

мальное описание базовых аналитических операций над многомерным кубом: агрегирование, детализирование, срез и выборки. Представлен пример расчета показателя гидрологического мониторинга на основе предложенного формального описания.

Литература

1. *Kimball R., Ross M.* The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling, 3rd Edition: John Wiley & Sons, Inc. 2013. 447 p.
2. *Codd, E.F., Codd S.B., Salley C.T.* Providing OLAP to User-Analysts: An IT Mandate, E.F. Codd & Associates. 1993. 24 p.
3. *Gondaled C., Tineo L., Urrutia A.* Fuzzy OLAP: A Formal Definition: Advances in Computational Intell, AISC 61. 2009. PP. 189-198.
4. *Abell A., Romero O., Pedersen T.B., et al.* Using Semantic Web Technologies for Exploratory OLAP: A Survey: IEEE transactions on knowledge and data engineering. 2015. N. 27(2). PP. 571-588.
5. *Aouiche K., Lemire D., Godin R.* Collaborative OLAP with tag clouds. Web 2.0 OLAP Formalism and Experimental Evaluation: WEBIST. 2008.
6. *Nguyen T.B., Tjoa A.M., Wagner R.R.* An object oriented multidimensional data model for OLAP-Web-Age Information Management: Springer. 2000.
7. *Niemi T., Niinimäki M., Thanisch P., Nummenmaa J.* Detecting summarizability in OLAP: Data & Knowledge Engineering. 2014. N. 89(2). PP. 1-20.
8. *Macedo H.D., Oliveira J.N.* A linear algebra approach to OLAP: Formal Aspects of Computing. 2015. N. 27. PP. 283-307.
9. *Пенькова Т.Г., Метус А.М.* Концептуальное моделирование процессов интегрального аналитического оценивания природно-техногенной безопасности территории// Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы информатизации региона» ПИР-2015. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2015. С 181-188.
10. *Хрусталева Е.М.* Агрегация данных в OLAP-кубах // Алеф Консалтинг & Софт. – 2003 [Электронный ресурс]. URL <http://www.olap.ru/home.asp?artId=84>
11. *Abelló A., Romero O.* On-line analytical processing. Encyclopedia of Database Systems: Springer US. 2009. PP. 1949-1954.

Formal definition of multidimensional analytical indicators calculation as a sequence of OLAP-cube operations

Anna Mihajlovna Metus, PhD student, Institute of Computational Modelling of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science

This paper presents a formal definition of OLAP-cube operations. There is multidimensional analytical indicators calculation as a sequence of OLAP-cube operations based on proposed formal definition using hydrological monitoring task as an example.

Keywords: on-line analytical processing, OLAP-cube, analytical operation.

УДК 621.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОКРЫТИЕМ

*Елена Борисовна Мокрицкая, к.т.н., доцент
Тел.: 8 914 177 2621, e-mail: mokritskaya@mail.ru
Дальневосточный федеральный университет
www.dvfu.ru*

*Лариса Ивановна Прудникова, к.т.н., доцент
Тел.: 8 902 485 9543, e-mail: prudnikova430460@yandex.ru
Дальневосточный федеральный университет
www.dvfu.ru*

В настоящее время ученые решают проблему обеспечения работоспособности металлорежущего инструмента с износостойким покрытием. В статье предложены способы повышения работоспособности путем моделирования свойств материала. Представлены методики оценки работоспособности инструмента с покрытием методом акустической эмиссии.

Ключевые слова: работоспособность инструмента, инструментальный материал, акустическая эмиссия, моделирование свойств, компьютерная программа.

Современное развитие машиностроения предполагает создание новых инструментальных и конструкционных материалов с заранее заданными свойствами, расширение номенклатуры и улучшение технико-экономических характеристик материалов.



Е.Б. Мокрицкая

Широкое применение металлов и их сплавов в технике требует глубокого и всестороннего исследования их физико-механических свойств в широком диапазоне температур. При высоких температурах наблюдается ряд аномальных физических явлений, особенно в области структурного и фазовых переходов. При этом возможно изменение физических параметров материалов, что является причиной уменьшения срока эксплуатации дорогостоящих изделий машиностроения [1].

В настоящее время отсутствует полная и достоверная информация о физических свойствах для целого ряда конструкционных и инструментальных сталей и других металлов в широком интервале температур в зависимости от степени их деформации и режимов термической обработки. Комплексные исследования свойств материалов имеют важное значение с точки зрения фундаментальных знаний и решения ряда вопросов материаловедения, физики твердого тела, металлофизики [2].

Авторы решили эту проблему путем создания новых методик, установок и приборов, использующих последние достижения фундаментальных наук, в частности, материаловедения, теплофизики, акустики и математического моделирования.

Особая актуальность работы заключается в расширении диапазона исследований, получение достоверной и максимальной информации о процессе моделирования разрушения инструментальных материалов. Разработан экспериментальный комплекс, достоверно моделирующий процесс разрушения материалов с возможностью исследовать механические и эксплуатационные свойства, одновременно регистрировать сигналы акустической эмиссии и сохранять в памяти ПЭВМ для дальнейшей математической обработки.



Л.И. Прудникова

Практическая значимость исследований заключается в разработанном уникальном программном обеспечении и экспресс-методиках оценки работоспособности инструмента с покрытием для неразрушающего контроля качества изделий машиностроения.

Методы моделирование материалов с заранее заданными свойствами

Моделирование свойств инструментальных материалов основывается на экспресс-методах оценки работоспособности инструмента. В дополнение к общеизвестным методам оценки физико-механических и эксплуатационных характеристик инструментальных материалов [3] разработано несколько экспресс-методик оценки дополнительных параметров (например, трещиностойкости), позволяющих с помощью акустической эмиссии (АЭ) проводить контроль, оценку качества, диагностику и прогнозирование работоспособности металлорежущего инструмента с износостойким покрытием [4; 5; 6].

Далее представлены сведения о применении микрорезания (на глубину нескольких микрометров) для исследования микроразрушения поверхностных слоев инструмента, в том числе с покрытиями.

Микрорезание специальным или стандартным (алмазная пирамида или конус) индентором осуществлялось по принципу маятника или скрайбирования со скоростями резания, скоростями деформирования, энергией разрушения и температурой испытания, аналогичными действующим в реальных условиях резания.

Информация при маятниковом скрайбировании регистрировалась методом акустической эмиссии (АЭ), результаты обрабатывались (оцифровывались) на ЭВМ по преобразованному акустическому сигналу посредством разработанного пакета программ.

Сопоставление результатов обработки с микрофрактографическими исследованиями позволило выделить информативные параметры, отражающие величину и характер разрушения. Это позволило по параметрам акустического сигнала выявить механизм разрушения материала (в том числе покрытия) и прогнозировать работоспособность инструмента при заданных условиях резания.

По сигналам АЭ можно проводить идентификацию материалов и сопоставлять качественные признаки образцов из серии с эталоном. По другим информативным параметрам лучше оценивать прочность сцепления покрытия с основой, трещиностойкость материала или покрытия и основы и другие эксплуатационные характеристики изделий [7].

Для оценки механических свойств инструментальных материалов с износостойкими покрытиями применялся метод АЭ. Применение стандартных (амплитуда A сигналов, накопление числа N сигналов и т.д.) параметров АЭ, не позволило получить полную информацию о физических процессах, происходящих в зоне разрушения инструмента.

Поэтому для комплексного исследования кинетики процесса разрушения был адаптирован к моделируемым условиям нагружения пакет программ для ПЭВМ. Разработанное программное обеспечение позволяет оцифровать (новые) параметры АЭ, такие как накопление энергии E_c сигналов, длительность сигналов t , критерий $K_p = \lg(E_c/2)$, характеризующий скорость изменения плотности энергии и т.д.

В комплексе эти параметры делают акустический образ процесса разрушения материала достоверным и по физической сущности соответствуют энергетическому подходу к прочности инструментальных материалов [7].

Представленные новые параметры и критерии оценки работоспособности металлорежущего инструмента были получены экспериментальным путем, описаны математической моделью, проанализированы и систематизированы. Это позволило достоверно прогнозировать и управлять свойствами материалов с композиционными покрытиями [8].

Применение пакета прикладных программ обеспечило высокую скорость аналогоцифрового преобразования, регистрацию огибающих сигналов на физическом уровне устройств запоминания информации, большое число анализируемых параметров и многократную их обработку.

Планирование эксперимента и статистическая обработка сигналов АЭ, генерируемых в процессе разрушения инструментальных материалов, проводилась с применением стандартных (Statgraphics 5, Statistica 6, MathLab 4, MathCAD 15) и авторских пакетов прикладных программ.

Используя достоинства метода АЭ для повышения достоверности, обеспечения возможности исследования кинетики процесса разрушения и снижения субъективности оценки результатов, создан экспериментальный стенд с системой регистрации и анализа АЭ информации. Аппаратно-программная часть стенда представлена на рис. 1 и состоит из преусилителя, блока питания, аналого-цифрового преобразователя типа L-154, ПЭВМ и специально разработанного авторами программного обеспечения.

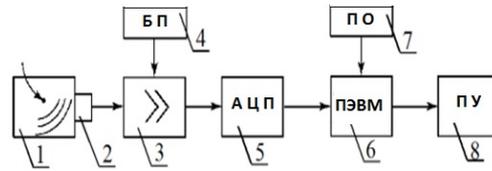


Рис. 1 Схема регистрации и обработки сигналов АЭ:

1-исследуемый образец; 2-пьезоэлектрический преобразователь; 3- усилитель сигнала АЭ; 4-блок электрического питания; 5-аналогово-цифровой преобразователь; 6- персональная ЭВМ; 7-программное обеспечение; 8- принтер для вывода сигналов АЭ

На рис. 2 показана возможность использования в качестве идентификационного параметра процесса разрушения частотного спектра акустического сигнала (ось x – частота сигнала АЭ, f , Гц; ось y – амплитуда сигнала АЭ, А). Из рисунка видно, что характерные (пиковые) частоты существенно отличаются для разных инструментальных материалов (основы без покрытия, основы с двух и трехслойным покрытием).

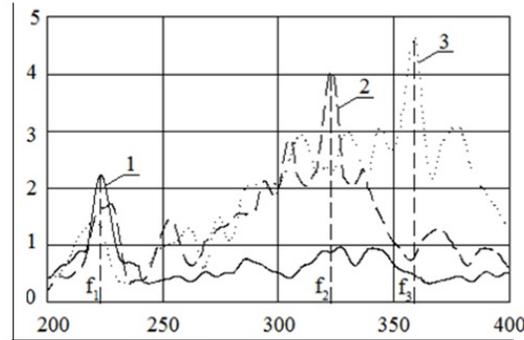


Рис. 2 Спектр сигнала АЭ для различных материалов:
1-ВК8; 2-ВК8+ Zr+ZrN; 3- ВК8+ +TiC+TiCN+TiN

Результаты научных исследований

Основные результаты исследований представлены на рис.3. Впервые одновременно зарегистрированы и систематизированы сигналы АЭ, полностью характеризующие кинетику постадийного разрушения на примере материала ВК8 с покрытием Zr+ZrN.

На схеме нагружения выделяются характерные участки по длине перемещения (направление показано стрелкой) индентора: АБ, БВ, ВД и т.д. Участок АГ соответствует периоду «врезания» индентора, ГС – периоду «выхода». На участке АБ, соответствующем входу индентора, «верхний» (в дальнейшем «первый») слой покрытия разрушается путем образования очагов микропластической деформации, ведущей к зарождению и росту микротрещин.

Энергия воздействия индентора на образец в период входа отражена на графике временной зависимости накопления энергии. Ес резким ростом интенсивности накопления энергии. Прирост накопленной энергии на этом участке характеризуется углом АБ наклона касательной.

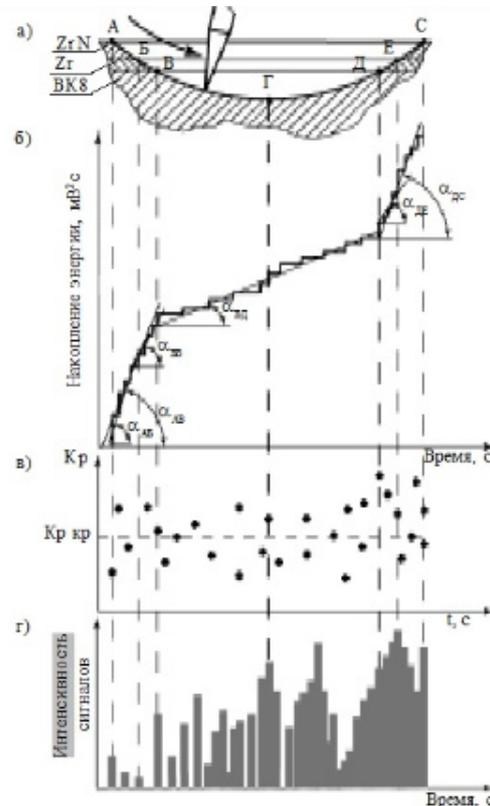


Рис. 3 Пример регистрации параметров АЭ разрушения материала:

а) схема нагружения материала; б) накопление энергии сигнала; в) распределение коэффициента Кр; г) интенсивность сигналов АЭ

Анализ графика временной зависимости критерия разделения сигналов K_r , показал, что на отрезке АБ имеется примерно равное количество сигналов, идентифицирующих вязкое и хрупкое разрушение. Комплексный анализ параметров АЭ позволил сделать вывод о том, что в период входа индентора «первый» слой покрытия разрушается по механизму вязко-хрупкого разрушения. Участок БВ с большей глубиной внедрения индентора соответствует зоне нагружения «второго» слоя покрытия. Пластичность «второго» слоя обусловила снижение прироста накопленной энергии, т.е. участок БВ меньше участка АБ. Увеличение интенсивности сигналов АЭ на участке БВ связано, в первую очередь, с интенсивным трещинообразованием в первом слое. Число сигналов со значениями K_r , близкими к критическому значению $K_{r\text{кр}}$, соответствующими образованию и развитию микротрещин, увеличивается, что свидетельствует о преобладании хрупкого разрушения, характеризующего выкрашивание микрообъемов в «первом» слое износостойкого покрытия. На участке ВД, соответствующем максимальной глубине внедрения индентора, отражается наложение процессов пластической деформации инструментальной основы ВК8 и хрупкого разрушения «верхнего» покрытия. Накопление генерируемой при этом энергии плавно увеличивается.

Сходство кинетики и механизмов разрушения в условиях нагружения по предложенным схемам подтверждено фрактографическими исследованиями. Их соответствие кинетике разрушения инструмента доказано сравнением кинето-грамм. Проверка соответствия реальным механизмам выполнена сравнением результатов фрактографических исследований в известных работах, собственных исследованиях.

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие результаты:

- получены температурные зависимости скорости звука, ультразвуковых колебаний, модуля упругости и внутреннего трения для ряда ферромагнитных материалов, титана и сплавов при различной степени деформации и условиях термической обработки;
- исследован и описан характер изменения акустических и механических параметров в области фазовых и магнитных переходов в металлах и сплавах;
- впервые получены значения термического коэффициента модуля упругости для ряда чистых металлов, конструкционных и инструментальных сталей и сплавов в зависимости от степени деформации и термообработки;
- определена энергия активации дефекта модуля упругости для кобальта, никеля, стали, подвергнутых термической обработке.

Практическая значимость:

- разработана методика исследования температурных зависимостей акустических параметров для чистых металлов и сплавов на их основе;
- создана оригинальная установка для высокоточных измерений скорости звука и ультразвуковых колебаний на различных частотах в широком диапазоне температур для проволочных образцов;
- разработано программное обеспечение, позволяющее на базе указанных установок, акустического тракта и ПЭВМ подробно зафиксировать, сохранить все данные моделирования неразрушающего метода контроля;
- получены уникальные экспериментальные данные по модулю упругости и внутреннему трению в области высоких температур для материалов авиационной техники;
- получен комплекс акустических и физических параметров для конструкционных сталей, который применяется для моделирования процесса разрушения изделий машиностроения;
- разработан экспериментальный комплекс, позволяющий исследовать механические и эксплуатационные свойства материалов и регистрировать сигналы АЭ.

Литература

1. Беккер М.С. Куликов М.Ю., Егорычев Е.В. Физическая модель изнашивания инструмента из быстрорежущей стали // Вестник машиностроения. 1997. № 8. С.41-44.
2. Мокрицкий Б.Я. Структурно-динамические аспекты при оценке работоспособности металлорежущего инструмента // Изв. вузов. Машиностроение. 1990. № 11. С. 122.
3. Подураев В.Н. Закураев В.В. Разработка и реализация способа управления оптимальным режимом резания // Вестник машиностроения. 1996. № 11. С. 31-36.
4. Современные методы конструирования, контроля качества и прогнозирования работоспособности режущего инструмента / Ю.Г. Кабалдин, Б.Я. Мокрицкий, Н.А. Семашко, С.П. Тараев. – Владивосток: Изд-во ГУ, 1990. 122 с.
5. Мокрицкий Б.Я., Мокрицкая Е.Б. К вопросу об управлении работоспособностью металлорежущего инструмента // Вестник машиностроения. 1998. №12. С. 40-47.
6. Семашко Н.А., Мокрицкая Е.Б., Мокрицкий Б.Я., Филоненко С.Ф., Вахрушев О.М. Патент РФ № 2138038. Способ контроля физико-механических свойств изделий / Оpubл. 20.09.1999. Бюл. № 26.
7. Семашко Н.А., Мокрицкая Е.Б., Мокрицкий Б.Я., Филоненко С.Ф. Патент РФ № 2138039. Способ контроля свойств и диагностики разрушения изделия / Оpubл. 20.09.1999. Бюл. № 26.
8. Мокрицкая Е.Б., Семашко Н.А., Мокрицкий Б.Я., Вахрушев О.М. Патент РФ № 2140076. Способ акустического контроля трещиностойкости изделий / Оpubл.9.07.1998, Бюл.№29.

Modelling of the coated tool material properties

Elena Borisovna Mokritskaya, PhD, Assistant Professor

Larisa Ivanovna Prudnikova, PhD, Assistant Professor

Scientists are now solving the problem of providing a metal-cutting performance of a wear-resistant coating. The paper suggests the ways to improve performance by modeling the properties of the material. This paper presents the methodology for assessment of the coated tool performance by acoustic emission.

Keywords – tool performance, tool materials, acoustic emission, modeling of the properties, computer program

УДК 674.81

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПЕРЕВОДА КОТЕЛЬНОЙ
НА АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО**

Екатерина Борисовна Истягина, канд. физ-мат. наук, доцент

Тел.: +7 391 291 2516

Сибирский Федеральный Университет

<http://www.sfu-kras.ru/>

Сергей Евгеньевич Молоков, магистр ИКИТ СФУ

Тел.: +7 923 312 2800, e-mail: mol_sergei@mail.ru

Сибирский федеральный университет

<http://www.sfu-kras.ru/>

Работа посвящена переводу котельной на альтернативное топливо. В расчетах применяются законы теплотехники, термодинамики и аналитические методы. Выявлена и обоснована необходимость модернизации оборудования для использования pelletного топлива.

Ключевые слова: Альтернативное топливо, котел, модернизация котла, экологически чистая энергия.