

УДК 669.017+539.56+669.788

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Академик АН УССР Г. В. КАРПЕНКО, В. И. ТКАЧЕВ,
А. К. ЛИТВИН

УМЕНЬШЕНИЕ СКЛОННОСТИ СТАЛИ К ВОДОРОДНОЙ ХРУПКОСТИ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Известно, что пластическая деформация (наклеп) и наводороживание в отдельности снижают пластичность сплавов на ферритной основе. Распространено мнение, что совместное влияние указанных факторов является аддитивным и вызывает максимальное снижение пластичности. Нами показано, что предварительная пластическая деформация не увеличивает, а уменьшает склонность стали к водородному охрупчиванию.

Исследовано влияние предварительной пластической деформации растяжением на склонность к водородному охрупчиванию сталей, подвергае-

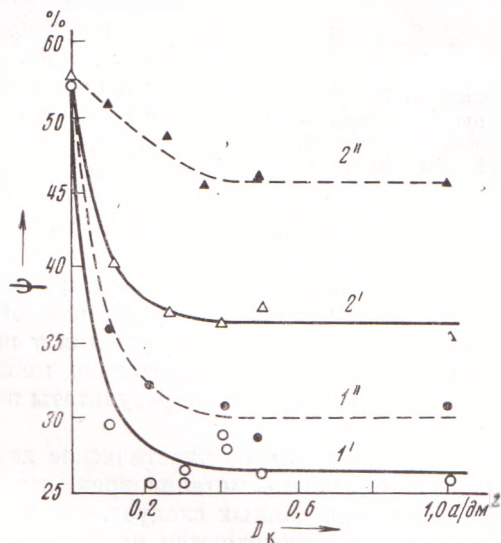


Рис. 1

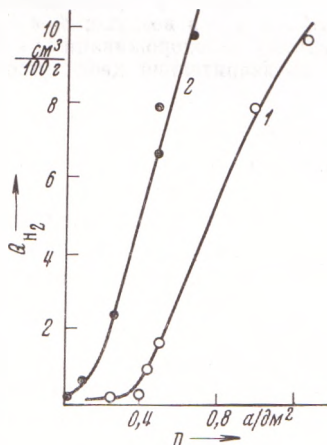


Рис. 2

Рис. 1. Изменение относительного сужения ψ стали X15H5M2 вследствие воздействия водорода, выделяемого из электролита при различных плотностях катодного тока (D_k): 1 — недеформированные, 2 — предварительно деформированные образцы; 1', 2' — предварительно насыщенные водородом и 1'', 2'' — разрушаемые в процессе выделения водорода на образце

Рис. 2. Содержание водорода в образце из стали X15H5M2 после катодного насыщения в течение 120 мин. при различных плотностях катодного тока D_k : 1 — недеформированный образец, 2 — деформированный на 7%

мых действию водорода и деформаций того же вида и знака. Исследование проводили на цилиндрических 10-кратных образцах диаметром 5 мм из сталей X15H5M2 и 48ТС, подверженных высокому отпуску при 600° и 700°С соответственно. Предварительная деформация на 7% в воздухе, и разрушение образцов осуществляли на стандартной разрывной машине ИМА-5 со скоростью растяжения 1 мм/мин. Образцы подвергались в процессе разрушения воздействию катодно выделяемого водорода в специаль-

ной ванночке с платиновым анодом. В качестве электролита применялся 1 *N* раствор H_2SO_4 с добавкой 10 мг/л As_2O_3 .

Исследовались образцы, подвергаемые предварительному насыщению водородом в течение 120 мин., и образцы, наводороживаемые только в процессе разрушения. Количество водорода, растворенного в образце за

120 мин., регулировалось плотностью тока поляризации (D_k) и определялось волюмометрическим способом.

Изменение относительного сужения ψ служило критерием оценки склонности стали к водородной хрупкости.

Результаты испытаний предварительно наводороженных образцов и образцов, насыщаемых водородом только в процессе разрушения, показывают (рис. 1), что на изменение относительного сужения оказывает влияние в основном водород, выделяемый на образце в

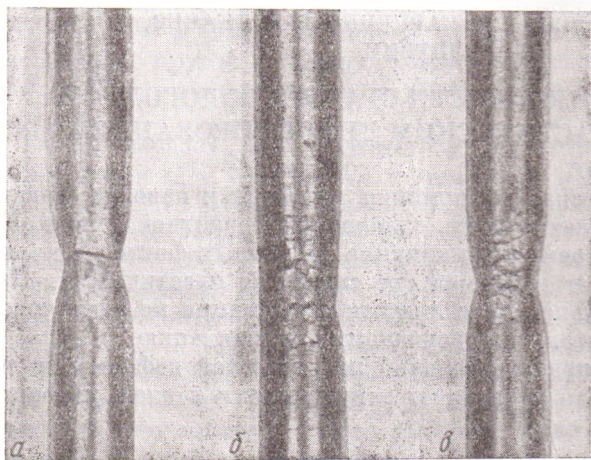


Рис. 3. Характер разрушения отожженной стали X15H5M2: а — в воздухе; б, в — образцы подвергнуты катодному наводороживанию: б — недеформированный, в — предварительно деформированный растяжением

процессе разрушения. Влияние водорода, предварительно растворенного в объеме металла, менее существенно.

При идентичных условиях насыщения пластически деформированная растяжением сталь поглощает значительно больше водорода, чем отожженная (рис. 2). Вместе с тем снижение относительного сужения у предварительно деформированного металла (рис. 1, 2) значительно меньше, чем у отожженного (рис. 1, 1). Качественно аналогичные результаты получены и на стали 48ТС.

Таким образом, установлено, что предварительное пластическое деформирование растяжением повышает сопротивление металла вредному воздействию водорода (охрупчиванию). Из этих данных следует, что наблюдаемые изменения относительного сужения определяются не количеством поглощенного водорода, а состоянием самого металла, т. е. изменения в микроструктуре металла при пластической деформации оказывают решающее влияние на его последующее поведение при взаимодействии с водородом.

Действие водорода, как известно, сосредоточено в местах наибольшей концентрации напряжений, вызываемых различными дефектами (неметаллическими включениями, границами зерен, скоплениями дислокаций и т. п.), и определяется не общим содержанием его (H_2) в металле, а местной концентрацией у дефектов. Поэтому наиболее благоприятные условия для облегчения процесса создаются тогда, когда водород в достаточном количестве поступает к развивающимся при деформировании трещинам, т. е. выделяется на образце в процессе разрушения. После предварительного деформирования в результате локального пластического течения снижается острота неблагоприятно расположенных дефектов — мест зарождения и развития трещин разрушения (¹, ²), в первую очередь подвергающихся вредному воздействию водорода. Вследствие пластической деформации возрастает общая дефектность структуры, что создает условия для более равномерного распределения водорода и напряжений

по сечению образца и способствует проявлению эффекта саморазгружения многочисленных концентраторов. Кроме того следует учитывать, что предварительная пластическая деформация, увеличивая количество дислокаций, затрудняет образование шейки. Однако катодно осаждаемый водород, адсорбирующийся на поверхности образца, снижает потенциальный барьер для разрядки дислокаций при их выходе на поверхность, что в нашем случае, очевидно, преобладает в наблюдаемых явлениях. Описанное изменение условий взаимодействия водорода с металлом выражается в увеличении показателя пластичности деформированных образцов по сравнению с недеформированными, что наглядно показывает рис. 3.

Отмеченное благоприятное влияние пластических деформаций связано с созданием определенной ориентации напряженных зон около дефектов и будет, по-видимому, проявляться только в том случае, когда вид и знак предварительной деформации совпадает с последующей.

Физико-механический институт
Академии наук УССР
Львов

Поступило
16 IV 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ P. Beardmore, D. Hull, Metall Sci. J., № 18, 1 (1968). ² T. C. Harrison, G. D. Fearneough, Trans. ASME, D, 94, 120 (1972).