

МЕТОДИКА КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗРУШЕНИЮ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УДАРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

С.А. Атрошенко*, Д.А. Грибанов

ИПМаш РАН, Большой пр. 61, В.О., Санкт-Петербург, 199178, Россия

*e-mail: satroshe@mail.ru

Аннотация. Проведено исследование качества алюминиевых кольцевых образцов, испытанных при различных режимах высокоскоростного нагружения магнитно-импульсным методом. Оценка качества динамически нагруженных металлических материалов проведена с помощью методики квалитметрической оценки сопротивления разрушению металлических материалов, испытанных магнитно-импульсным методом.

1. Введение

Оценка металлических материалов для труб и изделий (конструкций), изготовленных из них, эксплуатация которых предполагается в условиях возникновения высокоскоростного нагружения, представляет особый интерес, т.к. они применяются в аэрокосмической промышленности, для криогенных резервуаров, трубопроводов систем ракет-носителей однократного и многократного применения, космических кораблей и других космических аппаратов, в изделиях авиационной промышленности, машиностроения, работающих в условиях возникновения высокоскоростного ударного воздействия. Именно поэтому исследования, направленные на совершенствование технологии оценки качества металлических материалов (кольцевых образцов), испытанных при коротком времени нагружения ($T = 1$ мкс) с помощью высокоскоростного расширения магнитно-импульсным методом, являются актуальными. Для выбора марки металлического материала изделия, наиболее подходящего своими эксплуатационными характеристиками для работы в экстремальных условиях, проведена оценка качественных характеристик кольцевых образцов, полученных по разным режимам испытания с применением методики квалитметрической оценки сопротивления разрушению металлических материалов, испытанных магнитно-импульсным методом.

2. Материалы и методика исследования

Магнитно-импульсное нагружение кольцевых образцов проводилось по методике, описанной в работе [1].

Разработанная методика реализована трехуровневым алгоритмом проведения оценки сопротивления разрушению металлических материалов с применением процессного подхода (Рис. 1). При анализе процесса организации оценки качественных характеристик кольцевых образцов получено следующее разделение её на процессы и подпроцессы:

Процесс I. Выбор марки металлического материала (вход (ВХ) - требования нормативных документов и заказчика, выход (В) - фактические характеристики металлического материала).

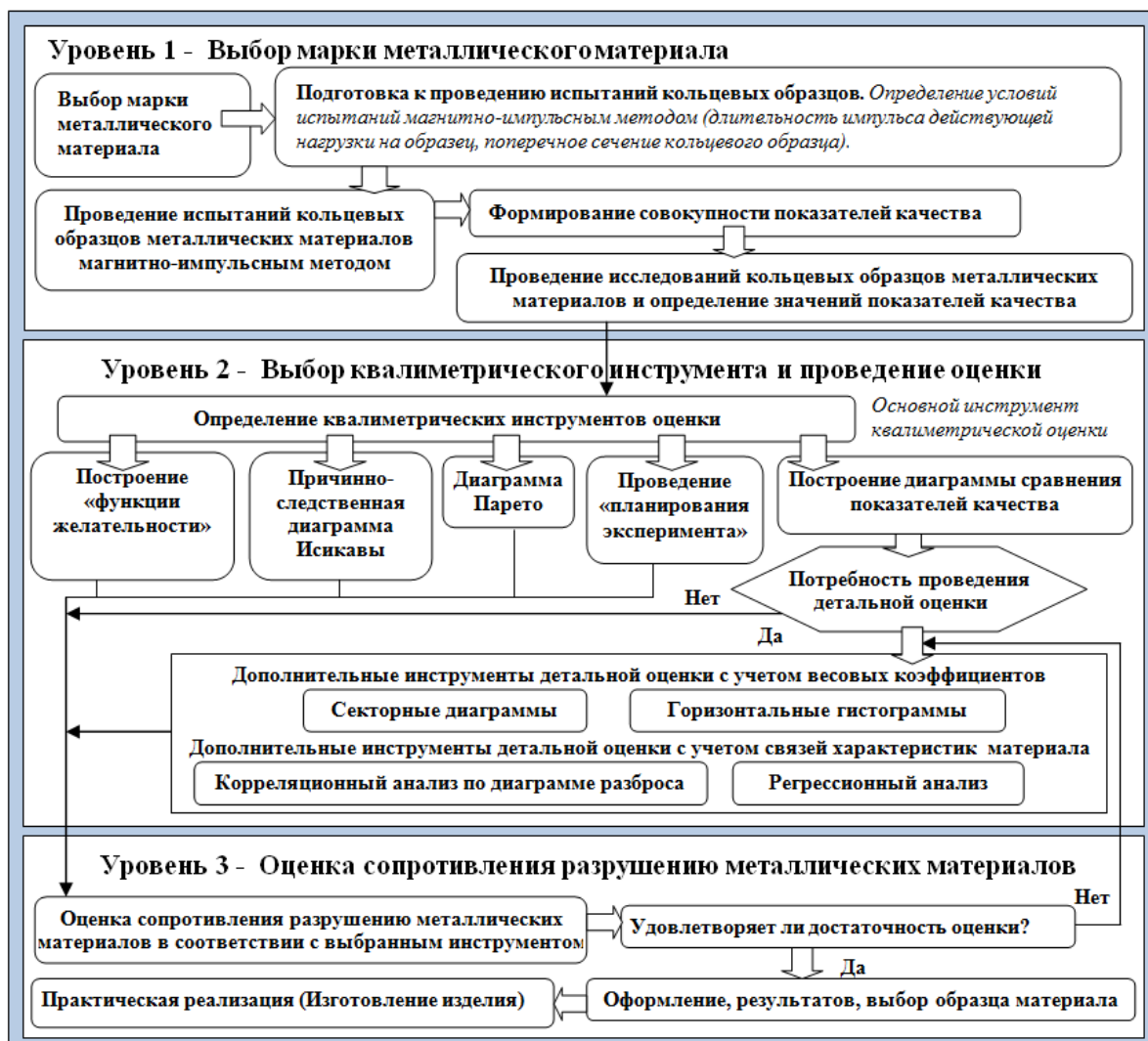


Рис 1. Методика проведения квалиметрической оценки сопротивления разрушению металлических материалов, испытанных магнитно-импульсным методом.

Подпроцесс:

а) подготовка кольцевых образцов к испытаниям (ВХ - нормы по технологическому процессу изделия, В - условия испытаний магнитно-импульсным методом (длительность импульса действующей нагрузки на образец, поперечное сечение кольцевого образца));

б) проведение испытаний кольцевых образцов металлических материалов магнитно-импульсным методом;

в) формирование совокупности показателей качества, по которым будет произведена квалиметрическая оценка (твёрдость, растягивающее напряжение, количество вязкой составляющей в изломе, время до разрушения, размер зерна, количество пор);

г) проведение исследований кольцевых образцов металлических материалов и определение значений показателей качества.

Поверхности разрушения алюминиевых образцов в виде колец после испытаний исследовались на оптическом микроскопе Axio-Observer-Z1-M в темном поле. Количество вязкой составляющей в изломе (В, %) определялось по формуле, приведённой в ГОСТ 30456-97. Площадь хрупкой составляющей определялась измерением площади хрупкого излома по фотографии. Микротвёрдость определялась

на микротвердомере SHIMADZU серии HMV-G по методу восстановленного отпечатка четырехгранной алмазной пирамиды с углом 136° между гранями и квадратным основанием (по методу Виккерса);

Процесс II. Определение квалитетических инструментов оценки (ВХ – в зависимости от цели оценки качества изделий предложены следующие основные инструменты квалитетической оценки – функция желательности, планирование эксперимента, диаграмма сравнения показателей качества, причинно-следственная диаграмма Исикавы, диаграмма Парето.

В случае необходимости проведения более детальной оценки, предложены дополнительные инструменты оценки с учетом весовых коэффициентов – секторные диаграммы, горизонтальные гистограммы, а также дополнительные инструменты детальной оценки с учетом связей свойств металлических материалов – корреляционный анализ по диаграмме разброса и регрессионный анализ, В – инструмент квалитетической оценки);

Процесс III. Оценка сопротивления разрушению и анализ металлических материалов (ВХ – значения показателей сопротивления разрушению металлических материалов, В – наиболее подходящий металлический материал для изделия, эксплуатация которого предполагается в условиях возникновения ударного воздействия).

Приведено описание результатов экспериментальных исследований алюминиевых кольцевых образцов, испытанных магнитно-импульсным методом, характеристики сопротивления разрушению которых приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики сопротивления разрушению исследованных образцов из алюминия.

№ п/п	Наименование показателя качества	Базовые значения №1	Значение показателя качества образца							
			№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9
			при испытании с длительностью импульса T , мкс							
		38	7,5	5,5	7,5	1	1	1	0,1	0,08
1.	Размер зерна D_z , мкм	4,6	8,2	0,45	1,2	3	1,2	1,95	0,72	1,05
2.	Количество пор на площади 400 мкм^2 n , шт.	53	91	64	121	70	-	-	56	36
3.	Твердость по Виккерсу HV , МПа	1175	1461	992	1098	1202	288,9	240,6	2745	303,3
4.	Растягивающее напряжение МПа	100	104	150	-	230	162	-	-	-
5.	Количество вязкой составляющей в изломе B , %	80	98,2	92,3	96,5	91,5	91,1	88	92,62	
6.	Время до разрушения t , мкс	13,4	13,4	4,5	13,4	2,65	4,17	-	0,3	-

Современные квалитетические инструменты качества адаптированы к задаче оценивания сопротивления разрушению металлических материалов, эксплуатация которых предполагается в условиях возникновения ударного воздействия, а именно: функции желательности Харрингтона, диаграммы сравнения показателей качества, планирования эксперимента, корреляционного анализа по диаграмме разброса, секторных диаграмм, горизонтальных гистограмм, регрессионного анализа. Так, например, проведенная оценка качественных характеристик кольцевых образцов с помощью функции желательности Харрингтона [2] показала:

– наилучшим сочетанием характеристик обладает образец, испытанный по режиму №3;

– при существенно более коротком импульсе ударного воздействия (режим №3) значение обобщенной функции желательности имеет максимальное значение 0,65, что говорит о преимуществе использования этого режима для проведения испытаний кольцевых материалов;

– так как для оценки качества материалов при ударном нагружении большое значение имеет сопротивляемость хрупкому разрушению, характеризуемая единичным параметром «Количество вязкой составляющей в изломе B , %», то наиболее предпочтительным является режим, когда материал переходит в категорию качества «отлично».

Литература

- [1] В.А. Морозов, Ю.В. Петров, А.А. Лукин, С.А. Атрошенко, Д.А. Грибанов // *Журнал технической физики* **9** (2014) 78.
[2] С.А. Атрошенко, Д.А. Грибанов // *Качество. Инновации. Образование* **4** (2012) 78.

QUALIMETRIC EVALUATION TECHNIQUE OF FRACTURE RESISTANCE OF METALS UNDER SHOCK LOADING

S.A. Atroshenko*, D.A. Griбанov

IPME RAS, Bolshoy 61, V.O., Saint Petersburg, 199178, Russia

*e-mail: satroshe@mail.ru

Abstract. A study of the quality of the aluminum ring specimens tested at different modes of high-speed loading of magnetic-pulse method was carried out. Quality evaluation of dynamically loaded metallic materials was held by the procedure of qualimetric estimation for fracture resistance of metals tested by magnetic pulse method.

References

- [1] V.A. Morozov, Yu.V. Petrov, A.A. Lukin, S.A. Atroshenko, D.A. Griбанov // *Technical Physics* **59(9)** (2014) 1338.
[2] S.A. Atroshenko, D.A. Griбанov // *Quality. Innovation. Education* **4** (2012) 78. (In Russian).