ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.
Томск, Россия

Томск – 2021
Издательство ТГУ

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-105

РАСЧЕТ СКОРОСТИ РОСТА УСТАЛОСТНОЙ ТРЕЩИНЫ В ДВУХФАЗНОМ МАТЕРИАЛЕ

Заболотский А.В., Турчин М.Ю., Хадыев В.Т., Мигашкин А.О.
ООО «Группа «Магнезит», Сатка

Моделирование роста усталостной трещины было выполнено для двухфазного материала с периодической структурой. В частности, к таким структурам может быть сведена структура огнеупорных и керамических материалов, широко применяемых в качестве промышленных и строительных конструкционных материалов [1, 2]. В простейшем случае такой материал содержит одну твердую фазу, а в качестве второй фазы выступают пустоты – поры и микротрещины в материале. В большинстве случаев пустоты имеют сплющенную форму, приобретенную на стадии прессования изделия, которая может быть описана для моделирования как эллипсоид. Для упрощения вычислений принималось, что такие эллипсоиды обладали равными размерами и были расположены регулярно, их размеры и расстояния между ними рассчитаны, исходя из среднего размера дефектов по данным исследований под микроскопом и кажущейся плотности материалов. Схожие модели структуры были также получены авторами путем прямого моделирования микроструктуры материалов, при этом был реализован один из алгоритмов заполнения пространства шарами различного размера, соответствующего зерновому составу смеси для прессования реальных огнеупорных материалов.

Пустоты в материалах играют роль концентраторов напряжений, таким образом, их поверхности с малым радиусом кривизны могут выступить в качестве источника трещины, рост которой начнется при локальном напряжении в конструкции значительно меньшем, чем предел прочности бездефектного материала [3]. Прирост площади дефекта может быть определен при помощи энергетического критерия: в этом случае энергия деформации материала расходуется на формирование новой поверхности материала, причем скорости роста трещины в разных направлениях могут быть различными. Соотношение этих скоростей может быть определено в зависимости от градиента деформации материала в этих направлениях [4]. Применение такого подхода требует определения размера деформированной области вокруг вершины трещины, энергия которой расходуется на формирование новой поверхности дефекта, критерия остановки трещины и расчета условия перехода трещины в область катастрофического роста.

Примененный подход позволил описать поведение лабораторных образцов при термическом ударе [5], в частности он объясняет последовательность появления термических трещин и «смену лидера» роста по мере развития термомеханических напряжений во время резкого остывания образца. Кроме того, такой подход объясняет появление трещин, распространяющихся по сложной траектории в промышленных конструкциях в условиях сложного теплообмена и, как следствие, термомеханической нагрузки.

1. Заболотский А.В. Построение и исследование модели поровой структуры керамического материала. // Инновационная наука. № 03-1/2017. с. 27 - 34.
2. Заболотский А.В. Моделирование структуры связки керамического материала как перколяционного кластера второго порядка. // Сборник статей международной научно-практической конференции "Совершенствование методологии познания в целях развития науки" в 3 ч./ Ч.3 - Уфа. Аэтерна. 2017. с. 67 - 76.
3. Zabolotsky A.V., Axelrod L.M. Application of the Cell Automata Method to the Brittle Material Thermal Fatigue Fracture Simulation. // Journal of Scientific and Engineering Research. 2017. V.4 №10 pp. 284-292.
4. Zabolotskiy A. V., Turchin M. Y., Khadyev V. T., Migashkin A. O. Numerical investigation of refractory stress-strain condition under transient thermal load. AIP Conference Proceedings 2310, 020355 (2020); https://doi.org/10.1063/5.0034479
5. Andreev K., Tadaion V., Zhu Q., Wang W., Yin Y., Tonnesen T. Thermal and mechanical cyclic tests and fracture mechanics parameters as indicators of thermal shock resistance –case study on silica refractories. Journal of European Ceramic Society, 39 (2019) 1650-1659.