УДК 538.951

МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАМЕДЛЕННОГО РАЗРУШЕНИЯ СТАЛЕЙ

♦♦♦♦♦

MECHANISMS OF REALIZATION OF DELAYED DESTRUCTION OF STEELS

Шаронов Родион Алексеевич
студент 3 курса,
Кубанский государственный технологический университет
arp.arp2@mail.ru

Черченко Филипп Александрович
студент 3 курса,
Кубанский государственный технологический университет
fil-cherch@mail.ru

Аннотация. Проблема замедленного хрупкого разрушения проявляется при производстве и эксплуатации высокопрочных деталей из закаленной стали. В статье рассмотрены основные механизмы возникновения зародыша трещины замедленного разрушения, связанные с особенностями микроструктуры сталей, наличием примесей и структурных несовершенств.

Ключевые слова: замедленное хрупкое разрушение, водородное охрупчивание, матренситные кристаллы, внутренние остаточные микронапряжения.

Sharonov Rodion Alekseevich
3rd year student,
arp.arp2@mail.ru

Cherchenko Philip Alexandrovich
3rd year student,
fil-cherch@mail.ru

Annotation. The problem of delayed brittle fracture is manifested in the production and operation of high-strength parts made of hardened steel. The article considers the main mechanisms of the emergence of a delayed fracture fracture embryo associated with the peculiarities of the microstructure of steels, the presence of impurities and structural imperfections.

Keywords: delayed brittle fracture, hydrogen embrittlement, matrensitic crystals, internal residual microstresses.

Замедленное хрупкое разрушение (ЗХР) сталей является одним из наиболее опасных видов разрушения в связи с тем, что носит внезапный характер. Разрушение по замедленному механизму может происходить при нагрузках, не превышающих расчетные. При этом, деталь или конструкция не проявляет признаков деформации вплоть до разрушения.

Такой эффект объясняется природой замедленного хрупкого разрушения, которое наблюдается в высокопрочных сталях, содержащих мартенсит: мартенситных, мартенситостареющих и метастабильных аустенитных сталях.

Замедленным (задержанным) разрушением называют хрупкое разрушение, наступающее с течением времени под воздействием статической нагрузки при напряжениях, меньших предела прочности (иногда ниже предела текучести) материала без влияния повышенной температуры и коррозионных активных сред.

Существует несколько механизмов реализации замедленного разрушения. Одной из них является термофлуктуационная модель замедленного разрушения закаленной стали. Согласно этой модели, разрушение связывают с накоплением разрывов атомных связей в результате термофлуктуационных колебаний атомов. Наличие в мартенситной стали локальных остаточных внутренних микронапряжений приводит к появлению локальных областей в вершинах мартенситных кристаллов с повышенной потенциальной энергией. В этом случае, энергия активации равна разности энергии барьера и потенциальной энергии активационного объема. Эта модель также может предполагать аддитивность напряжений разной природы в материале независимо от причин их вызвавших [1, 2].

Причиной замедленного разрушения также может являться водородное охрупчивание. Эффект водородного охрупчивания возникает при скоплении атомов водорода в междоузлиях кристаллической решетки в областях объемного растяжения высокопрочной стали. Накапливаясь, атомы водорода создают дополнительное напряжение, что ведет к разрыву межатомных связей и увеличению растягивающих напряжений между соседними атомами. В конечном счете, это приводит к образованию зародыша трещины и дальнейшему ее мгновенному распространению.

Концентраторами напряжений, создающими области объемного растяжения, могут выступать:

– вершины мартенситных зерен, образующиеся при закалке;
– применсные атомы, попадающие в междоузлия;
– внутризеренные дислокации;
– другие структурные несовершенства, связанные с технологией выплавки и закалки стали [3, 4].

С ростом пористости, величины критического локального напряжения при активном разрушении и порогового локального растягивающего напряжения при замедленном разрушении, вызванном водородом, линейно снижаются, что связывают с уменьшением плотного сечения материала при увеличении пористости.

Влияние пористости на сопротивление материала распространению трещины имеет аналогичную тенденцию. С увеличением пористости, вязкость разрушения при активном нагружении и пороговый коэффициент интенсивности напряжений снижаются с одинаковыми коэффициентами линейности. Это связано с равным для каждой пористости уменьшением энергетических затрат при слиянии пор с фронтом растущей трещины [5].

Литература

1. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Расчет зависимости перенапряжения в зоне зарождения трещины в образцах с различными концентраторами напряжений с помощью метода конечных элементов // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 3. – С. 73–74.

2. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Разделение силовой и термоактивационной компонент разрушения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – № 11. – С. 104–105.

3. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Методика определения сопротивления замедленному разрушению стальных деталей с концентраторами напряжений // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 3. – С. 43–48.

4. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Влияние концентрации напряжений на пороговые нагрузки при замедленном разрушении стальных деталей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 4. – С. 134–135.

5. Мишин В.М., Волоконский М.В. Замедленное и активное локальное разрушение порошковой стали в водородсодержащей среде // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 5-1. – С. 114–118.

References

1. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Calculation of the overstress dependence in the crack initiation zone in the specimens with different stress concentrators using the finite element method // Modern Science-Intensive Technologies. – 2013. – № 3. – P. 73–74.

2. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Separation of the force and thermoactivation components of fracture // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2011. – № 11. – P. 104–105.

3. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Methodology for determination of the delayed fracture resistance of the steel parts with the stress concentrators // Modern high-tech technologies. – 2013. – № 3. – P. 43–48.

4. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Influence of the stress concentration on the threshold loads at the delayed fracture of the steel parts // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2013. – № 4. – P. 134–135.

5. Mishin V.M., Volokonskiy M.V. Slow and active local fracture of the powder steel in the hydrogen-containing medium // Fundamental researches. – 2015. – № 5-1. – P. 114–118.