

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ РОСТА ТРЕЩИНЫ УСТАЛОСТИ В ВАКУУМЕ СПЛАВА ЭП741НП

Немцев Д.В.¹, Потапов С.Д.², Артамонов М.А.¹

¹ОКБ им. А. Льюльки – филиал ПАО «ОДК-УМПО», г. Москва, dmitrij_n@inbox.ru

²ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», г. Москва

Ключевые слова: диск ГТД, трещиностойкость, скорость роста трещины усталости в вакууме, гранулируемый никелевый сплав.

Широкое распространение получила технология гранульной металлургии при производстве дисков ГТД из никелевых сплавов. Для деталей, изготовленных из гранулируемых сплавов характерно наличие дефектов структуры сплава таких, как инородные неметаллические включения. При циклических нагрузках, возникающих в дисках при эксплуатации ГТД, от данных дефектов возможно зарождение и развитие усталостных трещин.

Зарождение и развитие трещин от внутренних дефектов, распространяющихся в условиях вакуума, указывает на необходимость исследования характеристик скорости роста трещины усталости (СРТУ) не только на воздухе, но и в вакууме. Исследования, показывающие снижение СРТУ в вакууме по сравнению с СРТУ на воздухе, проведены для сплавов RR1000, Udimet 720LI, N18 [1] и др.

Для проведения исследования на гранулируемом никелевом сплаве ЭП741НП были разработаны цилиндрические образцы, представленные на рис. 1. В центре рабочей части образцов размещён неметаллический дефект из оксида алюминия, служащий очагом развития трещины при циклических испытаниях. Дефект размещается в образце на этапе засыпки гранул в капсульную оснастку.

Предусмотрено два типа образцов – вентилируемый и невентилируемый. В вентилируемом образце дополнительно выполнено осевое отверстие, служащее для подвода воздуха в вершину трещины. При этом в вентилируемом образце развитие трещины происходит в воздушной среде, в невентилируемом – в условиях вакуума.

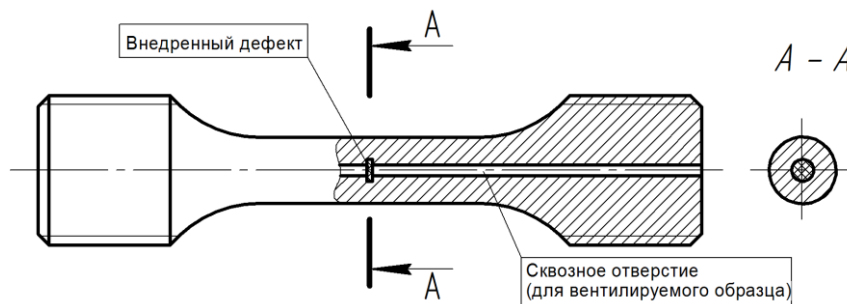


Рисунок 1 – Образец для испытаний

Испытания проводятся до разрушения образца. В дальнейшем на полученных поверхностях изломов проводятся фрактографические исследования. Исследуются фронты развития трещины и поиск участков, на которых наблюдается формирование усталостных бороздок. Ширина шага усталостных бороздок соответствует величине приращения трещины за один цикл нагружения [2]. Определение с помощью МКЭ коэффициентов интенсивности напряжений, соответствующих местам наблюдения усталостных бороздок, позволяет построить кинетическую диаграмму СРТУ.

Циклические испытания образцов, изготовленных из сплава ЭП741НП, выполнялись на испытательной машине Amsler 300 при постоянной максимальной нагрузке цикла, коэффициенте асимметрии 0,1, частоте нагружения 90 Гц и температуре испытаний 400°C. Максимальная нагрузка цикла в начале испытаний обеспечивает номинальные напряжения в сечении с трещиной, составляющие 0,58 от предела пропорциональности.

По результатам испытаний среднее число циклов до разрушения для невентилируемых образцов в 12,7 раз больше, чем для вентилируемых, что указывает на значительно более медленное развитие трещины в вакууме.

Предварительные фрактографические исследования показывают, что для вентилируемых образцов (рис. 2) формирование бороздок наблюдается практически по всей площади распространения трещины, кроме участка вблизи дефекта. Для невентилируемых образцов формирование усталостных бороздок наблюдается в узкой зоне на границе перехода усталостной трещины к долому. Полученные данные свидетельствуют о том, что рост трещины в вентилируемых образцах преимущественно проходил по механизму устойчивого роста, тогда как в невентилируемых рост трещины происходил преимущественно при низких СРТУ, соответствующих механизму неустойчивого роста трещины.

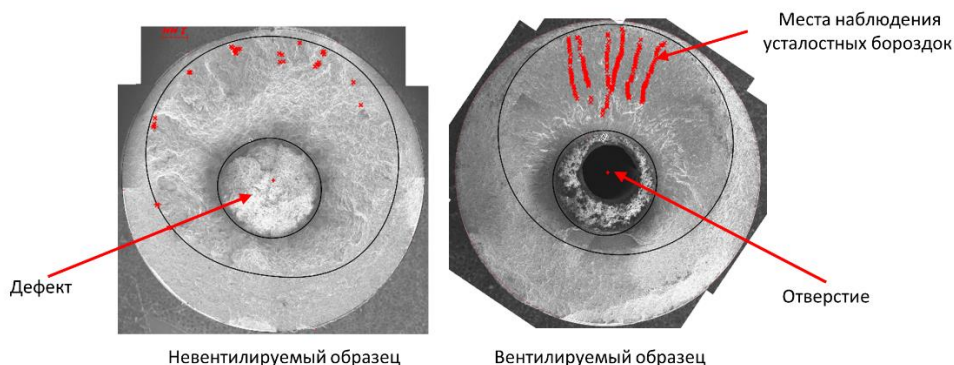


Рисунок 2 – Поверхности изломов образцов

Список литературы

1. Everitt E., M.J. Starink, P.A.S. Reed. Temperature and Dwell Dependence of Fatigue Crack Propagation in Various Heat Treated Turbine Disc Alloys / Superalloys 2008, 2008. P.741-750.
2. Шанявский А.А. Безопасное усталостное разрушение элементов авиаконструкций. Уфа: Монография, 2003. 802 с.

Сведения об авторах

Немцев Д.В., ведущий конструктор управления динамики и прочности. Область научных интересов: прочность и ресурс.

Потапов С.Д., к.т.н., старший научный сотрудник. Область научных интересов: ресурс ГТД.

Артамонов М.А., к.ф.-м.н., начальник бригады прочностных испытаний, Область научных интересов: фрактографический анализ.

ANALYSIS OF FATIGUE CRACK GROWTH RATE IN VACUUM OF ALLOY EP741NP

Nemtsev D.V.¹, Potapov S.D.², Artamonov M.A.¹

¹A. Lyulka Design Bureau PJSC «UEC-UMPO», Moscow, Russia, dmitrij_n@inbox.ru

²Central Institute of Aviation Motors

Keywords: disk of GTE, crack growth resistance, fatigue crack growth rate in vacuum, Ni-based superalloy.

The paper presents the design of specimens and the method for determining the fatigue crack growth rate in vacuum for Ni-based superalloys. Comparison of the results of fatigue crack growth rate tests in vacuum and air was conducted based on the number of loading cycles. Fractographic analysis of the fracture surfaces was carried out. The test results showed the significant decrease in the fatigue crack growth rate in vacuum.