

05.1; 08

© 1993

ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ КОМБИНАЦИЕЙ
МЕТОДОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ И СКЛЕРОМЕТРИИО.В. Полева я, Б.М. Гинзбург,
Ю.А. Фадин, Ю.П. Козырев,
В.П. Булатов

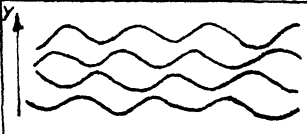
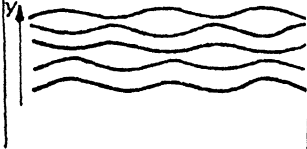
Изучение механических свойств поверхностных слоев твердых тел особенно актуально для материалов, функциональное назначение которых определяется указанными свойствами. Поверхностную прочность материалов можно, в частности, характеризовать трибо-техническими параметрами, например, износостойкостью [1]. Такой подход целесообразен в случае материалов фрикционного или антифрикционного назначения. Однако, характеризуя поверхностную прочность материала в целом, износостойкость не раскрывает механизмов его разрушения в локальных областях, что существенно для гетерогенных материалов. Кроме того, износостойкость является интегральной характеристикой, получаемой в результате длительных испытаний, в процессе которых поверхностный слой претерпевает значительные изменения, и судить о поверхностной прочности исходного материала можно только опосредованным образом [1].

Для характеристики поверхностной прочности используются различные методы, связанные с индентированием материалов, в частности, метод склерометрирования (СМ) – царапания поверхности в стандартизованных условиях с последующим изучением поверхности царапин [2]. Достоинством этого метода является возможность характеризования локальных участков поверхности, что особенно важно для неоднородных материалов. В этом случае, напротив, проблематичным становится определение интегральных параметров, характеризующих поверхность материала в целом.

В настоящей работе нами показано, что для получения информации об интегральной поверхностной прочности можно использовать модифицированный метод СМ, не теряя при этом возможности изучения локальных процессов разрушения. Более того, используемый нами метод характеризует непосредственно исходную поверхность, в отличие от трибологических методов. Применяемая модификация заключается в регистрации сигналов акустической эмиссии (АЭ), возникающей в результате процессов разрушения поверхности при царапании.

В работе в качестве иллюстрации возможностей сочетания методов СМ–АЭ представлены некоторые результаты измерений, проведенных на образцах антифрикционного полимерного композита (АФПК), трибологические свойства которого исследовались нами ранее. АФПК представлял собой материал на основе эпоксидной

Триботехнические характеристики исследованных поверхностей

Код поверхности	Схема укладки волокон на поверхности срезов	Линейная интенсивность изнашивания	Износостойкость, МПа
XУ		$1,7 \cdot 10^{-8}$	$2,2 \cdot 10^8$
YZ		$5,8 \cdot 10^{-9}$	$2,8 \cdot 10^8$

смолы ЭНБС, усиленной тканью из углеродных волокон типа „Урал-24“. Изучали поверхность срезов по двум взаимно перпендикулярным плоскостям XY и YZ. Поверхность срезов характеризовалась различным рисунком выхода тканевых слоев и отдельных волокон на эту поверхность и, соответственно, различными показателями трибологических свойств (см. таблицу). Испытания на износ проводили на машине трения СМЦ-2 по схеме „цилиндр-плоскость“: ролик из стали марки 40X, вращающийся со скоростью 500 об/мин, прижимался под действием нормальной нагрузки 23 Н к образцу АФПК. Время испытания составляло 60 минут. Для расчетов показателей износа определяли потери массы с точностью до 0,1 мг.

Царапание поверхностей проводили в том же направлении, что и скольжение стального ролика (вдоль оси Y), сферическим индентором $R = 8$ мкм, находящимся под заданной нагрузкой и движущимся со скоростью 2,78 мкм/с. Генерируемые при этом сигналы АЭ регистрировали и обрабатывали с помощью аппаратуры, описанной в [3]. Приемником сигналов АЭ служил лъезокерамический датчик с частотой резонанса 200 кГц. Общий коэффициент усиления составлял 66 дБ, нормальная нагрузка на индентор варьировалась от $4 \cdot 10^{-2}$ до $22 \cdot 10^{-2}$ Н. С помощью оптического микроскопа наблюдали за характером повреждений поверхности вдоль царапин.

На рис. 1 показан спектр сигналов АЭ по мере продвижения индентора по одной из исследуемых поверхностей. Наблюдаемые сигналы различаются по значению амплитуды примерно в три раза. Всплески сигналов АЭ соответствуют проходу индентора над жгутами волокон, расположенными в плоскости сканирования поперек движения индентора. При этом низкоэнергетические сигналы возникают при образовании трещин на отдельных волокнах или их изгибе. Сигналы с высокоэнергетическими пиками соответствуют комплексным повреждениям: разрыву волокон, частичному их вытягива-

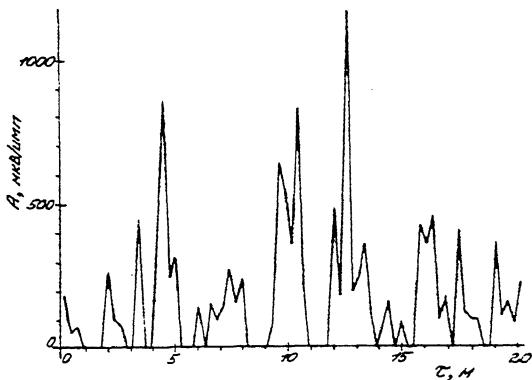


Рис. 1. Амплитуда сигналов АЭ при царапании композита по поверхности XY (нормальная нагрузка на индентор $F = 7.6$ Н).

нию из жгута, сколу полимерной матрицы на межфазной границе (при набегании индентора на волокно). Зоны, где сигналы АЭ отсутствуют, соответствуют движению индентора между жгутами либо по чистой матрице, либо по торцевым срезам волокон. Границы царапин здесь, как правило, ровные, без видимых следов растрескивания, а ширина царапин меньше, чем при следовании над жгутами волокон.

Как видим, можно соотнести характер сигналов АЭ с определенными типами разрушения поверхности материала. Однако для интегральной характеристики поверхностной прочности материала введем мощность сигналов АЭ:

$$W = \frac{(\bar{A})^2 \bar{D} N}{\tau},$$

где \bar{A} и \bar{D} – средние значения амплитуды и длительности сигналов АЭ соответственно, N – число сигналов АЭ на пути индентора, а τ – время прохождения этого пути.

Рассмотрим, как влияют на W величина нормальной нагрузки и тип исследуемой поверхности. Из рис. 2 следует, что W возрастает при увеличении нагрузки и на поверхности XY больше, чем на поверхности YZ. Отметим при этом, что с ростом нагрузки характер спектров качественно не меняется: по-прежнему наблюдаются два типа сигналов, энергии которых $E \sim A^2$ отличаются на порядок. Однако в количественном отношении мощность сигналов АЭ увеличивается с ростом нагрузки, что естественно связать с ростом повреждаемого объема материала в единицу времени. О росте повреждаемого объема свидетельствуют также микроскопические данные о ширине царапин (рис. 2). Из этого же рисунка следует, что поверхность XY менее прочна, чем YZ.

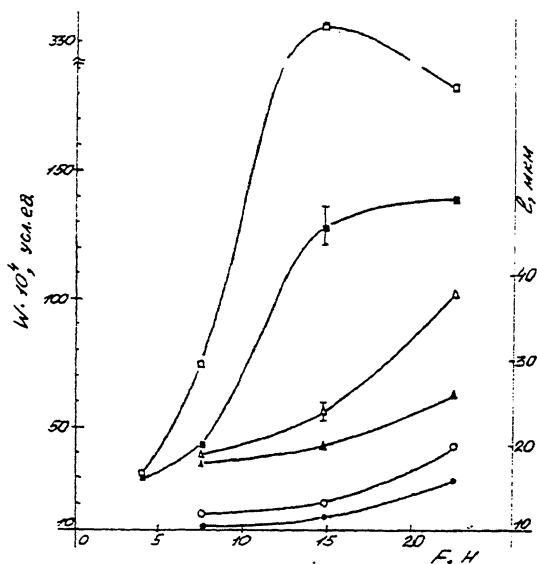


Рис. 2. Влияние нормальной нагрузки F на мощность сигналов АЭВ (1, 1'), ширину царапины L над волокнами (2, 2') и матрицей (3, 3') при царапании поверхностей XY (1, 2, 3) и YZ (1', 2', 3').

Таким образом, о более высокой прочности поверхности YZ по сравнению с XY свидетельствуют три независимых метода: СМ-АЭ, оптической микроскопии и трибометрии (определение износоустойчивости).

Это означает, что использованный метод СМ-АЭ может быть успешно применен для оценки поверхностной прочности материалов.

Развитие метода СМ-АЭ и его использование для характеристики прочности материалов различной природы будет предметом дальнейших исследований.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Поверхностная прочность материалов при трении / Под ред. Б.И. Костецкого. Киев, 1976. 292 с.
- [2] Friction and Wear of Polyner Composites / Ed by K. Friedrich. Elsevier, 1986. 456 p.
- [3] В а к а р К.Г., Р ж е в к и н В.Р. // Автоматическая сварка. 1982. В. 9 С. 39-41.

Институт проблем
машиноведения
РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию
2 февраля 1993 г.