

УДК 539.374:541.183.5

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Р. В. ЕРМАКОВА, В. И. МАЛКИН, Л. Г. ОРЛОВ

## О ВЛИЯНИИ ВОДНОГО РАСТВОРА СУЛЬФАТА НАТРИЯ НА ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ ЖЕЛЕЗА

(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 16 XII 1974)

Изучение влияния среды на прочность и пластичность металлов важно как для практики их использования в конструкциях, так и для выяснения физической сущности взаимодействия напряженного материала со средой и воздействия последней на дислокационный механизм пластической деформации. Известно (<sup>1-3</sup>), что легкоплавкие металлы, поверхностно-активные вещества и другие среды могут оказывать пластифицирующее или охрупчивающее действие на металлические материалы. Эти эффекты, как правило, связаны с изменением состояния и структуры тонкого поверхностного слоя. Вследствие этого с уменьшением толщины образца влияние среды на макроскопические характеристики механических свойств обычно усиливается.

В настоящей работе на фольге железа толщиной 50 мкм изучалось влияние такой технически распространенной среды, как раствор сульфата натрия, на предел текучести в зависимости от содержания углерода в железе, а также величины приложенного в растворе соли потенциала. Фольга отжигалась в вакууме при 800°С в течение 24 час., а затем в водородной среде при той же температуре от 1 до 3 час. Концентрация углерода зависела от продолжительности отжига и составляла для четырех партий образцов: 0,024; 0,020; 0,017 и 0,012 вес. %. Деформацию фольги проводили в  $10^{-3}$  N растворе  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в потенциостатических условиях. Дислокационную структуру железа исследовали методом просвечивающей электронной микроскопии при ускоряющем напряжении 100 кВ в микроскопе JEM-7A.

Изучалась также адсорбция иона  $\text{SO}_4^{2-}$  на образцах железа в потенциостатических условиях. Оценку адсорбируемости ионов производили путем измерения радиоактивности поверхности промытого образца по методу определения прочной адсорбции (<sup>4</sup>).

При электронно-микроскопическом исследовании структуры фольги железа с 0,024% С, образцы которой растягивались в растворе  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и на воздухе при одном и том же постоянном напряжении, равном 16,8 кг/мм<sup>2</sup> (предел текучести железа на воздухе), установлено, что плотность дислокаций в образцах, деформируемых в электролите, значительно больше, чем в образцах, нагружаемых на воздухе (рис. 1). Полученные данные свидетельствуют о том, что при указанном уровне напряжения в фольге, помещенной в раствор соли, процесс пластического течения уже достаточно развит, в то время как для аналогичного образца, испытанного на воздухе, наблюдаются только самые начальные стадии скольжения и структура на большей части рабочей длины такова же, как и в исходных отожженных образцах. Протекание пластической деформации в первом случае подтверждается также наличием заметного остаточного удлинения образца после испытания. Следовательно, как можно заключить, у образца, помещенного в раствор  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , предел текучести ниже, чем у образца на воздухе. Дальнейшие испытания позволили качественно оценить величину этого эффекта (рис. 1 см. вкл. к стр. 623).

На рис. 2 представлена зависимость напряжения начала течения железа с различным содержанием углерода от величины потенциала в растворе  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Видно, что во всех случаях с переходом от испытаний на воздухе к испытаниям в растворе при стационарном потенциале предел текучести металла уменьшается (от 16,8 до 11,6 кг/мм<sup>2</sup> для железа с 0,024% С, от 14,6 до 7,7 кг/мм<sup>2</sup> для железа с 0,020% С, от 10,4 до 6,1 кг/мм<sup>2</sup> для железа с 0,017% С и от 6,8 до 3,5 кг/мм<sup>2</sup> для железа с 0,012% С).

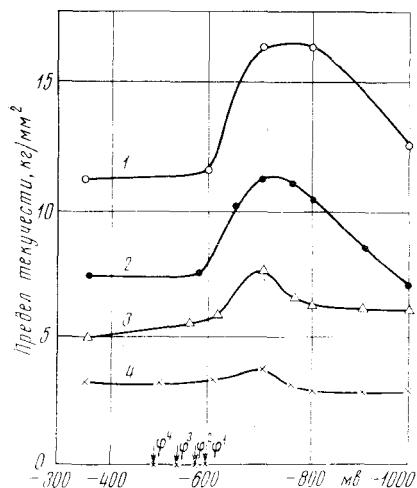


Рис. 2

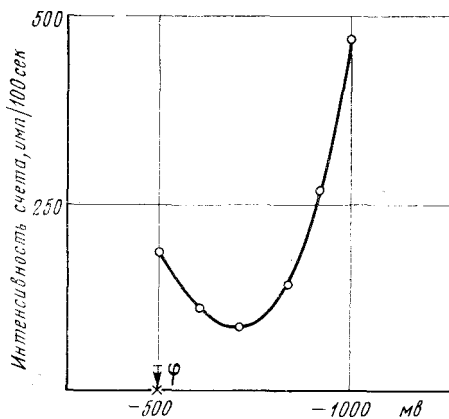


Рис. 3

Рис. 2. Влияние поляризации на предел текучести железной фольги с различным содержанием углерода (%): 1 — 0,024, 2 — 0,020, 3 — 0,017, 4 — 0,012% С. На оси абсцисс указаны значения стационарного потенциала  $\phi$  для каждого сплава

Рис. 3. Влияние поляризации на адсорбируемость иона  $\text{SO}_4^{2-}$  из  $10^{-3} N$  раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  на железе с 0,024% С.  $\phi$  — стационарный потенциал

Поляризация образцов небольшими анодными токами лишь незначительно повышает предел текучести в сравнении с его значениями при стационарном потенциале. Смещение же потенциала в катодную область вызывает повышение предела текучести, максимальное значение которого достигается при потенциале  $-700$  мв. При дальнейшем смещении потенциала в катодную область опять наблюдается падение предела текучести.

Обращает на себя внимание следующее обстоятельство. Во-первых, повышение предела текучести при потенциале  $-700$  мв тем значительнее, чем больше содержание углерода в фольге, и, во-вторых, с увеличением содержания углерода стационарный потенциал смещается в сторону отрицательных значений: от  $-500$  мв для железа с 0,012% С до  $-600$  мв для железа с 0,024% С. При этом величина потенциала, при которой наблюдается максимум предела текучести, не зависит от содержания углерода в металле. Это означает, что повышение предела текучести обусловлено процессом или процессами, на интенсивность протекания которых мало влияет отклонение от стационарного потенциала, но в гораздо большей степени изменение содержания углерода. Не исключено, что таким процессом может быть образование слоя адсорбированного водорода на поверхности железа. Искажения в кристаллической решетке, вызванные присутствием атомов углерода, увеличивают адсорбируемость водорода. При более отрицательных значениях потенциала происходит электрохимическая десорбция водорода с поверхности.

Данные об адсорбируемости иона  $\text{SO}_4^{2-}$  на железе (рис. 3) также свидетельствуют об изменении состава поверхностного слоя при значениях потенциала, близких к  $-700$  мв. При этом потенциале наблюдается мини-

мум адсорбции иона  $\text{SO}_4^{2-}$ , что связано с конкурирующей адсорбцией другого иона:  $\text{H}^+$ .

Таким образом, разбавленный раствор сернокислого патрия оказывает на железо сильное пластифицирующее воздействие, степень которого зависит от приложенного потенциала, а также от содержания углерода в железе. Понижение предела текучести связано, вероятно, с уменьшением стартовых напряжений поверхностных источников дислокаций.

Институт металловедения и физики металлов  
Центрального научно-исследовательского  
института черной металлургии им. И. П. Бардина  
Москва

Поступило  
21 XI 1974

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> П. А. Ребиндер, Докл. на VI съезде физиков, М., 1928; P. A. Rehbinder, Zs. Phys., В. 72, 191 (1931). <sup>2</sup> И. Крамер, Л. Демер, Влияние среды на механические свойства металлов, М., 1964. <sup>3</sup> Чувствительность механических свойств к действию среды, сб. пер. под ред. Е. Д. Щукина, М., 1969. <sup>4</sup> Н. А. Балашева, Н. С. Меркулова, Тр. Инст. физ. хим. АН СССР, в. 6, 12 (1958).