

цательные.

1. СТБ ЕН 55015-2006 (EN55015-200: IDT) Электромагнитная совместимость. Радиопомехи от электрического светового и аналогового оборудования. Нормы и методы измерений.
2. ГОСТ CISPR 16-1-4-2013 (CISPR 16-1-4:2012: IDT) Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре

- для измерения параметров промышленных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 1-4. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Антенны и испытательные площадки для измерения излучаемых помех.
3. ISO/IEC Guide 98-3:2008 «Неопределенность измерения - Часть 3: Руководством по выражению неопределенности измерений (GUM:1995).

УДК 620.179.16

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК КОНТРОЛЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРОШКОВЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Галаган Р.М., Богдан Г.А.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
Киев, Украина*

Современные многофазные материалы обладают принципиально новыми уникальными физико-механическими свойствами, которые удается получить за счет подбора металлических компонентов и варьирования в широких интервалах их концентраций и степени пористости, а также изменением параметров технологических режимов изготовления. Вследствие этого возникает необходимость исследования закономерностей формирования их физико-механических свойств в зависимости от состава, структуры, внешних условий на различных этапах изготовления. В случае материалов с резко неоднородным строением такие закономерности весьма сложны и недостаточно изучены. Порошковые конструкционные материалы (ПКМ) являются специфическим классом неоднородных материалов, которые можно рассматривать как своеобразный предельный случай гетерофазной среды с максимально различающимися свойствами составляющих фаз [1].

Технологии изготовления ПКМ многостадийны. К основным стадиям их изготовления можно отнести [2]:

- подготовка исходных компонентов;
- формирование (прессование) изделий заданной формы;
- спекание;
- окончательная обработка.

Каждая из перечисленных операций оказывает значительное влияние на формирование физико-механических свойств готового изделия и может привести к возникновению дефектов внутренней структуры материала. Поэтому разработка достоверных оперативных методов неразрушающего контроля, которые позволяют оценить состояние материала на различных стадиях изготовления является актуальной задачей.

На данный момент для решения поставленной задачи наибольшее применение получили акустические методы неразрушающего контроля, которые обладают наибольшей методической простотой и универсальностью [3]. Физико-механические характеристики ПКМ рассчитываются по измеренным значениям скорости распространения упругой волны в исследуемом материале исходя из известных соотношений [4].

В качестве образцов для проведения исследований чаще всего используются заготовки небольших размеров в форме параллелепипеда с длиной порядка 20 мм, шириной и высотой порядка 4-5 мм. Толщина по длине образца колеблется в пределах 1,5 мм. Измерение скорости ультразвука проводится по длине образца на перпендикулярных гранях по трем точкам.

Проведенные исследования высокопрочных ПКМ на основе вольфрама с добавлением 20% и 40 % кобальта показали:

- При подборе наиболее оптимального сочетания исходных компонентов для получения заданных физико-механических характеристик материала, относительное изменение скорости распространения ультразвуковой (УЗ) волны, обусловленное влиянием технологических факторов, между образцами может достигать 10%.
- При отработке технологии изготовления материала (введение дополнительных стадий обработки или изменение технологических режимов) скорость УЗ волны между образцами не превышает 2 %.
- Из-за анизотропии внутренней структуры скорость УЗ волны в пределах одного образца при контроле в перпендикулярных направлениях может изменяться в пределах 2%.
- При контроле ПКМ в одном направлении в различных точках скорость УЗ волны может

колебаться в пределах 1%.

Так как изменения скорости, особенно в пределах одного образца незначительны, то возникает необходимость в разработке методик неразрушающего контроля, которые бы позволили производить измерения скорости ультразвуковой волны с достаточно высокой точностью, а также проводить статистическую обработку полученных результатов в пределах как одного образца (при контроле однородности распределения физико-механических характеристик материала), так и партии образцов (при отработке технологических режимов производства) для получения усредненных данных и исключения появления грубых ошибок.

Существующая аппаратура УЗ контроля, построенная на основе прецизионных методов измерения скорости ультразвука (в частности использование фазовых методов) [5], позволяет производить контроль с точностью до 0,1%, что является более чем достаточным в рамках решения поставленной задачи. Однако несовершенство существующих методик проведения УЗ контроля физико-механических характеристик ПКМ в значительной степени влияет на результат измерений, снижая его достоверность.

Любая методика неразрушающего контроля представляет собой: 1) последовательность использования методов, приемов и оборудования; 2) четкое описание способа проведения подготовительных и контрольно-измерительных процедур; 3) подготовка заключительного документа по итогам проведенного контроля. Также в методике могут быть указаны требования к безопасности, квалификации персонала и настройке оборудования [6]. Эффективность методики во многом определяется заложенными в неё правилами, подходами и способами контроля. В силу различных факторов (начиная от температуры внешней среды и заканчивая психофизическим состоянием оператора) эффективность методики контроля может значительно снижаться. Более того, любая методика может иметь «врождённые» недостатки, связанные с тем, что при её разработке не были учтены или минимизированы все влияющие на результат контроля факторы.

Соответственно, чтобы повысить эффективность существующей методики контроля физико-механических характеристик ПКМ или предложить новую, необходимо провести комплексный анализ факторов, которые оказывают наибольшее влияние на достоверность результатов при проведении контроля. После чего уделить первостепенное внимание их устранению, а в случае невозможности этого предложить способы минимизации их влияния. В ходе проведенных исследований выделены обобщенные группы факторов, оказывающих значительное влияние на результат контроля физико-механи-

ческих характеристик ПКМ:

- квалификация оператора;
- возможность обеспечения одинаковых условий контроля на протяжении всех циклов измерений (внешние факторы, стабильность усилия прижатия блока преобразователей к объекту контроля);
- выбор способа прозвучивания при проведении контроля;
- выбор методов обработки информативного сигнала;
- обеспечение соответствия акустического тракта базе измерения геометрических размеров образца;
- использование механического способа измерения геометрических размеров базы прозвучивания.

Можно отметить, что в приведённом выше перечне отсутствуют факторы, связанные со средствами измерения (кроме последнего). Это связано с тем, что современные средства измерений имеют достаточно малые погрешности, вклад которых не является доминирующим в общей погрешности. Основной вклад вносят методическая и субъективная составляющие общей погрешности. С учётом этого и должна разрабатываться методика контроля физико-механических характеристик ПКМ.

Следующим этапом работы является экспериментальное определение степени влияния рассматриваемых факторов, а также проведения факторного анализа для изучения взаимосвязей между ними и/или сокращения числа значимых факторов. С одной стороны это позволит выделить ключевые факторы и предложить эффективные способы их уменьшения, а с другой – упростить методику контроля.

1. Гращенков Д.В. Стратегия развития композиционных и функциональных материалов / Д.В. Гращенков, Л.В. Чурсова // *Авиационные материалы и технологии*. – 2012. – №5. – С. 231–242.
2. Технология конструкционных материалов: Учебник для машиностроительных специальностей ВУЗов. / Дальский А.М., Барсукова Т.М., Бухаркин Л.Н., Гаврилюк В.С., Дмитриев А.М., Каширцев В.П., Кременский И.Г., Макаров Э.Л., Попов Е.А., Степанов Ю.А., Соколов Е.А. под редакцией Дальского А.М. – 5-е издание – М.: Машиностроение. – 2003. – 512с.
3. Роман О.В. Ультразвуковой и резистометрический контроль в порошковой металлургии / О.В. Роман, В.В. Скороход, Г.Р. Фридман. – Мн.: Выш. шк. – 1989. – 182 с.
4. Ермолов И.Н. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Том 3. Ультразвуковой

контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге; под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение. – 2004. – 864 с.

5. Кондратьев А.И. Прецизионные методы и средства измерения акустических величин

твердых сред / А.И. Кондратьев. – Хабаровск: изд-во ДВГУПС. – 2006. – 152 с.

6. EN 14127:2004 (E). Non-Destructive Testing – Ultrasonic Thickness Measurement.

УДК 621.791

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ В СМК ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ

Гиль Н.Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Проблемные ситуации с достоверностью экспертных методов могут возникать в СМК при оценивании характеристик таких объектов как продукция, услуги (вид продукции), процесс, система.

В свою очередь каждая из задач, возникающая при оценке вышеприведенных объектов, может рассматриваться как многократно повторяющаяся задача оценивания или однократно решаемая задача оценивания.

Практической реализацией первой группы задач выступают экспертные системы. Основная цель функционирования экспертной системы в рамках СМК – реализовать механизм периодического оценивания, анализа и управления показателями (результативность, риск, ранг или приоритет и т. д.), характеризующими объект (продукцию, процесс, систему).

Особенность таких задач заключается в накоплении и использовании статистических данных. Это, в свою очередь, даёт возможность формализации процедуры их решения и использования единого подхода для решения однотипных задач экспертного оценивания, основанного на автоматизации экспертных оценок.

Иной характер имеют однократные задачи оценивания. Использование экспертных оценок с дальнейшим принятием решения на их основе является случайным, несистематическим.

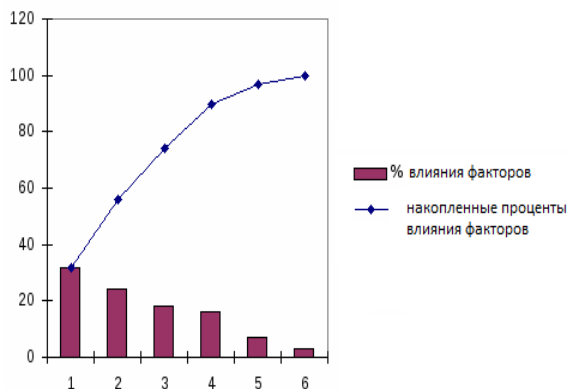
Такого рода задачи характеризуются отсутствием достаточного количества статистической информации и опыта по их решению. Автоматизация экспертных оценок также проблематична для этого круга задач.

Подводя итог, можно констатировать, что область применения экспертного оценивания параметров объектов СМК весьма широка и имеет четкую тенденцию к дальнейшему увеличению, а информационные технологии оценивания неизменно востребованы.

Между тем, методы экспертного оценивания зародились не в рамках СМК. Такие области деятельности, как финансы, банковское дело, страхование и т.п. рассматривают экспертные методы как ключевой инструмент своей результативности. Накоплен огромный потенциал использования различных подходов, методов и средств для решения самых разно-

образных задач в этих сферах деятельности. Следовательно, необходимо рационально исследовать возможности этого потенциала и сконцентрировать усилия на выборе приемлемых для решения задач СМК существующих информационных технологий экспертного оценивания или разработке на их основе перспективных методов, обеспечивающих высокую достоверность оценок и принятия на их основе корректных управленческих решений.

Традиционно наиболее влияние на достоверность экспертного оценивания оказывают ресурсы процесса (эксперты, применяемые шкалы), методы и средства организации процесса, а также структура и порядок организации процесса. Была проведена работа по анализу различных факторов, влияющих на достоверность процесса экспертного оценивания. Был проведен опрос экспертов различного уровня, которые выделили наиболее значимые факторы, представлены на диаграмме Парето [1] (рисунок 1).



1 – способы предъявления объектов;
2 – способы оценивания; 3 – типы оцениваемой шкалы;
4 – сложность объекта оценивания; 5 – методы обработки оцениваемой информации;
6 – эксперт, производящий оценку

Рисунок 1– Диаграмма Парето по типам факторов, влияющих на процесс экспертного оценивания (в % от общего числа)

Опрос показал, что из всех представленных факторов наибольшее влияние на достоверность