

## МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К СТРУКТУРНОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ

### МРАМОРНЫХ ОБРАЗЦОВ

*К.А. Герман*

---

Рассматривается исследование образцов из мрамора на микроскопическом уровне. Разрушение происходит за счет разрывов связей в кристаллах и зернах. Показано, что при этом существенную роль играют дислокации и вакансии.

*Ключевые слова:* разрушение; трещина; дислокация; граница зерен.

Известно, что характер деформации и разрушения существенно зависит от вида нагружения. Изложенный в работе [1] подход позволяет провести анализ закономерностей деформации и разрушения.

Возникающее в деформируемом твердом теле поле деформаций содержит две компоненты – трансляционную и ротационную. При нагружении возникают сдвиги по первичной системе скольжения. Несимметричность сдвигов приводит к тому, что структурный элемент испытывает воздействие поворотных моментов. Изменение силового поля возможно вследствие:

- зернограничного проскальзывания потоков деформационных дефектов на границах зерен;
- возникновения приграничных полос локализованной деформации;
- миграции границ зерен как поворотной деформации в приграничных зонах;
- образования трещин.

Эксперименты по нагружению сжатием являются основополагающими. Они позволяют

вовлечь практически все механизмы изменения силового поля поворотных механизмов.

В работе [2] рассматривалось аппаратно-методическое обеспечение экспериментального оборудования для испытания образцов на сжатие. Отслеживалось изменение структуры в процессе испытаний. Нагружение происходило в квазистатическом режиме. Разрушение образца происходило в течение 48 часов.

При рассмотрении образцов мрамора можно выделить развитие трещин по границам зерен, что приводит к скачкообразному росту трещины. Это можно объяснить межзеренными связями, блочной структурой, различной ориентацией зерен. На рис. 1 черным цветом показано накопление дефектов на границах зерен.

В проблеме деформации наиболее важной функцией границ зерна является обеспечение выполнения совместности деформаций. Роль границ зерна в поведении нагруженного материала изучают обычно путем исследования влияния величины зерна на сопротивление де-

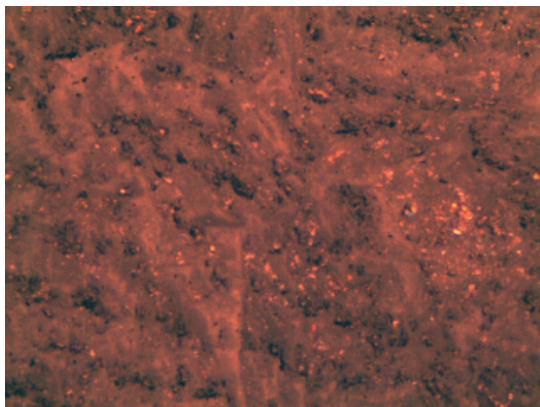


Рис. 1. Накопление дефектов на границах зерен.

формаций [3]. Все модели учитывают взаимосвязь величины зерна с плотностью дислокаций и рассматривают границы зерен как механические барьеры для скольжения дислокаций.

Плотность дислокаций в кристаллах высока и может составлять до  $10^{12}$  на квадратный сантиметр. Как правило, увеличение плотности дислокаций ослабляет минералы, вызывая пластические деформации. Вместе с тем перенасыщенность дислокаций может привести и к упрочнению кристаллов за счет закрепления концов дислокаций и исчезновения свободных плоскостей скольжения (рис. 2).

Таким образом, межзеренные и межблочные сочленения являются весьма эффективными барьерами на пути трещин. Достоинством их является возможность широкого изменения масштаба воздействия на процесс разрушения от влияния, приводящего лишь к скачкообразному характеру распространения трещины, до

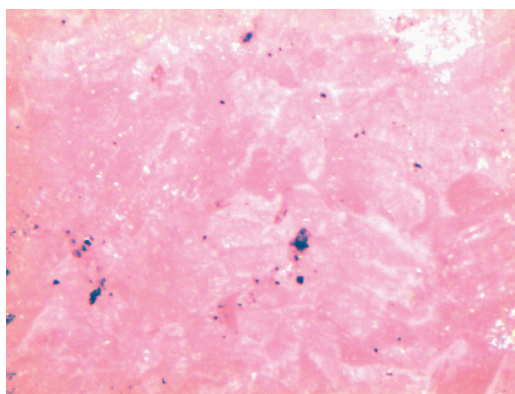
полного торможения разрушения даже в его закритической стадии. Это объясняется относительно легко варьируемыми свойствами границ зерен путем изменения характера разориентации (винтовая, краевая или смешанная) и углов разворота.

Разрушающая трещина способна распространяться скачкообразно. В принципе это обусловлено рядом причин. Одни из них – общие и не связаны с конкретной природой разрушаемого тела, а другие присущи отдельным материалам и потому различны.

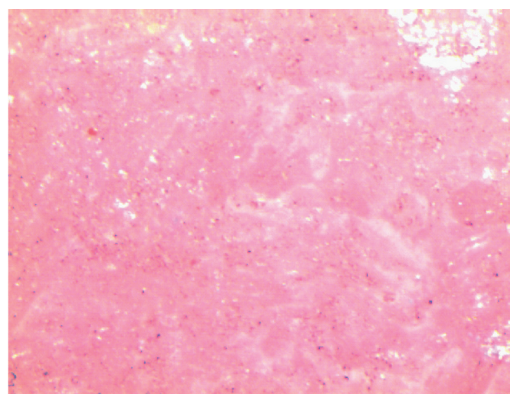
Неравномерность распространения трещины наблюдается в до- и в закритическом состоянии трещины. Медленное подрастание квазистатических трещин в металлах контролируется процессами деформации в стыках зерен (малоугловая деформация). В результате, несмотря на увеличение (в среднем) скорости роста трещин со временем, на отдельных участках изменение их длины чередуется с остановками. Торможение и прерывание роста сопровождаются интенсивным скольжением в вершине трещины и близлежащих зонах. Этим можно объяснить заживление трещин.

Какими же причинами обусловлена скачкообразность трещин? Прежде всего, разрядка и воссоздание упругого потенциала в вершине трещины связаны с влиянием пластической деформации. В микромасштабе это проявляется в периодически повторяющихся трансляционных и сбросовых явлениях на участке торможения и последующем быстром перемещении вершины трещины.

Еще до начала роста трещины вдоль образца распространяется волна деформации, в



а) до эксперимента



б) после эксперимента

Рис. 2. Изменение структуры мраморного образца в процессе нагружения.

результате чего создается очень мелкая сетка трещин, пронизывающая все рабочее сечение образца. Во внутренних областях разрыхление происходит более интенсивно, чем на поверхности, но и на последней оно весьма значительно. Последующий рост магистральной трещины идет путем объединения мелких. Поскольку эти мелкие трещины уже существуют в материале, магистральная трещина перемещается скачкообразно, лишь разрывая перемычки в их паутине (рис. 1). Последующий этап – это объединение пустот в несколько магистральных трещин.

### ***Литература***

1. *Панин В.Е., Гриняев Ю.В., Данилов В.И. и др.* Структурные уровни пластической деформации и разрушения. Новосибирск: Наука, 1990. 255 с.
2. *Закупин А.С., Авагимов А.А., Богомолов Л.М.* Отклики акустической эмиссии геоматериалов на воздействие электроимпульсов при различных величинах сжимающего напряжения // *Физика Земли*. 2006. №10. С. 43–50.
3. *Финкель В.М.* Физические основы торможения разрушения. М.: Металлургия, 1977. 360 с.