

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Я. Б. ФРИДМАН, Т. К. ЗИЛОВА и Н. И. ЖУКОВА

**О ВЛИЯНИИ ТРЕЩИН НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
МАТЕРИАЛА ПРИ РАЗНЫХ НАПРЯЖЕННЫХ СОСТОЯНИЯХ**

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 7 III 1952)

Работами П. А. Ребиндера и его школы установлено, что в процессе деформации кристаллических тел, как упругой (1), так и пластической (2), происходит развитие и возникновение микрощелей, часть из которых выходит на поверхность деформируемого тела. Можно предполагать, что на некоторой стадии деформации (упругой или пластической) микрощели переходят в трещины разрушения и в зависимости от ряда факторов по-разному влияют на механические свойства материалов. В наших предыдущих работах (3) было показано, что у пластичных металлов при неоднородном напряженном состоянии, например, при кручении после возникновения видимых макроскопических трещин, происходит значительная дополнительная деформация, которая может принципиально изменять деформированное состояние в процессе разрушения по сравнению с деформированным состоянием до возникновения «ранних» трещин\*.

Представляет интерес выяснение вопроса о том, насколько рано возникают такие трещины при монотонном пластическом деформировании и как влияет напряженное состояние на развитие этих трещин. Необходимо оговорить, что, в зависимости от условий эксперимента, критическая величина «ранних» трещин и их влияние на механические свойства материала будут меняться в широких пределах (например при наличии активной среды).

В настоящей работе все опыты проводились в воздухе без участия активных сред. Изучение проводилось на образцах с уже возникшими трещинами, изучалось влияние интенсивности развития трещин на суммарные механические свойства образцов.

Для создания и выявления ранних трещин нами были применены следующие методы.

а) Создание однородного по длине образца поля трещин осуществлялось путем пластического кручения до разных степеней деформации, начиная от 25 до 100% предельного сдвига  $g$ , где  $g$  — пластичность, измеряемая обычными методами (4), при полном разрушении образца.

б) Раскрытие трещин, возникших при кручении, осуществлялось путем пластического растяжения образца, предварительно закрученного до вышеуказанных степеней деформации. Подобный метод ранее успешно был применен Г. В. Карпенко (5, 6) для обнаружения трещин усталости, возникших при нагружении в поверхностно-активной среде.

\* Под «ранней» трещиной подразумевается трещина, в зоне которой происходит существенная локализация пластических деформаций.

Однако при этом не удавалось испытать на растяжение предельно закрученные образцы (доведенные до 100% *g*, т. е. разрушенные).

в) Для осуществления растяжения после предельного кручения (до деформации, равной 100% *g*) был разработан и применен особый метод «двойных образцов».

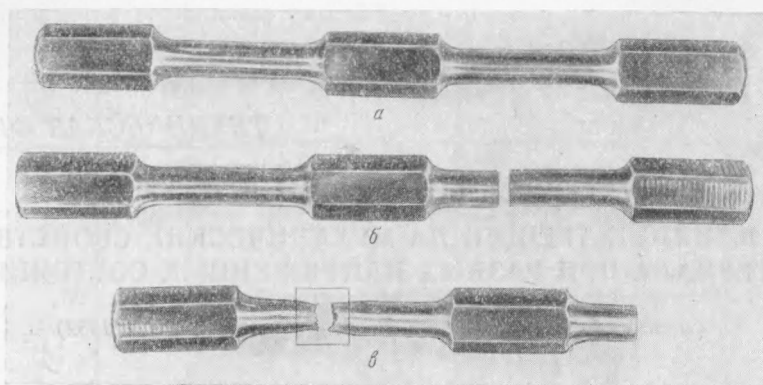


Рис. 1. Внешний вид двойного образца (сталь 40ХНМА, закалка с отпуском при 550°): *a* — до деформации, *б* — после предельного кручения до разрушения первой половины образца, *в* — после испытания растяжением до разрушения второй половины образца

Эти образцы (рис. 1 *a, б, в*) имели не две, как обычно, а три головки и не одну, а две рабочих части образца. При предельной деформации кручением двойного образца разрушение происходило по одной

из половин образца; вторая неразрушившаяся половина (в виде обычного образца с двумя головками) подвергалась последующему растяжению. Близость второй половины двойного образца к предельной деформации (при разрушении первой его половины кручением) проверялась докручиванием ее в ту же сторону (рис. 3, 2 и 8).

г) Наличие трещин, возникших при кручении и раскрывшихся при последующем растяжении, устанавливалось у чувствительных к надрезу материалов по виду изломов, начинавшихся в этих случаях от поверхностных трещин (рис. 4 *a, б, в* на вклейке).

Кроме того у чувствительных к надрезу материалов (например сталь 40ХНМА после закалки

Рис. 2. Увеличенная фотография зоны излома образца, представленного на рис. 1 *в*

и отпуска при 200°) при достаточном развитии трещин (после предельного кручения) наблюдалось в опытах на растяжении резкое снижение пластичности и разрушающей нагрузки (рис. 3, 3), по сравнению с растяжением образца без трещин (рис. 3, 4). У стали 40ХНМА в состоянии, мало чувствительном к надрезу (закалка и отпуск 550°), поверхностные трещины кручения при последующем растяжении мало влияли на характер излома, однако были отчетливо видны на поверхности растянутого до разрушения образца (рис. 2).

На двойных образцах с созданными предельным кручением трещинами изучалось поведение материала при последующих растяжении (раскрытие трещин) и сжатии (смыкание трещин). Изучению подвергались стальные образцы ( $d = 14$  мм) в состоянии закалки и отпуска при 200 и 550° и образцы из алюминиевых сплавов. Ниже приведены некоторые типичные результаты этих опытов.

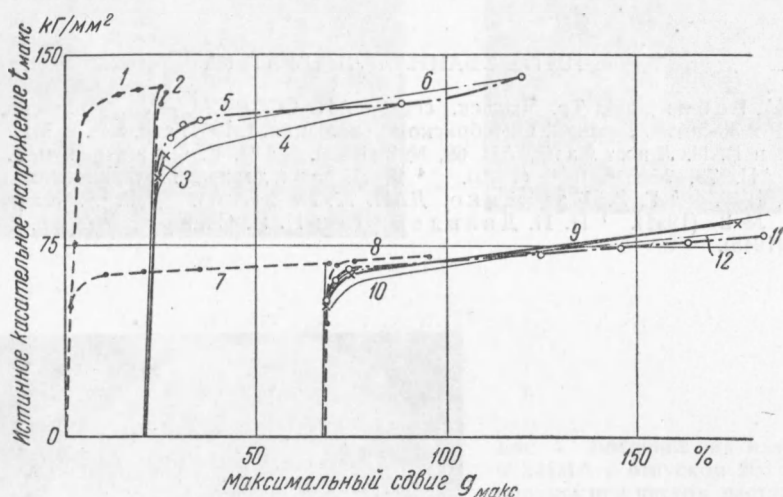


Рис. 3. Кривые деформации двойных образцов из стали 40ХНМА. Закалка с отпуском 200° (1—6): 1—предельное кручение двойного образца, 2—докручивание второй половины двойного образца, 3—растяжение после предельного кручения, 4—чистое растяжение, 5—сжатие после предельного кручения (без разрушения), 6—сжатие без предварительной деформации (без разрушения). Закалка с отпуском 550° (7—12): 7—предельное кручение двойного образца, 8—докручивание второй половины двойного образца, 9—растяжение после предельного кручения, 10—чистое растяжение, 11—сжатие после предельного кручения (без разрушения), 12—сжатие без предварительной деформации (без разрушения)

Диаграммы деформации, построенные по обычной методике (4), показывают (рис. 3), что в зависимости от ориентировки трещин по отношению к главным осям напряжений\* трещины могут практически не влиять (сжатие после предельного кручения, рис. 3, 5, 6 и 11, 12) или влиять очень сильно (растяжение после предельного кручения, рис. 3, 3, 4) на процесс деформации.

Необходимо отметить, что сочетание принятых в настоящих опытах двух способов испытания материала (кручения и последующего растяжения) несколько ограничивает возможности выявления влияния поверхностных трещин на механические свойства материалов за пределами равномерной деформации (при растяжении), поскольку после образования шейки нормальные напряжения максимальны в центре образца (7). Очевидно, это особенно сказывается на материалах в состоянии, мало чувствительном к надрезу (рис. 3, 9, 10). Однако даже при учете этого обстоятельства следует отметить, что образцы с трещинами кручения на поверхности (после кручения до 50%  $g$ ) выдерживали без

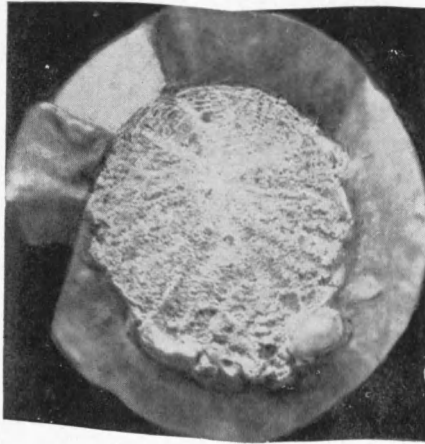
\* Обычно указываемая ориентировка трещин относительно оси образца менее точна, чем ориентировка трещин относительно главных осей напряжений и деформаций; например, продольная по отношению к оси образца трещина при растяжении не раскрывается, при сжатии раскрывается. При кручении самой опасной является одна из двух систем трещин, ориентированных под углом 45° к оси образца, а поперечные трещины менее опасны, и т. п. Из этих примеров видно, что наиболее опасным направлением трещин может быть и поперечное, и продольное, и наклонное в зависимости от ориентировки главных осей.

разрушения равномерное удлинение порядка 2—2,5% у стали с отпуском 200° и 4,5% у стали с отпуском 550°. После предельного кручения двойного образца (100% g) образцы из стали с отпуском 200° разрушались при растяжении при деформации от 0 до 2,5%.

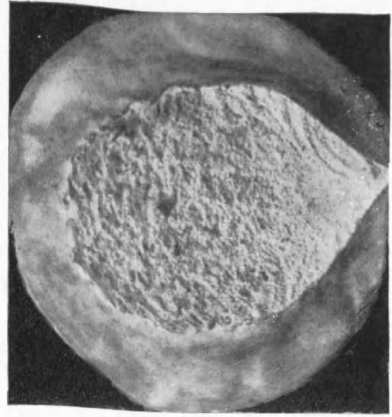
Поступило  
7 I 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> П. А. Ребиндер, Тр. июльск. сессии АН СССР, М. — Л., Юбилейн. сборн. АН СССР к 30-летию Великой Октябрьской революции, 1, 1947, стр. 533. <sup>2</sup> П. А. Ребиндер и В. И. Лихтман, ДАН, 69, № 2 (1949). <sup>3</sup> Я. Б. Фридман и Т. К. Зилова, ДАН, 73, №№ 4 и 6 (1950). <sup>4</sup> Я. Б. Фридман, Механические свойства металлов, 1946. <sup>5</sup> Г. В. Карпенко, ДАН, 77, № 5 (1951). <sup>6</sup> Г. В. Карпенко, ДАН, 79, № 2 (1951). <sup>7</sup> Н. Н. Давиденков и Н. И. Спиридонова, Зав. лаб., 11, № 6 (1945).



*a*

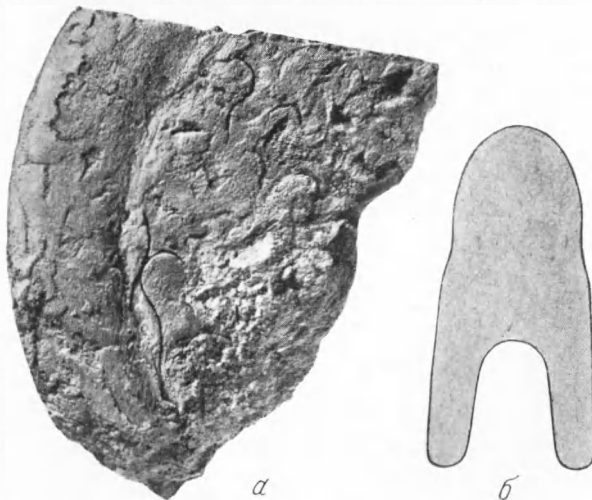


*б*



*в*

Рис. 4. Внешний вид изломов стали 40ХНМА с отпуском 200: *a* — излом образца при чистом растяжении, *б* — излом образца при растяжении после кручения до деформации 35% *г*, *в* — излом двойного образца при растяжении после предельного кручения



*a*

*б*

Рис. 1. *Wellerites russiensis* sp. nov.: *a* — боковой вид голо-  
типа; *б* — поперечное сечение сборота (в обоих случаях  $\times 1,5$ );  
московский ярус Чкаловской обл.