

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Е. М. ЗАРЕЦКИЙ

**О МЕХАНИЗМЕ КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ
МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 10 IV 1947)

Некоторые металлические сплавы при одновременном действии растягивающих напряжений и коррозионной среды проявляют склонность к растрескиванию. В сложном механизме образования трещин взаимодействует ряд процессов. Здесь следует отметить следующие основные факторы:

1. Наличие анодных зон по границам и плоскостям скольжения кристаллитов. Анодные зоны могут существовать уже в исходном недеформированном состоянии, если сплав склонен к межкристаллитной коррозии. В случае пересыщенных твердых растворов анодные зоны могут возникнуть за счет ускорения распада сплавов под действием деформации и появления структурной неоднородности. В равновесных твердых растворах анодные зоны, вероятно, образуются в связи с различными электрохимическими потенциалами компонентов, составляющих твердый раствор, или отдельных участков кристаллической решетки.

2. Эффект адсорбционного понижения прочности. Повидимому, в развитии микротрещин в анодных зонах большую роль играет открытое П. А. Ребиндером раздвигающее действие проникающих в микрощели адсорбционных слоев компонентов жидкости, направленное нормально к поверхностям щелей. Величина такого расклинивающего давления достигает больших значений и для воды, например, составляет несколько десятков кг/мм^2 (1).

3. Влияние образовавшихся микронадрезов на механические свойства сплавов. Все известные данные о влиянии надрезов на механические свойства металлов относятся к макронадрезам. Можно полагать, что по сравнению с макронадрезами, микронадрезы создадут существенное различие в напряженном состоянии сплава.

В проведенном исследовании рассматривалось влияние микронадрезов на характер разрушения электрона при коррозионном растрескивании и изменение сопротивления разрушению этого сплава в процессе развития микротрещин.

В первой серии экспериментов испытывались на кручение круглые образцы диаметром 15 мм, изготовленные из прессованного электрона МАЗ*. Образцы вставлялись в стеклянные трубки, имевшие в средней части отверстие для ввода электролита. Во избежание вытекания электролита на оба конца трубки одевались резиновые кольца, через которые пропусклся образец. В качестве коррозионной среды применялся раствор для ускоренных испытаний магниевых сплавов на

* Электрон МАЗ содержит около 6 % Al, 1 % Zn, 0,3 % Mn.

коррозионное растрескивание, содержащий $0,5 \text{ M NaCl} + 0,05 \text{ M K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ⁽²⁾.

Стеклянная трубка наполнялась электролитом до деформации образца или после закручивания на 90% от разрушающей нагрузки.

На рис. 1 показан внешний вид образцов после испытаний на кручение. Как видно из рис. 1, в отсутствие коррозионного фактора плоскость излома при кручении располагается перпендикулярно оси образца. Это указывает на то, что разрушение электрона произошло путем среза, под действием касательных напряжений. Такое разрушение при обычных методах испытаний, как правило свойственно деформированным магниевым сплавам ⁽³⁾.

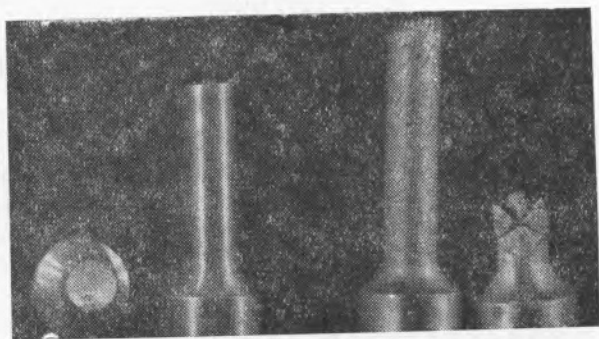


Рис. 1. Образцы из электрона МАЗ после испытаний на кручение. 1 и 2 — кручение в отсутствие коррозионной среды. 3 и 4 — кручение при воздействии коррозионной среды. На образце 3 видны макротрещины, расположенные под углом около 45° к оси образца. Раствор вводился до начала деформации образца

До настоящего времени испытания в условиях, способствующих разрушению путем отрыва (большая скорость деформации, низкая температура, испытание надрезанных образцов), дали для этих сплавов отрицательные результаты.

Если кручение электрона производить при воздействии коррозионной среды, вызывающей растрескивание, то образующиеся микронадрезы изменяют характер разрушения электрона. В этом случае излом обычно наклонен к оси образца (образец 4), а поверхность образца покрывается сеткой макротрещин, расположенных примерно под углом 45° (образец 3). Эти трещины, очевидно, возникли в результате развития микротрещин.

Расположение излома и трещин свидетельствует о разрушении путем отрыва в результате действия нормальных напряжений. Образующиеся микронадрезы не только изменяют характер разрушения электрона, но заметно влияют и на его сопротивление разрушению.

На рис. 2 показана зависимость сопротивления разрушению при растяжении от продолжительности воздействия коррозионной среды. После выдержки образцов в растворе в течение определенного времени под напряжением на машине Амслера нагрузка снималась, образцы промывались, сушились и растягивались до разрыва в отсутствие раствора. По периферии излом имел более темную окраску, чем в средней части, куда коррозионный раствор не успел проникнуть. Площадь средней части замерялась под микроскопом, и к ней относилась разрушающая нагрузка.

Из хода кривой нетрудно видеть, что с увеличением времени выдержки в растворе, сопротивление разрушению сначала возрастает,

а затем понижается. По истечении 2,5 мин. все образцы разрушались в растворе. При этом сопротивление разрушению электрона по сравнению с предшествующим значением несколько возросло.

Такой ход кривой можно связать с увеличением минимальных нормальных напряжений при касательном разрушении. Как известно,

$$t_{\max} = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{2},$$

где S и t соответственно истинные нормальное и касательное напряжения. С увеличением $S_{\min}$ сопротивление разрушению, выраженное в $S_{\max}$, возрастает, хотя истинное касательное напряжение, при котором происходит разрушение, остается без изменений⁽³⁾. При более глубоких надрезах, повидимому, сказывается возрастающая неравномерность распределения касательных напряжений, что приводит к понижению сопротивления разрушению путем среза.

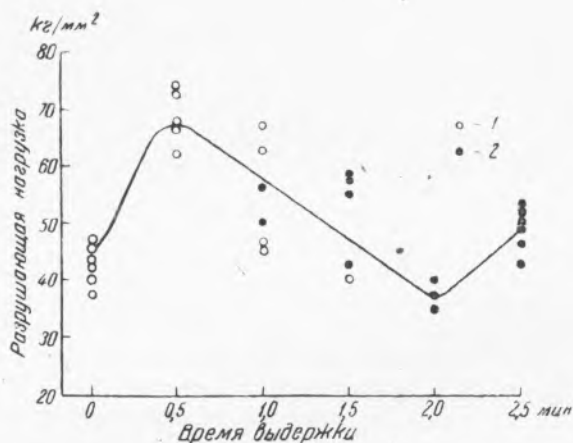


Рис. 2. Зависимость сопротивления разрушению электрона МАЗ от продолжительности коррозии под напряжением. Исходная нагрузка — 70 % от σ_B . 1 — разрушение путем среза, 2 — разрушение путем отрыва

В образцах, разрушающихся путем отрыва, напряженное состояние определяется неравномерностью распределения продольных напряжений, имеющих максимум у вершин надреза. Вероятно, более глубокие надрезы имеют меньший радиус закругления в вершине, вследствие чего концентрация напряжений, возрастает, а прочность соответственно понижается.

Как видно из приведенных данных, по мере увеличения времени пребывания образцов в растворе происходит переход от касательного разрушения к разрушению путем отрыва. Такую закономерность можно объяснить, исходя из диаграммы механического состояния, предложенной Фридманом⁽⁴⁾. Согласно этой диаграмме, построенной в координатах максимальные приведенные растягивающие — максимальные касательные напряжения, характер разрушения определяется углом наклона луча, проходящего через начало координат. Повидимому, при достаточно глубоких микронадрезах наклон луча настолько уменьшается, что сопротивление отрыву достигается раньше, чем сопротивление срезу, вследствие чего электрон разрушается путем отрыва.

Возможно, что склонность к коррозионному растрескиванию удастся использовать для разрушения путем отрыва и других сплавов, которые при обычных методах испытаний дают касательное разрушение.

Всесоюзный институт
авиационных материалов

Поступило
10 IV 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ П. А. Ребиндер, Л. А. Шрейнер и К. Ф. Жигач, Понизители твердости в бурении, изд. АН СССР, 1944, стр. 31; П. А. Ребиндер, В. И. Лихтман и Б. М. Маслеников, ДАН, 32, № 2 (1941). ² Е. М. Зарецкий, ДАН, 58, № 1 (1947). ³ Я. Б. Фридман, Механические свойства металлов, 1946. ⁴ Я. Б. Фридман, Деформация и разрушение металлов, 1946.