

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ НА ПРОЧНОСТЬ СТАЛИ



THE INFLUENCE OF IMPURITIES ON THE STRENGTH OF STEEL

Желкашиев Султан Аслановичстудент,
Кубанский государственный аграрный университет
gsd8902@mail.ru**Zhelkashiev Sultan Aslanovich**Student,
Kuban State Agrarian University
gsd8902@mail.ru

Аннотация. В статье выполнен анализ существующих взглядов на природу замедленного хрупкого разрушения (ЗХР) сталей, в частности, оценка воздействия внутренних и внешних факторов. Представлены различные точки зрения на кинетику замедленного хрупкого разрушения. Представлены мнения о причинах возникновения водородной хрупкости, о механизмах роста трещин замедленного разрушения в наводороженных сталях в зависимости от величины приложенного напряжения.

Annotation. The article analyzes the existing views on the nature of delayed brittle fracture of steels, in particular, the assessment of the impact of internal and external factors. Various points of view on the kinetics of delayed brittle fracture are presented. Opinions are presented on the causes of hydrogen brittleness, on the mechanisms of growth of cracks of delayed destruction in flooded steels, depending on the magnitude of the applied stress.

Ключевые слова: хрупкое разрушение, прочность стали, примеси, трещины.

Keywords: brittle fracture, steel strength, impurities, cracks.

Одним из наиболее опасных видов разрушения является замедленное хрупкое разрушение сталей, так как оно является внезапным и его невозможно диагностировать заранее [1, 2, 3].

Замедленное хрупкое разрушение (ЗХР) – это разрушение стали со структурой мартенсита, при котором практически отсутствует пластическая деформация, сопровождается быстрым ростом трещины с меньшими затратами энергии, чем при вязком разрушении [2].

Процесс замедленного разрушения проходит под действием статических нагрузок значительно ниже предела текучести в три этапа: зарождение трещины, медленный рост трещины, быстрое распространение трещины. Существует несколько теорий возникновения хрупкого разрушения. В работах [2, 3] замедленное разрушение закаленной стали связывается с влиянием поверхностно-активных веществ.

Собираясь на поверхностях микро-несплошностей, вещества понижают их поверхностную энергию, что и приводит к разрушению. Время до возникновения разрушения зависит от времени, которое необходимо для проникновения поверхностно-активных веществ к пику трещины. Развитие трещины замедленного разрушения происходит в основном по границам исходных аустенитных зерен. Это привело к представлениям о влиянии границ зерен на зарождение и распространение трещины замедленного разрушения [3].

Пороговое локальное напряжение характеризует сопротивление стали зарождению трещины при замедленном разрушении, вызванном водородом, а пороговый коэффициент интенсивности напряжений характеризует сопротивление стали развитию трещины при замедленном разрушении [4].

С целью обобщения экспериментальных данных были построены зависимости критического локального напряжения (равного сопротивлению сколу) $\sigma_{11} = \sigma_F$ при активном и порогового локального напряжения при замедленном разрушении от степени пористости стали 45Н4Д2М. (рис. 1).

По результатам испытаний образцов с наведенными усталостными трещинами были установлены зависимости критического коэффициента интенсивности напряжений при активном разрушении и порогового коэффициента интенсивности напряжений от степени пористости порошковой стали (рис. 2).

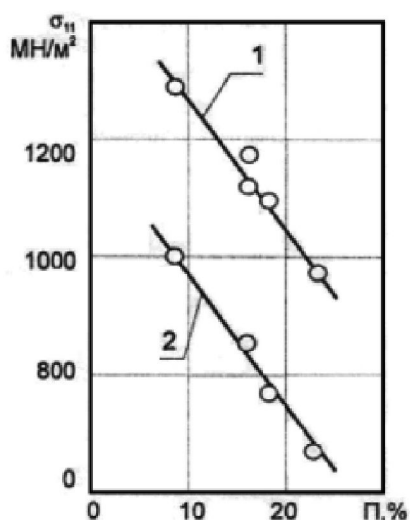


Рисунок 1 – Зависимости критического локального напряжения σ_F при активном – 1 и порогового локального напряжения σ_{1th}^H при замедленном разрушении – 2 от степени пористости стали 45Н4Д2М

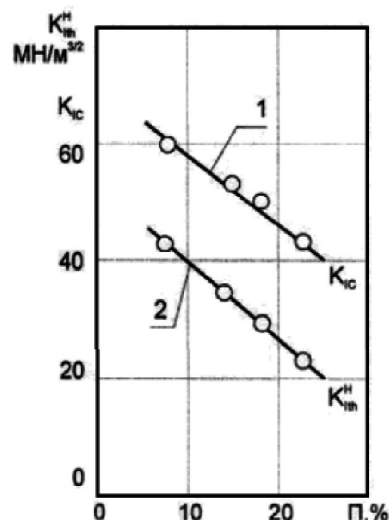


Рисунок 2 – Зависимости критического коэффициента интенсивности напряжений K_{Ic} при активном (1) и порогового коэффициента интенсивности напряжений K_{1th}^H при замедленном разрушении (2) от степени пористости порошковой стали 45Н4Д2М

Анализ влияния пористости на величину критического локального напряжения показывает, что с ростом пористости имеет место монотонное снижение σ_F . Эта зависимость в первом приближении носит линейный характер и может быть описана выражением вида:

$$\sigma_F = \sigma_F^0 - k\Pi, \quad (1)$$

где σ_F^0 – критическое максимальное локальное растягивающее напряжение, соответствующее «нулевой» пористости; k – коэффициент; Π – пористость.

Подобный характер зависимости $\sigma_F(\Pi)$, по всей видимости, связан с уменьшением «живого» сечения материала с ростом пористости.

Влияние пористости на сопротивление материала распространению трещины имеет аналогичную тенденцию (рис. 2). С увеличением пористости K_{Ic} (кривая 1) при активном нагружении снижается в связи с уменьшением энергетических затрат при слиянии пор с фронтом растущей трещины. Изучение влияния пористости на пороговый коэффициент интенсивности напряжений позволило установить, что, как и для зависимости $\sigma_{1th}^H(\Pi)$, от пористости ведет к уменьшению K_{1th}^H . В первом приближении такая зависимость может быть описана выражением вида (2).

$$K_{1th}^H = K_{1th}^{H(0)} - n \cdot \Pi, \quad (2)$$

где n – коэффициент; K_{1th}^H – пороговый коэффициент интенсивности напряжений; $K_{1th}^{H(0)}$ – пороговый коэффициент интенсивности напряжений, соответствующий разрушению стали без пор.

Обнаружено также, что и для коэффициента интенсивности напряжений разность $\Delta K = K_{Ic} - K_{1th}^H$ не зависит от пористости.

Изменение пористости влияет на принципиально разные стадии хрупкого разрушения – зарождение и распространение трещины. Учитывая, что ΔK не зависит от пористости, снижение K_{1th}^H с ростом пористости обусловлено только уменьшением энергетических затрат на распространение трещины при слиянии пор с фронтом растущего дефекта.

Литература

1. Шиховцов А.А. Влияние внутренних и внешних факторов на замедленное хрупкое разрушение стали // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 11. – Ч. 9. – С. 1841–1845.
2. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Кинетика и микромеханика замедленного разрушения стали // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 4. – С. 858–861.
3. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Влияние концентрации напряжений на пороговые нагрузки при замедленном разрушении стальных деталей // *Международный журнал и фундаментальных исследований*. – 2013. – № 4. – С. 134–135.
4. Мишин В.М., Шиховцов А.А. Локальное замедленное разрушение порошковых сталей содержащих мартенсит // *Международный журнал экспериментального образования*. – 2015. – № 11. – С. 665–666.

References

1. Shikhovtsov A.A. Influence of internal and external factors on delayed brittle fracture of steel // *Fundamental Researches*. – 2013. – № 11. – Part 9. – P. 1841–1845.
2. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Kinetics and micromechanics of delayed fracture of steel // *Fundamental Researches*. – 2013. – № 4. – P. 858–861.
3. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Effect of stress concentration on threshold stresses during delayed fracture of steel parts // *International Journal of Fundamental Research*. – 2013. – № 4. – P. 134–135.
4. Mishin V.M., Shikhovtsov A.A. Local delayed fracture of powder steels containing martensite // *International Journal of Experimental Education*. – 2015. – № 11. – P. 665–666.