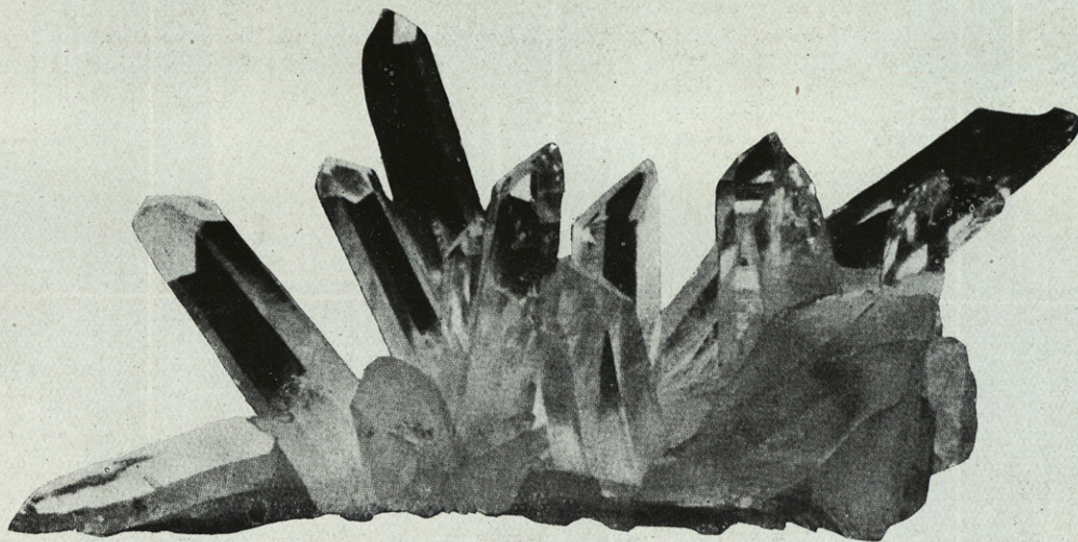




2

EL MATERIAL

En *Técnica y Civilización* L. Munford apunta como uno de los mayores errores tecnológicos de nuestra cultura—que dice apoyarse en las conquistas de la ciencia—el empleo de vidrios absurdos prácticamente permeables al frío y al calor y—por el contrario—ciegos a la transmisión de toda radiación vital, la lindante con la radiación ultravioleta.

Tal ha sido en efecto la realidad del vidrio hasta hoy. Pero la nueva tecnología de su química y la más profunda investigación del material ha hecho grandes progresos en busca de otros productos mejores y más lógicos en su comportamiento. La nueva tecnología que, desarrollada sobre la primaria exposición de la obra de Neri: *L'Arte Vetraria* (Florenia 1612) y durante siglos única fuente de consulta y, desde luego, primera y fundamental aproximación de la ciencia al material, ha hecho posible hoy la aplicación de una nueva serie de productos que, conservando las mejores condiciones de transparencia, tratan de amoldarse mejor a las exigencias de opacidad, a la transmisión del calor y permeabilidad al paso de las radiaciones vitales del espectro solar.

En la mayoría de las nuevas realizaciones del vidrio, en países de técnica avanzada, es norma corriente la aplicación de estos productos nuevos, de más depuradas características.

La nueva etapa de la arquitectura del vidrio, de la que son ejemplos aquella primera fantasía de la torre de oficina, que proyectara, en 1926, Mies Van der Rohe, o el nuevo edificio de las Naciones Unidas, no supone tampoco, en su perfección, el abandono de las soluciones actuales porque el problema, de índole tecnológica, está condicionado al perfeccionamiento y posibilidades de la técnica de cada pueblo. Y la misma razón que hace supervivir el lienzo encerado en algunos pueblos de Castilla, mantendrá las soluciones del vidrio ac-

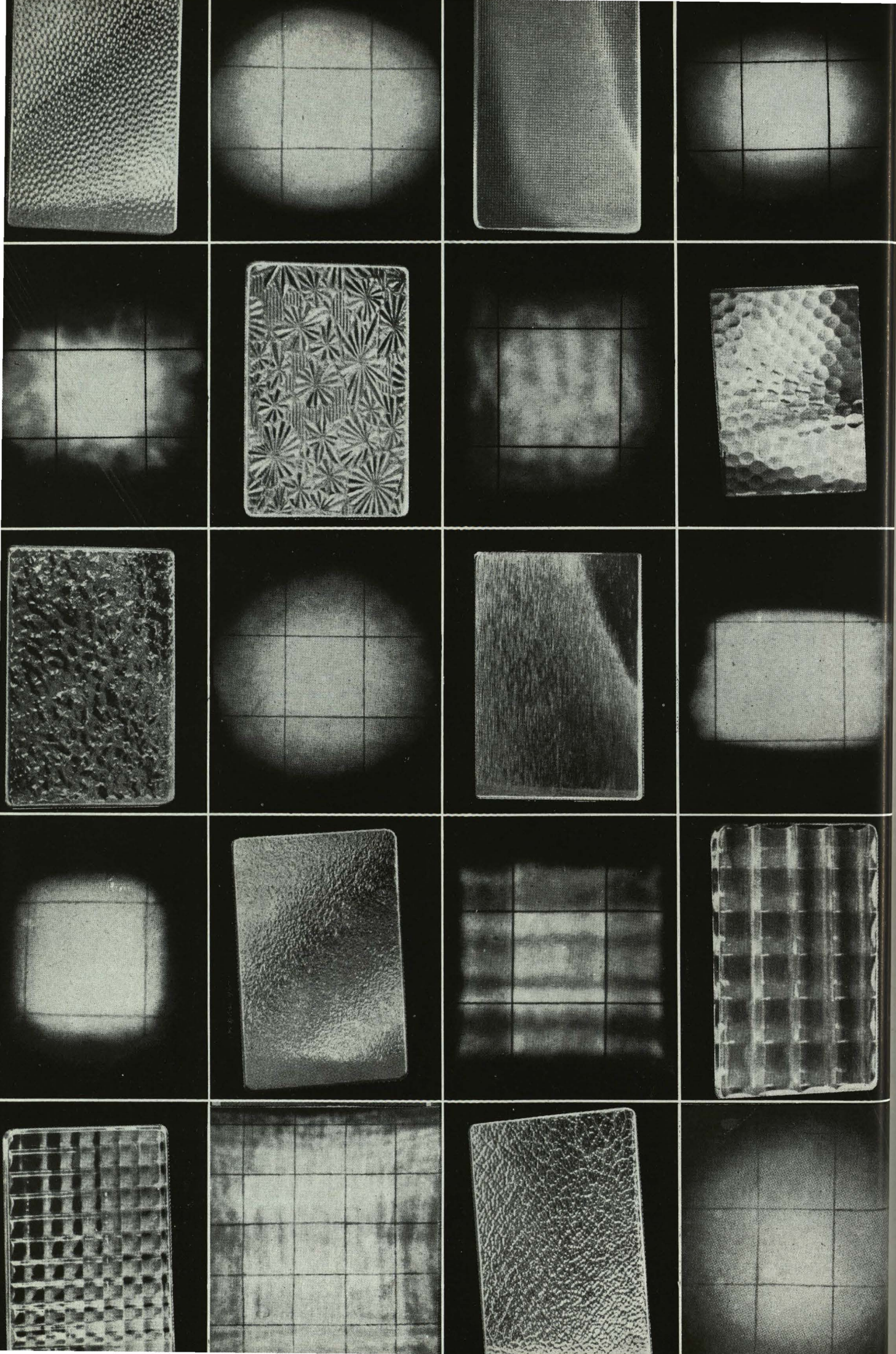
tual, sin que por ello quepa despreciar las victorias de unos más lógicos principios, que por su acción sobre el concepto tradicional del "hueco" están empezando a dejar tan evidente huella en el terreno de la nueva plástica.

Pese a la importancia que en su comportamiento tiene la constitución química, *lo vítreo es, ante todo, un estado físico*. El vidrio no lo es porque el producto consta de ciertas sustancias químicas, aunque éstas sean esenciales para producirlo. Tal es la definición de Morey como sustancia inorgánica de estado físico continuo, similar al estado líquido que, a consecuencia de haber sido enfriada desde la condición fundida, ha alcanzado tan alto grado de viscosidad que a todos los propósitos prácticos puede considerarse como verdadera sustancia sólida. Algo así como un líquido "subenfriado", en que la viscosidad ha ido creciendo en forma continua hasta el estado de sólido a la temperatura ordinaria.

Aparte de su transparencia, las cualidades esenciales del vidrio son su inalterabilidad a la acción prolongada de la intemperie y de la mayoría de los agentes químicos, junto con esta progresiva viscosidad, función de la temperatura, que permite su fácil trabajo por soplado, prensado o laminado.

Las características, tanto físicas como de composición química, varían sustancialmente con los tipos de vidrios, desde los vidrios de plomo a los normales de sosa-cal-sílice, pasando por una serie de vidrios especiales, adecuados a unas concretas y determinadas aplicaciones: vidrios resistentes a la acción del calor, vidrios resistentes a la abrasión, vidrios permeables a las radiaciones ultravioletas, opacos al infrarrojo, etcétera, etc. Para dar una idea del alcance de la nueva ciencia del vidrio, baste decir que una sola casa, la Corning Glass Works, de Nueva York, funde al año más de 300 tipos de vidrios diferentes.

Los vidrios Solex, Coolite, L. O. F. (Heat Absorbing), Aklo, etc., son ya materiales nuevos que encuentran aplicación normal en el campo de la arquitectura.



CARACTERISTICAS FISICAS DEL VIDRIO

	Límites extremos alcanzados	Valores medios para los vidrios comerciales.
Peso específico...	2,12 a 8,12	2,59
Índice de refracción...	1,46 a 2,18	1,52
Módulo de elasticidad...	457.000 a 879.000 kg/cm ²	700.000 a 750.000 kg/cm ²
Resistencia mecánica:		
A la tracción...	280 a 7.000 kg/cm ²	
A la compresión...	6.300 a 12.600 kg/cm ²	100 a 500 kg/cm ² (1)
Conductibilidad térmica...	0.648 a 1.008 kcal/hora. °C. por m ² y m.	0,72 kcal/hora. °C. por m ² y m.
Coefficiente de dilatación...	0.0000005 a 0,000014 m. por m. y °C.	0,000008 a 0,000009 m. por m. y °C.
Punto de reblandecimiento...	500 a 1.500 °C.	675 a 750 °C.
Punto de recocido...	350 a 890 °C.	500 a 570 °C.
Constante dieléctrica...	3,7 a 16,5 °C.	

(1) 100 kg/cm² para el vidrio recocido. 500 kg/cm² para el vidrio templado,

COMPOSICION QUIMICA DE VIDRIOS COMERCIALES

	Lámina estirada.	Vidrio laminado e impreso.	Lunas.
Na ₂ O ...	14 a 16 %	12 a 14 %	12 a 14 %
CaO ...	8 a 10 %	11 a 14 %	13 a 14 %
SiO ₂ ...	71 a 73,9 %	70,2 a 72,5 %	70,5 a 73 %
MgO ...	1,5 a 3,5 %	0 a 2 %	0 a 1 %
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ ...	0,5 a 1,5 %	0,5 a 1,5 %	0,5 a 1,5 %

Elaboración y moldeo.—Tres son los componentes básicos de la mezcla u “hornada” que entran en la formación del vidrio ordinario, vulgarmente denominado vidrio de sosa-cal-silíce (Na₂O . 0,67CaO . 4,52SiO₂):

Un cuerpo vitrificante—silíce—que se introduce en forma de arena. Un fundente—sosa o potasa—, para reducir la temperatura de fusión de la silíce desde 1.700 a 1.400°C., aplicado generalmente en forma de carbonato o sulfato. Un estabilizante—cal—para darle dureza y aumentar su resistencia a la acción del agua.

A la mezcla se añaden, por lo común, restos de vidrio de coladas anteriores junto con agentes oxidantes, decolorantes o enturbiantes. Los fragmentos de vidrio se utilizan no sólo por economía, sino también porque activan eficazmente la fusión de la mezcla. Los oxidantes se emplean sólo en alguna circunstancia especial, como, por ejemplo, para prevenir la reducción del óxido de plomo a plomo metálico por la acción de los gases del horno. En cuanto a los decolorantes, podría afirmarse que si se quitase toda impureza de la hornada, no habría dificultad en obtener un material incolo-

ro, método además el mejor de producirle; sin embargo, de ordinario es conveniente incorporarlos, con el fin de amortiguar el color producido por las impurezas y los efectos de oxidación de aquéllas en la cocción.

Los procesos esenciales de la fabricación comprenden:

- Preparación de primeras materias y mezcla de la hornada.
- Fusión y refinado.
- Conformación por moldeo, prensado, laminado, etcétera.
- Recocido.
- Templado.

Las cuatro primeras operaciones son básicas; la última, de reciente introducción, se aplica sólo en los casos que se buscan materiales de alta resistencia mecánica.

La elaboración de los productos del vidrio, revolucionada en los últimos tiempos por el progreso industrial característico del siglo, particularmente por la me-



Algunos tipos, no españoles, de vidrio prensado. La común cooperación entre el técnico fabricante y el artista puede y debe descender hasta estos elementales detalles. Se trata de alcanzar productos de mejor aspecto y más fácil aplicación que esos dibujos “pasados de moda” que, salvo algún otro modelo ondulado, siguen privando en nuestro mercado. A la derecha de cada uno se indican las curvas de distribución luminosa.

canización de todas las fases de su producción en forma continua, puede seguir una de estas formas típicas:

Soplado a pulso.

Idem en moldes de hierro caliente.

Idem en moldes de pasta.

Prensado.

Colado.

Trabajo a la lámpara.

Estirado y laminado.

El soplado de vidrio "a pulso" es la técnica más antigua, y también más peculiar, del material. Se utiliza en la actualidad en la forma y casi con idénticos medios que se empleaba hace más de mil quinientos años, desde la invención de la caña. El útil esencial, la "caña" (un tubo de hierro de 1,20 a 1,50 m., con una prominencia en un extremo y una boquilla en el otro), apenas si ha sufrido modificación desde tan remota fecha. El procedimiento de elaboración consiste en tomar con la caña cierta cantidad de materia, la "posta", de la que se obtiene la forma buscada por soplado y giro simultáneo de la caña de uno a otro lado; el trabajo se perfecciona con el auxilio de un "canalete" de madera carbonizada y una mesa de trabajo, "marbreado", generalmente de hierro fundido, lubricada con cera o aceite. Una serie de sencillas herramientas, muchas idénticas a las ya utilizadas desde tiempo inmemorial, sirven para rematar la operación (recorte, rebordeo, etc.).

Esta técnica del vidrio soplado, es base de todos los trabajos artísticos del vidrio, y, aún hoy, insustituible en la realización de trabajos de arte y cristalería fina.

El soplado "en moldes de hierro caliente", también denominado trabajo en "moldes de hierro", sólo difiere del anterior en que la conformación de la ampolla se hace sobre un molde de fundición gris mantenido a elevada temperatura, bien por caldeo del conjunto en un horno especial, bien por el calor transmitido por la propia masa fundida. Se aplica a toda clase de trabajos: cristalería, botillería, etc., con libertad absoluta de formas y dibujos, que sólo afectan a la complicación y número de piezas que vienen a entrar en cada molde.

El soplado en "moldes de pasta" es técnica que sólo sirve para artículos de sección transversal circular y superficie lisa libre de dibujos y adornos. El molde de hierro que conforma la ampolla lleva en su interior un forro o camisa (resina, aceite de linaza, jabón, cera de abejas, etc.), que permite al vidrio girar mientras se está trabajando. Se pueden obtener artículos de superficies casi tan perfectas como los procedentes del trabajo a pulso, con mayor rapidez y economía. Se aplica para material de laboratorio, cristalería, etc.

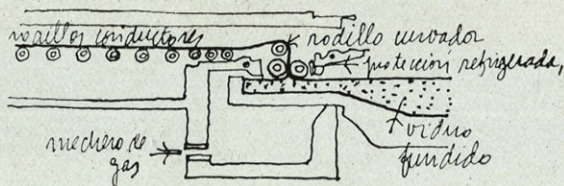
El sistema de prensado en "moldes de prensado" es método que, aunque rudimentario, era ya conocido de los egipcios. El molde, de fundición gris, consta de tres piezas esenciales: el "fondo" o parte que define la superficie externa; el "émbolo" o macho, que limita la superficie interior, y el "anillo", que delimita la parte superior del producto. Aisladores de alta tensión, bloques y ladrillos de vidrio para obras de hormigón traslúcido, etc., se ejecutan, por lo general, según esta técnica.

El trabajo por "colada", otra de las formas de elaboración, se obtiene fundiendo fragmentos de vidrio en moldes de cerámica, que se rompen una vez enfriada la masa. El procedimiento, también muy antiguo, se re-

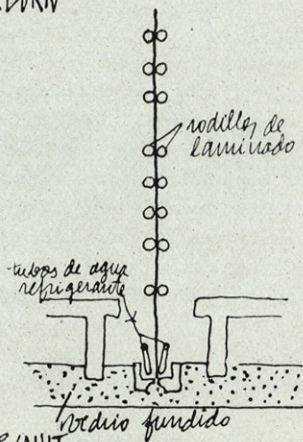
serva en especial para el trabajo de piezas grandes de formas sencillas, necesitándose una técnica muy cuidada para evitar la formación de pelos y burbujas, con el inconveniente, además, de que la masa fundida nunca alcanza la fluidez de los metales, y es difícil hacerla pasar a través de pequeños orificios o rellenar moldes complicados.

La elaboración de vidrios planos de ventanas, la técnica que más de cerca nos interesa, ha pasado a lo largo del tiempo por cuatro etapas esenciales: 1.^a Método de corona. 2.^a Método del cilindro a mano. 3.^a Método del cilindro a máquina. 4.^a Método de estirado o laminado.

El sistema de "corona" era ya conocido de los romanos, y se aplicó hasta principios del pasado siglo. Consistía en soplar con la caña una esfera hueca, a la que se unía un "pontil" por el extremo opuesto; separada la caña, quedaba una esfera con un agujero, sus-



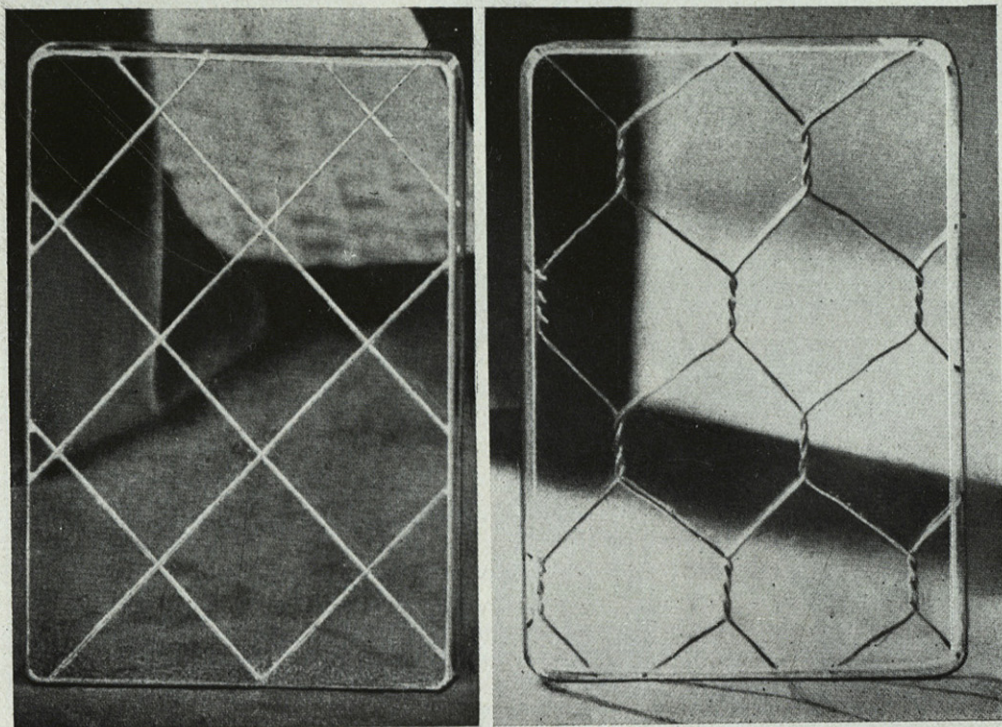
SISTEMA COLBURN



SISTEMA FOURCAULT

pendida del "pontil", que calentada hasta reblandecimiento y girada vigorosamente, se convertía, por efecto de la fuerza centrífuga, en un disco, que luego se enfriaba, se sacaba del "pontil", se recocía y cortaba en placas. Su nombre deriva de que cada disco presenta en su centro una prominencia, "ojo de buey" o "corona".

El sistema de "cilindro a mano" se introdujo hacia el año 1800, y se mantuvo hasta principios de siglo. Consistía en soplar un cilindro de uno a dos metros de longitud y de 35 a 50 cm. de diámetro, hasta alcanzar una forma regular y de paredes sensiblemente constantes. Cortadas las extremidades, se hendía según una generatriz, y se aplanaba luego sobre una mesa con una herramienta especial de madera a modo de azadón.



¿Por qué no dejar las "telas de gallinero" para las gallinas y sacar del vidrio armado todas las posibilidades que encierra?

La técnica siguiente, la del "cilindro a máquina", no hace sino proseguir este último camino, con sustitución de la operación de soplado a mano por aire comprimido perfectamente regulado y con el auxilio de dispositivos mecánicos de elevación, que permite cilindros de mayor tamaño (unos 12 m. de altura y 75 cm. de diámetro). Las operaciones subsiguientes de enfriado, hendido, aplanado, recocido y cortado, se realizaban luego de la misma forma anterior. La primera aplicación de este sistema se llevó a cabo en los Estados Unidos por J. H. Lubbers, en el año 1903.

Todos los sistemas anteriores han venido recientemente a ser sustituidos por los métodos más modernos de "laminado" o de estirado y laminado, a partir de una masa fundida procedente de un gran horno continuo u horno de balsa. Existen esencialmente dos sistemas básicos de laminado: el Colburn y el Fourcault, cuyo mecanismo se aprecia fácilmente en los adjuntos esquemas: La velocidad media de laminación viene a ser del orden de 1,60 metros por minuto para vidrios sencillos (2,2 a 2,5 mm.), y 1,0 metros por minuto para vidrios dobles (3,0 a 3,4 mm.), lográndose piezas de tamaños máximos aproximados del orden de 2,50 a 3,5 mm.

La elaboración de lunas difiere de la fabricación del vidrio plano en que, una vez obtenida la lámina en bruto, se procede a la operación de pulido y acabado de sus superficies en frío. El proceso de fabricación de las mismas ha sufrido recientemente una notable mejora al introducirse el sistema continuo de trabajo en

cadena y en operación automática, que ha reducido la operación de "acabado" de los diez días requeridos con el procedimiento normal, a cincuenta y aun veinte horas.

Operaciones de acabado: recocido.—Todos los productos del vidrio después de formados, ya sea a mano o a máquina, necesitan una o varias etapas de acabado, entre las que se incluye como operación esencial la del recocido. Su misión principal es reducir las tensiones interiores desarrolladas durante la solidificación del producto.

Los antiguos ya conocían y realizaban el recocido, aunque de modo elemental, disponiendo el material recién elaborado sobre el horno y aprovechando así el calor desprendido por éste. Posteriormente se construyó la cámara independiente u horno de recocer, y recientemente se ha llegado a la aplicación de hornos continuos de recocido, que ultiman la operación en muy poco tiempo y en las mejores condiciones. El recocido, contrario, en cierto modo, a la técnica novísima del "templado", es fundamental, repetimos, en todos los productos del vidrio, porque sin tratamiento término posterior el material ofrece extraordinaria fragilidad por la aparición de tensiones interiores localizadas en puntos muy concretos, dependiente de la forma de las piezas. Estas tensiones, medibles fácilmente por efecto de la birrefringencia de todo material con tensiones mediante un simple polariscopio y un compensador de tensión, desaparecen o se reducen a niveles inapreciables en todo producto recocido.

