Список литературы

1. Нотт Д.Ф. Основы механики разрушения. – М.: Металлургия, 1978. – 256 с.

2. Мишин В.М., Кислюк И.В., Саррак В.И. Анализ влияния легирования на порог хладноломкости железа в рамках схемы Иоффе-Орована // Физика металлов и металловедение. — 1991. — №7. — С. 188-192.

РАЗДЕЛЕНИЕ СИЛОВОЙ И ТЕРМОАКТИВАЦИОННОЙ КОМПОНЕНТ РАЗРУШЕНИЯ

Шиховцов А.А., Мишин В.М.

Северо-Кавказский государственный технический университет, Ставрополь, e-mail: muratov@sstu.smr.ru

Существуют структурные состояния стали, при которых вклад процессов термоактивации в процесс разрушения имеет определяющее значение при комнатных температурах. К ним относится закаленное состояние стали, для которого возможна реализация замедленного разрушения при комнатной температуре [1, 2].

Целью работы является разделение силовой и термоактивационной компонент разрушения.

Наличие в мартенситной стали локальных остаточных внутренних микронапряжений приводит к появлению локальных областей в вершинах мартенситных кристаллов с повышенной потенциальной энергией [1, 2].

Полагали, что зависимость времени до разрушения может быть описана выражением (1) [2]:

$$\tau = \tau_{_{0}} \cdot \exp \frac{\gamma(\sigma_{_{\rm BH}}) \cdot (\sigma_{_{F}} - \sigma_{_{11 \rm max}})}{KT}. \tag{1}$$

Рассчитывали разрушающие максимальные локальные растягивающие напряжения перед надрезами $\sigma_{\rm 11max}$, в месте действия которых происходит зарождение трещины при хрупком разрушении. Расчет $\sigma_{\rm 11max}$ по экспериментально определенным значениям разрушающих нагрузок проводили при помощи метода конечных элементов [1, 3].

Выражение (1), моделирует зависимость времени до зарождения трещины от структурночувствительной характеристики сопротивления стали локальному разрушению σ_F , соответствующей силовому (безактивационному) разрушению, и $\sigma_{11\text{max}}$ максимального локального растягивающего напряжения, вызванного внешней нагрузкой и действием концентратора напряжений, в месте действия которого зарождается трещина [1]. Термически активированный объем — γ — определяется как тангенс угла наклона кривых замедленного разрушения, характеризует склонность стали к замедленному разрушению.

При замедленном хрупком разрушении высокопрочных сталей напряжение разрушения $\sigma_{11\text{max}}$ уменьшается с ростом длительности приложения нагрузки. Снижение прочности высокопрочной стали может происходить и в процессе нагружения при малых скоростях де-

формации за счет протекания замедленного разрушения.

Сталь с пренебрежимо низким уровнем остаточных внутренних микронапряжений (закалка, низкий отпуск), как показали испытания, не склонна к замедленному разрушению в диапазоне температур 77-293 К при статическом нагружении. Хотя как в первом, так и во втором состояниях стали разрушение происходит ниже критических температур хрупкости, характеры зависимости разрушающего $\sigma_{11\text{max}}$ от скорости нагружения для этих состояний различны.

Таким образом, склонность к замедленному разрушению стали с высоким уровнем остаточных внутренних микронапряжений уменьшается с увеличением скорости нагружения и с понижением температуры. Причем существует такая температура, при которой замедленное хрупкое разрушение не выявляется при скоростных испытаниях. Увеличение скорости нагружения стали с высоким уровнем остаточных внутренних микронапряжений при температурах 293 и 170 К приводит к увеличению разрушающего $\sigma_{11\text{max}}$, причем снижение температуры скоростных испытаний приводит как к увеличению величин разрушающих $\sigma_{11\text{max}}$, так и снижению зависимости разрушающего $\sigma_{11\text{max}}$, так и снижению зависимости разрушающего $\sigma_{11\text{max}}$, так и снижению зависимости разрушающего $\sigma_{11\text{max}}$

Было установлено, что ниже 77 К разрушающее σ_{11max} стали с высоким уровнем остаточных внутренних микронапряжений не зависит от скорости нагружения. Лавинное распространение зародившейся трещины происходит при одном и том же уровне $\sigma_{\rm 11max}$, в месте действия которого она зарождается. На этом же рисунке показан уровень критического $\sigma_{11\text{max}} = \sigma_F$ этой стали в состоянии, отличающемся пренебрежимо низким уровнем остаточных внутренних микронапряжений. При 77 К значения разрушающих $\sigma_{_{\mathrm{Ilmax}}}$ закаленной стали после кратковременного отдыха и низкоотпущенной стали совпадают. При этой температуре критическое σ_{11max} стали с пренебрежимо низким уровнем локальных остаточных внутренних микронапряжений равно разрушающему σ_{11max} стали с высоким их уровнем независимо от скорости нагружения (в указанном диапазоне скоростей нагружения).

В предельном случае, при достаточно низкой температуре образование зародышевой трещины происходит по достижении локальным напряжением σ_{Ilmax} критического значения σ_{F} по силовому безактивационному механизму.

Преобразуем уравнение (1), выразив напряжение сопротивления сколу $\sigma_{\scriptscriptstyle F}$ в явном виде (2-4):

$$\frac{\tau}{\tau_0} = \exp \frac{\gamma(\sigma_F - \sigma_{11\text{max}})}{KT}; \qquad (2)$$

$$KT \ln \frac{\tau}{\tau_0} = \gamma (\sigma_F - \sigma_{11 \max}); \tag{3}$$

$$\frac{KT}{\gamma} \ln \frac{\tau}{\tau_0} + \sigma_{11 \max} = \sigma_F. \tag{4}$$

Полученное выражение (4) представляет критериальное условие зарождения трещины. Правая часть — σ_F — характеризует напряжение сопротивления сколу (критическое локальное растягивающее напряжение). σ_F — это характеристика материала [1], при достижении которой локальным напряжением σ_{Ilmax} зародышевая трещина, образованная выходом скопления дислокаций на границу зерна, начинает распространяться нестабильно, катастрофически.

Левая часть критериального условия (4) состоит из термоактивационной компоненты — $\frac{KT}{\gamma} \ln \frac{\tau}{\tau_0}$, характеризующей температурно-временное условие флуктуационного разрыва атомных связей. Понижение температуры приводит к снижению термоактивационной компоненты. Величина σ_{IImax} соответствует значению максимального локального растягивающего напряжения, вызванного внешней нагрузкой и эффектом концентрации напряжений перед концентратором напряжений.

Уравнение (4) показывает, что для достижения критериального значения прочности материала — σ_F , необходимо сочетание термоактивационной компоненты $\frac{KT}{\gamma} \ln \frac{\tau}{\tau_0}$ и локального напряжения $\sigma_{11\max}$. При замедленном термоактивированном разрушении преобладает термоактивационная компонента, а силовая компонента $\sigma_{11\max}$ не достаточна для разрушения сколом $\sigma_{11\max} < \sigma_F$. В результате, реализуется механизм замедленного разрушения, зависящий от температуры и реализуемый за время τ . В том случае, когда локальное напряжение $\sigma_{11\max}$ приближает-

ся к значению σ_F роль термоактивационной компоненты в зарождение трещины уменьшается и происходит переход к силовому механизму хрупкого разрушения — сколу. При значительных скоростях нагружения (при малых τ) σ_{Ilmax} достигает σ_{F^2} тогда происходит разрушение сколом.

Таким образом, по какому пути пойдет процесс локального разрушения в закаленной стали — по пути реализации термоактивированного замедленного или по пути силового разрушения сколом, определяется такими внешними факторами как температура среды, время (скорость) нагружения, перенапряжение в зоне концентрации напряжений и величина предела текучести стали.

В процессе исследования установлены условия перехода от термически активированного механизма при замедленном разрушении, к силовому для локального разрушения закаленной стали, которые могут быть описаны критериальным выражением, состоящим из суммы активационной и силовой компонент равных характеристике сопротивления стали локальному разрушению (сколу) (5):

$$\frac{KT}{\gamma} \ln \frac{\tau}{\tau_0} + \sigma_{11 \max} = \sigma_F. \tag{5}$$

Список литературы

- 1. Мишин В.М. Структурно-механические основы локального разрушения конструкционных сталей: монография. – Пятигорск: Спецпечать, 2006. – 226 с.
- 2. Мишин В.М., Филиппов Г.А. Критерий и физикомеханическая характеристика сопротивления стали замедленному разрушению // Деформация и разрушение материалов. -2007. -№ 3. C. 37–42.
- 3. Мишин В.М., Филиппов Г.А. Разделение влияния прочностных и деформационных факторов на критическую температуру хрупкости стали // Деформация и разрушение материалов. 2007. N2 6. С. 21– 26.

Физико-математические науки

СОДЕРЖАНИЕ, ТЕХНОЛОГИЯ И КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМАТЕМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ МАГИСТРАНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Нахман А.Д., Севостьянов А.Ю.

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, e-mail: alextmb@mail.ru

Внедрение компетентностного подхода в образовательную практику породило понятие «профессиональная компетентность». Несмотря на различие подходов исследователей к определению этого понятия, семантический смысл определения заключается в наличии у специалистов необходимых профессионально-личностных качеств, обеспечивающих их умение решать профессиональные задачи.

Важнейшей составляющей профессиональной компетентности инженера по автоматизации и управлению является профессионально-математическая компетентность (ПМК): совре-

менная инженерно-техническая деятельность в сфере автоматизации и управления немыслима без использования математических методов и технологий. Именно поэтому предметом нашего исследования является процесс формирования ПМК магистрантов соответствующего направления подготовки в условиях отсутствия в их основных образовательных программах математики как обязательного учебного предмета.

Под профессионально-математической компетентностью магистров будем понимать осознанную готовность выпускников к продуктивной самореализации в профессиональной деятельности в сфере автоматизации и управления. В структуре ПМК мы выделяем 3 интегрированных компонента: базовый (знания фундаментальных основ математики; развитое профессионально-математическое и техническое мышление и т.д.), операционно-деятельностный (умения применять математические методы и технологии в анализе, проектировании и моделировании автоматизированных процессов и систем) и мотивационно-ценностный (положительная моти-