаточных напряжений $\sigma_{ост}$ по глубине поверхностного слоя (расчётные данные)

Согласно приведённым данным, расхождение расчётных остаточных напряжений и глубины упрочнённого слоя от экспериментальных не превышает 12 %, что позволяет сделать вывод об адекватности модели. Более точная сходимость обеспечивается созданием более мелкой сетки конечно-элементной модели и большим количеством элементов по толщине поверхностного слоя.

Выводы:

1. Разработанная методика динамического моделирования позволяет в явной постановке без каких-либо существенных ограничений и допущений, в отличие от аналитических и статических методов, произвести анализ НДС после дробеструйной обработки.

2. При расчётах учитывается время протекания процесса и перераспределение упругой и пластической составляющей деформации в зависимости от времени, что позволяет наиболее точно задать граничные условия, соответствующие реальному процессу дробеструйной обработки.

3. Применение разработанной методики позволяет минимизировать экспериментальные исследования, основанные на обработке образцов, с целью отладки процесса или оптимизации режимов упрочняющей обработки.