

УДК 621.891

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРУКТУРЫ СОПРЯЖЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТРИБОСИСТЕМЕ

Захарченко М.Б., аспирант

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени П. Василенко)

В статье разработана методика оценки реологических свойств структуры сопряженных материалов в трибосистеме, обоснован выбор рабочих частот для измерений коэффициента затухания ультразвуковых колебаний в структуре материала, выполнена оценка точности измерений.

Актуальность. Надежность и износостойкость трибосистем зависит от выбранных материалов, из которых изготовлены трибоэлементы. Формирование поверхностных слоев при трении – это сложный нестационарный процесс, развитие которого зависит от физико-механических свойств материалов, микрогеометрии поверхностей трения, наличия смазочной среды, условий нагружения. Пластические и упругие свойства поверхностных слоев значительно отличаются от объемных. Оптимальный механизм приспособляемости материалов при трении – это приобретение ими такой структуры в поверхностных слоях, которая будет препятствовать распространению пластической деформации вглубь материала, и локализовать ее только в поверхностных слоях.

Для прогнозирования износостойкости трибосистем, а также для расчета скорости изнашивания и потерь на трение, необходимо иметь параметр, который является структурно-чувствительной характеристикой материалов, из которых изготовлены трибоэлементы, а также учитывать отмеченные выше процессы в поверхностных слоях.

Анализ последних публикаций по данной проблеме. Учитывая то, что трение является динамическим и диссипативным процессом, количественной характеристикой релаксационных свойств поверхностных слоев материалов может служить внутреннее трение [1, 2]. С помощью внутреннего трения можно определять структурно-чувствительную характеристику материала, которая зависит не только от типа кристаллической решетки, но и от структурных особенностей, возникающих на протяжении эксплуатации трибосистемы. Внутреннее трение характеризует способность структуры материала к рассеиванию энергии колебаний, связанной с плотностью, концентрацией и подвижностью дислокаций и точечных дефектов.

В работах, выполненных под руководством В.В. Шевели [3-5], показано, что релаксационные процессы проявляют более высокую структурную чувствительность к изменению напряженно-деформированного состояния

материала при динамическом нагружении по сравнению с физико-механическими свойствами. Основным выводом указанных выше работ является то, что реологические свойства фрикционного контакта можно представить в виде четырех уровней, в которых сосредоточены процессы контактного взаимодействия.

На основании выполненного анализа работ можно сделать вывод, что релаксационные свойства структуры материалов, из которых изготовлена трибосистема, влияют на совместимость материалов и являются функцией износостойкости и прирабатываемости, что доказано в работе [6]. В данной работе приводится параметр – коэффициент затухания ультразвуковых колебаний в структуре материала, который характеризует величину внутреннего трения, и методика его измерения. Однако в указанной работе не обоснован выбор частот для измерения и не приведены результаты точности измерения, что снижает ценность разработанной методики.

Целью данной работы явилось разработать методику оценки реологических свойств материалов трибоэлементов и провести экспериментальные исследования по определению коэффициента затухания ультразвуковых колебаний в структуре материалов, а также оценить точность измерений.

Методический подход в проведении исследований

На основании анализа различных методов измерения внутреннего трения структуры материалов в данной работе был использован ультразвуковой метод.

Для измерения коэффициента затухания в материал, перпендикулярно его плоскопараллельным граням, вводится короткий ультразвуковой импульс. Наблюдая многократные отражения импульса от параллельных торцов можно судить о затухании импульса по амплитуде. Энергия ультразвуковой волны уменьшается вследствие поглощения (перехода механической энергии в тепловую) и рассеяния (отражения в различных направлениях от неоднородностей среды).

Для дальнейшего практического применения данного метода в заводских лабораториях и конструкторских бюро целесообразно применение серийных, метрологически обеспеченных приборов, например, ультразвукового дефектоскопа УД2-12, который имеет блок измерения отношения амплитуд последовательно стоящих ультразвуковых импульсов.

Ультразвуковой импульс через пьезоэлемент подается в материал и, многократно отразившись от параллельных поверхностей в виде серии затухающих колебаний, поступает в устройство обработки сигнала и индикации на экране осциллографа дефектоскопа.

Схема подачи и отражения сигнала представлена на рис. 1, а расположение серии затухающих импульсов на экране осциллографа дефектоскопа представлена на рис. 2.

Измерив разность значений амплитуд последовательно идущих первого A_1

и второго A_2 импульсов можно рассчитать логарифмический коэффициент затухания ультразвуковых колебаний в исследуемом материале:

$$\delta = \frac{1}{2l} \cdot 20 \lg \frac{A_1}{A_2}, \quad (1)$$

где l - толщина материала, м;

A_1, A_2 – значение амплитуды первого и второго импульсов, В.

Ультразвуковой дефектоскоп позволяет работать на частотах 2,5; 5 и 10 МГц. С повышением частоты ультразвуковых колебаний увеличивается чувствительность метода, однако при этом возникают трудности ввода колебаний в исследуемый материал и их быстрое затухание при прохождении через материал, что безусловно повлияет на точность измерений.

Кроме того, на точность измерений будет влиять непараллельность поверхностей образцов, которую необходимо обеспечивать на уровне 0,4 мкм/см.

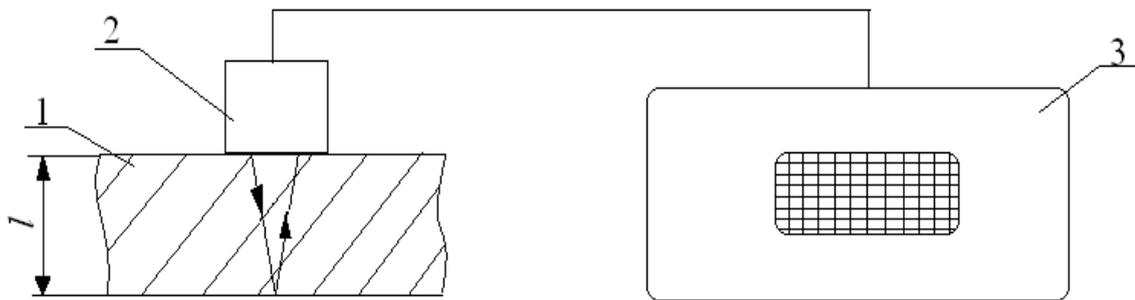


Рисунок 1 – Схема измерения логарифмического коэффициента затухания ультразвуковых колебаний в материале: 1 – исследуемый материал;

2 – пьезоэлемент; 3 – ультразвуковой дефектоскоп УД2-12; l - толщина исследуемого материала

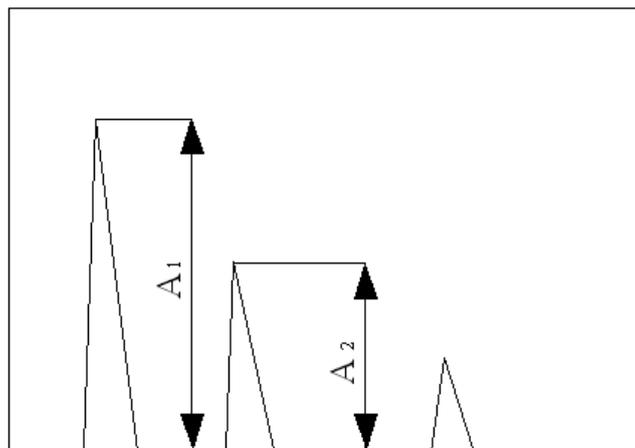


Рисунок 2 – Изображение экрана осциллографа ультразвукового дефектоскопа УД2-12: A_1 – величина амплитуды первого импульса; A_2 – величина амплитуды второго импульса

Таблица 1 – Результаты измерений логарифмического коэффициента затухания ультразвуковых колебаний в различных материалах

Материал	$f = 2,5$ МГц			$f = 5$ МГц			$f = 10$ МГц		
	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение,	Коэффициент вариации, %	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение,	Коэффициент вариации, %	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение,	Коэффициент вариации, %
	$\bar{\delta}$	S	$v = \frac{S}{\bar{\delta}} \cdot 100$	$\bar{\delta}$	S	$v = \frac{S}{\bar{\delta}} \cdot 100$	$\bar{\delta}$	S	$v = \frac{S}{\bar{\delta}} \cdot 100$
Сталь 20Х	1940	75,94	3,91	1945	52,7	2,7	1946	73,42	3,77
Сталь 40Х	2643	78,82	2,98	2644	56,8	2,14	2646	75,47	2,85
Сталь ШХ-15	2694	81,34	3,01	2700	62,48	2,31	2705	78,94	2,91
38Х2МЮА	2805	84,49	3,01	2810	64,28	2,28	2810	80,74	2,87
СЧ спец.	3315	94,70	2,85	3315	72,88	2,19	3320	90,47	2,72
ВЧ-70	3268	98,80	3,02	3270	72,22	2,2	3276	92,68	2,82
Бр.ОЦС-6-6-4	3430	106,82	3,11	3440	72,74	2,11	3440	96,14	2,79
Бр.АЖ 9-4	3490	109,83	3,14	3494	73,56	2,1	3496	98,72	2,82
ЛС 62-1,5	3462	112,14	3,23	3464	74,24	2,14	3464	99,94	2,88
ЛМцСКА 58-2-2-1-1	3805	121,42	3,19	3810	78,84	2,06	3810	105,13	2,75
АЛ-25	2410	90,13	3,73	2417	62,28	2,57	2417	80,42	3,32

Для повышения точности измерений экспериментальные исследования проводили на плоских образцах в виде пластин толщиной $10 \pm 0,1$ мм, которые изготавливали из конструкционных материалов, широко применяемых в машиностроении.

Результаты измерений. Результаты измерений логарифмического коэффициента затуханий на рабочих частотах 2,5; 5 и 10 МГц для различных материалов представлены в таблице 1. В таблице 1 также представлены значения среднеквадратического отклонения δ и коэффициента вариации v измеряемых величин. Как следует из полученных результатов, измерения логарифмического коэффициента затухания ультразвуковых колебаний на рабочей частоте 5 МГц дает наименьшее значение коэффициента вариации, а, следовательно, и обеспечивает наибольшую точность получаемых результатов с ошибкой

измерений не превышающей 2,7%. Измерения на частоте 2,5 МГц дают ошибку 3,91%, а на частоте 10 МГц - 3,77%.

Экспериментально полученные данные логарифмического коэффициента затухания ультразвуковых колебаний для различных конструкционных материалов, которые представлены в таблице 1, характеризуют структуру материала трибоэлемента, т.е. способность к релаксации механических напряжений. Из представленных данных следует, что стали имеют наименьший коэффициент из выбранных материалов. Чугуны и бронзы имеют большие значения, последними в ряду стоят гетерогенные латуни.

Выводы

Разработана методика и предложен параметр – коэффициент затухания ультразвуковых колебаний в структуре материала, который оценивает реологические свойства материала, т.е. способность материала превращать механическую энергию трения в тепловую и рассеивать ее в окружающую среду. Обоснована рабочая частота для проведения измерений, которая равна 5МГц, обеспечивающая минимальную ошибку измерений. Экспериментальным путем определены коэффициенты затухания ультразвуковых колебаний для широкого класса конструкционных материалов, которые применяются в машиностроении для изготовления трибосистем. Полученные данные будут использоваться при проведении моделирования изменения скорости изнашивания и коэффициента трения в трибосистемах, работающих в условиях граничной смазки, а также учитываться при определении совместимости материалов в трибосистеме.

Список литературы:

1. Криштал М.А. Внутреннее трение в металлах и сплавах / М.А. Криштал, Ю.В. Пигузов, С.А. Головин. – М.: Металлургия, 1964. – 245 с.
2. Постников В.С. Внутреннее трение в металлах / В.С. Постников. – М.: Металлургия, 1974. – 352 с.
3. Шевеля В.В. Реология износостойкости и совместимости пар трения / В.В. Шевеля // Трение и износ. – 1993. – Т. 14, № 1. – С. 48-63.
4. Шевеля В.В. Реология вязкоупругого фрикционного контакта / В.В. Шевеля, А. Трытек // Проблемы трибології. – 2010. – № 4. – С. 6-16.
5. Шевеля В.В. Трибохимия и реология износостойкости / В.В. Шевеля, В.П. Олександренко. – Хмельницький: ХНУ, 2006. – 278 с.
6. Шевеля В.В. Закономерности изменения внутреннего трения в процессе работы трибосистемы и его учет при выборе совместимых материалов / В.В. Шевеля, В.А. Войтов, М.И. Суханов, О.И. Исаков // Трение и износ. – 1995. – Т. 16, №4. – С. 734-744.

Анотація**Методика оцінки реологічних властивостей структури зв'язаних матеріалів в трібосистемах***Захарченко М.Б., аспірант*

У роботі розроблена методика оцінки реологічних властивостей структури зв'язаних матеріалів в трібосистемах, обґрунтований вибір робочих частот для вимірювань коефіцієнта загасання ультразвукових коливань у структурі матеріалу, виконана оцінка точності вимірювань.

Abstract**Methods of assessing the rheological properties of the structure of conjugated materials tribosystem****Zaharchenko M.B., graduate student**

In this paper developed a method of evaluation of the rheological properties of the structure of conjugated materials tribosystem. The choice of operating frequency for measuring the attenuation of ultrasonic vibrations in the material structure, the estimate accuracy.