

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОРОДНОГО ОХРУПЧИВАНИЯ СТАЛЕЙ ПРИ СВАРКЕ

В.П. Петров, И.В. Петров, П.Г. Сизиков

Как известно, в процессе сварки в сварочную ванну различными путями может попадать водород, оказывая впоследствии охрупчивающее действие на металл шва и околошовной зоны, что может быть причиной разрушения сварных соединений и конструкций. Для исследования водородной хрупкости сталей и сплавов при сварке часто проводят испытания электролитически наводороженных образцов. Исследования различных авторов говорят о том, что хрупкость электролитически наводороженной стали хорошо совпадает с хрупкостью свободной от водорода стали при испытании ее в водородной газовой среде и оба типа хрупкости связаны с одними и теми же явлениями. В связи с этим нами был принят метод электролитического насыщения стали водородом, как более простой с технической точки зрения.

Обработанные на установке ИМАШ-9-66 по имитированному термическому циклу образцы типа ИМЕТ подвергали электролитическому наводороживанию в 4% растворе серной кислоты при плотности тока 5 A/дм^2 .

Для электролитического насыщения образцов водородом использовали приспособленный для этих целей прибор типа ЭЗИ-1, предназначенный для электролитической заточки медицинского инструмента. Анодом при этом служили нерастворяющиеся в электролите и расположенные по обеим сторонам широких граней образца платиновые пластинки размерами $120 \times 15 \times 0,1 \text{ мм}$. Такое расположение пластинок позволяло равномерно насыщать образцы водородом по всей его длине. Перед наводороживанием образцы тщательно обезжировали в ацетоне и промывали в спирте.

В настоящее время общепризнанным является положение о влиянии водорода на образование холодных трещин в сварных соединениях сталей. Одним из методов оценки стойкости сталей против образования холодных трещин являются испытания на замедленное разрушение, при которых важно сохранить содержание водорода в металле как можно более постоянным. В связи с высокой диффузионной способностью водорода это условие становится особо значимым при испытаниях образцов малого сечения, к которым относятся образцы типа ИМЕТ. По этой

причине решали задачу по консервации водорода в образцах.

В зарубежной литературе (Трояно А.Р.) приводятся результаты исследований проницаемости для водорода кадмиевого покрытия при кадмировании авиадеталей. Показано, что кадмиевое покрытие является барьером для находящегося в металле водорода. Минимальная толщина покрытия, через которую выход водорода значительно затруднен, по результатам этой работы, составляет 5-7 мкм.

Башмаков Ю.В. и Квинт Г.И. исследовали проницаемость водорода через цинковое, никелевое, хромовое и медное покрытия и пришли к заключению, что непроницаемым из них является лишь медное покрытие при толщине 7-13 мкм.

Учитывая литературные данные по проницаемости водородом электролитически нанесенных покрытий различных металлов, в качестве барьерного материала нами было принято кадмиевое покрытие. Кадмирование проводили в водном растворе состава: 3,2 % CdO ; 11 % Na CN ; 1,2 % NaOH при плотности тока 2 A/дм^2 . Толщина покрытия в наших опытах составляла 8-10 мкм. Замеры толщины покрытия выполняли на образцах после их испытаний на растяжение путем полировки узкой грани образца с последующим травлением и замерами на микроскопе.

Время кадмирования для получения требуемой толщины покрытия подбирали на образцах-свидетелях. Обычно оно составляло 40-45 мин.

Процесс кадмирования в силу физико-химических особенностей сопровождается наводороживанием металла. В нашем случае оно было дополнительным к основному наводороживанию в растворе серной кислоты. Для оценки вносимой непосредственно самим процессом кадмирования водородной хрупкости образцы после термического цикла кадмировали без предварительного наводороживания и испытывали на растяжение. Результаты испытаний говорят о том, что при кадмировании наводороживание значительно меньше, чем даже при 10-минутной обработке в растворе серной кислоты. Так, для стали 38ХНЗМФА наводороживание в течение 10 минут с последующим кадмированием

снижает предел прочности от 2500 до 900 МПа, кадмирование без наводороживания – до 1500 МПа.

Если исходить из результатов испытаний наводороженных некадмированных и кадмированных ненаводороженных образцов, то непосредственно сам процесс кадмирования по охрупчивающему действию эквивалентен наводороживанию в растворе серной кислоты в течение 4-5 мин. Поскольку все образцы кадмировали на одном и том же режиме, доля наводороживания при кадмировании в общем повышении водородной хрупкости для всех образцов примерно одинакова, поэтому при оперировании временем наводороживания как показателем, время кадмирования можно не учитывать. Кроме того, как следует из литературных данных (Г.В. Карпенко, Р.И. Крипякевич) и результатов проведенных нами исследований, наиболее интенсивно поглощение водорода сталью при электролитическом наводороживании происходит в течение первых 20-25 минут, дальнейшее увеличение времени наводороживания заметного повышения содержания водорода не дает (рисунок 1).

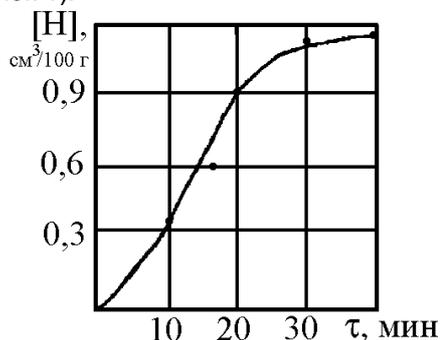


Рисунок 1 – Зависимость содержания водорода в стали от времени наводороживания

Учитывая то обстоятельство, что в наших экспериментах время наводороживания перекрывало этот интервал времени (в большей части оно составляло 30-35 минут), наводороживание при кадмировании существенного влияния на хрупкость не оказывало.

Для оценки влияния кадмиевого покрытия как материала на прочность, кадмирование ненаводороженных образцов из стали 38ХНЗМФА выполняли только на шейке образца. Остальную поверхность образца перед кадмированием покрывали слоем парафина, препятствовавшего осаждению на ней покрытия при кадмировании. После кадмирования

парафин удаляли и образцы выдерживали при комнатной температуре в течение месяца, давая возможность попавшему при кадмировании в шейку образца водороду как можно более полно перераспределиться по объему образца и выделиться через его боковую поверхность наружу. После этого образцы испытывали на растяжение на установке ИМАШ-9-66.

Результаты исследований показали, что даже после такого длительного вылеживания полного возврата прочности не наблюдается. Предел прочности остался на уровне 1950-2000 МПа вместо 2500 МПа в исходном некадмированном состоянии. Это, вероятно, вызвано действием диффузионно-неподвижного остаточного водорода, осевшего в «ловушках» - несовершенствах кристаллического строения металла.

Таким образом, влияние слоя кадмия как материала на свойства сталей после электролитического покрытия объективно установить затруднительно, так как попавший в металл при кадмировании водород при последующем вылеживании удаляется не полностью, оседая в микронесплошностях, и при этом оказывает на металл охрупчивающее действие. Однако сравнение результатов этих испытаний и испытаний наводороженных в течение 5 минут (степень наводороживания одинакова со степенью при кадмировании) некадмированных образцов после вылеживания их в течение месяца позволили произвести такую оценку. При этом было установлено, что влияние кадмиевого покрытия на прочность в связи с малой толщиной его незначительно и оно тем меньше, чем выше прочность стали. Чаще всего оно соизмеримо с разбросом значений при испытаниях, поэтому им можно пренебречь.

Выводы:

1. Разработана методика оценки водородной хрупкости сварных соединений на образцах малых размеров, позволяющая проводить как кратковременные испытания, так и испытание на замедленное разрушение.

2. Произведена оценка влияния дополнительного наводороживания при нанесении барьерного покрытия, показавшая, что это влияние незначительно и при оценке охрупчивающего действия водорода на металл может не учитываться.