

К ВОПРОСУ О СВЯЗИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ С НЕКОТОРЫМИ МЕХАНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

А. Ф. ГОРОДЕЦКИЙ

Изучению влияния механических воздействий на диэлектрик посвящено много работ.

П. П. Кобеко и И. В. Курчатов [1] исследовали влияние пластических деформаций на электрическую прочность каменной соли.

Пластическая деформация кристалла осуществлялась давлением в $5-7 \text{ кг/см}^2$ при температуре $700-750^\circ\text{C}$ в течение одного часа. Длина деформированного кристалла оказывалась равной $70-90\%$ от начальной. Скол таким образом обработанных кристаллов давал чешуйчатое строение, что указывало на значительное нарушение решетки. Пробой осуществлялся как на постоянном токе, так и на импульсном напряжении.

Сопоставление полученных результатов со значениями электрической прочности хорошо отожженных и неотожженных (а следовательно, произвольно деформированных) образцов показало отсутствие различия в значениях электрической прочности.

А. А. Воробьевым [2] исследовались с этой же точки зрения кристаллы каменной соли, эбонит, различно отожженные стекла.

Степень нарушения кристаллической решетки при пластической деформации кристаллов NaCl не сказывается на величине электрической прочности.

Однако опыты показали, что в некоторых случаях с ростом давления наблюдается сначала некоторое возрастание электрической прочности, а затем ее убыль. При этом существенно отметить, что возрастание электрической прочности не превышало предельных значений, полученных для образцов NaCl, хорошо предварительно отожженных.

Акахира и Гемант [4] исследовали влияние механических напряжений на величину пробивного напряжения стекла, резины, слюды, целлофана и целлулоида и получили также некоторое возрастание, а затем убыль электрической прочности с ростом давления.

По мнению А. А. Воробьева, это возрастание электрической прочности связано со вторичным эффектом, обязанным своим происхождением неоднородности диэлектрика.

Микроскопическое исследование распространения разрядов в кристаллах при наличии в них механических напряжений производилось А. А. Воробьевым [3] в поляризационном приборе. При этом оказалось, что механически напряженные участки в кристаллах NaCl не являются преимущественными направлениями развития пробоя. Разряды шли главным образом по границам между напряженными и ненапряженными участками.

Отсутствие прямой связи между механическими напряжениями и электрической прочностью не исключает наличия понижения электрической прочности в результате нарушения микроскопической структуры диэлектриков. Последнее обстоятельство подчеркивалось Е. К. Завадовской [5],

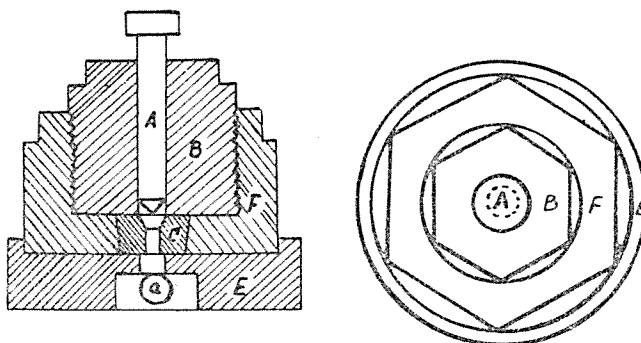
а также нами [6] в связи с рассмотрением вопроса об электрической прочности твердых растворов.

С другой стороны, можно ожидать, что механические характеристики, так или иначе отражающие энергетику кристаллов, могут оказаться тесно связанными с электрической прочностью.

В связи с этим нами было произведено сопоставление электрической прочности некоторых кристаллов щелочно-галогидного ряда с давлением истечения и твердостью по Бринелю.

Давление истечения, как метод физико-химического анализа, было детально изучено Курнаковым и Жемчужным [7].

Испытуемые вещества подвергались сдавливанию в приборе, схематически показанном на фиг. 1.



Фиг. 1

„Вещества помещались под поршнем или шпинделем А (диаметр $D = 8,66$ мм и $15,25$ мм) из закаленной стали, движущимся внутри стального цилиндра В. Последний ввинчивается плотно в другой цилиндр F, в нижней части которого вставлена коническая пробка С с цилиндрическим каналом е ($2,81$ мм в диаметре (d) и до 10 мм длины), служащим для истечения. Для направления струи и устранения мертвого пространства нижний конец шпинделя заточен на конус и в пробке С вырезано углубление соответственной формы. Прибор ставится на подставку Е с прорезом А, предназначенным для наблюдения за процессом истечения“.

Давление на поршень задавалось и измерялось при помощи пресса Гагарина с записью диаграммы.

Изучение полученных диаграмм позволило выбрать в качестве меры давления истечения то максимальное напряжение на шпинделе, при котором начинается истечение вещества через канал е.

Результаты исследований, выполненных школой Курнакова, указывают на наличие параллелизма значений давления истечения и твердости по Бринелю.

Сопоставление значений электрической прочности с величиной давления истечения и твердостью по Бринелю показано на фиг. 2 и 3 в таблице.

Можно пожалеть, что за отсутствием данных приходится ограничиваться лишь небольшим числом веществ.

Как легко видеть из приведенных графиков (фиг. 2 и 3), между сопоставляемыми величинами наблюдается более или менее прямая зависимость.

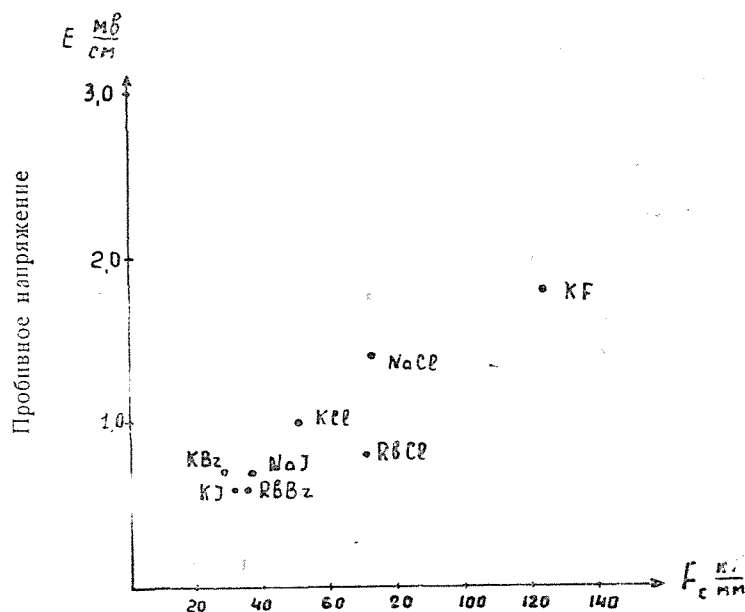
Интересно, что в приложении к твердым растворам получается также соответствие между значениями давления истечения и электрической прочности в зависимости от состава.

Таблица

Соль	Пробивное напряжение в мв/см	Твердость по Бринелю кг/мм ²	Давление истечения кг/мм ²
KF	1,8	—	123,8
NaCl	1,5	14	72,0
KCl	1,0	6,69	50,5
RbCl	0,8	—	70,5
KBr	0,7	5,40	28,2
RbBr	0,6	—	35,3
NaJ	0,7	—	37,1
KJ	0,6	4,08	31,0

Давление истечения в функции состава для системы KCl—KBr и KBr—KI исследовалось И. Б. Вржесневским [8], результаты которого приведены на фиг. 4, 5.

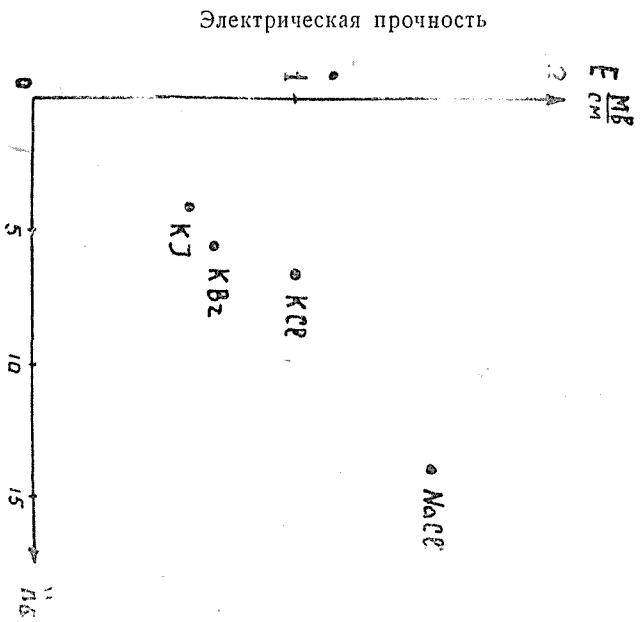
Исследование электрической прочности для тех же твердых растворов выполнено Хиппелем [9] для системы KCl—KBr (фиг. 6) и Н. Б. Богдановой [10] для системы KBr—KI (фиг. 7).



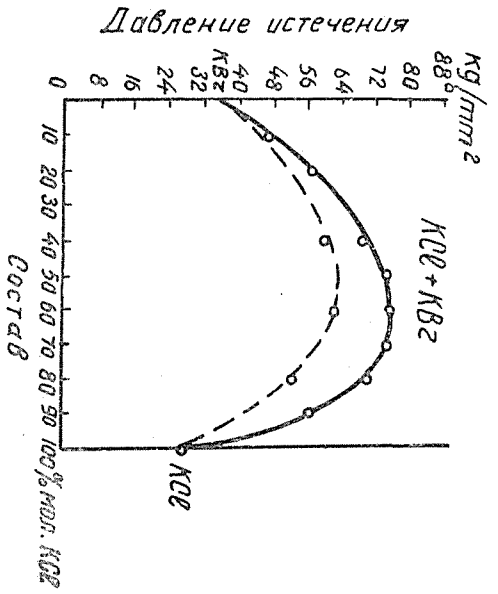
Фиг. 2. Давление истечения

Из кривых видно, что для этих систем специфическое действие примесей приводит к возрастанию давления истечения, что также соответствует ожидавшимся результатам для электрической прочности. Для системы KBr—KI противоположный ход кривых давления истечения и электрической прочности говорит лишь за то, что процесс распада резче сказывался на величине электрической прочности в полном соответствии с высказанными ранее взглядами [6].

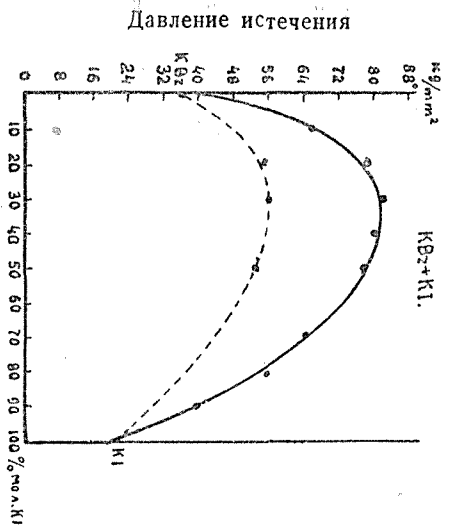
Это мнение подтверждается еще и тем фактом, что в системе KCl—KI, характеризующейся особенно низкой устойчивостью при нормальных температурах, кривая давления истечения—состав, по данным [8], аналогична кривой фиг. 7, выражающей зависимость электрической прочности от состава для системы KBr—KI (см. фиг. 8).



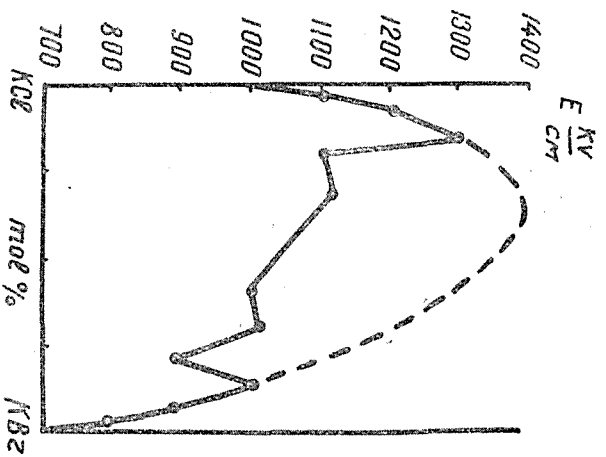
Фиг. 3. Твердость по Бринеллю



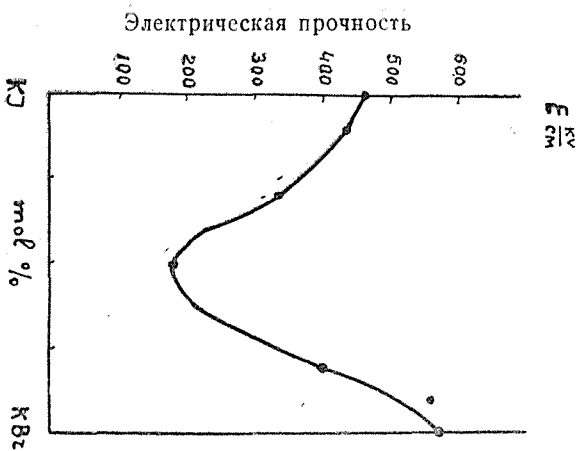
Фиг. 4



Фиг. 5. Состав

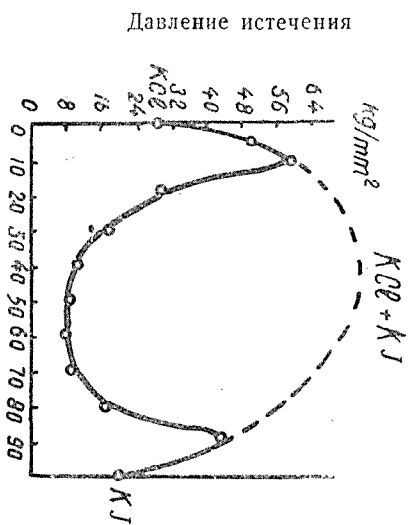


Фиг. 6



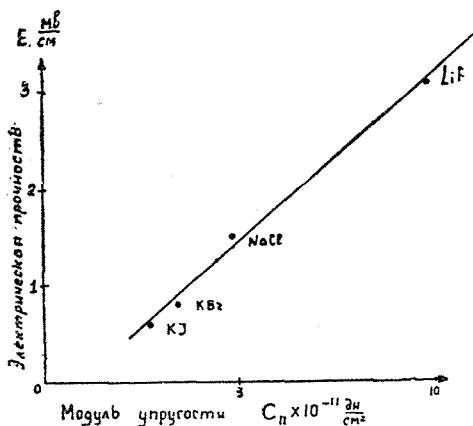
Состав

Фиг. 7



Фиг. 8. Состав

Небезинтересно провести еще сопоставление электрической прочности с модулями упругости. Используя данные для модулей упругости, измеренных импульсным звуковым методом для солей LiF, NaCl, KBr, KI [11], был построен график зависимости электрической прочности от модулей упругости (фиг. 9).



Фиг. 9

Как легко видеть, и в этом случае получается явно выраженная зависимость.

Таким образом, связь электрической прочности с некоторыми механическими характеристиками представляется вполне определенной.

В заключение выражаю благодарность профессору доктору А. А. Воробьеву за обсуждение затронутых в статье вопросов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кобеко П. П. и Курчатов И. В. ЖРФХО, 61, 378, 1929.
2. Воробьев А. А. Электричество, 4, 22, 1940.
3. Воробьев А. А. ДАН СССР, 26, № 8, 1940.
4. Akashira T. und Coemant A. Arch. f. Electrot., 27, 577, 1933.
5. Завадовская Е. К. ДАН СССР, 81, 541, 1951.
6. Городецкий А. Ф. Известия ТПИ, 71, 21, 1952.
7. Курнаков Н. С. и Жемчужный С. Ф. ЖРФ-ХО, 45, 1004, 1913.
8. Вржесневский И. ЖРФ-ХО, 43, 1376, 1911.
9. Hirrel A. V. Zs. f. Phys., 88, 358, 1934.
10. Богданова Н. Б.—ЖЭТФ, 14, 30, 1944.
11. H. Nuttington. Phys. Rev. 72, 321, 1947.