

О ХАРАКТЕРЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ АЛИТИРОВАННЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Показано [1], что алитирование снижает усталостную прочность образцов из углеродистых сталей при комнатной и повышенных температурах. Кинетике рассасывания защитного слоя, изменению его строения и состава не было уделено должного внимания.

Для изучения характера высокотемпературного усталостного разрушения алитированных сталей образцы из среднеуглеродистой стали алитировали в порошкообразной смеси (15-17% алюминия, 80% окиси алюминия и 3% хлористого аммония), при 850-900°C, 1 час. Получали алитированные слои толщиной 0,08 мм и 0,1 мм соответственно.

Исследование проводили при высокотемпературном чистом изгибе вращающихся с частотой 50 гц цилиндрических образцов диаметром 10 мм, а также при циклическом кручении с частотой 0,3 цикл/мин. трубчатых образцов диаметром 14,5 мм.

Установлено (табл.1), что в образцах алитированным слоем выносливость снижается при комнатной и повышенных температурах. Эффект снижения выносливости оказывается тем больше, чем выше уровень циклических нагрузок.

С повышением температуры испытания до 600°C отрицательное действие алитирования на выносливость снижается, а при температуре выше 700°C выносливость насыщенных и ненасыщенных образцов при базе $10^6 - 5 \cdot 10^7$ циклов нагружения практически одинакова, даже наблюдается тенденция к некоторому ее повышению.

К основным причинам, обуславливающим снижение выносливости алитированных образцов, можно отнести более низкую по сравнению с основным металлом усталостную прочность алитированного слоя, повышенную склонность интерметаллидного слоя к трещинообразованию, ухудшение чистоты поверхности образцов после насыщения на 1-2 класса.

Установлено, что при повышенных температурах имеет место рассасывание диффузионного слоя, которое зависит от уровня прикладываемых циклических напряжений, температуры и длительности испытания. Поэтому при исследовании металлов на усталостную прочность

Т а б л и ц а I

| Режим циклического нагружения | Сталь | Режим адитирования | Температура испытаний, °С | Предел усталости в кг/мм ² при N = 10 ⁷ цикл |
|-------------------------------|-------|--------------------|---------------------------|--|
| n = 2850 цикл/мин | 45 | Неадитированная | 500°С | 29 |
| | 45 | 850°С, I час | 500°С | 21 |
| | 45 | Неадитированная | 600°С | 22 |
| | 45 | 700°С, I час | 600°С | 19 |
| | 45 | 900°С, I час | 600°С | 14 |
| | 45 | Неадитированная | 700°С | 11 |
| | 45 | 700°С, I час | 700°С | 10 |
| | | | | Вместимость в циклах до разрушения при ε = 0,35% |
| n = 0,3 цикл/мин | 20 | Неадитированная | 600°С | 1500 |
| n = 0,3 цикл/мин | 20 | 900°С, I час | 600°С | 500 |

говорить об истинном пределе усталости алитированных деталей как критерии их механических характеристик недопустимо. Речь может идти только об условном пределе усталости при заданном числе циклов нагружения, так как изменение строения поверхностных слоев деталей происходит на всем протяжении их высокотемпературного циклического нагружения. При высоких уровнях циклических нагрузок, т.е. когда время до разрушения невелико, наблюдается интенсивное трещинообразование в интерметаллидном слое, это выкрашивание. Возникающие в слое трещины выступают в роли концентраторов напряжений, приводят к локализации микропластических деформаций в основном металле при циклическом нагружении образцов, к возникновению трещинообразных зон "локальной диффузии", состоящих, по-видимому, из продуктов окисления железа и алюминия. Состав и структура этих зон до настоящего времени точно не установлены. Явление рассасывания слоя при этом проявляется незаметно. С увеличением базы испытаний при уменьшении величины циклических нагрузок рассасывание слоя превалирует над процессом его механического разрушения. Граница раздела-алитированный слой - основной металл сильно отклоняется от прямолинейной, что говорит об определенной избирательности фронта диффузии, связанной с имеющей место гетерогенностью металла и возникающим отсюда неравномерным распределением по объему металла упруго-пластической деформации, активизирующей диффузионные процессы.

Таким образом, отрицательное влияние алитирования на выносливость сталей при высоких уровнях циклических нагрузок в основном связано с механическим разрушением интерметаллидного слоя вследствие высокой его хрупкости, обусловленной высокой концентрацией алюминия. При небольших значениях циклических напряжений разрушение слоя не наблюдается, а имеющее место рассасывание приводит к уменьшению в нем содержания алюминия. Слой становится более пластичным, что снижает отрицательное влияние алитирования на выносливость сталей.

Данные металлографических исследований кинетики рассасывания диффузионного слоя удовлетворительно подтверждаются и результатами исследования распределения микротвердости по глубине алитированных образцов, подвергнутых высокотемпературному циклическому деформированию при разных температурах.

Л и т е р а т у р а

Г. Карпенко Г. В. , Похмурский В. И.
"Докл. АН СССР", № 12, 1968.