

## Оценка топографических и текстурных характеристик поверхности изломов с использованием фокусно-вариационной микроскопии

Позняк И.Г.<sup>1</sup>, Макась О.Г.<sup>2</sup>, Позняк А.Е.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>«НПЦ Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь»

<sup>3</sup>ООО «Солидпак»

Проблема высокоточного 3D измерения и анализа геометрии объектов является актуальной не только в различных областях промышленности, но и в судебно-экспертной деятельности. Среди физических методов изучения связи состава и структуры материала с его механической прочностью особое место отводится исследованию поверхностей разрушения, поскольку излом наиболее четко отражает строение и свойства материала в локальном объеме, в котором протекает процесс разрушения. В ряде случаев эксплуатационных разрушений отдельных деталей только по изломам можно сделать заключение о характере и причинах их образования.

Строение излома металлов, отражая непосредственно процесс разрушения, представляет собой ценную характеристику способности материала тормозить развивающуюся трещину на разных стадиях процесса разрушения. Возможность использования излома для изучения процесса разрушения после испытания или эксплуатации (фрактографический анализ) является существенным преимуществом данного метода. Несмотря на то, что особенности поверхности изломов давно используют в практических исследованиях, научные подходы к их изучению продолжают развиваться.

Трехмерное измерение поверхностей является важнейшей частью анализа свойств и функционирования материалов или инженерных деталей. Традиционно трехмерные измерения сложных полигональных поверхностей выполняются с помощью тактильных устройств. Более того, существует множество международных стандартов на тактильные системы и методы их калибровки [1,2]. Тем не менее, в последнее время все большую популярность приобретают оптические измерительные устройства. Помимо скорости измерений, существует целый ряд дополнительных преимуществ оптических приборов. Во-первых, они работают бесконтактно и поэтому не повреждают поверхность. Во-вторых, они обычно не требуют такого трудоемкого обслуживания, как тактильные приборы, поскольку нет скоро изнашивающихся деталей, которые необходимо регулярно заменять. Более того, оптические системы не имеют ряд ограничений присущих тактильным системам, таких как "эффект сглаживания" поверхности из-за изменения радиуса кончика контактного щупа.

В области технологии оптических измерений успешно развиваются конфокальная микроскопия, хроматическая зондовая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, а также методы, основанные на интерферометрии белого света. Однако многие оптические методы имеют свои ограничения при измерении определенных поверхностей [3].

Проведены экспериментальные исследования по использованию технологии изменения фокуса (FVM), при малой глубине фокуса оптической системы с вертикальным сканированием, для получения топографической и цветовой информации о поверхности излома с высоким разрешением. Данный метод оптического трехмерного анализа поверхности излома основан на передовой технологии 3D-слияния, которая объединяет отдельные 2D-изображения (или «оптические срезы») в полный набор 3D-данных [4].

Выполнены исследования и проведена оценка производительности технологии в отношении измерения специально подготовленных образцов с небольшой шероховатостью поверхности излома. Анализ поверхности изломов выполнялся в режиме реального времени с использованием стереомикроскопа SZX2-ZB10 Olympus, цветной моторизированной камеры H4KWSDOSDPX разрешением 8,0 Мрх и специализированного ПО DeltaPix InSight.

Исследования показали, что участки поверхности, связанные с основными стадиями усталостного разрушения (т.е. зарождение трещины, распространение трещины и долом), имеют значительные различия в шероховатости, которые можно объяснить различными условиями нагружения. Установлено, что поверхности усталостного разрушения имеют наименьшую шероховатость на стадии зарождения трещины и постепенное увеличение на этапе роста усталостной трещины.

В целом, основываясь на результатах анализа поверхности изломов с использованием обозначенной выше оптической системы (FV) можно заключить, что они сопоставимы по точности с результатами, полученными с использованием современного оптического 3D-сканирующего устройства Artec Space Spider. В дополнение к анализу топографии поверхности на основе измерений профиля, данная система позволяет проводить измерения параметров шероховатости на основе площади в соответствии со стандартом ISO 25178 [5].

## Литература

1 ISO 3274 (1996). Геометрические изделия. Спецификации (GPS) – Текстура поверхности: Метод профиля - Номинальные характеристики контактных (щуповых) инструментов, Международная Организация по стандартизации.

2 ISO 5436-1 (2000). Геометрическая продукция. Спецификации (GPS) – Текстура поверхности: Метод профиля; Стандарты измерений. Часть 1: Меры материала, Международная Организация по стандартизации.

3 Vorburger, T.V., Rhee, H.G., Renegar, T.B., Song, J.F., Zheng, A. (2007). Сравнение оптического и щупового методов для измерения текстуры поверхности. Международный журнал *Advanced Manufacturing Technology*, vol. 33, no. 1–2, p. 110–118.

4 Шерер, С. (2007). Изменение фокуса для оптического трехмерного измерения в микро- и нано-диапазоне. Bauer, N. (ed.) *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Fraunhofer IRB Verlag, p. 198-210.

5 ISO/DIS 25178-2. Геометрические изделия спецификации (GPS) – Текстура поверхности: Арел - Часть 2: Термины, определения и параметры текстуры поверхности. Международная Организация по стандартизации.