

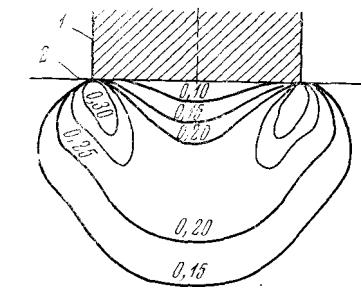
К. К. ШАЛЬНЕВ, А. Ф. ДЕРЕНДОВСКИЙ,
академик АН МССР Б. Р. ЛАЗАРЕНКО, Ю. Н. ПАУКОВ, М. К. БОЛОГА

**О МЕХАНИЗМЕ КАВИТАЦИОННОЙ ЭРОЗИИ МОНОКРИСТАЛЛА
 NaCl И НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ**

1. В теоретических работах о механизме кавитационной эрозии рассматривают модель зоны кавитации в виде единичного пузырька. В экспериментальных исследованиях кавитационной эрозии испытуемые материалы подвергаются действию всей зоны кавитации, состоящей из совокупности газо-паровых пузырьков. Иногда на участке эрозии обнаруживают отдельные язвины ⁽¹⁻³⁾, но ни форма, ни микроскопическая структура их поверхности не исследовались. Между тем, такие исследования важны для понимания механизма эрозии.

2. В качестве объекта исследования были взяты монокристаллы NaCl ; образцы из чугуна с хромированной рабочей поверхностью, толщина покрытия 90 μ ; образцы из отожженной стали с хромированной рабочей поверхностью, толщина покрытия 30 μ . В опытах использовалась ультразвуковая кавитация, возбуждаемая концентратором колебаний от магнитострикционного аппарата с частотой 20 кгц и постоянной амплитудой.

Испытания проводились по методу облучения, т. е. испытуемый образец в опытах оставался неподвижным и соприкасался с зоной кавитации на расстояниях $h = 0,5 \div 8$ мм от излучающей поверхности концентратора. Образцы NaCl изготавливались из монокристаллов скальванием по плоскостям спаянности и имели размеры 15×10 , 15×15 и 15×20 мм², толщина образцов была в пределах 15—20 мм. Металлические образцы имели размеры $30 \times 30 \times 8$ мм³. Время облучения для образцов из NaCl изменялось в пределах $\tau = 5$ сек.—5 мин., для металлических образцов $\tau = 8$ час. Рабочими жидкостями для испытания образцов из NaCl были керосин, бензол и трансформаторное масло, для металлических образцов — вода. Для выявления субмикроструктуры образцов NaCl они протравливались концентрированной уксусной кислотой, промывались бензином и этиловым спиртом.



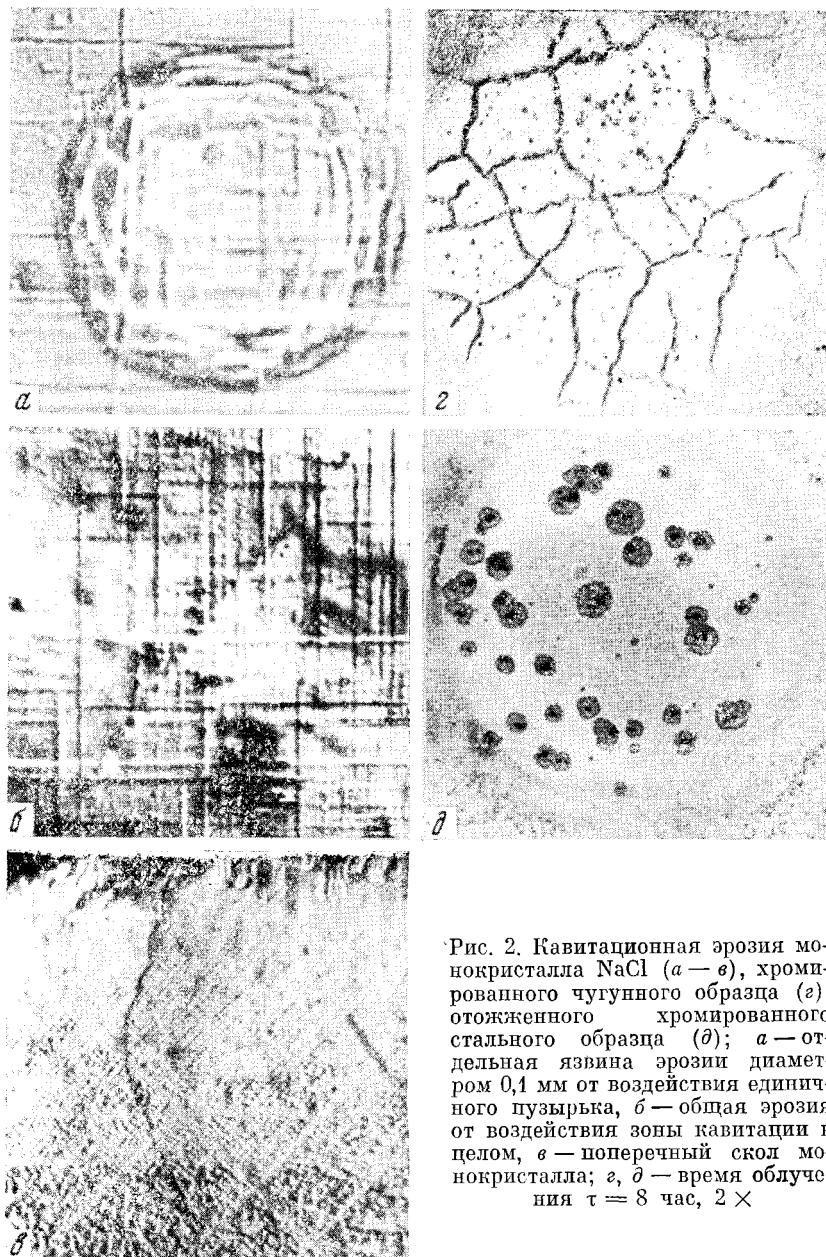


Рис. 2. Кавитационная эрозия монокристалла NaCl (а — с), хромированного чугунного образца (д), отожженного хромированного стального образца (д); а — отдельная язвина эрозии диаметром 0,1 мм от воздействия единичного пузырька, б — общая эрозия от воздействия зоны кавитации в целом, в — поперечный скол монокристалла; г, д — время облучения $\tau = 8$ час, $2 \times$

На рис. 2б показана поверхность образца монокристалла NaCl после облучения в течение 30 сек. при $h = 0,5$ мм. Поверхность покрыта линиями скольжения и отдельными розетками дислокационных скоплений. Повсеместное распределение линий скольжения свидетельствует, что деформации возникли вследствие равномерно распределенной нагрузки. Такая нагрузка возникает при пульсации зоны кавитации в целом, следовательно, и пульсаций гидромеханического давления.

На рис. 2в показана деформация монокристалла по глубине. Она обнаруживается на поверхности скола, нормальной плоскости, подвергающейся кавитационному воздействию. Виден особо уплотненный слой глубиной 150 μ , в котором произошло торможение дислокаций. Образование особо уплотненного слоя предшествует хрупкому разрушению поверхности.

В особо уплотненном слое обнаруживаются микротрещины, которые зарождаются на поверхности материала в местах скопления дислокаций. Ниже особо уплотненного слоя замечается постепенное уменьшение плотности дислокаций на глубину не менее 10 мм.

В опытах с чугунными образцами процесс разрушения различен. Образцы, не покрытые слоем хрома, разрушаются, начиная с графитовых включений и феррита. Сетка трещин на хромированной поверхности свидетельствует о больших внутренних напряжениях в чугуне, которые обнаруживаются в результате воздействия зоны кавитации в целом (рис. 2г).

На рис. 2д показана хромированная поверхность отожженного стального образца. Внутренние напряжения в этом случае сняты и эрозия развивается на локальных участках от воздействия единичных пузырьков в первые моменты опыта. Впоследствии локальные язвины разрушаются от гидравлического удара кумулятивных струй, проникающих в язвины при пульсации зоны кавитации в целом.

Таким образом, в процессе развития эрозии действуют различные силы. Величина и род сил зависит от структуры и местоположения зоны кавитации относительно разрушаемой поверхности, от качества обработки поверхности твердого тела и его прочностных свойств. Такими разрушающими силами могут быть: силы от переменного гидромеханического давления вследствие периодического образования зоны кавитации; силы, возникающие от воздействия единичных пузырьков; силы от гидравлического удара в язвинках, природных или образующихся в результате действия пузырьков и зоны кавитации в целом. Образование единичных язвин может быть объяснено релаксационной гипотезой эрозии, которая может происходить при возникновении или пульсации пузырька вблизи твердой поверхности. В случае объяснения эрозии ударными волнами от захлопывания пузырьков⁽⁵⁾ нельзя было бы объяснить четкую границу отдельных язвин эрозии. В пользу релаксационной гипотезы эрозии говорят обнаруженные в данной работе эффекты, свойственные явлению релаксации при ударе малогабаритных масс жидкости о твердое тело⁽⁶⁾: 1) тождественность деформаций поверхности упругопластичных тел при воздействии единичного пузырька и твердого штампа; жидкость на некоторое время «отвердевает» согласно релаксационной гипотезе; 2) несмотря на малогабаритные объемы жидкости, участвующие в ударе о твердое тело при кавитации, могут образовываться пластические и упругие деформации, свойственные большим нагрузкам, только вследствие малого времени релаксации.

Институт проблем механики
Академии наук СССР
Москва

Институт прикладной физики
Академии наук МССР
Кишинев

Поступило
9 IX 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ H. Nowotny, *Werkstoffzerstörung durch Kavitation*, Berlin, 1942, p. 12.
² H. Kuttruff, U. Radenk, *Acustica*, **21**, № 5 (1969). ³ J. Varga, G. Sebestyen, *Houille blanche*, № 8 (1966). ⁴ К. Б. Броберг, *Упругие волны в упругой и упругопластической среде*, М., 1960. ⁵ L. Rayleigh, *Phil. Mag.*, **34**, № 200 (1917). ⁶ С. П. Козырев, К. К. Шальников, *ДАН*, **192**, № 3 (1970).