

УДК 619.714

ПРЕДПОСЫЛКИ ХРУПКОГО РАЗРУШЕНИЯ СТАЛИ

◆◆◆◆

PREREQUISITES FOR BRITTLE FRACTURE OF STEEL

Назарков Николай Алексеевич

студент 3 курса факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
nazarkov.kolya@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются причины возникновения хрупкого разрушения стали, появления трещин и деформаций. Наглядно показан график зависимости температурного режима от предела текучести стали. Описаны основные методы борьбы с хрупким разрушением.

Ключевые слова: хрупкое разрушение, сталь, влияние температур, трещины, современные технологии, хладноломкость, предел текучести, приемы борьбы.

Nazarkov Nikolay Alekseevich

3rd year Student of the Faculty of
Hydro-Reclamation,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
nazarkov.kolya@mail.ru

Annotation. The article discusses the causes of brittle fracture of steel, the occurrence of cracks and deformations. Graphically shows the dependence of the temperature regime on the yield strength of steel. The main methods of combating brittle destruction are described.

Keywords: brittle fracture, steel, temperature influence, cracks, modern technologies, cold fracture, yield strength, fighting techniques.

Хрупкое разрушение является одним из наиболее распространенных видов разрушения в конструкционных системах в широком спектре применений, охватывающих области гражданской, машиностроительной и аэрокосмической техники. Предотвращение разрушений является одной из главных задач проектирования конструкций и исторически обусловило разработку теоретических и экспериментальных методологий прогнозирования происхождения и распространения структурных повреждений [1]. В то время как общая тема механики разрушения сама по себе очень сложна из-за сосуществования многих текущих физических процессов в разных пространственных масштабах конкретная тема хрупкого разрушения, возможно, еще более сложна из-за возникновения шероховатости поверхности трещины, нестабильности и разветвления. Подробное обсуждение последствий и подходов к моделированию разрушения можно найти во многих источниках. За последние несколько десятилетий динамический анализ разрушения, безусловно, принес большую пользу и добился значительного прогресса благодаря быстрому развитию численных методов [2].

Хрупкое разрушение происходит преимущественно упругом деформировании материала, без заметной пластической деформации, под действием нормальных растягивающих напряжений, вызывающих отрыв одной части тела от другой.

После большого количества анализов несчастных случаев с переломами исследователи обнаружили, что большая доля возникновений несчастных случаев связана с наличием трещин (врожденных или вызванных повреждениями во время изготовления или использования) в стальных элементах [3]. Современные технологии производства и контроля не допускают наличия дефектов типа трещин во вновь изготовленных компонентах. Однако при длительной эксплуатации в условиях циклических нагрузок и воздействия окружающей среды трещины в элементах могут возникать и развиваться из-за микроструктурных дефектов (например, из частиц крупных включений). Особенно высокий риск возникновения и развития трещин в компоненте обнаруживается, когда включения группируются в одной плоскости, что приводит к развитию внутренних трещин расслоения. Дефекты в виде трещин часто возникают и в сварных соединениях [4]. В этом случае возможно возникновение трещин в материале соединения или в зоне термического воздействия. Трещины открытого типа являются основной причиной хрупкого разрушения элементов.

Температура оказывает существенное влияние на характер (хрупкость или пластичность) развития разрушения. В зависимости от температуры в одном и том же ма-

териале могут возникать различные механизмы разрушения: полностью хрупкий, смешанный хрупкий и пластичный или полностью пластичный. Проблемам, связанным с разрушением при различных температурах, уделяется большое внимание.

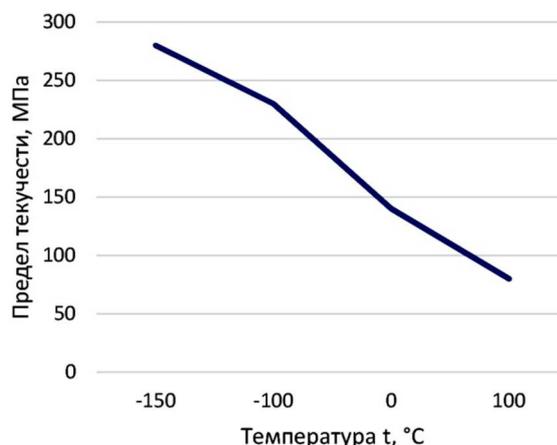


Рисунок 1 – График зависимости предела текучести стали от температуры

Из графика видно, что хрупкое разрушение напрямую связано с температурной зависимостью, показатель которого резко возрастает при охлаждении заготовки [5]. Такая ситуация наблюдается у сплавов, которые склонны к хладноломкости.

К методам борьбы с хрупким разрушением можно отнести:

1. На стадии проектирования рассчитывают конструкции с применением спокойных сталей, раскисненных марганцем, кремнием, алюминием.
2. Содержание углерода в строительных сталях ограничивают (не более 0,22 %) и фосфора (не более 0,05 %).
3. Добавление некоторых легирующих элементов, таких как хром, никель и ванадий в сочетании с алюминием и азотом повышает стойкость стали к хрупкому разрушению. Последнее сочетание используется в самых ответственных конструкциях.
4. Также благоприятно влияет на стойкость термоупрочнение (закалка и высокотемпературный отпуск).

Еще одной предпосылкой возникновения хрупкого разрушения можно считать источник концентрации напряжений, а именно электросварку, которая создает пиковые напряжения из-за быстрого и неравномерного остывания элементов [6]. Для снижения негативного эффекта от сварки необходимо соблюдать технологию процесса, а именно исключать швы больших размеров (не более, чем это требуется), замедлять остывание соединения, применять качественную зачистку поверхности, избегать соединений внахлестку.

Вывод: существует ряд аспектов, которые наиболее сильно провоцирует появление такого явления как хрупкое разрушение. При проектировании стальных конструкций проектировщики часто учитывают только пластическое разрушение. Известны ситуации, когда произошел ряд несчастных случаев с хрупким разрушением даже при низких напряжениях, таким образом, хрупкое разрушение нельзя игнорировать.

Литература

1. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Методика определения сопротивления замедленному разрушению стальных деталей с концентраторами напряжений // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 3. – С. 43–48.
2. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Оценка факторов, влияющих на микромеханизм замедленного разрушения стали с помощью метода конечных элементов // Вестник ТГУ. – 2013. – Т.18. – № 4. – С. 1913–1915.
3. Котречко С.А., Мешков Ю.Я., Шиян А.В. Механическая стабильность – универсальная мера сопротивления переходу в хрупкое состояние металла // Успехи физики металлов. – 2009. – Т. 10. – № 2. – С. 207–228.

4. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Разделение силовой и термоактивационной компонент разрушения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – № 11. – С. 104–105.
5. Определение напряженно-деформированного состояния стали при усталостном разрушении / А.А. Шиховцов [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 2. – С. 148–152.
6. Баранов В.П. Прогнозирование длительности зарождения субмикронесплошностей в высокопрочных сталях, находящихся под действием растягивающих напряжений в инактивных средах // Известия ТулГУ. Сер. Математика. Механика. Информатика. – Тула : ТулГУ, 2004. – № 10. – Вып. 2. – С. 67–74.

References

1. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Methodology for determining the resistance to delayed destruction of steel parts with stress concentrators // Modern high-tech technologies. – 2013. – № 3. – P. 43–48.
2. Shekhovtsov A.A., Mishin V.M. Evaluation of factors influencing the micro mechanisms of delayed fracture of steel using the finite element method // Vestnik TGU. – 2013. – Vol.18. – № 4. – P. 1913–1915.
3. Kotrechko S.A., Meshkov Yu.Ya., Shiyan A.V. Mechanical stability is a universal measure of the resistance transition to brittle behavior of metal // Successes of metal physics. – 2009. – Vol. 10. – № 2. – P. 207–228.
4. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Separation of the power and thermal activation components of destruction // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2011. – № 11. – P. 104–105.
5. Determination of the stress-strain state of steel during fatigue failure / A.A. Shikhovtsov [et al.] // Modern high-tech technologies. – 2019. – № 2. – P. 148–152.
6. Baranov V.P. Forecasting the duration of the nucleation of submicron faults in high-strength steels under the action of tensile stresses in inactive media // Izvestiya TulGU. Ser. Mathematics. Mechanics. Computer science. – Tula : TulSU, 2004. – № 10. – Issue 2. – P. 67–74