

# КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 541.64:539.3

## Об одном методе определения зоны пластической деформации

Я. С. Семенов, В. П. Ларионов

Институт физико-технических проблем Севера СО РАН, Якутск, Россия

*Предлагается новый бесконтактный метод определения зоны пластической деформации при испытаниях на разрушение конструкционных материалов. В основу метода положено измерение с помощью тепловизора размера теплового поля, проявляющегося при деформации.*

**Ключевые слова:** бесконтактный метод, конструкционные материалы, тепловое поле.

Исследование релаксационных явлений в вязкопластических упругих материалах связано с рассмотрением их как сплошных сред, которые по механическим свойствам занимают промежуточное положение между упругими твердыми телами и вязкими жидкостями и в которых работа внешних сил частично “запасается”, а частично рассеивается в виде тепла. Тепло рассеивается в области высокой пластичности, достигая максимума в зоне отрыва. Вследствие деформации материала происходит движение дислокаций и разрыв межатомных связей, что приводит к сильному разогреву. Последнее обстоятельство дает возможность измерения зоны пластической деформации с помощью тепловизора.

**Методика эксперимента.** Хорошо известно [1–3], что конструкционные материалы при деформировании выделяют значительное количество тепла.

С другой стороны, при разрушении полимерных материалов выделение тепла незначительное. Для демонстрации чувствительности метода испытанию подвергались гладкие образцы и образцы с V-образным надрезом из полимерного материала ПЭВП. Испытания на разрыв проводили на испытательной машине “INSTRON-1195” со скоростью движения захватов 100 мм/мин.

Для исследований использовался тепловизор марки “Thermovision-550” (чувствительность 0,1°C, диапазон рабочих температур 10...200°C, размер зоны сканирования 0,1 × 0,1 мм), в состав которого входят микропроцессор и соответствующие программы. Тепловизор позволяет регистрировать изображение образца с обозначенной зоной пластичности, шкалу температур, значения температур в обозначенных точках (минимальное и максимальное) и график распределения температуры по длине образца. Участок повышенной температуры и определяет размер зоны пластической деформации (рис. 1, 2).

Кроме того, в число исходных данных автоматизированной системы входят размеры образца, диаграммы усилие – время, деформация – время, полученные на разрывной машине, и диаграмма усилие – деформация.

Типичные результаты испытаний гладкого образца приведены на рис. 1, где дано тепловое изображение образца в инфракрасных лучах и график распределения температуры по его длине. Как и следовало ожидать, в зоне пластической деформации имеет место значительное повышение температуры.

На рис. 2 представлены аналогичные результаты испытаний образца с острым V-образным надрезом.

Сравнение приведенных на рис. 1, 2 результатов свидетельствует об уменьшении диссипационного объема при наличии надреза вследствие концентрации напряжений на кончике надреза [3, 4].

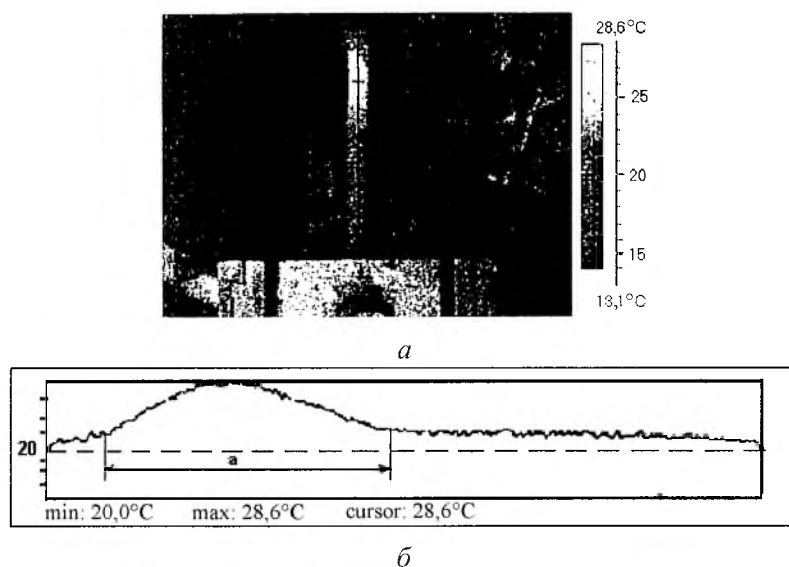


Рис. 1. Тепловое изображение гладкого образца (а) и график изменения температуры по его длине (б).

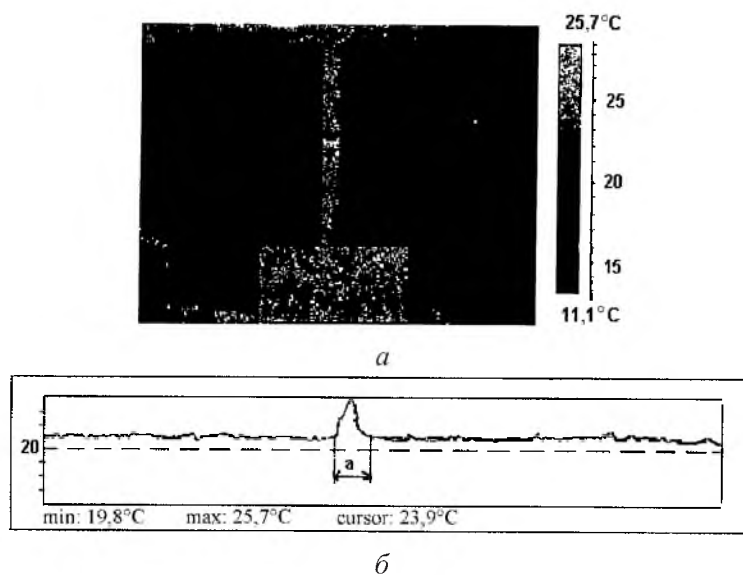


Рис. 2. Тепловое изображение образца с острым надрезом (а) и график изменения температуры по его длине (б).

Эти данные позволяют с достаточной точностью и ускоренным методом определить диссипационный объем, который содержит все виды поглощенной энергии в зоне пластической деформации.

Зная диссипационный объем, можно оценить энергозатраты приложенных внешних сил. Релаксационный процесс у вязкопластических упругих материалов можно описать с помощью соотношения [1, 2]

$$P = P_0 \exp(-t/\tau), \quad (1)$$

где  $\tau$  – время релаксации материала;  $t$  – текущее время;  $P_0$  – начальное напряжение. Время релаксации связано с разрывом и изменением химических связей, в результате которого выделяется тепло.

Из-за гетерофазности материала время релаксации имеет множество значений и представляется некоторым спектром. Этот спектр времени релаксации можно представить гауссовой кривой, т.е.

$$\tau = A \exp[(t - \tau_0) / \tau_0]^2, \quad (2)$$

где  $A$  – некоторая постоянная исследуемого материала;  $\tau_0$  – время релаксации “чистого” материала.

Как вязкоупругая, так и пластическая деформации приводят к выделению тепла. Известно [5], что на одну связь выделяется тепловая энергия, равная  $E = kT$ . Рассчитав объем (рис. 1, 2) области деформаций (изменения температуры) и умножив на число Авогадро, для тепловой энергии получим

$$E_T = k\Delta T N_A abh, \quad (3)$$

где  $k$  – постоянная Больцмана;  $N_A$  – число Авогадро;  $a, b, h$  – параметры зоны пластичности;  $\Delta T$  – приращение температуры. В нашем случае тепловая энергия равна 4,35 кДж для гладкого образца и 0,7 кДж для образца с острым надрезом.

Таким образом, можно определить затраты энергии разрушения на выделение тепловой энергии. Данная разработка в настоящее время проходит внедрение для реальных конструкционных материалов и деталей машин.

## Резюме

Запропоновано новий безконтактний метод визначення зони пластичної деформації при випробуваннях на руйнування конструкційних матеріалів. Метод базується на вимірюванні за допомогою тепловізора розміру теплового поля, що проявляється при деформації.

1. *Вязкоупругая* релаксация в полимерах. – М.: Мир, 1974. – 347 с.
2. *Фридман Я. Б.* Механические свойства металлов. Деформация и разрушение. – М.: Машиностроение, 1974. – Ч. 1. – 472 с.

3. Белкин А. М., Вишневский А. П., Рулев В. И. Чувствительность к концентрации напряжений конструкционных сталей в различных структурных состояниях // *Металловедение и терм. обраб. металлов.* – 1989. – № 1. – С. 34 – 39.
4. Новопашин М. Д., Сукнев С. В., Иванов А. М. Упругопластическое деформирование и предельное состояние элементов конструкций с концентраторами напряжений. – Новосибирск: Наука, 1995. – 112 с.
5. Базаров В. П. Термодинамика. – М.: Наука, 1989. – 593 с.

Поступила 03. 04. 2002