

А.А. Мхитарян**Механизм взрыва на наковальнях Бриджмена**

(Представлено академиком К.А. Костяняном 14/XII 2000)

Почти все исследователи, работающие в области высоких давлений в сочетании с деформацией сдвига (ВД+ДС) иногда встречаются со взрывным явлением, заключающимся в том, что вещество, находящееся под высоким давлением, внезапно с огромной скоростью, частично или полностью, выбрасывается из под наковален Бриджмена. Предположения о природе явления (детонация, хрупкое разрушение, реологический взрыв и др.) часто противоречат друг другу [1-5].

Нами показано [6], что в условиях взрыва на наковальнях Бриджмена могут протекать различные твердофазные реакции с огромной скоростью. Поэтому детальное изучение этого вопроса и выявление механизма и причин взрыва приобретает особый интерес. В указанной работе нами выявлено наличие некоторых взаимосвязанных критических параметров, приводящих к взрывным явлениям и, как следствие, к сверхбыстрым твердофазным реакциям. Дальнейшие исследования показали, что эффективным методом изучения причин и механизма взрывных явлений в условиях высокого давления может служить электролиз твердых веществ под давлением. Твердофазный электролиз нами был осуществлен для кристаллогидратов солей различных металлов на установке высокого давления типа наковален Бриджмена [7].

Характерной особенностью твердофазного электролиза кристаллогидратов солей различных металлов является наличие периода индукции $\tau_{\text{инд}}$. Это то время, за которое в системе формируется достаточное количество электропроводящих каналов, приводящих к так называемому «электрохимическому пробою», в результате чего сила тока резко возрастает и происходит самоускорение твердофазного электролиза. Причины появления $\tau_{\text{инд}}$ и методика его определения по кинетическим кривым сила тока - время также приведены в [7]. В этой же работе показано, что период индукции зависит от толщины образцов - с увеличением толщины образца период индукции линейно возрастает.

В настоящей работе приведены результаты этих дальнейших исследований поведения твердых веществ под высоким давлением. В качестве объекта исследования выбран медный купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ марки х. ч.

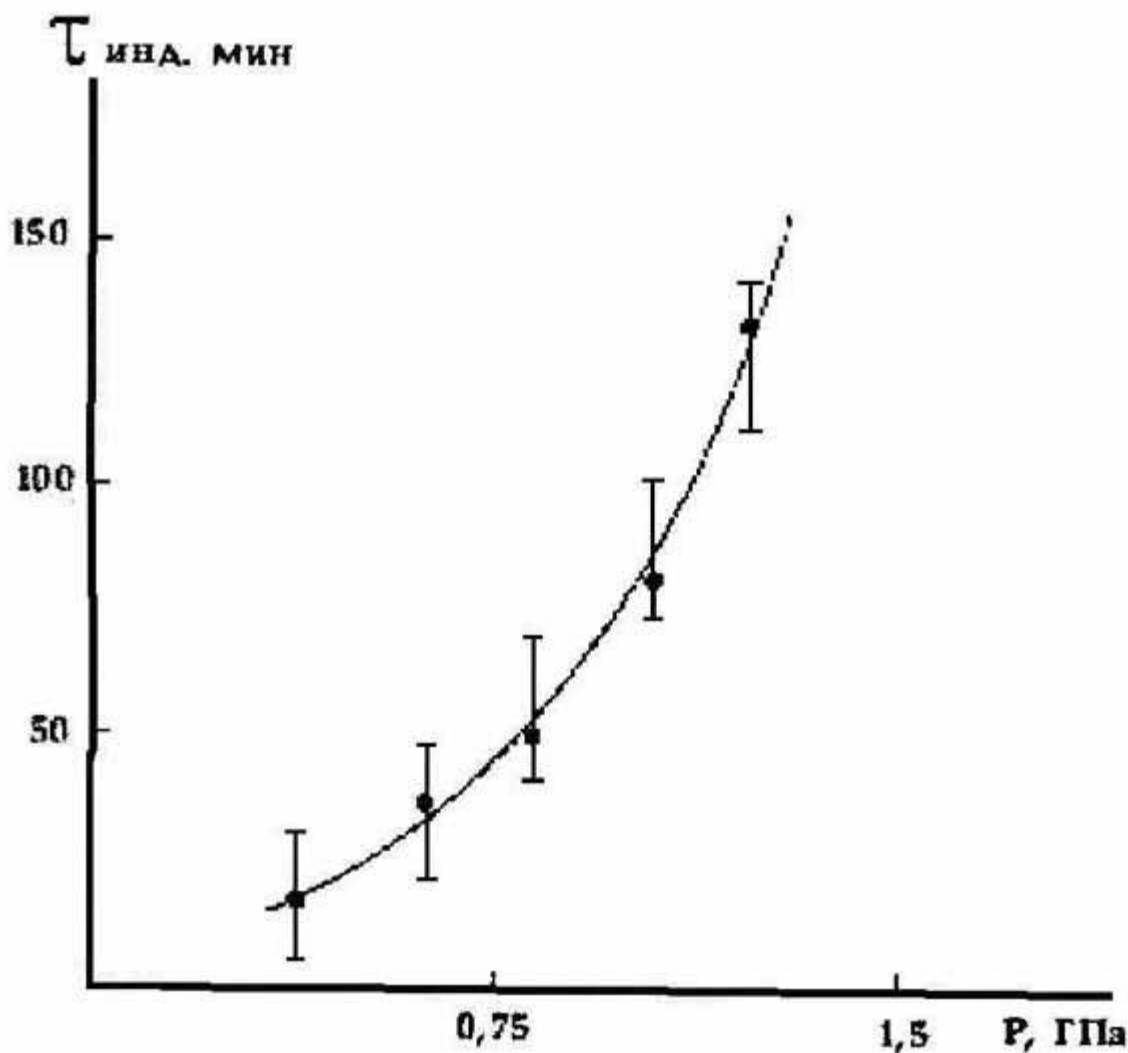


Рис. 1. Зависимость периода индукции от давления для медного купороса.

На рис.1 приведена кривая зависимости периода индукции от давления для медного купороса с толщиной таблетки 0.25 мм, диаметром 1.5 см, при напряжении на клеммах электродов 30 В. Как видим, повышение давления приводит к увеличению периода индукции, что, как и ожидалось, связано с подавлением процессов переноса, сопровождающих электролиз. При весьма высоких давлениях электролиз вообще прекращается.

При электролизе медного купороса катод покрывается медным слоем. Было замечено, что при низких давлениях катод покрывается медью более или менее равномерно по всей поверхности, при повышении же давления центр катода не покрывается - выделение меди происходит по его краям в виде кольца. Чем выше приложенное давление, тем дальше от центра происходит выделение меди. Эту закономерность можно оценить по величине степени покрытия катода α , рассчитанной по формуле $\alpha = 1 - (d/D)^2$, где D - диаметр катода, d - диаметр не покрытой медью части катода. Зависимость степени покрытия от толщины таблетки и давления приведена на рис. 2. При низких давлениях до 0,5 ГПа степень покрытия $\alpha = 1$ и вся поверхность катода покрывается медью. Дальнейшее повышение давления приводит к уменьшению степени покрытия. С увеличением толщины таблетки при одном и том же давлении α уменьшается.

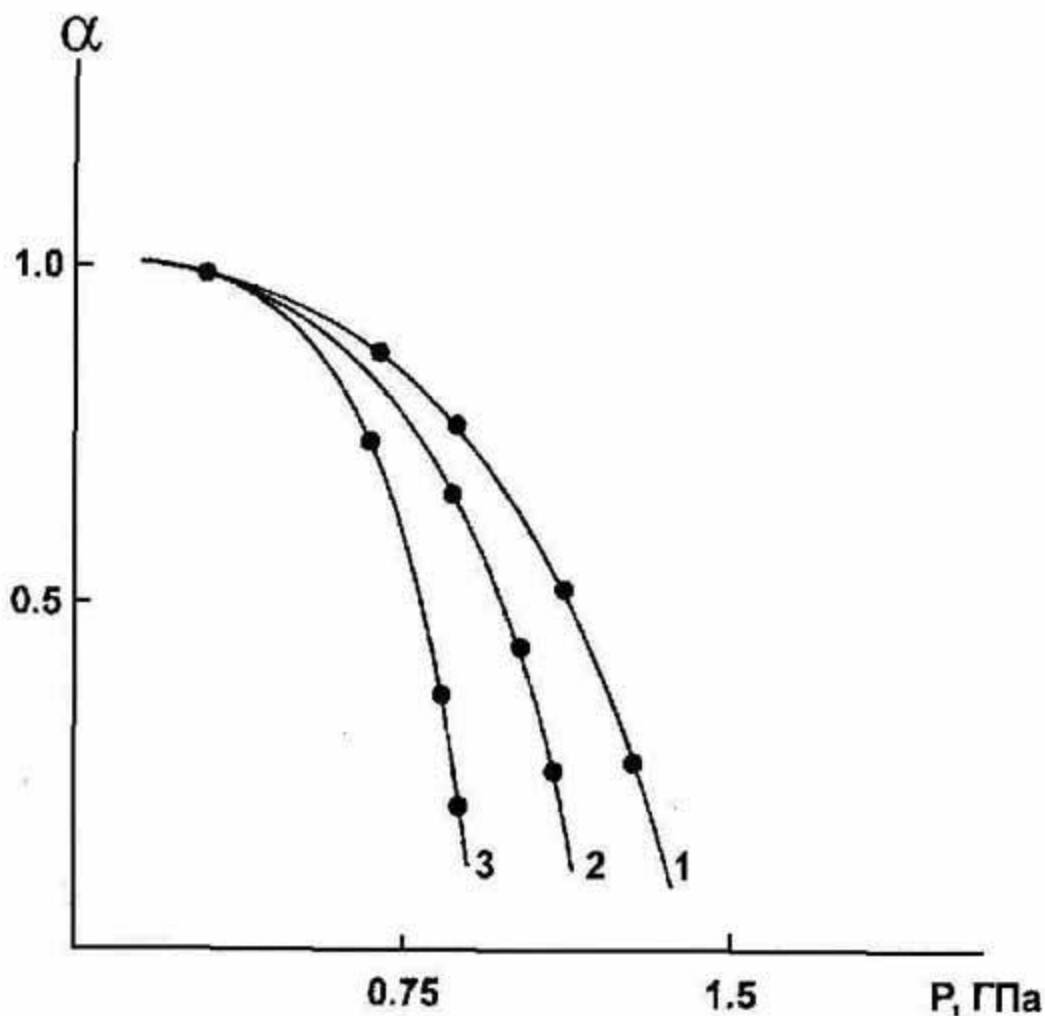


Рис. 2. Зависимость степени покрытия катода от давления: 1. - таблетка толщиной $h = 0.25$ мм; 2. - $h = 0.5$ мм; 3. - $h = 0.75$ мм.

Учитывая, что давление подавляет электролиз, приходим к выводу, что при одноосном сжатии таблеток исследуемого вещества давление распределяется по поверхности образца неравномерно. Там, где оно меньше, легче формируются электропроводящие каналы, способствующие электролизу. Следовательно, при больших степенях сжатия давление в центре образца больше, чем по перифериям. Возникает колоколообразное распределение давления с максимумом в центре образца, и электрохимические процессы протекают по краям таблетки, т.е. в участках пониженного давления.

Неравномерное распределение давления приводит к возникновению его градиента, направленного от центра к перифериям таблетки и стремящегося вытеснить вещество из-под наковален. Этому препятствуют силы трения, действующие как в объеме образца, так и между поверхностями таблетки и наковален. С другой стороны, по краям таблетки, где давление ниже, вещество находится в упругом состоянии, вследствие чего возникает упругое кольцо, стремящееся удерживать вещество под наковальнями. По мере повышения давления равновесие между удерживающими и вытесняющими силами постепенно нарушается, и при некотором

критическом давлении вещество, теряя механическую устойчивость, внезапно выбрасывается из-под наковален. Происходит взрыв, природа которого, очевидно, механическая.

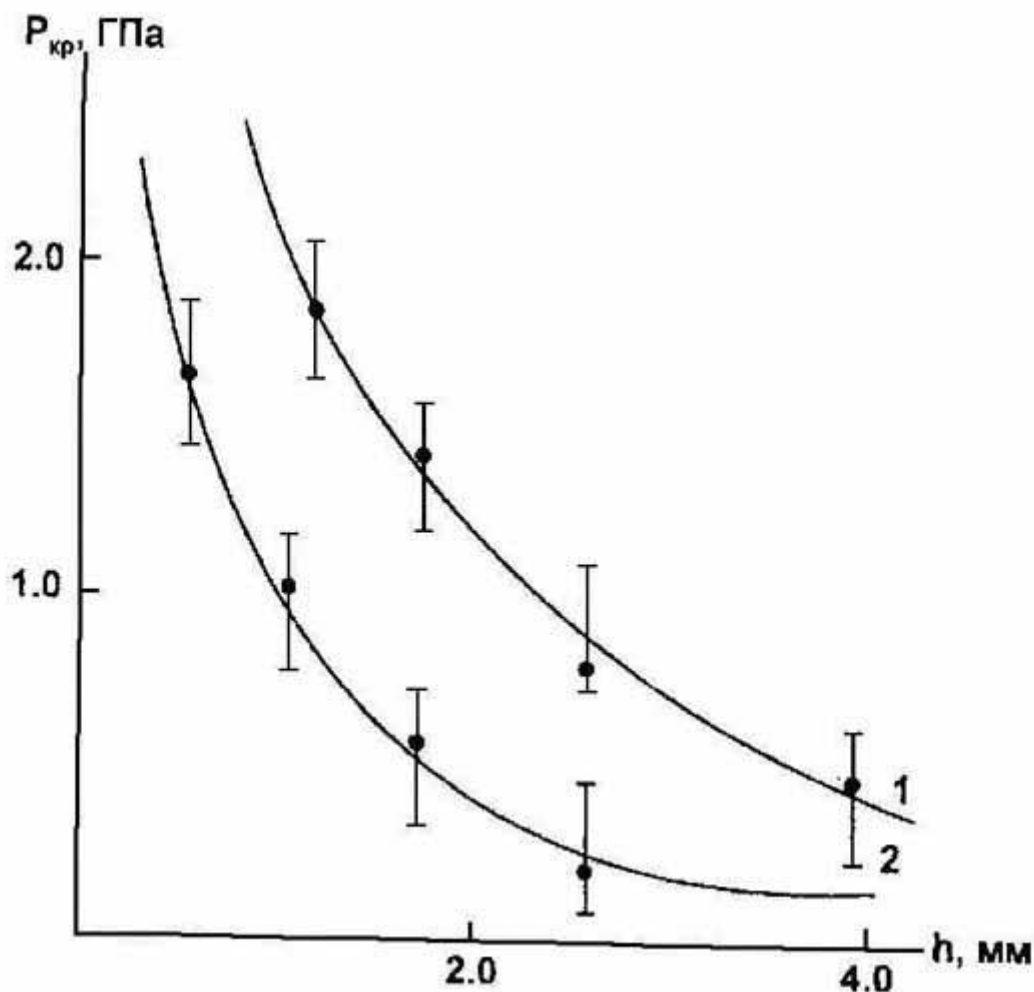


Рис. 3. Зависимость критического давления взрыва от толщины сжимаемой таблетки: 1. - "сухой" кристаллогидрат; 2. - увлажненный образец.

Из предложенного механизма взрыва следует, что наличие жидкой фазы будет способствовать взрывным явлениям, что и было обнаружено нами при испытаниях предварительно увлажненных образцов. Из рис.3 видно, что критические давления взрыва для влажных образцов существенно ниже, чем для «сухих» образцов. Этим же эффектом можно объяснить явления взрыва при прохождении электрического тока через образцы кристаллогидратов. Так, например, если электролиз кристаллогидрата проводить при давлении ниже критического (вызывающего взрыв «сухих» образцов), то при достижении периода индукции нередко наблюдаются взрывные эффекты. Это, очевидно, связано с тем, что при электролизе по краям таблетки выделяется кристаллизационная вода (увлажнение образца) и упругие свойства наружного кольца образца нарушаются в сторону ослабления за счет процессов переноса.

Предложенным механизмом объясняется также влияние твердости сжимающей поверхности на взрывные явления. Если в качестве электродов вместо стальных пластинок использовать более мягкие (*Cu*, *Al*, *Zn*, *Pb*), то при одном и том же давлении степень покрытия катодов из мягких

металлов значительно превосходит таковую из стальных. Это свидетельствует о более равномерном распределении давления на мягких поверхностях, что приводит к предотвращению взрывных явлений.

Таким образом, взрывные явления на наковальнях Бриджмена являются чисто механическими эффектами и зависят от многих факторов. По-видимому, этим можно объяснить противоречивые данные разных авторов [1-5] о природе и условиях взрыва на наковальнях Бриджмена.

Как было отмечено, при взрыве часть вещества с большой скоростью выбрасывается из-под наковален, при этом происходит резкий спад давления в системе и энергия, запасенная в виде напряжения прессы, освобождается в форме упругой волны, амплитуда которой зависит от значения скачка давления, который в свою очередь зависит от критического значения давления взрыва. Упругая волна, распространяясь по исследуемому веществу, вызывает раздробление вещества и в определенных условиях может вызвать различные сверхбыстрые химические превращения.

Армянская сельскохозяйственная академия

Литература

1. *Бриджмен П.В.* Новейшие работы в области высоких давлений. М.: ИЛ, 1948. 300 с.
2. *Воларович М.П., Пархоменко Э.И.* - Изв. АН АрмССР. Сер. геофиз. № 2. 1957. С. 190-199.
3. *Ярославский М.А.* - Реологический взрыв. М.: Наука. 1982. 193с.
4. *Буров В.Н., Житников П.П., Неверов В.В., Суппес В.Г.* - ПМТФ. № 4. 1986. С. 110-115.
5. *Айвазян Х.Г.* Автореф. докт. дис. Ереван, 1992.
6. *Ениколопян Н.С., Мхитарян А.А., Карагезян А.С.* - ДАН СССР. 1987. Т. 294. № 4. С. 912-915.
7. *Ениколопян Н.С., Мхитарян А.А., Карагезян А.С., Хзарджян С.М.* - ДАН СССР. 1986. Т. 288. № 4. С. 911-914.

Հ.Հ. Միխթարյան

Պայթյունի մեխանիզմը Բրիջմենի սալիկների վրա

Կարծր նյութերի էլեկտրոլիզի միջոցով ցույց է տրված, որ հետազոտվող նյութերի միառանցքային սեղմման դեպքում ճնշումը նմուշի վրա անհավասարաչափ է բաշխվում, ընդունելով զանգակաձև տեսք՝ մաքսիմումով հաբի մակերևույթի կենտրոնում: Որպես հետևանք գոյանում է ճնշման գրադիենտ՝ ուղղված նմուշի կենտրոնից դեպի ծայրամասերը, որն աշխատում է նյութին դուրս մղել սալիկների արանքից: Դրան արգելակում են շփման ուժերը, որոնք գործում են փորձարկվող նյութի և սալիկների միջև: Ճնշումը բարձրացնելիս նշված հավասարակշռությունը խախտվում է, և որոշակի կրիտիկական պայմաններում նյութը, կորցնելով մեխանիկական կայունությունը, մասնակիորեն արտանետվում է սալիկների արանքից: Տեղի է ունենում մեխանիկական պայթյուն, որն ուղեկցվում է ճնշման թռիչքաձև անկումով և որպես հետևանք՝ առաձգական ալիքի առաջացումով, որը, տարածվելով փորձանմուշում, կարող է խթանել զանազան քիմիական փոխարկումներ: