

А. Н. КОЛЬЦОВ

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ КАВИТАЦИИ НА СПЛАВАХ ЖЕЛЕЗА

(Представлено академиком Л. И. Седовым 30 III 1971)

Имеющиеся опытные данные (¹, ²) свидетельствуют о безусловном влиянии физико-химических свойств жидкости и металла на процесс кавитационной эрозии. Однако в большинстве случаев это влияние относится на счет так называемого коррозионного фактора, смысл которого не всегда ясен. Описываемые ниже результаты исследований позволяют предположить наличие более сложного эффекта, объяснение которого не укладывается в рамки известных коррозионных процессов.

Наиболее подходящим материалом для такого рода исследований являются различные сплавы железа, для которых достаточно хорошо известно влияние физико-химических свойств водных растворов (³). Испытанию подвергались дисковые образцы из серого чугуна СЧ-24-44, легированной стали 38ХМЮА и стали 45 на ультразвуковой установке УЗМ-1,5 (звуковой генератор ЗГ-12 и магнитострикционный вибратор на резонансную частоту 20 кГц). Амплитуда колебаний поверхности образца устанавливалась $A = 19 \mu$. Образец погружался в сосуд с раствором, на глубину 4 мм, емкость сосуда составляла 0,33 литра. Температура жидкости во время опыта поддерживалась термостатом постоянной $t = 20^\circ \text{C}$. Время каждого испытания составляло $\tau = 15$ мин. Результат опыта определялся потерей веса образца ΔG за время одного испытания. Взвешивание производилось на аналитических весах АДВ-200 М. Перед взвешиванием образцы тщательно обезжиривались в этиловом спирте и высушивались.

Основная идея эксперимента заключалась в следующем. Согласно теории электрохимической кинетики (⁴) скорость растворения металла зависит от концентрации активных ионов в растворе. Полагая увеличение потери веса образца в агрессивном растворе по сравнению с таковой в обычной воде результатом электрохимического воздействия, следовало бы ожидать, что резкое понижение концентрации раствора в ходе опыта должно было бы уменьшить эту потерю. Для проверки предполагаемой закономерности каждый образец испытывался отдельно в водопроводной воде, 0,1 М растворе поваренной соли NaCl и в 0,1 М растворе NaCl с быстрой заменой его в начале опыта в течение 30 сек. на водопроводную воду. Замена производилась без остановки процесса и так, чтобы поверхность образца непрерывно находилась в растворе. Это осуществлялось подводом воды на дно сосуда резиновой трубкой, что обеспечивало быстрое вытеснение раствора через края сосуда. С целью контроля качества такой замены в оставшемся после опыта растворе испытывался новый образец. Результаты эксперимента представлены в табл. 1. Они показывают, что резкое понижение концентрации ионов NaCl в ходе опыта не оказывает никакого влияния на интенсивность процесса, хотя сами условия испытания активно влияли на скорость диффузии.

Известно, что минимальной агрессивностью по отношению к металлам обладают растворы их собственных солей, так как в этом случае происходит равновесный обмен катионами между твердой и жидкой фазами без каких-либо их макроскопических изменений. Поэтому эксперимент в

Таблица 1

Потеря веса образца ΔG , в мг, при испытаниях в течение 15 мин.

| Характеристика | Образец | | |
|---|----------|-------|----------|
| | СЧ-24-44 | 3ХМЮА | сталь 45 |
| Вода | 11,4 | 1,95 | 6,0 |
| 0,1 М раствор NaCl | 16,4 | 6,2 | 12,5 |
| 0,1 М раствор NaCl с заменой через 30 сек. на воду | 16,5 | 6,2 | 12,6 |
| Раствор NaCl, оставшийся от предыдущего испытания | 11,2 | 1,95 | 6,1 |
| 0,3 М раствор FeSO ₄ | 16,2 | 6,3 | 12,6 |
| 0,3 М раствор FeSO ₄ с заменой через 30 сек. на воду | 15,8 | 6,3 | 12,5 |
| Раствор FeSO ₄ , оставшийся от предыдущего испытания | 11,2 | 1,9 | 6,2 |

таких условиях представляет определенный интерес. Он был проведен по описанной схеме, только вместо 0,1 М раствора NaCl использовался 0,3 М раствор кислого сернистого железа FeSO₄. Результаты (табл. 1) показывают, что общее повышение концентрации катионов двухвалентного железа Fe²⁺ в растворе неожиданно увеличило скорость растворения металла. Это можно было бы объяснить двумя причинами: гидролизом соли и повышением интенсивности массопереноса принудительной конвекцией (*), вызванной переменными давлениями жидкости у поверхности образца. И в том и в другом случае резкое понижение концентрации раствора FeSO₄ в ходе опыта на воду давало основание ожидать уменьшения скорости растворения металла. Однако на самом деле этого не произошло. Потеря веса образцов оказалась точно такой же, как и при испытании в 0,3 М растворе FeSO₄ полным временем. Между тем, кратковременная на 1—2 сек. остановка процесса после замены раствора на воду тотчас переводила процесс в соответствие с испытанием в водопроводной воде. Это, в свою очередь, исключает предположение об увеличении интенсивности эрозии вследствие активного химического действия жидкости до замены раствора, которое могло бы за это время увеличить микропористость поверхности образца.

Таким образом, проведенные опыты дают основание полагать, что электрохимические процессы при кавитации обладают некоторыми особенностями, не подчиняющимися известным схемам. Их скорость, по-видимому, определяется лишь начальной степенью агрессивности среды и не зависит от ее понижения в ходе кавитационного воздействия. Этот эффект вызывается и поддерживается теми же причинами, что и кавитация, и немедленно исчезает при самом кратковременном перерыве в общем процессе.

Поступило
14 X 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ К. К. Шальнев, ДАН, 95, 229 (1954). ² Л. Бергман, Ультразвук и его применение в науке и технике, ИЛ, 1957. ³ Н. Д. Томашев, Теория коррозии и защита металлов, Изд. АН СССР, 1959. ⁴ К. Феттер, Электрохимическая кинетика, М., 1967. ⁵ В. Г. Левич, Физико-химическая гидродинамика, М., 1959.