

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ХРУПКОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВОДНО-КАПЕЛЬНОЙ СТРУИ

В.П. Ставров, В.В. Ставров

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

А.И. Столяров, В.М. Ткачев

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

Исследуется статистическая модель разрушения хрупкого покрытия водно-капельной струей. Предполагается, что капли имеют сферическую форму. На основе экспериментальных данных (измерения выполнены в Лаборатории водно-струйных технологий Университета Ганновер, Германия) принято распределение диаметров капель по закону Вейбулла. Параметры распределения диаметров капель (среднее значение 0,05 мм, коэффициента вариации около 1) практически не зависят от номинального давления распыляемой воды, по крайней мере, в исследованном диапазоне от 10 до 60 МПа. Распределение скоростей, рассчитанное с учетом пульсаций давления воды в форсунке и сопротивления воздуха при движении капли от сопла до обрабатываемой поверхности, удовлетворительно согласуется с измеренным. Отрицательная асимметрия распределения скоростей капель объясняется видом распределения их диаметров. Распределение капель по координатам обрабатываемой поверхности найдено путем анализа следов воздействия водно-капельной струи на удаляемый слой модельного материала (фото- и видеопленки). Корреляционный и Фурье-анализ реализаций случайного поля повреждений на поверхности модельного материала подтверждает статистическую связь распределения скоростей капель с пульсациями давления воды в форсунке. Типично также неоднородное распределение капель по координатам, обусловленное отклонениями формы форсунок и пульсациями струи. Предложены варианты описания таких распределений.

Распределение давлений при воздействии единичной капли на поверхность покрытия получено с использованием приближенной модели распространения волн уплотнения при ударе капли. Показано, что на периферии контактной площадки возникают пики давления, в 2-3 раза, превышающие среднее ударное давление. Пик давления смещается в процессе растекания капли со скоростью, превышающей скорость распространения звука в материале покрытия, однако время его существования ограничено временем растекания капли, при котором радиус контакта достигает половины исходного радиуса капли.

Распределение напряжений и деформации в покрытии рассчитано по методу функций Грина и по методу конечных элементов. Установлен диапазон геометрических параметров и механических свойств покрытия, при которых наблюдается приемлемое соответствие результатов расчета. С использованием простейшего критерия хрупкого разрушения – наибольшего относительного удлинения – показано, что область локального повреждения от действия единичной капли может быть аппроксимирована полутором, объем которого при скоростях капли, превышающих некоторое пороговое значение, аппроксимируется линейными функциями объема и скорости капли.

На основе описания локальных повреждений от единичной капли и распределений капель по скоростям, размерам и координатам, рассчитаны интегральные характеристики поврежденности покрытий из эпоксидной смолы, стекла и полиметилметакрилата на стальной и алюминиевой подложках.

Работа выполнена при финансовой поддержке INTAS (проект № 00-0268).