ФОТОХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ СТЕКЛЯННЫХ ИЗДЕЛИЙ*)

По своим физико-химическим свойствам стекло является незаменимым материалом для огромного количества самых разнообразных изделий. Однако широкое и непрестанно растущее внедрение стекла в производство существенно тормозится весьма трудоёмкой технологией его механической обработки. Общеизвестно, что массовая продукция из стекла страдает множеством недостатков (нестандартность, дефекты поверхности). В то же время сколько-нибудь заметное улучшение качества этой продукции, а именно увеличение точности изготовления изделий, оказывается крайне дорогим, а подчас и практически невозможным.

С этой точки зрения предлагаемый автором реферируемой заметки путь замены механической обработки стекла его фотохимической обработкой представляет значительный интерес, несмотря на то, что в современном виде эта методика ещё очень несовершенна и применима только к весьма ограниченному классу стёкол, не имеющему серьёзного промышленного значения, а именно к одному из типов светочувствительного стекла (так называемый «светочувствительный опал»).

Суть предлагаемого процесса состоит в следующем. Будучи подвергнуто облучению светом и последующей термической обработке («проявлению»), стекло этого типа приобретает повышенную растворимость, по сравнению с необлучённым стеклом. Благодаря этому полученное в стекле объёмное фотографическое изображение может быть растворено, причём процесс растворения практически не затронет области, не подвергшиеся облучению.

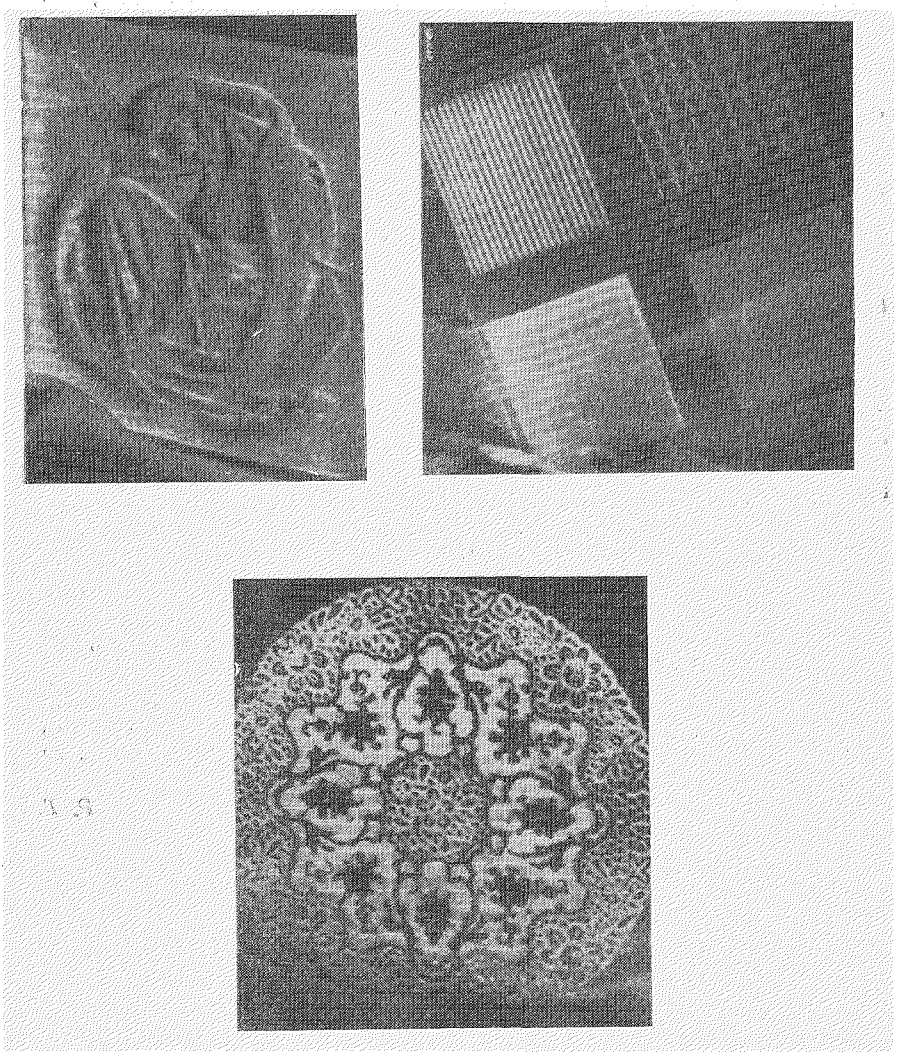
Рассмотрим этот процесс подробнее.

В стёклах типа светочувствительного опала, к числу которых принадлежит литиевый силикат, модифицированный оксидами калия и алюминия и содержащий примеси церия и серебра в качестве фоточувствительного инградиента (SiO_2 — 81,5%, Li_2O — 12,0%, K_2O — 3,5%, Al_2O_3 — 3,0%, CeO_2 — 0,03%, Ag — 0,02%), в результате облучения их светом выделяются металлические частицы, образующие скрытое изображение. В процессе термического проявления эти металлические частицы служат центрами кристаллизации метасиликата лития, в результате чего облучённые области стекла становятся молочными (рентгеновский анализ показал, что в проявленном изображении содержится около 35 весовых процентов кристаллического метасиликата лития). По существу процесс проявления распадается на четыре последовательные стадии: 1) нейтрализация металлических ионов фотоэлектронами, образовавшимися при облучении, 2) рост металлических частиц до критических размеров, при которых они могут служить ядрами кристаллизации, 3) зарождение кристалликов метасиликата лития и 4) рост этих кристалликов. Соотношением скоростей этих процессов, зависящих от температуры, определяется режим проявления.

В частности, проявление облучённого образца не может начинаться с нагревания его сразу до высокой температуры, так как это влечёт за собой разрушение скрытого изображения. Образование ядер кристаллизации, ускоряющееся с ростом температуры экспоненциально, прекращается при $T \gtrsim 540°$ С. Опыты показали, что наиболее рациональным является прогрев при температуре между 458° (температура отжига) и 540° С в течение примерно 5 минут. Затем образец нагревается до более высокой температуры (ниже температуры размягчения — 637°) для кристаллизации метасиликата лития. Полное проявление соответствует окончанию процесса слияния граней соседних кристалликов. Время про-

*) S. D. Stookly, Jrd. a. Eng. Chemistry 45, № 1, 115 (1953).

явления пропорционально вязкости стекла и растёт с температурой экспоненциально (при 600° С для полного проявления изображения требуется около 1 часа).



Изделия из светочувствительного стекла, изготовленные фотохимическим способом.

Размеры образующихся кристалликов зависят от экспозиции. В среднем они близки к 4 микронам, что соответствует 10^{10} кристалликов в кубическом сантиметре.

Если растворение вести при комнатной температуре в 2 ÷ 10% водном растворе плавиковой кислоты, то, как показывают измерения, линейная скорость растворения кристалликов примерно в 50 раз больше, чем неоткристаллизованной стеклянной массы (объёмная или массовая скорость растворения кристалликов в 100 000 раз больше, чем стекла). При этом скорость растворения проявленного изображения, вообще говоря, тем больше, чем сильнее было экспонировано стекло (имеет место эффект насыщения). В результате после растворения образец получает форму, воспроизводящую контуры негативного изображения, за исключением внутренних областей, недоступных для растворителя. Точность воспроизведения формы определяется при этом исключительно соотношением скоростей растворения откристаллизованного и неоткристаллизованного стекла и оказывается достаточно высокой.

Основные применения этого метода обработки стекла автор видит в замене им механических процессов сверления, резания и гравирования. В частности, описанный метод был использован при изготовлении апертурных пластинок для систем цветного телевидения. Эти пластинки содержат сотни тысяч отверстий, имеющих форму усечённых конусов, оси которых направлены к общему фокусу и диаметр которых в узком конце равен 0,225 *мм*, причём к форме и положению отверстий предъявляются требования высокой точности. Оказалось, что помимо преимуществ, связанных с заменой металлических апертурных пластинок стеклянными (диэлектрик!), последние обладали большей степенью точности и воспроизводимости.

Точно так же фотогравировальный процесс, осуществляемый описанным выше способом, обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с обычными способами фотогравирования (в частности, лучшее воспроизведение изображения), что позволяет надеяться на его широкое использование в полиграфической промышленности. Наконец, автор с успехом использовал фотохимическую обработку светочувствительного стекла для изготовления барельефов и создания стеклянных изделий сложного рисунка. Примеры изделий, изготовленных этим способом, показаны на рисунках.

В заключение отметим, что светочувствительность стекла достаточно велика и процесс получения изображения не отнимает много времени. Так, используя ртутную или дуговую лампу в качестве источника света и контактный метод печати, автор получал нормальные изображения за время, измеряемое секундами или минутами.

Р. Г.