

Исследование характера разрушения стальных деталей транспортных средств с использованием твердотельного моделирования

Студент гр. 10405528 Игнатенко Р.В.
Научный руководитель – Позняк И.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Важнейшая роль в установлении причины разрушения конструкций и деталей машин принадлежит анализу эксплуатационных изломов.

Причинами эксплуатационных разрушений могут быть, например, малое сечение детали, наличие концентраторов напряжения, неправильный монтаж, неправильная эксплуатация (превышение допустимых нагрузок, низкие температуры эксплуатации, активная вредная среда), низкое качество или не соответствие материала, наличие в материале опасных для эксплуатации дефектов (микротрещин, волосовины).

Визуальный осмотр при малом увеличении (макрофрактография) важен для идентификации областей, нуждающихся в дальнейшем исследовании при более высоком увеличении (микрофрактография).

Анализ изломов материалов позволяет получить важную информацию о нагружении образца или элемента конструкции. Это дает возможность устанавливать обратную связь между действительными и расчетными характеристиками материала, необходимую при диагностике аварийных случаев разрушения конструкций и выяснении причин, вызвавших поломку.

Повышение эксплуатационной надежности и долговечности конструкций и деталей машин связано с технической диагностикой причин разрушения.

Для диагностики разрушения конструкций и деталей машин необходимо знать структуру и свойства металлических материалов, строение изломов, механизмы разрушения, методы изучения изломов, методы механических испытаний, методы количественной оценки параметров разрушения, методики расчетов конструкций с трещиной на прочность. Изучение механизмов разрушений металлических материалов позволяет использовать полученные результаты для прогнозирования поведения материала в конкретных условиях эксплуатации и расчета конструкции на прочность.

Связь физических и металловедческих аспектов разрушения с критериями механики разрушения представляет особую актуальность и дает представление о природе процессов зарождения и распространения трещин при различных условиях нагружения, позволяет более корректно описывать поведение материала на различных стадиях разрушения [1].

В течение последних лет актуальным направлением фрактографических исследований является разработка автоматизированных методов количественного описания рельефа поверхности разрушения материалов [2-3]. Задача объективного количественного описания рельефа излома может сводиться к корректному измерению его рельефа и получению массива данных, содержащих трехмерные координаты каждой точки его поверхности. В частности, требуется оценить рельеф поверхности разрушения, поскольку существует корреляция между энергией, затраченной на образование новой поверхности, и площадью данной поверхности. При этом объективность результатов измерения во многом зависит от эффективности программно-аппаратного комплекса, применяемого для получения и анализа изображения поверхности излома.

Для трехмерной оцифровки поверхности исследуемых объектов использовался портативный 3D-сканер метрологической точности Artec Space Spider, который отличается способностью передавать в «3D» самую сложную геометрию поверхности (например, заостренность

и кривизну) объектов с максимальным разрешением полигональной сетки до 0,1 мм. На рабочем расстоянии 0,2-0,3 м точность сканирования достигает величины 0,05 мм. Сканер оборудован текстурной камерой с разрешением 1,3 Мп, которая оптимально подходит для сканирования объектов с размерами в плане от 40x70 до 180x250 мм. Универсальность сканера заключается в возможности его использования в полевых условиях, которая может быть обеспечена автономной работой от аккумулятора 12V.

Наиболее важными функциональными особенностями сканера Artec Space Spider являются способ его позиционирования и область съемки в зависимости от расстояния до объекта. При работе с Artec Spider следует учитывать специфику позиционирования самого сканера. Позиционирование сканера осуществляет программа, которая сравнивает каждый полученный кадр с предыдущим и сопоставляет их по рельефу и текстуре. Поэтому для корректного сопоставления кадров у сканируемых объектов должны быть четко выражены рельеф и текстура. Сканирование объекта или его части должно осуществляться непрерывно за один прием. В случае потери позиционной связи лучше начинать сканирование заново, так как сложно определить предыдущее положение и продолжить сканирование.

В рамках экспериментального исследования провели сканирование и анализ разрушенной шаровой опоры рулевой тяги автомобиля. Для трехмерной оцифровки поверхности исследуемых объектов использовали портативный 3D-сканер метрологической точности Artec Space Spider. Эксперименты проводили путем последовательного сканирования в режиме гибридного позиционирования (*геометрия + текстура*) с опцией «*Сканирование с использованием автосборки*». Как показывает практика, это наиболее оптимальный алгоритм для 3D-сканеров с текстурной камерой, поскольку наряду с геометрической информацией объекта алгоритмом используются текстурные детали со снимков, полученных с текстурной камеры. Использование указанного режима позволяет успешно сканировать плоские или бестекстурные объекты. Единственно возможный недостаток алгоритма сводится к большему по сравнению с другими алгоритмами потреблению ресурсов процессора, в связи с этим возможно падение скорости сканирования на маломощных компьютерах.

Сканирование каждого из двух фрагментов разрушенного шарового пальца производилось при постепенном вращении подложки на 360°. Сканирование выполняли под углом 45° к поверхности объекта, а затем с максимальным приближением к вертикальной оси под углом до 80°. Рабочее расстояние составляло 200-300 мм. По завершении полного оборота подложки сканер на несколько секунд устанавливался вертикально над фрагментом для позиционирования поверхности излома. После завершения сканирования поверхности излома каждый фрагмент переворачивался отсканированной поверхностью вниз, и процесс повторялся. Все кадры, имеющие отклонение более 0,1 мм, удалялись. Из оставшихся кадров были созданы полигональные модели фрагментов разрушенного шарового пальца с разрешением величиной 0,1 мм.

Виртуальная 3D-модель поверхности излома, полученная в результате сканирования, позволяет всесторонне изучить рельеф (строение) поверхности излома и его характерные признаки (рисунок 1, а). Виртуальные 3D-модели отдельных фрагментов, очищенных от посторонних шумов и подложки, можно совмещать по общей линии разделения в одну цельную модель шарового пальца (рисунок 1, б). Использование трехмерных изображений, иллюстрирующих исследовательскую часть, позволяет значительно повысить ее информативность.



а

б

Рисунок 1 – Виртуальные 3D-модели двух частей разрушенной детали «шаровой палец» (а); создание изображения 3D-модели детали «шаровой палец» путем виртуальной реконструкции разделенных частей (б)

Математическая формализация трасологических признаков, в сочетании с презентательностью 3D-моделирования, а также возможность использования анимации, позволяет наглядно представить сложные процессы, что важно на стадии проведения экспертных исследований.

Сканированные модели можно представлять в файлах форматов – obj, wrl, stl. Указанные форматы файлов широко распространены для сохранения данных 3D-геометрии и могут быть открыты в большинстве приложений с программами, работающими с трехмерными полигональными моделями (Geomagic Design X, DeziignWorks for SolidWorks и др.). По сканированной модели, представленной файлом формата stl, возможно создание 3D копий деталей на 3D принтере. На рисунке 2, в качестве примера, представлена твердотельная модель шаровой части разрушенного шарового шарнира рулевой тяги автомобиля, созданная по 3D-технологии.



Рисунок 2 – Полученная твердотельная модель шаровой части разрушенного шарового шарнира рулевой тяги автомобиля

Список использованных источников

1. Особенности разрушения конструкционных материалов при различных условиях нагружения [Электронный ресурс]: учебное пособие / О.А. Фролова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 91 с.
2. Феллоуз, Д. Фрактография. Металлы и сплавы: справ. изд./под ред. Дж. Феллоуза: пер. с англ. – М.: Металлургия, 1982. – 489 с.
3. Кудря, А. В. и др. Оценка строения изломов и структур в конструкционных сталях с использованием компьютеризированных процедур // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2015. – №. 4 (34). – С.44-52.