

---

---

# 玻璃製法

李 仁 堪 譯

世 界 書 局 印 行

---

---

版權所有  
翻印必究

中華民國二十九年八月初版

玻璃製造法

實價國幣十元

外加運費匯費

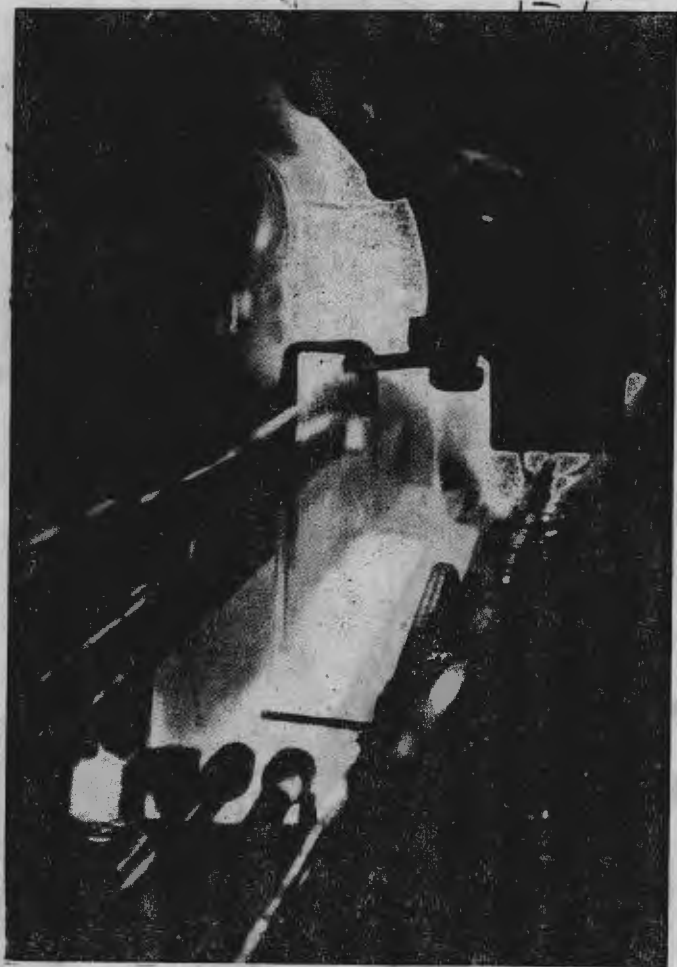
發 行 所	出	發	譯	原
	版	行	者	著
	者	人	者	者
	者	者	者	者
所	世	陸	李	瑪
上	界	高	仁	省
海	書	誼	堪	
及	局			
各				
省				
世				
界				
書				
局				

# 目錄

第一章	玻璃工業之沿革	一
第二章	玻璃製造之化學性質及所用之材料	六
第三章	玻璃之化學的及物理的特性	一六
第四章	各種不同的玻璃組織	二四
第五章	有色玻璃及美術寶石	二八
第六章	褪色劑	三二
第七章	耐火材料之應用	三五
第八章	玻璃廠熔爐	四二
第九章	玻璃熔盆及其製造	五四
第十章	煅煉車與煅煉	六四
第十一章	高熱表	六九

第十二章	玻璃手工	七一
第十三章	玻璃瓶	八〇
第十四章	冕玻璃及片玻璃	八四
第十五章	玻璃板	八九
第十六章	管桿及化學玻璃器具	九二
第十七章	光學玻璃	一〇〇
第十八章	修飾玻璃	一〇二
第十九章	此項工業各地的支派情形	一一〇

參考書籍



李比——呵文士——福兒得克兒舞片玻璃方法  
Libby—Owens—Ford Colburn Sheet-glass Process

## 譯者序

我國之玻璃工業，尚在極幼稚時期，一切玻璃消費，幾全仰給外國，大約以窗玻璃及板玻璃，入口最多。以我國幅員之廣，每年消費，雖無精確統計，而其數量之鉅，當可想見。惟玻璃器物，運輸較其他商貨困難，原料又隨地可得，若自造以供吾人所需，極占優勝；且我國工資低廉，雖不能作大量之生產，與外國競爭，但冀供求自給，非不可能也。茲特將英國瑪省先生所著「玻璃」一書，譯成華文，以供一般熱心此項工業者之研究焉。

本編原著，自出版後，已增印數次，於一九二三年再版時，復經安古士巴特溫士先生增訂；對於玻璃製造之各種方法，備述無遺，尤以對於玻璃之化學性質，及物理特性，敘述詳明，可供一般製造家之參考。譯者學識淺陋，未能以生動之筆墨，如原文之描寫明悉。全書完全直譯，并無增改，文字力求簡明。亦以我國出版之各種工學叢書中，關於玻璃工業一項，幾不多見，是以不憚簡陋，譯成是篇，以爲熱心研究者之一助而已。

# 原序

進至廿世紀之初，手工藝尚普遍的應用於玻璃工業，現已完全成爲過去之事實，僅做精美之玻璃器具時用之，此誠動人之事實也。玻璃製造，近已全變爲機械的條件，此項工業，數世紀以來，均原用舊法，并無變遷。直至大戰發生，始完全改變，熱烈的應用自動機械於玻璃製造。在戰爭之數年間，歐洲的玻璃製造，決不能有多大的進步，此固顯然易知者。他一方面，美國得以發展其機械的玻璃製造，幾無阻礙，故較其他地方，已直趨前車矣。大戰後不久，美國所得的經驗與知識，始爲英國及歐洲所引用，加以當地之經營及搗求，玻璃工業，即於數年內，完全改革，自古舊的手工藝的製造玻璃，忽而變爲科學的新興工業。英國玻璃工業的發展，大多得力於雪佛而得大學（University of Sheffield）教授特能博士（W. E. S. Turner），博士居領導之地位，以科學的立場，供給設計，否則近數年之進步，實不可能。在一九一四年之前，英島玻璃，習得自海外，玻璃之種類繁多，成分與性質亦各異。大戰之初，吾人尚不知玻璃在戰爭上，有重要之性質。在戰前，凡玻璃器具，尚待吾人追求研究之工作者，多來自德國，有顯微鏡及望遠鏡用之玻璃鏡，亦有最完美之照相鏡頭等多種。由於戰事之發生，追求的需要，成爲嚴厲化，因一般製造家，在科學家未供給與所需之方式以

前，不能有所變更。因此特能教授，於雪佛而得大學內，設立玻璃工藝專門學科；——直至今，世界各大學中，有此項專科者，以此爲僅見。——并搜集舉世關於玻璃工藝之書籍，現居於本國有價值的科學團體中之一，其數約七百種，搜集地方，約三十國。社會上主要的工作，不過給大學玻璃專科內，研究所得結果，作居間的發行人。此項研究工作，已完成有無上價值之表現，并仍在繼續次第的拓展着。玻璃工業，將來當有驚人之進展，而得自特能教授最大之努力，亦爲不異之論。

L. M. Angus-butlerworth

例言

- (一) 本篇全體均係直譯，書中凡自稱「本國」「吾人」均指英國而言。
- (二) 書中凡稱「大陸」之處，係英人對歐洲之通稱。



# 玻璃製造法

## 第一章 玻璃工業之沿革

在不久之前，吾人均以爲玻璃製造的發源地，係埃及；最近佛靈得敗特李 (Flinders Petrie) 先生，始陳述其不確。照其發掘工作及研究結果，埃及人自己，亦係從較早的海外人學得此項工藝。惟現時存在最早的玻璃，遺留下來的標本，係得自埃及。吾人曾經記錄，玻璃製造，流傳該處，遠在十五十六世紀以前；於今幾至三千五百年。

古埃及玻璃的標本，吾人現在所存有者，均得自坟墓中；全不像現時的普通玻璃，尙無透明的玻璃，且所作之器物，形體甚小。玻璃大抵作裝飾之用，嘗用爲一種鎔化的嵌工，嵌入胸前針等金屬片內。其後吾人可以博證，埃及玻璃，在構造的性質及修飾上，均有大進步。在希臘爲出產此種希奇陶器的地方，其時玻璃尙少見，所有者多來自埃及，或者可以說完全由埃及傳來。

在羅馬卽不像希臘，彼處很注意玻璃的用途，因常與埃及交易接觸，遂亦成爲熟習此項手工藝者。一個橄欖色的羅馬有座玻璃杯，於光線下透視之，似爲深紅色；此杯現爲羅斯且而得（Lord Rothschild）所儲藏，約爲三四世紀之物，週圍刻有五個人物，均係雕刻在同一玻璃片上，而形態卻非常活躍，此玻璃器鑲與金屬座及金屬邊。

羅馬玻璃，亦有輸入英國，其時此地尙無有製造，有數種優美的樣品，曾於太姆司（Thames）山谷，及哥且司特附近，坟墓中掘得。在安哥沙克省（Anglo-Saxon）時代，玻璃製造工藝，首先傳入此島，惟不久間，卽因衰弱而復消失，約數世紀之久。

在十三、十四、十五世紀中之撒里生泥克（Saracenic）玻璃，稱爲全部玻璃製造史中所遇見，最優美，最修飾者。此類的動人處，因新近實行施用實質的磁釉於玻璃表面，亦稱無上。此實羅馬技藝上的一種進步，彼等初亦不知，不過於偶然間，應用不透明的塗料而得。

人物物件，常遇見於此種有釉之玻璃瓶及玻璃杯上；有在馬上作球戲者，放鷹者，施與黃色；有狹尾船，有白馬；坐着的人物，有飲者，食者，弄樂器者等等。有時吾人遇見一塊絨布上，發見犬逐鹿追兔。（但非電氣上用之一類）鳥形更爲習見。——飛鵝，或長頸蒼鷺，更有一種奇形小魚，大頭長翅，則普通不易尋見。

開羅 (Cairo) 清真寺內之燈，亦大部份爲此種釉玻璃傳留下來者。此爲一種真正的燈籠，懸於各清真寺之天花板上；至於實際盛油之燈，形體甚小，置於此宏大的外壳內。

在羅馬皇族崩潰之時，玻璃工業之中心，移於非尼司 (Venice)。由此看來，很顯明的，非尼司人直接從其近東的舊家鄉，得着此項精巧的手藝。若謂彼等承受自羅馬者，僅最小的數量者，殊少證實也。其後很長的期間，爲非尼司享受很有勢力的專賣及出口玻璃，數量增加，達歐洲各部。此項貿易，集中於非尼司郊外的一個島上，馬來諾 (Murano) 地方。若果一個此項手工藝的人，企圖離開馬來諾，被查出時，會受嚴峻的處分，竟致於船中，爲其教養者，以暗殺的手段，處死之。因此工人均不敢往海外，將其工藝教授他人。玻璃工業，爲非尼司所占，至少有七百餘年。很著名的，此地有許多美麗的器具，無盡止的各種形式的出品，吹玻璃的工人的技術，亦臻最完備之境。於此可以證明，在非尼司吹玻璃的工人，遠在十三世紀即有之。

非尼司人，曾擴張其貿易，以玻璃酒具，輸入英國。因途程遙遠，多有損壞之虞，致此種玻璃器具，極端昂貴，亦因之甚爲寶貴。直至十六世紀中葉，本國日用的酒具，多用錫器或瓦器，玻璃器因太易破碎，而又太昂貴，僅於特別情形時，間用之。

在一五五〇年，非尼司人，在倫敦當地，設廠製造玻璃酒具，他們以倫敦哥前特 (Croschet) 大會廳爲

家，英王許彼等自由現銀交易，許多英國青年，爲彼輩服役，在此項過程中，不數年間，他們大部份的技術，已傳給這些本地工人，卽由此創立本國製造之基。

早年在外國之一般玻璃產家，最負盛望者，爲假克開塞林 (Jacob Varselyne)，生於一五二二年，在非尼同；卒於一六〇六年，在英國。當時曾有如下之記載：「假克開塞林，在我們英國本城，以最大之資本，及大能耐，設立熔煉爐，僱用多人，製造玻璃飲具，形式一如吾人所習見在馬來諾城所製造者。」

一個淺形玻璃座杯，曾經確信係假克開塞林，爲伊力沙敗士皇后 (Queen Elizabeth) 特造之物，現仍保存於大不列顛博物館內，此實爲其作品中維一的較好的標本，在溫底掃大公所 (Windsor Castle) 爲皇家收集而得。其後尙有如是之題詞：「我深信係上帝所賜」開塞林葬於開提城內之小禮拜堂內，該處遊人，現仍可觀見爲其樹立以資紀念之銅標。

玻璃酒具，很久的繼續着，完全的照用古時金屬酒杯的式樣，卽在玻璃酒杯之前所使用者。

在牛得 (Tudor) 時代，中古的宮城內，有許多廣擴的貴族住宅，少有窗口係狹長條形的。此種原因，天然的需要較大的片狀玻璃，以供窗櫺之用，卽於其時，非尼同的製造家，卽第一個製造玻璃酒具的人，來自羅林 (Lorraine) 留居本土，製造頁形玻璃。玻璃的手工藝，與造酒具玻璃者，並駕齊趨，日新月異，其後遂

成爲玻璃工業的兩大枝派。羅林的一派，相傳爲羅馬時代，留居卡而（Gaul）的玻璃製造家的後裔。（圖一）

在一五八六年，初用煤炭，代替木材，并因此進步，而得高熱。其初，此種熔爐，樹立於沙塞克士（Sussex），及英國南部其他各地。新燃料自然的，逐漸被採用。卽至一六一五年，政府始完全禁用木材。因應用煤炭之故，此項工業，不得不移於煤田附近，遂引起滿且士特（Manchester）士叻不來（Stour-bridge）及牛開司駝（Newcastle）等處之玻璃工業。



圖 1. 1800 年前古英國玻璃熔爐

## 第二章 玻璃製造之化學性質及所用之材料

「玻璃」普通的意義及特性係具有堅硬，脆，非結晶，透明，或不透明，半透明等，諸特性的堅固物質；由溶化硅（或砂）質，與活潑的金屬熔劑而成。此項金屬，或稱爲媒熔劑，如鹼類，矽基類，或金屬養化物。硅，以天然的自由狀態，廣大的存於燧石，石英，及砂中。而砂尤爲近世普遍的用以製造玻璃者。當砂與養化鉛，共同加熱，至高溫時，砂即爲活潑的媒熔劑，即熔化的鹼與養化鉛所溶化；直至完全變成一堆熔融的玻璃。此種鹼類媒熔劑，如鈉、鉀、及養化鉛，當熱度增加時，活動力甚強，至於全體沸騰，發散水蒸氣；直至熔解完全，始停止落下，成爲清靜的，如液的金屬溶化物。十分柔軟而有展性，呈糖漿的狀態。在此種情狀下，即可預備工作。溶化此項混合物所需之時間與溫度，不能一定，應按照所配合的成分，以爲比例。

砂（二養化砂）連合鋁，及其他養化物，以自由狀態，廣佈於天然物中。如粘土、花崗石、長石等，亦適用於玻璃製造。原初製造的玻璃，係以燧石，研碎過篩，用作硅質，所以古時有燧玻璃之稱。但現在潔白的沙，廣闊的沉澱下來，供給我們很大的便利，而又無需耗廢的來源，遂成爲舉世通用之者。好的潔白的沙，得自巴黎附近的凡聽布羅（Fontainebleau），別的來源，有里鋪（Lippe），林（Lynn），安里匹奔（Aylesbury），人

島 (Isle of Wight), 荷郎德 (Holland), 及奔景 (Belgium) 這些地方來的, 大概都歸製造水晶玻璃的廠家, 及製造精美性的玻璃者。如化學用具, 玻璃杯, 罇, 及藥瓶等, 均係需用最純潔的沙質。其他較為普通的, 如雷改特 (Reigate) 及敗格效特 (Bagnot) 等處的砂, 甚至於紅色的砂, 多半用來製造底一等的玻璃器皿, 如皮酒瓶, 果醬罇等, 比較寬放的, 在化學性質上, 雖多有不純物在內, 亦可以用。只有最佳的清淨硅砂, 才用來製造水晶的光學玻璃。此種用途的砂, 須先用水洗滌, 以出去其中含有的鹽質, 壓垢, 及其他不純物; 經過洗滌之後, 又須燒至赤熱, 或稱焙煉, 以燒燬其中的有機物體; 俟冷後, 又經過精密的篩, 以除去大粒或團塊。經過此項預備工作後的砂, 即可預備按照所需的配合成份, 稱出重量, 裝入有蓋的木質櫥內, 置於配合室, 或其相近的地方, 與其他用以配合製造玻璃的材料併儲。

鹼類中, 鉀或鈉, 或兩者的混合物, 無論其為碳酸鹽, 硫酸鹽, 或硝酸鹽, 均為玻璃製造上所通用者。鈉與鉀的硅酸化合物, 構成最易熔融的玻璃, 但不甚耐久, 易消溶於水, 是以不能單獨使用。在製造玻璃器具, 以供家常使用者, 常加入他種鹽基, 如鉛, 鋇, 鈣等之養化物, 以減少硅酸的易溶性。

鉀 (碳酸鉀) 在戰前被玻璃製造, 自士塔士坎特 (Staats) 運入本境, 頗為一般製造水晶玻璃者所重視; 因其與上等的白砂混合, 可得無色的硅酸化合物; 近時因其太貴, 而又難得, 已鮮用於此途。碳酸鉀

最易溶化，於空氣中，吸收多量之濕氣，故當存儲時，須保存於密封箱內。

鉀與鈉對於熔融玻璃的色澤上，均有很大的效力，所以很值得使用。鉀硅酸鹽構成的玻璃，比較鈉硅酸鹽的玻璃尤佳，亦較為清淨。

蘇打灰（碳酸鈉）為近代最通用之物，以其能減少鹼的消耗，（即用少量之鹼）而構成鹽基，在各種玻璃器具中，使用最多，而最普通。在英國，鈉的碳酸化物，係由普通食鹽製成，食鹽以密得郎得儲量最多。此項普通食鹽，或稱氯化鈉，經過化學的處理後，變為碳酸化物，即可供製造玻璃之用，與蘇打灰同。

鹽晶（硫酸鈉）為鹼類之一，用於窗玻璃，及玻璃瓶之製造。在配合時，各成份中如含有鈉的硫化物在內，須照比例，用少量的任何碳酸化物，以助食鹽的分解，並促進硅酸鈉的合成，如木炭、煤均可。鈉的硫化物，應用於此類玻璃器具，不過取其價廉而已。用硫化鈉配合的玻璃，終不如用碳酸鉀、或鈉、做鹽基者，那樣潔淨而又無色，因此最佳的水晶玻璃，不能用硫化鈉製造之。

硝石（硝酸鉀）用之於玻璃成傷的配合，能養化其中熔融的金屬，而增進玻璃的色澤；在熔化後，牠能放出養氣，提清玻璃，並能於熔融物內，保持養化進行，此項活動，可以補助除去色質。

智利硝石（硝酸鈉）係硝酸鉀與鈉的一種複鹽，價值頗廉，但不甚純淨。在玻璃內，與硝酸鉀的作用



相似，惟其養化力，遠不及硝酸鉀的強盛。出產於智利，爲天然產出之礦石，尚須提煉，使復結晶後，才供使用。硼酸在玻璃內用作酸的活動，如硅酸一樣，能使玻璃增加可溶性，及透明度。當其熔化於玻璃中，對於一定的某數種金屬養化物，其活動作用，有阻止色質呈現的特性。此爲一種昂貴的物質，但有時頗需用於製造光學的及特種的化學玻璃，構成硼酸鹽於玻璃中，以替代通常的硅酸的一部份。但不能用多量，若用量過多，能使所產生的玻璃質，失其堅固性。

硼砂（硼酸鈉）含有硼酸及鈉，爲玻璃製造中很有用的物質，爲增加溶性的活動劑。若配合時，加入的分量過多，能使全體金屬，相當的沸騰。在配合比例，有節制時，可用於玻璃的熔煉工程，能熔解呈色的養化物，於熔融物中，分散其色素。

生硼砂及硼酸鈣，亦用於玻璃製造。不過取其含有硼酸，足資利用而已。

石灰石（碳酸鈣）亦爲一種天然鹽基，加入單獨的硅酸鹽內，可減少易溶性，或構成鈉與鈣的複硅酸鹽。應用石灰，可使玻璃於使用時，增加耐久性，及穩定性。石灰在高熱時，又能構成很強的流動性。其用量須照所含鹽基數量之比，加以精確的規劃，否則出產不穩固的，劣質玻璃。使用過量，能使玻璃變成非玻璃質。

碳酸化鈣鎂，係一種天然石，亦適用於玻璃製造，於大槽形熔爐內用之。

螢石（氟化鈣）用於製造不透明或半透明玻璃，只能應用少量，若配合成份中，用量過多，能侵蝕熔盆，至於變形，發生嚴重的損壞。其化學作用，當然由於氟氣的發散。

石灰（磷酸化者）亦為產生不透明及半透明玻璃之物質，但不甚侵蝕熔盆。骨灰即磷酸化鈣，由於煨燒骨質，至其中有機體完全消失而得。

鋇或重土，係一種很重的白色粉末，亦為土礆族之一，適用於玻璃製造。可以用來替代鈣，亦得同樣的結果。玻璃中如不甚堅密，須換入他種原素時，可用鋇以增加密度。其性質與鈣相似，亦能於高熱時，使玻璃強盛的流動。可以增加玻璃的光澤，并減少呈色。因此之故，常用於壓型玻璃器之製造，能於離型後，比用同法製成的鈣質玻璃，富有光澤。

鎂及錳，亦為鹽基類，惟少用於玻璃製造。

養化鋅為製造各種不透明玻璃之鹽基類，與硼酸同用，能減低硅酸的伸張力，并特貴其有不透明性。與冰晶石同用，可製各種黑暗，全不透光的壓型玻璃器。但比較用他種鹽基，不甚經濟。

冰晶石（鈉鋁的氟化物）係用於製造不透明玻璃的天然原質，為含有鋁、鈉、氟的混合物。係一種最

活動的媒熔劑，爲玻璃熔煉工人所習知者。對於耐火粘土製的熔盆有加重其化學侵蝕的特性出產於林郎得（Greenland）。收集及提煉冰晶石，亦爲近世著名的工業。在製造不透明玻璃，比較他種天然物質，能呈同樣效果者，價值爲廉。

鋁有時含有小量於製造玻璃的沙中，似此不能認係不純的危害。常與硅、鉀連合，廣佈於長石、瓷土、（中國粘土）及花崗石內。鋁當使用時，對於玻璃的膠粘性及耐久性，有一定的効力。用量的比例過多時，能使熔融的玻璃，呈顯著的減縮，并多少失其透明度。因其天然的難於鎔化，故不易散佈於硅酸鹽、硼酸鹽、或鋁硅酸內。若混合成份的比例，稍不相當，常使玻璃發生線條、裂痕，爲玻璃中最可厭的缺憾。

紅鉛或稱鉛丹（鉛的養化物）多用於瓷釉工程，餐具玻璃及光學的玻璃。應用於無論何種玻璃，均能增加其光澤及密度。但使用過量，玻璃易爲金屬中的酸素侵蝕，成爲不穩定。紅鉛爲有力之熔劑，雖在低溫，亦能構成主要的鹽基，以製造最優等的水晶器皿，及瓷釉。玻璃工業中，所用之赤色養化鉛，係一養化鉛與過養化鉛的混合物。玻璃製造家，在購買紅鉛時，應確知其中所含過養化鉛，最低均要有百分之廿七。過養化鉛，始能用爲養化的活動劑。暗黑色的紅鉛，表示其中所含過養化鉛的百分率最低，以明亮的橘紅色，百分率最高，不純的紅色養化鉛，常攙雜鉬、硫石於內，分解後成爲金屬鉛，此類不純物，必須避免。在玻璃

製造中，赤色養化鉛，比較別種養化物，及別種鉛類，爲人所樂用，以其有較高的養化活動，尤以出產水晶玻璃器爲最。

錫與銻（養化物）係用於不透明的製造，當使用時，一般的能精密的分佈，懸垂於玻璃中，使用少量，於增進赤色玻璃的色澤上，有滿意的效力。

錳神及鐳用於玻璃製造，爲褪色劑，於後章分述之。

玻璃母（即碎玻璃）在一切玻璃中，均使用一定比例的玻璃母或玻璃屑。此項碎玻璃的成份，一般的與配合的原料成份相同。碎玻璃之應用，使玻璃易於熔合，并補助填充玻璃中的線條裂痕，亦有同樣的效果。此項傾向，予玻璃的增進不少。

在製造各種較爲普通的玻璃瓶，可以將玄武岩，及別的火成石，研細應用。此種天然的硅酸，在各種比例內，含有鈣、鋁、鐵以及其他原素。應用此等原料，大半取其價廉，產生暗黑的污色玻璃。此種情形，在普通的玻璃瓶，亦不關重要。有時尚加入鐵、錳，或炭素，以產生黑色的瓶玻璃。

在各種硅酸鹽中，用以製造玻璃者，以鋁的硅酸鹽爲最難熔，鈣與鎂的硅酸鹽次之。但在強烈的火力下，及有別種硅酸鹽存在時，又易於熔合。硅與碱，鉛，以及別的數種金屬，能於甚低的溫度熔合。在硅與鐵、錳、

或銅配合的情狀下，表示出金屬與硅，有很強的親合力，并於最低的鎔點，熔出一種黑的暗色礦滓。此種礦滓，對於耐火土製工具，及爐中熔盆，均有很強侵蝕作用。

并無一種硅酸鹽，完全沒有色彩，每種均有一點很淡的色彩，可以區別。鉛硅酸為黃色，鈉硅酸為綠色。但若精密的配合各種不同的硅酸，并用褪色劑，如錳、鎳等，則構成複硅酸鹽，可使呈色減至不可覺，或稱水晶式。在光學玻璃的製造，使用普通的褪色劑，係不可能的，所以應用材料的純潔與否，成為最重要之事實。

在混合各種生原料，用以製造玻璃者，稱為一箱料，或一爐。拌合工程，以前均用手工，但近時則使用機械的拌合器。原料先用平台式稱重機，按照正確的配合比例，稱出重量，俟一項一項的稱出之後，一併裝入一長方形的木箱內。箱的大小，應足以容納所稱出的全料物質，即由此送入以電力轉動的拌合機內。所有粗大的物質，應經過研細，至其顆粒的大小，如沙糖的細粒一樣。只須搖動迴轉料箱數次，即得完全拌合的物質。於是，按照所稱出的全料的重量，并視熔爐的溫度如何？及全料中所含不純的成分如何？比例着加入數盎司的養化錳，為減色劑。

於是全箱放入手推小車內，運往玻璃室，即熔爐所在的地方。此時將全體原料，傾入另一箱內，置於便利的地方，相近熔盆。再加入一定量的碎玻璃，此時全體配料，即可預備傾入熔盆中。將盆口的蓋揭開，置於

一旁，一人傾倒配料，入紅熱的盆內，至裝滿為止，數小時後，其先傾入者，已經熔融而下沉，再續加入新原料，直至變成一盆盈滿的熔融玻璃為止。原料熔化後，相當的沸騰，在熔爐的高熱之下，發生化學的反應，有時發散出大量的瓦斯；因為瓦斯的發散，盆內熔物縮減，上面留出空隙，所以必須一再添入原料，至裝滿熔融的玻璃為止。盆的容量，種類不同，自二百五十，至一千二百基羅，須視玻璃的種類，及所造貨物的性質而定。

在拌合與傾倒含有鉛及其他含有毒質的配料時，須十分謹慎，以免拌合工人，吸入其微塵。所以在應用此類物質時，配合室內，須有風扇，及流通空氣導管的設備。管理攪拌機的工人，須帶口套，以免有毒的微塵，吸入體內。然中毒的事實，仍有時發生，此固由於漫不經心，預備鉛料的配合工人，須於每週，有規則的，服用少量瀉利鹽。此項瀉鹽的功效，能使吸入體內的任何鉛鹽，變為無害的硫酸鉛。

## 玻璃製造原料的化學式及其份子量

原 料

化 學 式

份 子 量

養化鋁

 $Al_2O_3$ 

102

養化錫

 $Sb_2O_3$ 

287

養化砷

 $As_2O_3$ 

197

炭酸銀

 $BaCO_3$ 

197

養化鈹	$\text{Bi}_2\text{O}_3$	468
硼砂	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 10\text{H}_2\text{O}$	382
硼酸	$\text{H}_2\text{BO}_3$ (或) $\text{B}_2\text{O}_3$	16
碳	C	12
中國粘土(瓷土)	$2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	258
養化鉻	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	153
養化鈷	$\text{Co}_2\text{O}_3$	105
銅(紅色養化物)	$\text{Cu}_2\text{O}$	143
銅(黑色養化物)	$\text{CuO}$	79
冰晶石	$6\text{NaF} \cdot \text{Al}_2\text{F}_6$	210
炭酸化鎂鈣	$\text{CaOMgO}_2\text{C}_2$	184
長石	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	556
氟化鈣	$\text{CaF}_2$	78
氯化鈣	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	339
氯化金	$\text{F}_2\text{O}_3$	160
養化鐵	$\text{Pb}_3\text{O}_4$	683
紅色養化鉛	$\text{CaO}$	56
養化鈣	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	310
磷酸化鈣		

炭酸鈣	$\text{CaCO}_3$	100
炭酸鎂	$\text{MgCO}_3$	84
二養化錳	$\text{MnO}_2$	87
養化鎳	$\text{NiO}_2$	75
鉀(結晶)	$\text{K}_2\text{CO}_3(2\text{H}_2\text{O})$	174
鉀(粉末)	$\text{K}_2\text{CO}_3$	138
硫酸鈉	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	142
硝酸鉀	$\text{KNO}_3$	101
砂(二養化矽)	$\text{SiO}_2$	80
蘇打灰(炭酸鈉)	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	106
氟化鈉	$\text{NaF}$	61
硝酸鈉	$\text{NaNO}_3$	85
養化錫	$\text{SnO}_2$	150
養化鈾	$\text{UO}_2$	272
養化鋅	$\text{ZnO}$	81

### 第三章 玻璃之化學的及物理的特性

玻璃中最普通而最重要的性質爲透明；但有時又常需要造成半透明的，或至於全不透明的。當其在



溫度漸次增加之下，玻璃變爲柔軟，在熱着的時候，是可型的，柔軟的，并有展性的。在此種狀態時，可以將牠割切，擴展，延引，或壓合。一根玻璃線，可以將他延長到最精細，最細，至於可以折轉，彎屈到相當的程度，表示着玻璃能於屈曲。

上述玻璃所示的特性，當其在熱度下，柔軟之時，可以使其成形，或用各種方法製造，所以在各種不同類的玻璃製造工程中，吾人所有的貨物，有壓成、吹成、引成、型成、滾成者，及用熱金屬塑成者，至冷後，所造成的形式，遂永留不變。

玻璃的別一種特性，係於溫度猝變之下，卽至破裂，呈螺旋形的斷痕。此項特性，於需要時，可以利用之，以分切玻璃爲數段，無論

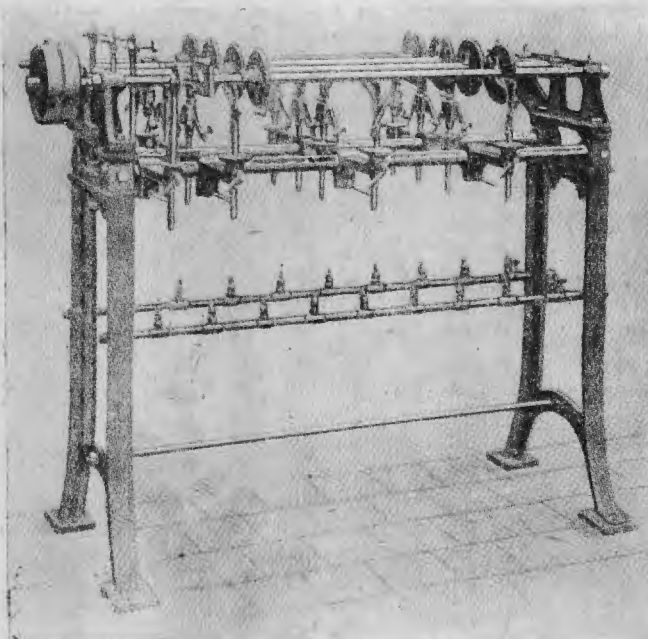


圖 2. 水平分切機

那種玻璃器，均可於工作台上行之。（圖二）

若果一個玻璃工人，在其製造一件玻璃器具時，欲割棄或切開某一段落時，他可用一件冷濕的物品，如一塊鐵條，濕以水，置於熱玻璃的任何部份，即沿着與此項冷金屬接觸的地方，發生裂痕；稍一用力折動，即足以使兩部份分離。此種冷縮熱的玻璃器，以使分離的方法，有適用的分切機械，嘗用以割切長的圓形玻璃管，使成數小段，以作礦工安全燈的燈管。不論何處，欲將其經過分切時，可於狹窄的一段，或行內，圍繞於圓柱上，先以尖銳的鉛筆形火焰加熱，此項火焰，以同等距離的短段，正對着迴轉的玻璃圓管，自火口噴出，然後於各分部，以冷的鋼刀尖端，接觸以冷縮之，或於其熱面積上，以鑽石尖輕輕刻劃，即於其被冷縮或刻劃的接觸點，沿其週圍，劃成圓圈，而恰於其處，成光華的深痕，輕巧的，光華的切開。在割切狹細的玻璃管及鑽時，可無須加熱，即以鋼針或鑽石，刻劃其表面，使玻璃組織，呈現裂痕，即足以將其破裂而分開之。

一塊熱的玻璃，可以粘於他一塊同成份的熱玻璃上。玻璃製造工人，即用此法，以粘接壺柄等等，在製造玻璃餐具的次序中。

玻璃的密度，視其成份而互異。一定的各種鉛質玻璃，及特製的光學玻璃，有最高的密度。此類玻璃的比重，一般的由 3.0 多至 4.0。在鈉鈣質的玻璃，密度很少到達 2.4 之比。普通水晶玻璃的比重，相近 3.1

之比。

玻璃的彈力，及其受熱的膨脹係數，可以規劃在有限的範圍內。近時製造的玻璃，完全可以封入銅、鐵、鎳及白金線。

玻璃若在適低於足以使其柔軟，或變形的溫度之下，保持此熱度至長久的時間，即變為非玻璃質，而失其透明性，轉成不透明的結晶體。在此種狀態，其性質很相似硬瓷器，并且完全不能施行手工工作；雖再加熱，亦係稠密膠粘的。此種非玻璃化的狀態，亦嘗於製造時遇見之，由於玻璃久留於鎔盆或熔爐槽中，在較低的溫度之下，至相當時間而成。由於很小的粒子，或結晶，先構成於玻璃中，并繼續增長，直至變成石質的白色的，不透明的硬塊。魯門 (Reaumur) 的瓷器，即係一種玻璃變為非玻璃化的狀態者，常用作杵臼一類器具。非玻璃化的玻璃，不若普通玻璃的富有光澤，并類似硬質瓷器。

玻璃可以使其硬化，至一定限度，此頗足令人驚異者。貝士特 (Bastie) 的方法，即成於將完全做好的玻璃器物，熱着浸入一盆沸油中，使玻璃硬化，至於十分的堅韌，可以抵抗振動，但失去其大部份光澤。很強的玻璃板，係產生於高壓力下，壓迫之以使其硬化。此種玻璃板，用為戰艦上砲眼處透光之用，在此種地方，當然需要能耐最大的堅韌力，發韌或硬化的玻璃，在出產礦工安全燈罩，及水蒸汽汽壓試驗管等，均甚有

價值。玻璃當硬化後，雖用鑽石，亦難於將其割切。在吾人的經驗上，欲尋獲適當的方法，以割切硬化玻璃，使之成形，而適合商品的需要者，尙爲困難。

陸白特玻璃滴 (Prince Rupert drops) 或稱淚珠，顯示着如下的情形：此種性質，一般的未經煨煉的玻璃，均含有之。此種實驗，不過取其奇異而已。以鐵匙集熔融的玻璃，滴入小量於水盆中，并速將此珠形玻璃滴取出，此種珠形玻璃滴，在其頭部即較厚的部份，不易破壞，但若將其尾部切去，或擊碎，則全體崩潰，成粉末下落。於此很可證明，有隱匿的線條或裂痕，在未經煨煉的玻璃組織中，顯然的呈伸張貫穿的狀態。

玻璃爲不易傳熱之物，因此玻璃器必須慢慢冷卻，或加煨煉。在複加熱時，亦必須緩慢工作，給與相當的時間，使熱得由體內陸續傳出。玻璃爲不導電體，故在電工業中，有很廣應用，供電阻的目的。玻璃多被水及稀薄的金屬酸類，漸次侵蝕，但非極積的。長久的暴露於濕空氣中，能使其表面發生輕微的分解，然此亦須視玻璃的穩固性，及化學成份而不同。上古時代的玻璃標本，因長久的繼續曝露於濕氣中，已顯示出表面的分解。很多古代標本，吾人已知，自地中掘出，一經揭露，立即崩壞。古代玻璃，首先的變異，係於表面顯出輕微的虹色，漸次增加，至於不透明，其後實行崩潰，直至最後，完全潰成粉末。含有高量鉛質的玻璃，易爲空氣中的養氣所侵蝕；但鈉鈣質玻璃，又較爲經久。過量的應用硼酸、鈉、或鉀，亦使玻璃物品，易於崩裂損壞。

氟輕酸，能侵蝕一切硅質玻璃，變為氟化硅。此種酸化的反應，可用於鏤蝕工作，以裝飾玻璃器具。即用各種方式，將玻璃表面的某一部份透露於氟氫酸的瓦斯中。

最耐久的玻璃，為其成份中所含硅酸之比，在最高量者，但此種高硅酸的混合物，在化合時，所需的熱當量，又為現時已知的耐火材料所限制，蓋必須先求得更高的耐火材料，以建築熔爐也。水晶玻璃，即一種高硅質玻璃，現在所造者，嘗用以製造特種化學器具，及化學室內應用之物件，如坩堝、熔爐等，可以承受各種物理的，及化學的試驗，或化煉。此項水晶玻璃，在其較低的膨脹係數，及其對於熱度變易的抵抗力，均具有很顯著的力量。他有很高的耐火力，用此種玻璃製成之物件，可以加至赤熱，直接投入冷水中數次，而不破裂。近來可以造成好幾種水晶玻璃，利用此種玻璃的狀態及特性，以適用於各種化學上目的，已指示吾人一種研究的新途徑。

在玻璃的純全的物理性質，直接係一種過冷的液體。各種硅酸鹽，不過在互相融解之下，似乎是常常的變換着。玻璃亦不能以同樣的，或一定的化學合成而形容之。有許多後來的效力及變化，發限於玻璃中，與及結晶的組織，於非玻璃化的玻璃中，都可以證實上述的斷論。將已呈虹色及失透明性的玻璃，重行加熱，發現顏色的變更，惟此項玻璃顏色的變換，係在窖中進行，吾人不能明白說明出非上述的狀態，眼見其

顯明的變化。玻璃在其各成分中，含有過量石灰者，比較鉛玻璃，或其他以鈣爲主，由較複雜的化學方式所構成者，尤易非玻璃化。含有小量比例的鋁的玻璃，能阻止非玻璃化性質的增加，並保持耐久性，凡含有最高量硅質的玻璃，與及產生於最高溫度者，在應用時，表現很大的穩固性。保希敏 (Bohemian) 的此種形式的玻璃，所含硅酸，多至百分之七十五，並產生於瓦斯燃料，或復生爐中，其熱力竟達1500度大卡。此種玻璃，在瓷釉中，很是需要。用爲瓷釉時，非常堅固，並不易爲窯中火力軟化。以兩種相同的玻璃，有同樣的鹽基量者，或所含硅酸與鹽基量同一比例者，則以其化學式中，有較多複鹽基者，產生更易熔的玻璃。因加倍的鹽基數，(不是量)比較單鹽基，能構成更活動的鎔化，此由於複硅酸鹽，比較所說的單硅酸鹽，能在更低溫度熔化。此種事實，在設計商業上的玻璃方式中，頗爲有用。

玻璃中之含有養化鉛，爲容易還元之物質，與碳酸性的火焰接觸，則還原爲金屬鉛，炭素的一部份，還原養化鉛，至其鎔化狀態，成黑色沉澱。此種情形，使鉛玻璃不能用吹管，容易的工作，而鈉鈣質玻璃，則可以工作，而不至還元。英國的水晶玻璃，所含鉛質的百分率甚高，通常熔化於密閉或有蓋的盆中，以免爐中的炭酸火焰，還元鉛質，否則有損玻璃器的清淨度。鈉鈣玻璃，與及別的除含鉛質者之外，都能以開盆熔煉，而不慮有還元發生。近代的瓦斯發生爐，炭素可以完全的燃燒，現在可以用來熔煉鉛玻璃於開盆中，如此供

給吾人很大的利益，節儉熔煉此種玻璃應需的燃料，此外并許能用較廉的熔盆。但此項工作，不能在普通的英國煤炭熔爐內行之。

此種炭素瓦斯焰的還元作用，嘗利用之以產生燦爛的珠光玻璃器，將小量比例容易復還元的金屬，如銀或鈹，加入玻璃內，先則鎔融為養化狀態，繼則經過火焰的作用後而還元，再與還元焰接觸，即呈金屬的沉澱，成最薄的一層，聚於玻璃的表面，有此種效力的樣品，可由太凡泥 (Tiffany) 閃光的玻璃器表示之，此種器皿係應用氯化銀，還元於玻璃中，使其表面成美麗的珠光色，此固由於金屬的粒子，沉聚於表面之下，作反射的光輝。

「阿文特林」(Aventurine) 係一種玻璃，介入銅鐵的養化物，於熔化後，使成還元狀態。此項玻璃，應許其緩慢冷卻，金屬的銅，向各方分散，成細小的，燦爛結晶，給予美麗的閃灼的效果。欲產生此種效果的玻璃，當用強力的還元劑，并須極緩慢的熔煉。銅與金的赤色玻璃，有時只有一部份還元金屬，沉澱於玻璃中，按照還元作用的深淺，玻璃亦分別呈黃、赤、褐等色。

錳的硅酸鹽，對於養化或還元，均有敏銳的親合力。在養化效力之下者，呈紫色；在還元狀態，呈綠灰色。玻璃的顏色，可以隨時因受日光而漸起作用，此種色的變遷，常可於古時的玻璃窗見之。因其時常受太

陽光線的作用，玻璃已進至黃綠色。

玻璃未經完全的熔煉，或熔化不透徹，其各原料不得完備的熔合，則其接合力成弱的狀態，并易於崩潰。若其中尚有未化合的硫、氯、或硼，亦使玻璃傾向早期的崩潰，繼續滲出結晶鹽質，發現於表面，直至玻璃全體崩潰，成白色粉末的鹽。

玻璃爲不易傳熱之物，當一塊玻璃，在熱力之下，普遍膨脹，亟速冷却之，則其外表面呈極端的收縮，而壓迫內部；內部則保持熱力較久，尙未收縮，在此種冷却的情狀之下，玻璃當即分飛，或崩爲碎塊落下，因由外部成大裂痕而破裂。玻璃中之裂線，或條痕，可用煨煉的方法，而修理之，自其熱時，慢慢的，規則的冷却，使漸次安穩。某數種玻璃，其組織中，因含有各種的鹽基數，而各部份的密度，即表示相當的不同，較之其他鹽基數雖多，不過密度與性質相同者，尤普遍的有此種缺點。此種玻璃，必須另外配合，重行熔化，使全體中較密的部份，得完全的散開，均勻分佈。此項改配的玻璃，用杓搗出，傾入冷水中，乾後，當作碎玻璃復用之。

#### 第四章 各種不同的玻璃組織

玻璃的組成份，可分爲單式、重式或複式，視配合時加入的鹽基數或酸數而定。



單式玻璃，可分爲鈉硅酸鹽、鉀硅酸鹽及鉛硅酸鹽三種。尤以鈉鉀二種硅酸，最有商業上的價值。

鈉硅酸，係以一百份砂，五十份碳酸鈉，及五份木炭，鎔化而成。木炭的加入，爲減少分析，此鎔化物，冷後成透明的淡藍海綠色。置於水中煮沸之，則溶化，分散爲粘稠的膠質，稱爲水玻璃；此物很廣的應用於各種工藝及製造上。將編織物及木材，浸透於此種溶液中，乾後，有耐火力。在美術石的製造工程中，與鈣及他種養化鹽同用，構成穩固的粘合物。混入燒粉的硅酸或瓦灰，則成最著名的耐火膠，用以修理耐火粘土製成曲頸甌，及窰內之裂痕等等。水玻璃亦常用於碱工業，顏料工業，以及保存鷄蛋。

鉀硅酸，很少用者，因較爲昂貴，係由鎔化一百份砂，六十份碳酸鉀，及六份木炭而產生之。

鉛硅酸，係由一百份砂，六十六份紅鉛，共同溶化而合成之。此種硅酸鹽，多用以製造軟質瓷釉，及美術寶石，并有羅開里熔劑 (Rocail Flux) 及假鑽石之稱。

尚有別種化合式可溶玻璃，係連合鈉與鉀的硅酸鹽而成。此爲正式的重硅酸鹽，可熔合一百份砂，廿五份碳酸鈉，卅份碳酸鉀，及六份木炭而產出之。此種硅酸鹽，可用於洗濯碱工業。可溶玻璃亦可用硫酸鈉爲鹽基而構成之。在此種地位，應使用較大比例的鹽基，并用較大量的炭素，以使硫酸得完全的分解。有一種混合一百份砂，七十份鹽塊，及十六份炭，亦產出鈉硅酸鹽。硼硅酸及硼化鋁，亦爲兩種可溶玻璃的方

式，可單獨使用。

**複式玻璃**，有燧石或水晶玻璃，鈉鈣質玻璃，保西敏 (Bohemian) 玻璃，壓成玻璃，及片玻璃等，都是此種方式的玻璃。通常用以製造日用玻璃器皿。

**水晶玻璃**，係一種鉛與鉀的硅酸鹽，用最好的白砂一百份，紅鉛六十六份，碳酸鉀卅三份，碎玻璃五十分合成。并加入小量比例的硝酸鉀、砷、及錳的養化物。英國的割切玻璃，餐具玻璃，裝飾品，及精美的貨物，大半均用此式玻璃造成，有很光澤及無色的效果。當割切及磨光後，為顯著的一種二重根質的水晶玻璃，作餐具用者，其所含鉛及鈉與硅酸之比如下：砂一百份，紅鉛六十六份，碳酸鈉廿五份，碎玻璃五十份，并小量比例的智利硝石，砷，及錳。

**保西敏玻璃**，係用一百份砂，卅五份碳酸鉀，十五份碳酸鈣，五十份碎玻璃，用小量比例的硝酸鉀、砷、及錳的養化物。此方式的玻璃最多，為康梯能特 (Continental) 製造家，用以製造化學器具、餐具、及鏡玻璃。此為一種硬的光澤的穩定玻璃，很適用於油藥工業。此玻璃器為一種鉀與鈣的硅酸鹽。

**壓型玻璃**，含有砂一百份，碳酸鈉五十份，磷酸鈣十五份，碎玻璃五十份，同着硝酸鈉、砷、錳、及鈷。此種製造家用為壓型玻璃餐具，或壓型器皿。此類係鈉與鉍的複硅酸鹽，鉍鹽在壓型器具中，有直接的效力，使其

表面完美。

冕玻璃，含有鈉與鈣的硅酸鹽，砂一百份，碳酸鈉卅六份，碳酸鈣二十四份，硫酸鈉十二份，碎玻璃五十份，同小量錳與鈷。此種玻璃，用以製造窗戶上玻璃片，用鐘形或圓柱方法製成。

板玻璃，係鈉、鈣、硅酸鹽：砂一百份，硫酸鈉五十五份，石灰石卅份，炭或石煤五份，并小量養化鎳、鈷、或養化銻，此種用爲型板玻璃，轉動板大塊玻璃，窗及鏡玻璃。

複式玻璃，可如此表明之，即引用三種以上的鹽基數者，由此式構成的玻璃器，如瓶、氣壓管、化學器具等。

普通瓶玻璃，可以說即係複化學方式之一例。普通瓶玻璃，係由硅酸鈉、鋁、鈣、鎂、及鐵等構成。成份如下：普通砂含有鐵及鋁者一百份，綠色石或燧石（一種鋁、鐵、鈣、鎂、及鉀的複硅酸鹽）廿五份，苦土石灰石（鎂與鈣）卅份，硫酸鈉三十五份，炭五份，長石、花崗岩，亦可用於此種玻璃。

瓶玻璃，須要強烈的火力以鎔化之。用火成岩石製造者，通常爲黑色，原因此種材料中，含有大量的呈色養化物，在用爲麥酒及啤酒一類的瓶子，雖黑色亦不關重要。

吾人須知，此種方式的配合，種類很多，從最好的餐具玻璃，以至最普通的黑色瓶玻璃。此外不透明的，

半透明的，及裝飾玻璃，亦有製造。并砷、錫、鉛、銻、鉍、或鎘的養化物，或硼化、磷化、氟化物，均可加入於組織中。玻璃工人的配方，種類甚多，其所用配合材料的比例，亦各有差別，須視當地所用熔爐的式樣而定。大約不外使用瓦斯燃料的熔爐，可以用較大比例的砂，而產生較廉之物品。

玻璃之產生於有蓋的熔盆者，一般的比產生於開盆者較為柔軟，并含有多量鉛及熔劑。在用開盆者，爐中火力，直達其中熔體表面；在有蓋熔盆，火力經過盆蓋，被阻滯其一定的伸張力，因此用於有蓋的熔盆者，須以較軟的配合。

## 第五章 有色玻璃及美術寶石

在顏色玻璃中，可用任一種或數種下列的呈色養化物，須於未熔之先，加入混合箱內，加入的比量，按所需要顏色的深淺而不同。不時的其呈色的效力，因混合箱中的性質與組織，而有高低。有時應用數種的呈色養化物，利用此種方法，可調成種種的顏色，在事實上，只有少數的顏色，不能產生於玻璃中。

綠色玻璃，應用下列的養化物：養化鉻占全箱配合料的百分之二至百分之六；黑色養化銅，千分之五至百分之三；紅色養化鐵，千分之五至百分之一；或混合二三種上述的養化物，應用稍小的比量，鉻、銅、或鐵

的鹽類，用炭酸化的，硫酸化的，及鉻酸化的均可。

藍色玻璃，養化鈷全箱的千分之一至百分之一，藍銹，或稱花紺青（羣青）百分之一至百分之三，養化鎳百分之二至百分之四，養化鐵百分之一至百分之二，黑養化銅百分之二。

紫羅蘭及紫色，養化錳百分之二至百分之四。

大紅色，赤色養化銅，氯化金，硫養化銻，金屬硒，各小量。

黃色，鈾黃百分之四至六。銻化鉀百分之十，炭百分之六，硫百分之五，養化鐵百分之二至四，硝酸銀及硫代鈣亦可用。

黑色玻璃，係混合養化鈷，養化鎳，養化鐵，白金，及鋇而成。許多很暗的或黑色的瓶玻璃，係用鐵礦或綠色石之粉末，加入混合箱的原料中而得。

白色或不透明的玻璃，係得自磷酸鈣、滑石、冰晶石、鋁養化鋅、氟化鈣，或單用或合用，作為玻璃配料中之鹽基。

許多呈色的養化物，給予玻璃的顏色，以組織的不同，而有區別。在使用同一的呈色劑而熔化時，用還元焰或養化焰，其色效應亦不同。所以一料在還元組成者，亦養化銅呈紅色，但在養化組織中，成綠色或藍

綠色。養化鐵，在養化配合中爲黃色，在還元配合中成藍色或綠色。錳亦有同樣的反應。

有許多呈色的養化物，在鉀與鈣的硅酸鹽中，給玻璃與明亮的色澤，而在用鉛與鈉的硅酸鹽所組成的玻璃中，則較遜。有幾種顏色，又需要鉛玻璃，在有色的混合箱，其呈色的養化物，必須於熔煉之先，與全箱原料透徹的混合。在預備無色或白色時，更爲重要，因此處只需用少量的色劑也。此爲最著的事實，小心謹慎的拌合，可得完好的熔煉。因各原料得完全的分散，并於熔煉時，不至互接侵蝕。在用呈色養化物時，并須留心的認真秤重，并每一種顏色，要專用一個鎔盆，如此各種不同的顏色，與水晶玻璃，方不至互相污染。當色玻璃用開盆時，各色盆須同集於熔爐的某一段內，如此當熔煉時，尤以在全料物體沸騰時，顏色不至濺入別的水晶玻璃的鎔盆中。

顏色玻璃，常用小盆，似爲一定的規則，一般的只有水晶玻璃鎔盆三分之一的大小。多半係將各色盆，同集於熔爐的一個拱橋下，工人應照料着此等盛各種顏色的鎔盆，一切割切下來的有色的切頭，須分別收存，以免復用時，混入他種碎玻璃中。有色玻璃，頗有價值，當不容有所耗廢。

美術寶石，在製造玻璃，以仿做寶石，珍珠之用者，應盡力尋求純潔原料，及呈色養化物，用以構成假寶石的鹽基，係重鉛質水晶玻璃，稱爲假水晶，有很強的光澤及反射。此種假水晶的組成份，當爲頂上白砂一

百份，純的赤色養化鉛一百五十份，乾的炭酸鉀粉末卅份。此項配料，必須經過完全的熔化，至於清淨全無氣泡，於是將此熔融體，由盆中搗出，并傾入冷水中，或稱重煉。此法在製造假寶石，可助其更爲類似，經過一再的熔化與重煉後，將其收集，乾之，并研細，以備製造有色的假寶石。一般的此種假金屬物，係熔煉於小的白色瓷坩堝中，可盛此項熔體五基羅至十基羅。并加熱於專門的，有規則的瓦斯及投射空氣的熔爐中。有色的假寶石，應保持熔融至一日。其後緩緩冷卻，煨煉於盆中。假寶石即由此玻璃團塊割切而得。下述的數種組織成份，即用以製備相關的各種假寶石者。

蛋白石假水晶粉末一千份，白色磷酸鈣二百份，鈷黃五份，純養化錳三份，養化銻八份。

玫瑰色假水晶粉末一千份，紫金粉一份，白色養化錫五份，養化銻十份。

綠玉假水晶粉末一千份，硫養化銻十份，養化銻二份。

紫水晶假水晶粉末一千份，最純的養化錳八份，純潔養化銻二份。

翡翠綠假水晶粉末一千份，綠色養化鉻一份，黑色養化銅八份。

藍寶石假水晶粉末一千份，純潔養化銻十五份。

黃玉假水晶粉末一千份，養化銻五十份，鈷黃十份。

石榴石假水晶粉末一千份，硫養化銻一百份，氯化金粉一份，純養化錳四份。

青藍寶石，假水晶粉末一千份，養化鈷千分之五，黑色養化銅十份，白色蛋白石玻璃，用養化錫製成者，二百份。

玻璃在得到所需的顏色，及適宜的塊片之後，經過割切，并磨琢於玉工的磨輪下，於是磨光彫刻，而成爲假寶石。

美術珍珠，近時很巧妙的，用玻璃造成一段相當大小的玻璃管，以半透明或不透明的玻璃製成者，切成小段，置托盤中，復加熱之，至柔軟時，將盤速轉旋之，熱力增加，即漸次熔合，將兩頭小孔封閉，即可自盤中取出，遂成珠形。

## 第六章 褪色劑

褪色劑爲玻璃工人，用以抵消或降低有害色質，此項色質，由於有小量的養化鐵成不純的成份，存在所用的原料中，作用於玻璃所至。或則於製造玻璃器具的進行中，偶然混入。加小量的養化錳、砷、碲、養化鎳、或養化銻等等於玻璃配料箱中，可得相當的褪色作用。在最通用的此等物質，爲養化錳。所以此物的作



用，須了解之。每一個玻璃工人，均知道他所用的某一種，或他種生原料中，當含有不純物質。若玻璃工人，所能得到的砂中，不含有少許養化鐵的痕跡於其中，爲通常不純物者，殊屬少有之事。再者碎玻璃自玻璃室中收集後，亦常含有鐵屑鐵鏽，自鐵吹管而來，穩固的粘着於玻璃上，於復熔時，遂得混入配料中，雖極少量痕跡的鐵，存在於玻璃中，卽成爲顯明的淡海綠色，當於厚的玻璃中透見之。玻璃的化學反應，作用於熔盆四壁，亦常常自耐火粘土中，鎔化微量的鐵質，分散於玻璃中，給予顯明的淡綠色。

欲降低或抵消玻璃中的此種有害色質，玻璃工人，可用一定的種種養化金屬，能給予活潑的逆色作用。只有用最純的原料製成的玻璃，可以褪色至成十分清淨的程度，用以製造最好的玻璃餐具。在光學玻璃器具，使用錳爲不可能，應十二分的留心，以選擇并試驗所用的原料。若養化錳用於光學玻璃的製造，雖目力不能感覺，察出其實際吸收的顏色，而所產生的玻璃，能阻礙太陽的光線。當用爲光學鏡頭，或三稜鏡時，能減少多數光線的通過，所以一般鏡商，以用那種未經褪色的玻璃，而能很滿意的用於此項目的者爲有利。因有較多的光線，可以通過於此種玻璃也。

除少量痕跡的鐵，存於玻璃中，能給予淡的海綠色外，硅酸鹽本身，亦產生一定的自然色質。鈉硅酸鹽之含有鈉鈣質者，通常呈淡的藍綠色，可於厚玻璃中透見之；鉛硅酸鹽有黃色。若欲得清淨的水晶玻璃，此

等呈色效應，均有妨礙。玻璃之所以爲養化錳褪色者，全靠其給予紫色於玻璃，此項紫色，補充其中鐵質所給予的淡綠色，成逆色作用，而吸收綠色光線，遂產生不能感覺顏色。在此種情形，以使玻璃褪色，吾人得以紅藍所成的紫色，以對消鐵質給予的藍黃或綠色。但尙有別的事實，應注意者，養化錳所給予玻璃的紫色，僅在養化劑中發現之，若無強力的養化劑於玻璃配料中，則錳的紫色不穩定，并失其消色作用。所以玻璃工人，用強養化劑於玻璃配合中，以爲水晶的效應。普通均用硝酸鉀及紅鉛，以供養化。當玻璃熔化正在分解進行中，此種自由狀態的養，保持着所用的錳，在較高的養化狀態，而給予所需的紫色。但此亦爲顯然的事，若玻璃熔化於盆中保持高熱，至相當的長時間，在此期間，養化的進行，當然照舊，在所有自由狀態的養氣，已經分散之後，再繼續着熱力的擴張，玻璃又復轉爲綠色，或成不快的顏色。由於養化錳變成較低的養化狀態，其紫色已不甚顯著。又若玻璃工人，偶然加入過多的錳於玻璃中，紫色成爲過於明顯，可用小量的炭素爲還元劑，以補救之。如一塊焦木，或山薯，放入盆中，以爲分枝的鐵杆或竿。當其蒸發，發散水蒸氣及炭素瓦斯，以還元錳的紫色，至低養化度，而成無色狀態。并於很短的時間內，紫色的進行已不見，玻璃中已不見顏色。

製造水晶玻璃，大多數的成功，均靠着所用的褪色劑，調理得當，方能得最佳的無色效應。養化錳的用

量，很爲重要，并只能使用最純潔的養化錳。有些地方，使用褐錳礦，取其價廉，但此種甚爲有害，因有多量的鐵，存於鑛石中，若用爲褪色的方劑，則不如勿用爲佳。關於此點，此項事業，正需化學家作進一步的籌商，已可概見；蓋一般玻璃製造家，只能託付其各種不同的材料，時時考驗嘗試之；而在今日，有許多失望與困難的經歷，仍不能免除。一箱配料，能於精明的選擇，得到更合宜的性質，以別於他種次等的，或攙雜的偽貨者，在經濟上實獲益不少。有許多地方，一個化學家，能於一箱貴重的配料內，代入一定的別種廉價物質，而給予同樣的元素，仍然產生同樣性質的玻璃。

## 第七章 耐火材料之應用

在玻璃製造家，有一最重要之問題，即耐火材料，熔爐及熔盆的壽命，全依賴之。茲特給予相當的說明，并及建築熔爐時，所用耐火磚料的製造，及處置方法，此爲很可注意者。

主要的最通用的，此類材料，爲耐火粘土貨物。在本國（指英國）儲藏耐火粘土最著名的地方，爲密得郎得（Midlands）士叻不來至（Stourbridge）里得（Leeds）及格來士荷（Glasgow）等區。在此等區域內，開掘耐火粘土，及製造耐火貨物，以供熔爐之用者，已成一主要的工業。實據的耐火粘土，其理論上的組

成份，應爲鋁的複硅酸鹽。在此種純粹狀態，當有很強的耐火性。但天然的耐火粘土，必表示着有別種鹽基存在，如鐵、鈣、鎂、鎳、及碱等。此等物質，若含有相當的質量於其中，對於熱的抵抗力，即減低度數，或不復爲耐火材料。所以其他的鹽基，可認爲不純物質，或天然的媒熔劑。最高的耐火粘土性質，適合於玻璃製造家的需要者，必須：(1)此種粘土，在熔爐中，最高的熱度之下，不能有些許軟柔的表現。(2)隱藏着的熔點，不能低於三角錐三十一番，或1690度。(3)高鋁質的含量，不能低於百分之三十。(4)最高度的不含不純物。(5)粒子的結構最精細。(6)有高度的粘力。凡此等等，均係玻璃室工程中，最主要的條件，完美的耐火粘土，在化學分析上，給與的指數，大約在下列的限制內。

硅酸

49% 至 65%

鋁

48% 至 31%

氧化鐵

0.5% 至 1.5%

氧化鎳

痕跡至 1.5%

鈣

痕跡至 0.5%

鎂

痕跡至 0.2%

鉀鈉共

0.5% 至 1.8%

粘土中，硅酸的含量，高過百分之七十時，即不適用為熔盆粘土。原因易為玻璃侵蝕粘土的硅質。所用的粘土，必須將其燒煉分析所得的結果，或燒成的樣品，與化學分析的耐火粘土比較之，此為最緊要的工作。此種比較，可作多次的計算與試驗，如粘土燒成時，放出水蒸氣的係數，及其化學的含水量等。（即燒成後氣孔的吸水量）

著者茲將實用的耐火粘土，最適合玻璃廠熔盆之製造者，開列於下，此為粘力很強，有很高的耐火力，并為現今商業上所通用者。門士裘而得不羅士，圈池格來士來（Mansfield Bros., Church Gresley）供給此種粘土，其指數係米勒博士（Dr. J. W. Mellor）所化驗，報告如下：

耐火土之生料以 190 度熱力煨乾之

硅	百分之 46.45
養化鋁	百分之 2.65
鋁	百分之 35.32
養化鐵	百分之 1.31
養化錳	——
鎂	百分之 0.09

鈣	百分之 0.41
鉀	百分之 1.08
鈉	百分之 .76
以 190° 以上的火力煨燒後減縮量	百分之 12.14

其銻點等於舍格兒三角錐的 33 番或 1730 度

耐火粘土的物理性質，各不相同，一如其化學性質。若單用分析，在應用時，仍常不足以表示其後來的品性。粘土在證明其可以滿意地，實用於此項目的時，尚須加以種種的物理試驗，以求得更多的了解。由耐火材料的專家，從事於此項工作，揭示其詳明的熱化學反應，及物理試驗，然後報告材料之是否適宜於此項專門的用途。耐火粘土，必須有強粘力，且此項粘力，必須進至其最高程度，以增加應用時，粘土的結合性。欲增進此項粘力，耐火粘土，須暴露於淺的停床中，使受氣候的作用。太陽的熱力，及霜雪雨露的作用，直接影響於粘土，而破裂之。并增進其較佳的性質，使用新的，未經暴露過的粘土，以製造熔盆及熔爐，常使玻璃工人發生許多煩擾。因此工人必力主將其粘土，於未用之先，暴露若干時間，使其完全成熟。粘土在未經暴露，或用於主要工作之先，必須設法選擇并剔出之。當其初自地中掘出時，所有雜質，及劣質，炭化物，有機質，

黃鐵礦，及石塊等應剔出之。其最佳最清淨的部份，分出，移於露床，將其團塊擊破成小片，約鷄蛋大小，於是聽其暴露成熟。

此項耐火粘土，分佈於約二尺深的停牀中，經過一時期的暴露，受氣候的作用之後，由工人用鏟，將全體粘土，各處翻轉。粘土繼續受風霜雨露的作用，崩潰解散，直至復成一堆細膩的精細的粒子。此種狀態，表示已經很合時宜，并預備使用。耐火粘土的此種關係，尚各有不同，有幾種粘土，很快作用合宜，只須經過數月；而他種又須年數的暴露，以增進其天然的性質。前者可列為精細的耐火粘土，後者為粗糙耐火粘土。

經過暴露之後，粘土以車運輸送入粘土碾場，覆蓋着存儲之。直至乾到可以白磨時，於是將粘土放入旋盆內，於很重的鐵滾之下白磨之，經過盆底的眼孔，舉入篩中，將粘土篩至所需要的精細程度。於是加入大量的燒灰，（粘土煨燒後碾細）將此混合物，加水捏練，俟成粘塊，或麵團形，送至工作廠，即於此處，製成爐磚或熔盆。此等工作室及乾燥廠，有兩層地板，地板之下，設有蒸汽或熱空氣的導管，經過於下，給予穩定的，連續的熱力，用以乾燥所製成的粘土器物。笨重的土器，須注意不能極速乾燥之，否則土器發生破裂，或彎曲之煩擾。

在製造磚塊，以供熔爐之用者，工人取一部份預備好的粘土，將此粘塊，踏入木架或木型中。模型應適

合所需磚塊的大小與形式，并計及其縮減量，應有相當的補充。磚塊係在緩的地板上做成，當模型填滿，將剩餘的粘土割去，將木框豎起，土磚即留於地板上，空模型洗淨後，復填之。磚塊聽其留存，至其中水份，爲室中熱力所蒸發，而達到相當的堅固時，即可舉起，修屑至所要的最後的形式。此後更須乾燥之，直至成爲十分堅固，并成白色的磚塊。完全乾燥後，即由乾燥場運往窯中煨燒之。

在煨燒厚的及重大的磚塊，須要十分的小心提防，正當粘土中所存的化學的連合水份排出時，如火力增高，已達赤熱，則火力的度數，即應加節制，以使主要的養化進行，經過土磚的全組織中，并免出中心不透之弊。所有的耐火粘土，除於捏練粘塊時，用機械攪合者。在乾燥台上，可逐去多數的水份外，其他均含有水份，成化學的連合狀態，此種連合水份，不能在低於 $200^{\circ}$ 度的熱力逐出之，并頑固的保持於各種細膩的耐火粘土中。對於此種粘土製成的水泥石器，應有相當的經驗以注意之。所以管理煨燒的人，應節制其火力，保持窯中適度的火力，至某一時間，使此項化學的連合水份，得透徹的完全排出。煨燒此等土貨，在水化物的一段進行中，其火力在 $300$ 至 $650$ 度之間。

在水化物的一段燃燒完全後，火夫升高其窯中的溫度，至亮紅的火力。此時第二段的燃燒，開始進行，此爲養化時期。在此期間，存在土粘中的一切有機的炭化物，均被逐出。耐火土貨在此段的燃燒中，須延長



時間，所以使熱空氣，得以透過土磚的內部，以養化其中心，否則燒成劣質的磚塊。

在養化一段完全後，火夫迅速升高火力，至得到高的熱度，足以釋放及完成土貨的收縮。當此項熱力，已够完成其在火中收縮時，燃燒即告完畢，爐窰可以冷卻。俟磚塊冷卻後，取出送往熔爐的建築工人。

樹立熔爐，須用各種等級的火磚，視其對於熱力抵抗的情形與性質而定。在有還元劑的木材燃料，或玻璃中，耐火土製的貨品，其適宜程度，大有分別，土貨在熱力之下，通常所遇到的當地情形，必須預先決定，以便照着配合適宜的火磚，在粘土的熱化學反應，及物理特性中，存着許多的區別。牠們的誤用，是時常會遇到的，若在此種情形之下，以供應用，是不能隨便認可的。一種耐火粘土，在煨煉試驗時，表示有高度耐火力者，而較之一種耐火力稍低，而表示較佳的物理性質，及更合宜的化學組織者，在特種目的上，仍少適用。無論煨燒過的粘土，及生粘土，用以配合製造玻璃廠中之爐磚者，其粒子的大小，最為重要。有些時須將所用的煨碾材料，分別等級，所以使粗粒與細粉的比例，得以規劃之，以適合各種需要。煨燒粘土，用以製造爐磚者，必須完好的煨燒之，以免土器應用於爐中時，呈最後的收縮。用於玻璃廠熔爐的耐火土貨，不應以更低於十二番的熱度煨燒之。在建築瓦斯熔爐，及火箱者，以較高的火力，約十四番煨燒之，可得最佳的結果。

在大陸上的玻璃製造家，通常均自己研磨，并配合其耐火粘土。應用他們所確知的結果，何者用以製

造熔盆，何者製造爐器？完全不靠外面的商家，以供給其所需。在英國的玻璃製造家，一般均購買已配好的粘土，并時常不能自各粘土商家，得到必然的配合物。幸而在大不列顛，許多商家，供給玻璃工業所需的耐火材料者，在其工業的專門知識中，已有很好的進步。近數年間，供應耐火材料者，與玻璃製造家，有很滿意的合作，所以耐火物品的壽命的長短，已有很大的增加。近代的高熱爐，全得力於此。在大陸中，爐磚與耐火物品，相當的追求與歷練工作，已於近時，由許多考查專家實行之。

## 第八章 玻璃廠熔爐

盛着生原料，預備熔化的熔盆，係置於強熱的火牀中，稱爲玻璃熔爐。古時圓式的英國熔爐，通常包含六個十個或十二個熔盆，茲特先述之。熔盆立成圓週，於一框架之上，稱爲「喜至」(Siege)(圍城的意思)此圍城，構成熔爐的地板，在此火牀的中心，圍城平面之下爲爐眼，下面爐中的火，卽由此經過。燃料的焚燒，係在一個圓形，或圓筒形的火箱中，約四尺深，五尺直徑。由許多硬鐵條，橫過火箱的底部以支持之。有一煙道，經過火箱之下，橫斷熔爐之全體寬度，稱之爲「穴」，其兩頭暴露於外，與空氣相通。空氣爲火箱上面的煙突，自穴中牽入。穴之高與闊，須足以讓火夫，從此隨時撥動爐火。用一根長桿鐵鈎，抓出燃燒後的死灰與

熔渣，并用長火棒，通入鐵條，攪動燃料，以撥火。煤炭添入爐中，係經過一個窄口，位置於玻璃室中，從玻璃室地板的水平面，經過圍城之下，從槽中投向熔爐的火箱中。燃料自槽中投下，落入火箱中，約半小時或三分之一小時，添入一次，按照所需的熱力，與通風的強弱而定。

在圍牆與熔盆之上爲蓋，稱爲爐罩，由耐火磚柱支持之。此處須用吾人所能得到的最強耐火材料建築之。爐中熱烈的火焰，撞擊於罩上，然後偏轉向下，分向熔盆四週。火焰繼續其行程，經過各熔盆的中間，而入各小穴或出口，沿圍牆腳板，復轉向上，經過支柱。此項支柱，係位於每一對熔盆的中間；於是由導出外面圓頂上的各小煙突逃出。其爐頂的構造，爲尖圓形，從外表觀之，很像圓屋頂。此錐形建築物構成熔爐的主要煙突，包含熔盆的火狀，即完全建築於此錐形體內。各耐火磚的形式，應十分注意，使其恰當適合，以膠泥接合之。膠泥係用精細的粘力強的碾過的生耐火粘土，以水混合成稀薄的麵漿。若有少許熔融的玻璃，自熔盆中逸出，加以燃料灰燼的熔融作用，致予嚴重的腐蝕壁磚與火箱。所以此等地方，須造至極厚度，以延長熔爐的壽命。當熔爐罩與圍牆腐蝕至壞的程度，則熔爐應拆開修理，所以普通均有一個副爐預備着。所以使工人，得由此爐移往別爐，繼續工作，等候修理完畢。

玻璃的作用於爐壁，非常活潑，少許的洩漏，能迅速的損壞火磚，使成槽縫，漸次增大，俟後完全裂開。所

以應常常的隨地謹慎，以免盆中熔質逸出。若偶然某一熔盆，發生裂痕，玻璃從此漏入爐中，則該盆的玻璃工作，即須停止，并設法掏出其中剩餘的熔質，以免再流於爐壁之上，而成更糟的情形。熱的熔化物，用厚重的鐵勺，自盆中舀出，傾入一大的盛水的盆中，此為最繁勞的工作；但熔化玻璃，若任其自熔盆的裂縫中，繼續流出於圍牆之上，并入於爐眼之中，則仍有更壞的妨害，因其與燃料的餘燼熔合，使其變成一大塊的結團，留於火中，妨礙通風，與爐中燃料的燃燒。如此熔爐尚不能復照常工作之先，已自紅熱的爐條之上，分離為數塊，直至完全倒塌。隨時遇見有少許的玻璃流下，經過爐條，入於火中時，火夫應即報告，有一爐盆在爐中開裂。於是該盆即應格外工作，開始努力的舀出熱玻璃，投入水中。一個已經破裂，并洩漏的熔盆，不能再用於玻璃熔煉工作；并於便利的時間，自爐中移出，易以新盆。玻璃熔盆，為玻璃廠家經濟上，最耗費的一項。常常的要留心爐中熔盆，不要輕忽為火力燃燒過低而致凝縮，或為冷空氣撞過爐條，而使溫度驟低，或由於不精明的攪動火爐，及不注意於爐中之火等。有時此種熔爐，配以佛來士必的添入燃料器（Frisbie Feeder）此為一種機械的調火器，安置於爐條之下，燃料由此處向上添入火箱中，所以新添燃料中的一切揮發份，向上牽引，經過上面的熱燃料中，因此完全消耗，比較由上面添入冷的燃料於熱火牀中，更得完美的燃燒。一個機械作用的吸筒，由圓筒形的箱中，吸取少量的燃料，活節收回，及將燃料填入火箱。在古式

與便利。

在近代此式的熔爐中，最佳者有復生裝置，廢氣一般的可以復供利用。此等熔爐，形體較小，并更為堅固。用瓦斯燃料，能給予最

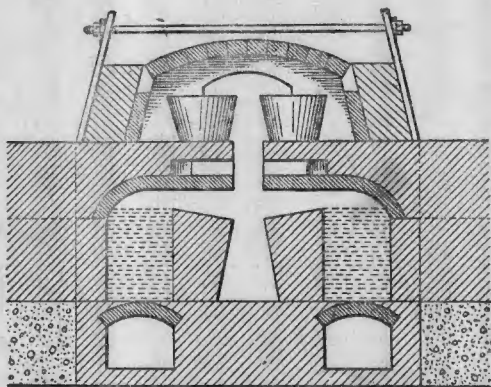


圖 3. 西門子賽至伯特 (Siemens Siebert) 式復生玻璃熔煉爐

的英國熔爐，含有十二盆者，每盆為三十八英寸的直徑，約可容十五大加倫的熔物。此種熔爐，每週可熔七八噸玻璃，用四十噸上等燃料。進至今日的玻璃熔爐，較之適才所述的古代英國式煤炭熔爐，在構造上已有許多較佳的性質，此類大半係瓦斯復生燃料，在各方面，均較為經濟

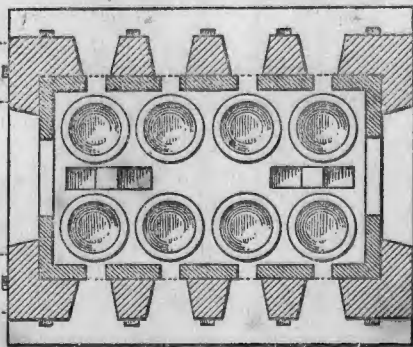


圖 4. 西門子賽至伯特 (Siemens Siebert) 式復生玻璃熔煉爐

高的熱度，燃料并得更完全的燃燒。容易節制，比較清潔，并較之舊式英國熔爐，產量甚高。因此種種理由，此種近代的熔爐，開始不久後，已有許多新式的建築。但現在仍有許多舊式不合時的英國熔爐留存着，應用於本國。

新式瓦斯復生爐，茲特舉例分述之：如西門子賽至伯特 (Siemens Siegbert) 瓦斯復生爐，及赫門生 (Hermansen) 瓦斯復生爐，在玻璃熔煉中，很普遍的應用於大陸，并給予很好的顯著的效果。

西門子賽至伯特式熔爐，為長方形，或蛋形火牀，相近九尺至十八尺。罩的高度，約四尺六寸，外面無錐形的頂，火牀中盆的排列，較為密集。尤以爐之四週，均與盆互相接觸，熔爐火牀，係以混合瓦斯，及熱空氣，加熱之。瓦斯係由獨立的瓦斯發生器中發出，此器位於玻璃室之外，距熔爐不遠的地方。熔爐的兩頭，在圍牆地板之下，為兩行加熱磚，此加熱器，係深的長方形火牀，其橫斷面，為成列的火磚小格。空氣或燃燒後的廢氣，均由此中通過。通路孔直接位於加熱器之上，引導瓦斯，經過地板或圍牆，而入熔爐的火牀中。通風由高

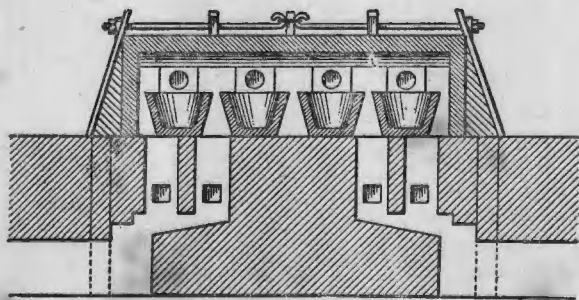


圖 5. 西門子賽至伯特 (Siemens Siegbert) 式復生玻璃熔煉爐

煙突引導之，煙突吸引瓦斯，自瓦斯發生裝置，經過煙突的重壁中，而達熔爐一端的通路口，即於此處，與熱

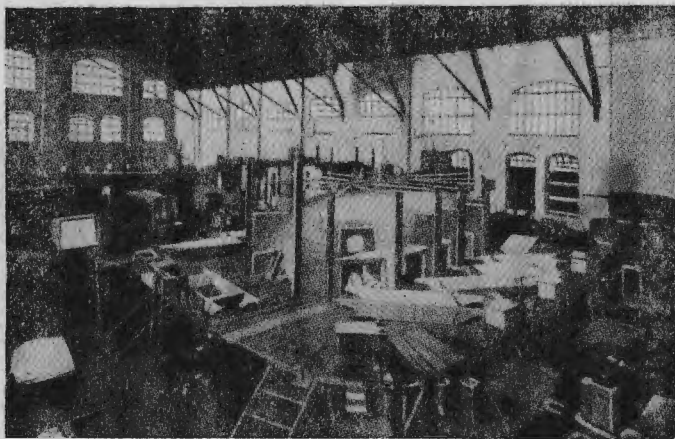


圖 6. 近代玻璃室

空氣混合。空氣在其經過下面加熱室的行程中，即被加熱。此混合瓦斯，當燃燒時，趨過火牀，而達熔爐的另一端，火焰拂過熔盆之頂及其兩旁，沿通路口，下入於對面加熱室之底部。由火牀中出來的熱瓦斯或還元焰，在經過加熱室的斜面隧道時，將其熱力餘留，傳於火磚，為火磚小格所吸收，然後此熱廢氣繼續其行程，入於煙突中。火瀾流行的方向，須於半小時，或更短的時間內，相間轉變着。用一個節制門戶，位於瓦斯與空氣的氣導中，所以使火波的行徑，可以在相反的方向進行。所需要的燃燒空氣，於是被引入加熱室，經過熱磚中，此熱磚已預先被出去的廢瓦斯加熱，在空氣經過此斜導時，立刻加熱。於是在通路口，與炭素瓦斯混和。此加熱空氣，能增進燃燒，并混合瓦斯的卡路里亦增高。所欲温度的高低，關係於轉換時

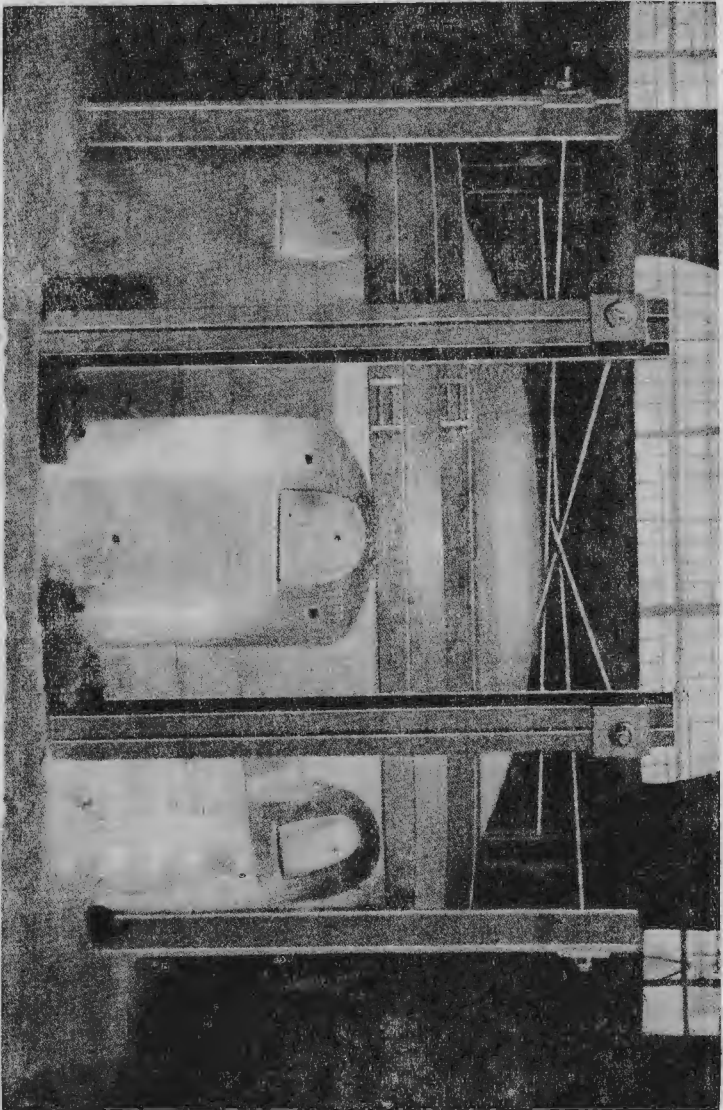


圖 7. 赫門生 (Hermansen) 玻璃室熔爐 (入盆式)



間的長短，大約每間隔半點，或較短的期間，繼續着變換火流的方向一次，由操作上述的氣門以節制之。

在實據上，加熱室只應用於晚上熔化配料時。在早晨，熔化玻璃，已經平靜，加熱即行停止應用，由瓦斯發生裝置中，所發出的瓦斯，與冷空氣，任其自然引入，以代替復生的熱空氣。此較冷的混合物的燃燒當然不能如前之旺盛，保留着適够的熱力，以便日間加工作於熔融物。在下午，盆已空滯，并另填入配料時，加熱室又接通，初步的工作，又於晚上進行，以便將玻璃熔化，預備次早工人的工作。

吾人當可以明白，如此方法，以熔煉及操作，將夜間支配，只須單留着火夫，在夜間管理之，一切加火工作，係在玻璃熔爐室之外行之，故光線甚佳，而較清潔，并無煤塵。較之今日尚留存着的許多英國舊式玻璃廠，其情形完全不同。

一個西門子賽至伯特式熔爐，有十個坩堝形開盆，逐日工作，則一星期內，可熔煉十五噸至十八噸玻璃。坩堝的直徑，約三十英吋，每個所盛熔融玻璃的容量，為五個半大加倫。每週消耗燃料，約計十八噸。此式熔爐的建築費，自一千六百金鎊，至二千金鎊。在著者的意見，此式熔爐，不便利的地方，為溫度不平均，當轉變瓦斯火焰的方向時，最高的熱力，驟加於較低溫度的熔盆，結果足以減短熔盆的壽命。因還元式的熔爐，收入空氣的熱力，不能穩定。但若管理得法，可減少此項缺點至相當限度。

茲得赫門生公司的許可，將其有專利權，八盆式的復生玻璃熔爐，詮釋於后：

赫門生熔爐，與西門子式相似，同為瓦斯復生爐，瓦斯發生裝置，建於熔爐體中，玻璃室地板之下。瓦斯

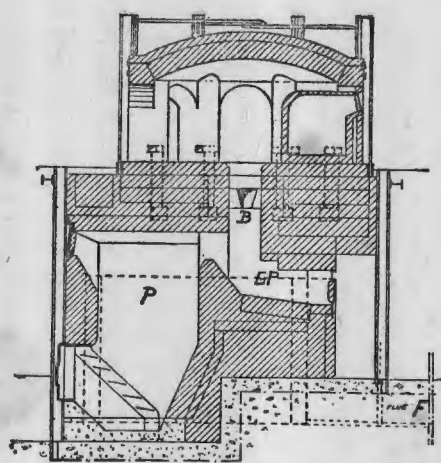


圖 8. 赫門生的連續復生式玻璃熔爐

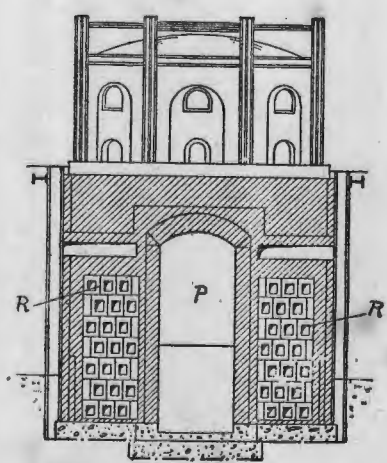


圖 9. 赫門生的連續復生式玻璃密爐

發生器之兩旁，為加熱室。加熱室的構造，為排列許多耐火土製導管，築成兩種連續的燧道，一為水平，一成垂直。垂直的燧道，與大氣接通，供給燃燒所需的空氣；水平的燧道，為煙突，燃燒後所產生的熱廢氣，繼續經

過其中，爲熔爐的主煙突，牽引而出。如此可以顯見，水平的煙道，居於直管中，廢氣的熱力，繼續着爲進來空氣所吸收。從他方面說，空氣當經過此等小煙突時，被週圍的熱廢氣加熱之。所以此式熔爐，勿庸轉變火流的方向，而能得所需的預熱空氣，以供燃燒。使節制熔爐的熱度，成簡單的事務，只須管理着設在本煙突內的節氣閘，以加減通風。此式熔爐，玻璃亦可在夜間熔煉，用開盆或蓋盆均可，其容量在五大加倫至十大加倫之間，按所製造的玻璃器的種類而定。此項熔爐，有四盆六盆及八盆式，有數種現在應用於本境。此類赫門生熔爐，可以用十六噸燃料，出產二十噸熔化玻璃。

赫門生連續還元爐，爲著者所知的，最高效力的熔爐，比較復生式，容易管理，頗爲緊密，占地小，并易於修理，其壽命較別式的增長。初步的預算，及樹立的價值，由二千鎊至三千鎊。此式熔爐，燃燒很爲完全，可用坩堝式開盆，以熔煉鉛質水晶玻璃。在大陸上，此種熔爐，很通用於各式玻璃器的製造。經其熔煉的玻璃，頗有相當的數量。其效力較之復生式更大。

熔爐箱。熔爐箱之應用於玻璃工業，完全係近代生產方法的會合體。此爲顯明之事，當應用自動機械

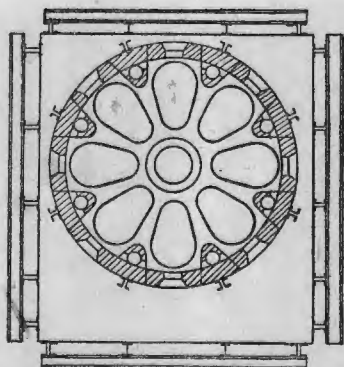


圖 10. 赫門生的連續復生式玻璃熔爐

之處，坩堝所盛熔物的數量，雖最大的盆熔爐，亦完全不能。其經過係如此：在製造不論那種玻璃，大量者，則全爐均供同一熔化工作，不僅用其中少數的坩堝。

熔爐箱，一如其名，含有一主要的大箱，即熔玻璃盛受器。當此種熔箱，在最初被引用時，僅用於暗綠色瓶玻璃，及其他次等的玻璃器具。可以供應量而非質。但有長足的進步，現在已能用以製造許多種玻璃。有許多壓形玻璃餐具，在未課稅以前，由大陸及美國輸入本境者，多爲此種熔箱玻璃所造成。此類玻璃的色與質，均同樣的可愛。熔箱可以補充盆熔爐，使面積迅速加增。盆熔爐在今日多半留作製造光學玻璃，重鉛質的餐具，顏色玻璃，或其他特別目的，只需要小量者等等。

爐熔箱，普通均爲長方形，化學作用在一端進行，緩緩流下，至工作一端。熔化與煅煉，即於中途進行。有如此便利，熔箱之所以超過熔盆，即由於出品工作，與初步熔煉，能

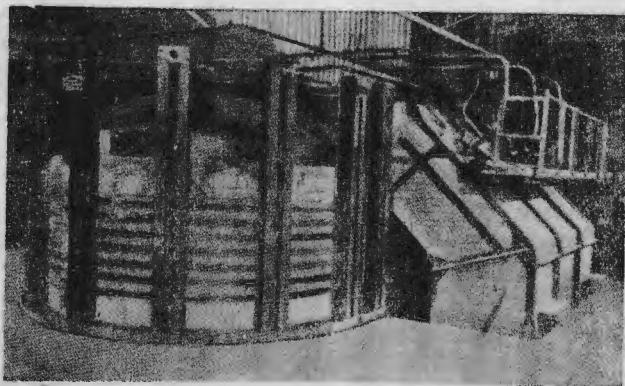


圖 11. 油火倒轉復生箱式玻璃熔爐

於同時進行之。

配料不能直接引入熔箱中，否則容冷空氣進入，必至節制爐中溫度，感覺困難。大概化學品，均先填入凸出於熔爐的分牀中，稱爲犬室者，當配料加熱後，自穴中傾入熔爐本部。

火箱常用一橫橋，分爲兩段，以免未經熔化的配料，混入工作的一端。在其表面之下，有稱爲犬穴者，在橫橋中，爲熔融玻璃之通路。

普通所用的爐熔箱，有兩種式樣，復生式與還元式，兩種均係瓦斯燃燒。前者即先前曾經介紹之一種。兩種的名目，關乎所用熱力的回復方法，以分別之。

復生式火箱，此式的主要處，頗與適纔敘述的盆熔爐相似。在「哈維西門子」(Harvey-Siemens)式，兩個空氣復生室（加熱室）位於熔爐下面中心處，其兩旁爲兩個瓦斯發生室；在西門卡悟士 (Simon-Carves) 式中復生室係建於爐之兩側，而不在其底下，由活瓣的開合，節制瓦斯火瀾，使其先由左流向右，經過一定時期，再轉變由右流向左。

復生式的缺點，在於落入爐中的熱力，時有變更，與及熔盆與煙突，均受多少的紛亂。

還元火箱爲熔箱築成還元式者，一般的占地面少，因其煙突的數目較少等種種，合乎需要，并因之建

築費較廉。熱的瓦斯，離開熔爐後，於其往煙突的途中，經過還元室，橫過火磚或瓦築的通路，此高熱的傳導體，包含着進入爐中的瓦斯，即由此於途中而得加熱，此亦連續式之一。所以爐中溫度，得保持一定。

還元式有一點短處，即進去的瓦斯若溫度比例稍低，則過剩的煙煤沉澱。由於未經養化的炭素，渙散而成；再者，此種很費經營作成的火磚，供應兩方通路之構造者，因煙苔沉集，立使還元室的構造，易於破裂，而瓦斯的洩漏，由此管入於彼管，亦難於避免。

有兩種最著名并最可靠的還元式玻璃熔箱爐，為赫門生梯生 (Hornansen-Teisen) 及士挺愛梯克因生 (Stien & Atkinson)。

## 第九章 玻璃熔盆及其製造

玻璃廠中之熔盆，為大形中空之器，以耐火粘土製成。玻璃製造家，熔化原料於其中，以組成玻璃；并將此熔化物，留存於中，在熔融的狀態，以供工人之用。在事實上，鉛質水晶玻璃原料，熔化後，不論在何種熔爐的火牀中，須避開火焰，煙煤，及燃料餘灰等的存在，至某種限度，否則還原其中鉛質，成熔融金屬狀態，而污染玻璃。所以此種玻璃，係熔化於有蓋或帽的熔盆中，如此避開火焰的直接作用，并應注意着爐中所需熱

力，增至極度，以經過熔盆帽上。作冕玻璃板，及化學玻璃器，其玻璃多半熔化於開盆，或無蓋的盆中，在此種地位，爐中火力，可以進入直接與盆中原料接觸，熔化頗容易。

熔盆不論有蓋的，或有帽的，均有一切口，開於前面，適在熔融物平面之上。工人由此開口處，集取熱玻璃，在開盆的情形其坍塌亦同樣的位置於熔爐中，惟工作穴或口，係開在爐體上，對着熔盆前面之處。

盆的優劣，對於玻璃製造家，非常的重要，玻璃製造的成敗，全靠着熔盆的壽命，要其能抵抗生原料，及其中熔化玻璃的腐蝕作用，並且有時還要抵抗爐中極強大的火力，盛載着其中玻璃的重大壓力，而不變形。倘熔化物在爐中時，自盆中流出，其損失的重大，當可想見。因不僅熔化物完全耗廢，且大量的流於爐中地板及圍牆上，沿着入於火箱中，侵蝕爐壁，與燃料灰燼熔融混合，阻礙通風，並發生無限的糾紛。

玻璃廠中，熔盆的製造，係很困難並很耗費者。每一熔盆，在製就置入爐中時，平均約值十金鎊，所以應得特別留心，以延長其壽命，並盡力尋求最好的材料以製造之。

只能以使用最好的，選擇過的，粘土為有利。並力圖保持清潔，免除外來的污染。耐火粘土層中，只取其最佳的部份，用於此項目的；並須加以相當的謹慎，及嚴密的預防，以尋求最佳的性質。粘土自礦中掘出，檢土工人，查看各團塊，並選擇最佳的部份。一個領導的人，富有經驗者，立於礦前，其責任為監督檢土工人，視

其是否留心工作，以免出不幸的結果，由於不分皂白的，或不辨優劣的選擇。最好的部份，既經選出，另置一旁，其團塊者破碎為小塊，並於表面，加以覆蓋，以免灰壓。然後在留心查視其各方面，除去雜質，如黃鐵礦，及淺藍色的部份。若此謹慎的工作完畢，於是粘土加以種種的分析，並多次的試驗，然後可得滿意的熔盆粘土。

煨燒的粘土，亦係經過同樣的處理，乾後，以最高熱度煨燒之，然後置磨盤中，碾成所需的細粒。一切盆粘土，均應經過天時的暴露，然後用之。先碾成最細的粉末，然後混以碾過的燒土，或稱燒粉。生粘土與燒粉的配合比例，各製造家均互異，但全視所用生粘土的粘力，或其凝結性而定。煨燒粘土，大約碾至其粒子等於一糵，至一個半糵。篩過以去其粗粒。有幾種粘土粘力較他種為強，所以粘土配合的比例，可由六份燒土，配五份生土，以至一份燒土，配合三份生土。比例的計算，係以量而不以重。此配合物，傾入一槽中，混以水，作成粘塊，並移入一大箱中，任其浸漬若干時，再經赤足踐踏的處理後，俟全體成麵團形的粘塊。此粘塊隨時翻轉，經若干次的捏搓，使成各部份完全的碾結。曾經決力用機械，以行此種工作，而無成效。事實上的遺示，及經驗的證實，在捏練的方法，較之用機械預備者，其粘土更能結合。已捏練的粘土，應任其酸化，於應用之先，透露空氣中數星期，於是盆工即可預備開始造盆的工作。



在製造熔盆的室中，須保持溫暖，用許多圓形的熱水管，環列牆的外面。普通均保持着溫度在華氏六十度至七十度之間。

出入處應設置重門，以免冷空氣的驟然撞入，並免熔盆製造室，與外面的通風。一切未經特許的人，不得入內，只有在其中工作的人，可以行動。工人等應負責保持各處清潔，並要留心照料粘土，與及做好的熔盆。

平常熔盆的形色，多為圓形，三十八吋的直徑，四十二吋的高度，但亦有用別種形色與大小者，須視所製的玻璃貨物而定。譬如顏色熔盆，即用最小者，尚不及三分之一的大小，每三盆占據一個大盆的地位，同置於一硯之內。做片形及光學玻璃，則用蓋盆，有一個很大的開口，以備工作之用。

有時如在赫門生之熔爐，其盆作橢圓形或蛋形。應用此形的原因，係關係於在爐中所占的地位，取其有較大的容量。有種熔盆，其內部亦有劃分，對於玻璃，有調合其提煉的效用。此種熔盆，可將熔煉與工作，同時連續進行；與用向例普通的形式，適用間隔的方法者不同。在作玻璃板者，則用開鍋或碗形盆。

關於所造的熔盆的形狀，與及隨後煨煉時的處理，須十分的小心與調度。在造盆時，工人先將盆底做成，將麵團似的粘土，滾成所需的大小，將此圓餅，一個比着一個，範成圓形，在一塊圓形的平板上。板的大小，

適與盆底符合。此圓木板，置於一矮桌之上，當其滾圓後，一併疊壓之，所以使其中夾存着的空氣逐出，并於每一圓餅的上面，繼續轉動，俟成一大圓石版形，約四吋厚，符合盆底的寬度。於是已得到所需的大小，與厚度的盆底，成一土質石版，用刀或一條直木片，光華并修平其表面。此粘土圓板，於是移於另一木板上，用布覆蓋之，下面并散播少許碾細燒粉，以免粘土餅與木板粘接，并使熔盆容易乾燥。

先前的木板移開，工人開始製作盆壁，於圓土板之上。將粘土作成圓圈，圍着底板四週滾動之。至三吋厚，此即盆壁之厚度，其工作，以右手壓於上面，滾動之，并以左手支持其中空的內部，沿着底板四週，連續壓滾，以築起盆壁，俟達到六吋的高度。壁的高度至六吋後，尚須於次日或當時即增築之。此時於每一段的建築工作中，應有相當的間隔，以便於第二段工作開始之先，稍爲穩固。

工人順次將各盆底，一一工作，逐段築起，至其壁升至卅吋高度，於是於每一個盆中，置入一個約十八吋直徑的土環，(註)係預先作成者。在各盆中置入土環之後，工人即開始製造盆帽或盆頂，在此圓盆口上，施以工作，時時將其邊簷牽引向內，減少上部盆牆的厚度，開口處漸漸縮小，其後完全蓋合而封閉。當着粘土尚在柔軟，開口或工作穴，即須做好，由頂上切去，并將全體，用木具修飾光華之。

(註)此種土環浮於燻物表面爲工人用以保持其玻璃離開泡沫浮滓於環中集取玻璃者

熔盆現已完備，任其在和暖的溫度中，漸次乾燥。在最後的數月內，應將溫度稍稍增高，使其完全乾燥。於是，由木板上移開，預備入爐。

坩堝盆亦以同樣方法做成，惟其高度達廿七吋至三十吋時，盆工即將盆牆頂上的邊簷，修飾切平之，即此形狀，即可乾燥。

製造熔盆，曾經竭力應用他種方法，有一種為已經試驗而得到較完善的成功者，為成形法。係以石膏做成模型，流入液體的泥漿。尚有一法，亦曾經試驗者，為壓形法，以水壓機及模型壓成之。此外尚有各種機械的設備，曾經應用，但終不及用手工方法製造者有如此滿意的結果也。

#### 盆土之配合

容量

(鹽基)碾細的強耐火粘土

五份

(束縛物)碾過細膩強粘耐火土

四份

(煨燒物)燒粉

二份

(煨燒物)碾細選擇熔盆破片

半份

配合物的熔點，不能低於三角錐卅二番，或一千七百一十度。

強耐火粘土，為其粒子較粗較堅者，較之細膩粘土，通常均多含硅酸，并少粘力。細膩粘土，則粒子甚精

細，粘力強，并容易暴露，其作用在盆土中，用以束縛凝結燒粉。

生粘土必須碾至最細，與燒土分存，燒粉須由堅硬的燒透的耐火土碾成，并須經過每平方吋有十眼的篩。

火土的礦物學的組織，於製造熔盆，甚為重要。粘土中有黃鐵礦等的存在，即不適於盆土之用，粘土有許多後來顯示的性質，由於耐火材料的火煉試驗，及通常的熱化學反應，與物理試驗等，種種嘗試的揭示，可得設法將其性質改變馴服之。在本國士叨不來至的粘土，多半用以製造熔盆，能保持着過半數的玻璃製造家，不用別種粘土。然在著者的意見，尚有許多較佳的粘土，存儲於大不列顛，現在已為製造熔盆的商家所引用，而有成功者。

盆灰，係選擇舊盆破片，去淨附着的玻璃，將選出破片，照着處理燒土，加以同樣的白磨，并於使用之先，篩成相當的精細度。

石墨玻璃廠的熔盆中，有時亦用之，此係將筆鉛或石墨，與生粘土混合而成。製成熔盆，有很強的耐火力，并抵抗玻璃中各鹽基的侵蝕。

盆環的製成，係用一長條的粘土，約三吋厚，置圓圈形木架中，形成之。將其兩端結合，并修飾光華，將木

架取去，土環即可乾燥。每一盆中，置入一環。

盆塞爲一種蓋，用以關閉閉盆，於玻璃熔煉之時，此係用石膏模型刻成，將一塊粘土泥團，壓成所需的形式，於是解放外殼，將全體翻轉於木板之上，舉取模型，再於中部刻缺，作成兩個小穴，嵌入一鐵環，以便於熱時，可將盆蓋由盆上揭去。盆塞於應用之先，仍須煨燒之，并作成各種大小，以適合各種盆口之用。

玻璃廠家，常常勉勵以製造自己的熔盆，并自備粘土，悉就其在應用上，確有的知識，而不依靠外面盆商，已經備妥的供給。熔盆經車船從此縣，運往彼縣，常有相當的損壞。由於途中的震動，常使發生不幸。因其過重而脆，在貨車中，取貨泄貨之時，亦常致變形，并不時發生暗裂，於熔盆置入爐中後始發見之。

煨煉及置盆於爐中。熔盆當製就并乾燥後，尙係生土，於其置入熱熔爐之先，尙須留心煨燒之。此項工作，將熔盆由乾燥室中，移置於一小的副爐內，稱爲盆碇，此係專門建築，以煨煉熔盆，熔盆於放入玻璃熔爐時，必先加熱之。盆的移動，係將其舉於一長的有三叉的鐵手車上；此種手車，係專爲舉取移動熔盆而製造者。熔盆位於盆碇中，置於二三圓火磚之上，手車遂得移開，而留熔盆位立於碇中。盆碇之門，於是可以關閉，并用堅固泥團或泥膠封閉之。先用和緩的火力，漸漸將熔盆加熱，至一星期後，可得加至白熱。此時熔盆即可預備另行移置熔爐中，以熔煉玻璃。

在一個便利的時候，料理換置熔盆，玻璃室中，一切其他工作均行停止，因所有人手，均需要執行此項急迫勞悴的工作也。當爐中舊盆，已應用至數月，應由爐中取出，以盆碇中的一新盆代替之。吾人見成羣的人，往往來來，有些將熔爐前面的牆壁，對着舊盆處拆開，作成一穴，以備移動之。另一羣人，持着長的重的大鐵爪，有尖銳的指者，前進，以其鐵爪，用力搖撼，以圖將舊盆從圍牆底上活動之，因其受熱力，與及有時洩漏潑出的玻璃的作用，而穩固的粘接着。他們連合不停的努力，已得將熔盆鬆動，於是以槓杆將其豎起，置一矮的鐵盆車於其下面，將其由爐中拽出，移開後，棄置一旁。

舊盆既經由爐中移去，熊熊的火力，較前更為緊張，光照於工人的面部，工人等承受其熱力，輪流更換着，將舊火磚等處掃除清靜，并將內部整理，預備安置新盆。俟此項工作完畢，一羣人將盆碇的門打開，將鐵車置於新盆底下，運至玻璃熔爐的開口處，即取出舊盆的地方，迎着可怕的火力，彼等絕力掙扎，將新盆推入，位置爐中，由鐵抓的補助，將面背着熱力，輪換工作，直至後來，安置妥當。當然各項工作，均須迅速為之，以免新盆於置入爐中之前，露於外面空氣中過久，而受冷縮。全部工作，均可證明各工人等，十分勞悴，因對於熱力，全無抵禦。在熔盆置入之後，鐵車移去，并將熔盆前面的壁磚，復行築起，以保護之。用泥塗飾於磚牆的外面，以免空氣由牆磚的接縫處撞入，而致熔盆發生破裂。

熔爐中正當進行此種操作時，火力應使其完全滿載，以補償很大的熱力的損失，由於開穴及移盆等所發生者。

上面敘述，為普通一般位置熔盆的方法。在近代以至今日的工作，有用活動的鍊簾者，此簾相似由分離的多數鍊條合成的幕，懸於爐的前面，正當開穴處，以保護工人，不受強烈的火力，同時工人仍可看見爐內，取出并放置熔盆，更為容易而便利。在用此種掛簾，當置入時，熔盆推入，經過鍊簾，熔盆進入之後，鍊簾緊接其上。如此工人可得更接近以工作，用鐵爪穿過懸簾，而熱力不致完全射於身上。

新安置的熔盆，應聽其空立於爐中一二日，以使其於填入配料之先，吸收熱力。熔盆應先將其內部，以玻璃面，工人由他一熔盆中，集取熔化玻璃，沿其內側週圍塗蓋之。此熱熔玻璃流下，分釉盆面，可給予一定量的保護，不受生配料的侵蝕。原料隨後始引入之。

冶煉師或玻璃熔煉者，現應督理着熔盆，將混合配料及玻璃母舉起，抖入空盆中，俟盛滿至盆口，或平盆穴。爐中熱力，熔化原料，數小時後，變成液體，容量縮減，大約僅占盆中三分二的高度，或容積。於是盆中再添入原料，直至盛滿熔融的玻璃與盆口平。

爐中仍然保持着其最高的熱力，俟熔煉師以一鐵管，引出小量的玻璃於管端，查視之，視其已否熔化

清淨，并無粒子與氣泡。當熔淨後，熔融物頗平靜，在此段時間，呈非常流動的狀態，過於稀薄，不易集取。所以應許其稍冷，將盆蓋揭去，任盆口開着，俟玻璃變成較為膠粘或稠密的性質，將玻璃表面存在的浮沫熔渣掬去。此等浮渣，當然由於未化合的鹽類，於熔化期間上升而成。

此熔融物，現可以預備給玻璃吹工開始工作；自盆中視之，耐火土環，現在已可看見，浮於玻璃的表面，此環於工作進行時，保持其中心不再有浮渣升起。玻璃吹工，時時由此環中集取玻璃，此處為熔體中最清淨的部份，并隨時將環中撒清，以保持此部份在最清淨的狀態。當盆中大部份的熔化物，已經做完時，爐中熱力，復行升高，新配的原料，又填入盆中，反覆進行之。

熔化玻璃所需的時間，全靠熔爐的熱力，瓦斯燃料的熔爐，約八小時可熔一料。

## 第十章 煨煉車與煨煉

玻璃由於其特別的構造，當其露於驟變的溫度中，即當分飛破裂；是以煨煉的方法，成爲必需，使其伸張，得很平均的分佈於玻璃組織中；否則稍厚的玻璃器具，當其經過稍爲驟變的大氣中的溫度時，此種伸張狀態，常致極度，容易崩碎，尤以在陰霾的天氣爲最。在此種狀態，已成爲無用，而且在供給一般的目的時



發生危險。因此多數玻璃器具，在製造進行中，應經過煨煉的工作。且在某數種器物，如餐具玻璃，燈玻璃，光學玻璃等，在煨煉時，應加以特別的小心，及相當的時間。若玻璃煨煉不當，立見其不同一構造，驟然分離，爲常見之事，其結果係由於內部的伸張，成混亂的情形，當清潔時，磨擦或粗笨的觸動，卽足以使其破壞，以致雖重加小心的煨煉，亦不能照料之。

一具舊式的煨煉車，有時仍見應用者，係將玻璃置於鐵皿，或盤上，由鍊鈎連一處，淺皿下入一拱形隧道中，熱於玻璃室的一端，而冷卻於貨物室的一端。最初式樣的煨車，係直接火力，淺皿由冷的一端出來時，已空虛而不鈎接，被轉運於煨車的前段，以備復用。皿係架於輪上，於軋上趨下，入於車中，車的運動以手工作之。

在近數年間，上述的此種煨車，與大半爲連續環繞式煨車打倒。此種煨車，玻璃係運負於連續的金屬調革上，以一小電動機操作之。調革本身，通常以粗的金屬網，或鋼條製成，編織的金屬線，已很有進步，既輕而堅，能於很快的適合四週的溫度。但在另一方面，當發生損壞，雖只簡單的更換一條，而此金屬編織物，繼續着轉動，成爲難解決的問題。

在近代的煨車輸送器，以有數種速度的莫托轉動之。輕巧的吹工玻璃器，應少煨煉，所以可很快的經

過煨車中。反之，重大的玻璃，需要特別小心的煨煉，則緩緩送入煨車，工作的速度，可以隨時規劃之，按照所製造的玻璃形式而定。

在煨煉工作，有一最近的革新，即所稱為無熱煨車者，為一種間接的收穫大量出產。此種式樣，係很巧妙的應用事實，當玻璃由爐中取出，首先置於煨床內時，仍在熱着熱源的供給由於玻璃數目加大，合成相當的大量熱力，如此可以利用，已可概見。若增加的玻璃，使其迅速經過此熱源中，立即復熱，照此當然要有近代正確的節制着，車箱經過煨車中的速度，以符合煨煉的熱力。玻璃中，如瓶類，占出產之大半者，可以自己供給熱力，以行完全的煨煉。在英國哈特福得斐而猛特 (Hartford-Fairmont) 煨車，即此類者。二十二噸的品托乳瓶，可於廿四小時煉畢。關於其工作情形，係繼續着，以十日為一期，在此期間，并不用任何燃料，惟一的靠着瓶中的熱力，以完成煨煉。

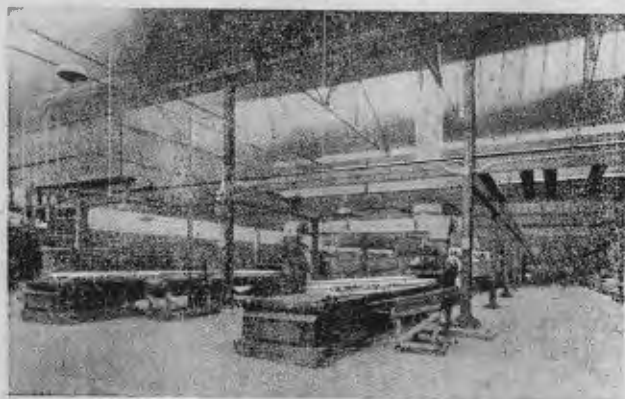


圖 12. 哈特福得 (Hartford) 煨車

用近時科學的管理，已大減少煨煉期所需的時間。在舊式用手操作的煨車，大戰以前，煨煉所需的時間，常自三日，以至於十日。在今日電動的連續環繞煨車，可煨煉各色性質的玻璃，於平常工作情形之下，只須經過四五小時之間。實際上在特別需要之時，此期間可以再減少至兩小時。煨車分配於玻璃，及其他大量的出產時，能於一點至一點半鐘完成其工作。無熱煨車，在一小時內，所煨煉的玻璃瓶，有比例的記錄，所以自大戰後，煨煉的學識其進步很為可觀。

在玻璃經過煨車時，有許多物理變化發生，有一個顯見的效驗，即顏色輕微的變更，發現於用錳褪色的玻璃中。可以望見玻璃經過煨車時，變成較綠的顏色，當此時褪色劑已適在最後的效力。

玻璃迅速冷却及煨練的作用，在其組織中的狀態，可得說明之：當玻璃迅速冷却，因其係熱的不良導體，玻璃器的內

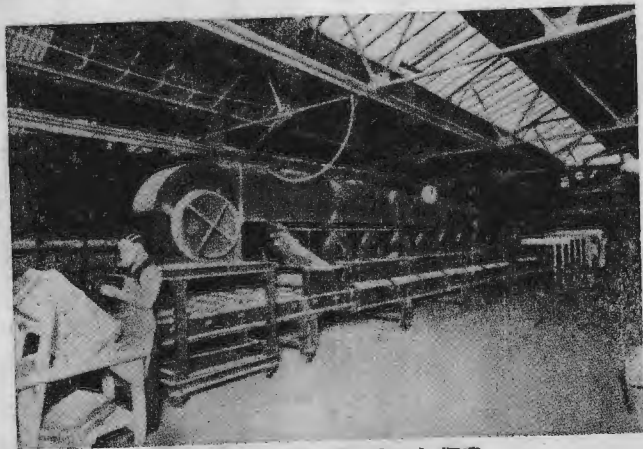


圖 13. 洽兒頓 (Charlton) 煨車

部，無充足的時間，讓其冷卻，及潛越其凝結的常態；反之外表部份或皮，則先冷卻，遂生許多裂線，在熱熱的內部。此不同的伸張狀態，在外表與內部之間，使其不能連合，裂線的延伸及貫穿，遂進步至使全體，於遇着外來輕微的震動，或溫度變遷，即行崩潰。在煨練時，玻璃組織中的線條或力的情狀，可以復原。玻璃受預熱後，逐漸縮減溫度，給予充份的時間，使內外不同的分佈情形，互相糾正其本體，至其比較通常的地位，即如此修復體中的線痕。惟多半靠着預熱的溫度，及實行縮減熱力的係數；若於此施行合宜，可得最佳的結果，在玻璃的穩固的效應上。致其中有無線痕，可用極光鏡決定之。

平均英國玻璃製造家，都知道極光鏡或線痕考察器的重要，在決定其玻璃器的物理狀態上，現時已採取其應用，在煨煉方法上，有很多的進步。玻璃煨煉上的小過失，均可免出，因此簡單的器具，助以透鏡及一片物鏡，可以立刻指出煨煉不佳的玻璃。

在重大的沿鉛質玻璃，由於其中存在各種硅酸，密度不平均，更易生裂紋，較之鈉鈣玻璃，更須留心煨鍊。蓋鈉鈣玻璃，其中硅酸，呈較平均的密度。惟是此種玻璃，大半仍靠着合宜的基礎熔煉。應用大量比例的玻璃母，可補助填合線痕。玻璃中若有線條裂痕，已失其多數的應用目的，通常所見者，除其外觀不完全外，更產生重壓的伸張，於玻璃中。

透明，光澤，穩定，及同樣等項，為產生完美的玻璃器上，重要的事實。對於此等顯明的特點，其合宜的進步，在玻璃製造家方面，需要有相當的技巧，同時并應注意於學識的，物理的，及實用的立場。

## 第十一章 高熱表

製造玻璃，全靠基本的高熱，普通均在一千四百度以上。熔爐熱力的規劃，許久均惟聽憑玻璃室中的工頭。彼等不能如何調度，惟憑其視力的經驗而已。雖然，近數年來高熱表已成為模範之物，幾與一切熔爐，均有關連，無論小者大者，并亦用於煨車。

當應用自動機械時，尤為重要，蓋須很精密的管理爐中火力也。玻璃之用機械者，必常為同樣的粘稠度，最多任何區別，亦必在很低的限度內。若熱力許其升高或落下，增減僅五十度，多數玻璃，將成過於稀薄，或過於稠固，不能以機械工作。



圖 14. 裴李 (Fery) 光學高熱表

高熱表在節制煨車熱力，亦為重要，因移去玻璃中線條裂痕，及免出破裂的效驗，適宜的有序熱力，當為重大的事實。過分的熱力，除耗廢燃料外，並能使玻璃成一部份的復熔，於煨車中損壞。在他一方面，不完備的煨煉，不能移去線痕，通常由於煨車過冷。是以從各方面觀之，若欲得完美的效果，則煨車之需要高熱表，適不亞於熔爐也。

有許多完全不同式樣的高熱表，為普通應用者，為着不時的各種目的，此係一很便利的器具。即如：為工作經理，較對爐中熱力，或用於位置熔盆等等者，為康不來至光學高熱表。此係活動的，其分度自九百度，至二千度大卡路里，價值約卅七鎊。福士特固定焦點高熱表（Foster

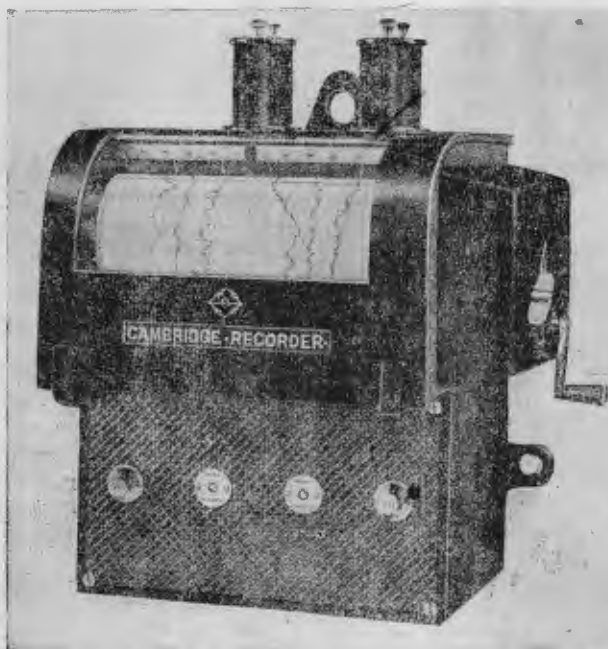


圖 15. 康不來至 (Cambridge) 紀錄高熱表

Fixed Focus Pyrometer) 供同樣的目的，其程度劃分，自五百度至一千八百度。

好似一種定規，玻璃熔爐，多設備記錄式高熱表，此式在本國中，最著名者，爲康不來至紀錄高熱表，及福士特自動紀錄器，此式爲一電流表的指示器，以電力鼓動，或時計機，輪流接觸於圖上，圖則置於一迴轉鼓上，由其操作經過，呈一條墨線或虹色，指示出紀錄的熱度，於圖上。此圖每廿四小時，更換一次，此器的分度，自七百度，至一千四百度，其價值連同全體附件約一百鎊。

紀錄高熱表，大半多爲電熱式，活動高熱表，通常爲電阻式，爲特別的高熱者，有時用輻射式。

## 第十二章 玻璃手工

玻璃吹工所用的器具，既少而簡單，初部的形式，大部份產生於將熱玻璃吹出，由圓塊或珠形膨脹成球。并以集取原料的多少，規定其大小及厚度。其他器具，只用以修整及做作此球體，使成所欲的形式，如剪切做成頸項，及粘捲手柄等，以成各種形體，按照所造貨物的形式，適用各種不同的方法，以作成器物。

最佳的英國餐具玻璃器，多半爲手工吹成，工人通常均全行手工操，并無模型以補助製成器物的任何部份。并須有相當的技巧與實習，在工人認爲足以用此方法，能適當的作成數種貨物之先。若汝注視及

此，當覺驚異其技巧與精確。工人製造玻璃酒具，一個個次第產出，全體一律，任何人不能尋出任何不相同之點於其間。

次一等的或較廉的餐具，係將此球形熱玻璃，吹入模型中，構成一部份或全體，所欲成物品。若所欲成的形式，只一部份須用此模型，則隨後再以手工器具修整之。此為大陸上通常的工作方法，在本國只適用於一部份製造餐具。

別類餐具，產生於壓成者，稱為壓形玻璃。熱玻璃自盆中取出，切取一部份，許其落入一鐵型中；型係置於平列的壓器中，壓器將內型帶入模型，以之相合，壓成內外的形體，玻璃的厚度，則居於兩型之間。當玻璃引入後，工人將水平的手臂放下，則內型壓迫玻璃而成形。於是將內型舉起，外型倒轉，將壓成玻璃，騰出移開，以火力光華之。或於送往煨車之先，再用器具加以手工。

型體係以兩半合成，以便熱玻璃壓成之後，容易取出，壓型玻璃餐具，可由其表示型體分開處，所成的合縫，認識之。壓形玻璃器，曾施行種種精細的策劃，以仿做割切玻璃餐具。模型為很消廢的一項，有許多器具，用以修整其形式，於使用長久之後，在製造壓形器具模型應上油，用碳酸鹽的液體，使模型多少可得保護，以免鐵質養化。此種液體，在壓形工作進行時，須時時應用，預備蘸取塗布於模型內面。



玻璃吹工的器具。玻璃吹工主要的器具，爲鐵吹管，此係一鐵管，約半吋至一吋又四分之一闊，四五呎長，一端作成偏形，以便適合嘴唇，其他一端稍厚，成珠形，熱玻璃即集於此。

在製造水晶的餐具，工人的操作，將其集取於吹管上的玻璃，在一滑板上滾動之，滑板爲一塊重的鐵板，有磨光的表面，約一呎至一呎六吋，一吋厚，支持於一矮桌上。有時此滑板可用堅土板做成，中間有一定形式的孔，工人將集取的熱玻璃，滾動於孔中，以規劃玻璃形狀及厚度，使適合工作，然後再吹脹成球於孔中。

集尺爲一固體的鐵桿，與吹管同一長度及厚，集取一小團熱玻璃於集尺上，墜成球形，粘着其尾端，將其結固於吹管上，工人將集尺自管上，以球分離，并用尺輔持之，使其可以在他端工作，即玻璃球開口之一端，球體暴露於外，與吹管漸漸分離。

玻璃經復熱之後，可用其剪刀剪開之，用缺鉗取出之，用鉗子捲轉之，用圓規量之，或模板型之。

當其行此種操作時，係坐於專備的玻璃工作椅中，此椅有兩個伸出的手臂，微微傾斜，可將其附着玻

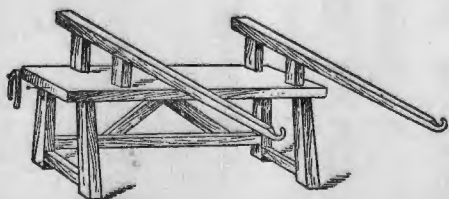


圖 16. 玻璃工人椅

璃的吹管及集尺，滾轉於上，以製作圓形。以一手迴轉鐵管，以一手應用器具，以形成或割切玻璃，至所需的形式，於其炎熱柔軟可延之時。

剪形像普通的剪刀，用以切剪熱玻璃，剪去杯蓋酒杯等的頂部，以達合宜的高度。

鉗，爲鋼質有彈環手柄之器，形像鉗子，工人用以擴大延長，或接嵌外形時，用以鉗持玻璃，於粘熱玻璃時。

玻璃工人，亦用別種彈簧器具，以挾持熱玻璃，或取少量熱玻璃以粘嵌之時。此類多爲各種鉗子。打板或調整板，爲一有柄的平木板，用以整平充實瓶饋之底等。

箱，刀，刀爲一平面的鐵條，通常可用舊銼，用以敲去吹管集尺上用後附着的玻璃。一大箱或鐵櫃，用以保存廢去玻璃，作以後再用，一對環動圓規，及一桿尺子，卽完成玻璃工人，所應準備的器具。

製造玻璃酒杯茲將製造玻璃酒杯的手工敘述之，一個普通有座的玻璃酒杯，由三項不同的部份合成：（一）杯，（二）腿，（三）腳。

製酒杯的一間或一席，包括三人，——一工匠其惟一的工作，爲修飾玻璃酒杯，一執役匠，吹球并將其成形。一足匠集取并滑滾玻璃——及一小孩，供傳遞并清潔用具。

席中足匠集取够做球體的玻璃，於吹管的一端，於滑板上轉動之，至得到所要的形狀。於是此工人將其吹出，張成球形，與所工作的樣子，一樣大小。當此球體離開足工之手時，已成盞形的玻璃杯體。

此時轉遞於執役匠，滴一小片熱玻璃於球體之末端，并持入爐中，將全體熱之，如此即可將兩片完全結合。執役匠的第二步進行，即由此接於球體尾端的小片玻璃上，引出杯腿，留着一鈕形玻璃，在腿的下端，於是將此腿的末端，浸入盆中的熔融玻璃內，而集起玻璃，足够作成底腳。用一對木拍，壓迫此熱玻璃，使此部份玻璃，鋪開成所需的形式與大小，而構成底座。

執役匠現已完成其本面的工作，將玻璃轉遞於工匠，此時已自管端擊下，用一彈簧夾，持著其足部，連結於一集尺上，稱之爲鏃。工匠現將此玻璃杯持入爐中，復熱，以熔其頂上的邊沿，至其熱時，用剪將其多餘的部份剪去。有一示線，以校對由足至邊，正當的距離，指示工作匠，割切至合宜的高度。於是再將其頂部熔之，并用其彈簧器具，將口部分開，以加闊至需要的形式，此後玻璃即可由小孩送往煨車上，以煨煉之。

別種形式的玻璃酒杯，亦有製造者，并適用各種方法，須視地方與那一類的工人而定。

譬如上述的普通有座酒杯，製造的方法，各地不同，不用玻璃的腿部，入盆中以集取熱玻璃於其上，而工作匠可由執役匠已集取的熱玻璃，滴一片於腿端的鈕上，再用一對木拍，分開此熱玻璃，以作成底足。

在另一種製造玻璃酒杯的方法，其莖或腿，係由此圓球本體上牽引而出，將玻璃球的底端，捻出一團，執役匠即由此一團上，引出腿莖，將長頭敲去稍頃，足匠預備做底腳，集取一小團玻璃於吹管上，將其吹出，形成串接的兩個小球，末端一球，用以製杯腳，其第二球不過藉以支持。足匠持着此球，執役匠乘熱將其粘於酒杯下引出的莖端，自吹管上擊下，任其附着於酒杯的腿上。於是足匠將第二球擊去，將留在玻璃腳上的球，復熱之。鋪開做出平的邊沿，此時玻璃可送交工匠，照普通製造玻璃酒杯同樣的方法，修飾之。

有許多玻璃器物，以模型補助製造而成。茲將製造酒壺及密甌，加以圖解說明之。集取當量的玻璃於吹管上，滾轉之，吹成長圓球，引入一兩半合成的模型內，型有絞鍊的開關，每半均有手柄，以易操作。型的內部，作成器物的形體，此熱玻璃球引入後，將模型閉合，工匠向下吹其吹管，引伸

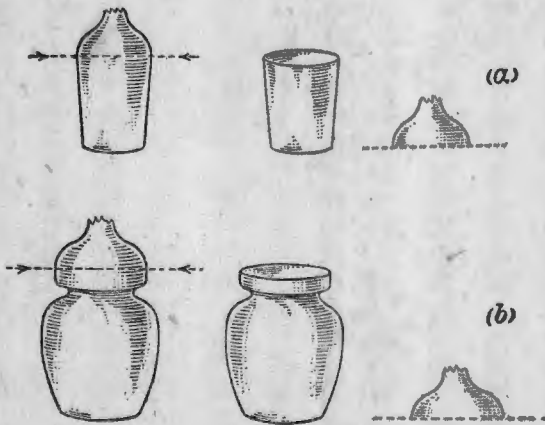


圖 17. 玻璃器於型中吹成點線表示切去的部份

玻璃，至其膨脹填滿型中之空間，給予器物的全形，并有一部份剩頭，在玻璃器的頂部，適以吹管連接處。於是將其頭頂切去，并修飾之，或由工匠將器物復熱之，以集尺接待其底部，剪去頂部邊沿。或則玻璃仍其未經修飾的狀態，即煨練之，其頂上多餘的部份，以一專為割切此種器物的自動機械切去之。

此種割切機械，包含有一組迴轉的圓台，玻璃器位置於圓台中心，每個輪流迴轉於一薄的、固定的、噴出瓦斯火焰之前，火焰撞擊於玻璃之上，其高度適在玻璃要切去之點。在此熱筆形火焰之前，迴轉一兩轉之後，將其移開，用一冷的鋼尖，恰接觸於玻璃適為噴口加熱之處，冷縮即傳遞於此點，成光華的深線，環繞玻璃，使其上部切去。此玻璃的剩頭，棄於一旁，作為玻璃母，復入爐中熔化之。酒盅或密罈，於是送往另一機器，以火力光華修飾其邊沿。

此種機器，含有一作圓圈形迴轉的架負載許多小支架，自動的沿其中心點迴轉。在每一支架上，置一器皿，以備光華之。框架運着器物週轉，進入機器的另一部份，經過於有篷的火床下，由劇烈的噴出火焰，加熱之。噴焰撞於頂篷上，轉下分佈於酒盅或別種器皿頂部的邊沿上，給予適足的熱力，熔融玻璃器先前被切去之處，而成圓邊形。

此種機械，用於此項工作，頗為經濟，每小時可割切并光華五百多個器皿，而無須有技巧的操作。此種

機械，很廣的適用於製造電燈泡、電燈罩、燈管、及酒盅等。

模型通常均用小孩開關浸潤之，但至今日，此項玻璃工作，係用一自動機械，稱爲商貨小孩 (Mechanical Boy) 者。用此種機械，模型的操作，可隨工人之意，而勿須小孩。用此種自動的方法，開閉模型，出數很爲迅速。

此亦顯而易見，勿論用何種模型，或何種方法，玻璃於壓印時以至工作完備之後，在模型兩部的合縫處，留出條痕或凸紋於玻璃上，此種情形，當然不能避免。

玻璃工人團體，以爲引用機械，奪去人們正當工作的依據。但玻璃吹工，仍時常很滿的占據着各種工作，在已引用此種機械出產的工廠中，不能謂彼等已被迫於失業。

此種機械，尙占有一種利益，因其有大量的出數，故價值比手工操作者更低，此即適用機械生產，最重大的事實。且在此進步競爭之日，此種機械，使一般玻璃製造家，能以匹敵需要的增加而超過之，使商家至今，得有儘量的供給者，機械之力也。

不寧此也，製造家之當轉其注意於此種機械的方法，實因其已很普遍的應用於大陸及美國。爲用此種機械，熔化物能很快的自盆中箱中作完，應相當的增加爐中寬度或容積，以抵補燃料的消耗。運入本境

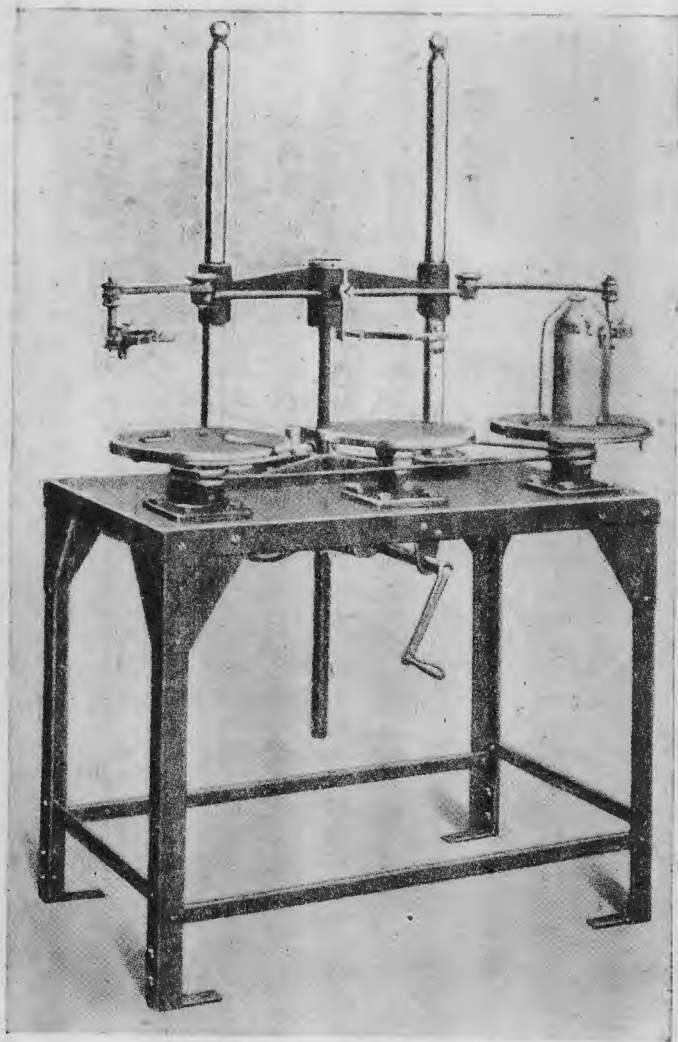


圖 18. 垂 直 分 切 機

的多數玻璃器具，均爲用此種機械操作所構成的貨物，是以除非本地亦以同樣的方法製造之，吾人不能與他國競爭，以供給自己的需要也。在著者之意，當然惟有適用機械，以出產玻璃器，卽大陸上人民，在吾人市中，所售給於吾人者。英國製造家，若用以海外所用的同一樣製造方法，則可產生更廉的價率。

燈器。在今日製造燈用玻璃器，可以說在手工與機械生產間的中途階段。所以吾人見其尙有數種原素，係進一步用種種方法，做成其底腳等。多數燈泡均係用手工模型吹成。不論做那種中空的玻璃器，必須先將玻璃吹成球形。最好的餐具玻璃的製造，係由巧技的工人，以器具形成之。其外形全靠其靈巧的手腕，但燈用玻器，係原同一的玻璃球吹出其最後的形狀於型中。玻璃在數年前亦以同樣方法作成，但有多數器物，須供以外形的誘導，然後再經歷其他方法者，則不在於製造燈泡，現已另成一派。

### 第十三章 玻璃瓶

每年間，億萬的玻璃瓶，用於本國，其製造自成一項很重要的實業。在大不列顛，最大的玻璃瓶產家，爲蘭楷西而（Lancashire）連合區。雖然，自大戰後，彼輩設下廣大的時新工廠，相近倫敦；在一九一二年，由兩個舊時創設海稜士（St. Helens）的製造家，混合而成，最初引用經歐洲認可，美國何文士（Michael J.



Owens)發明的自動造瓶機。在同年，阿文士來滿且士特 (Manchester) 創立完備的新式玻璃工作，於特賴福得園地 (Trefard Park) 表明其機器的構造內容。

唧筒式 阿文士 爲第一具在商業上成功的完全自動造瓶機。有一種以此同一性質進步而成的機器，近已發見於英國即雷得粉 (Refern) 阿文士 爲唧筒式，包含有多至十五個轉臂，圍着一中軸，每一轉臂，在實際上自爲一造瓶機，初型及後型，均全備於內。每一單位，輪流浸於熔玻璃的表面，被空氣的壓迫，唧筒引入玻璃於初型中，其唧入的多少，適足製造所需要的玻璃。此集取的熔物，繼續引入并轉入後型，即於此吹成其最後的形式。在一定的範圍內，每一轉臂的應用，可轉變出稍稍不同的玻璃。但在實用上，覺此阿文士 式的機器，似過大而繁重，最適宜於製造各等極大的同樣的玻璃瓶。此機已不甚合用，近數年來，商業上已改變其嗜好，寧用較小而很便利的流入式機器。而用此種完全自動的唧筒式機械，於製造大形玻璃瓶，好像已成例規，作成進一步的供獻。在此一方面，可論及欄中大玻璃瓶，一個阿文士 的大瓶機，一日內可造七千五百至八千個五加侖大瓶。至於在舊手吹工作時，一個熟練的玻璃吹工，在同樣的工作時間，只能出產此種玻璃瓶二百個。

流入機。流入機此式之最著名者，大約要稱美國的阿乃兒 (O'Neill)，其本身不爲完全的自動，所以

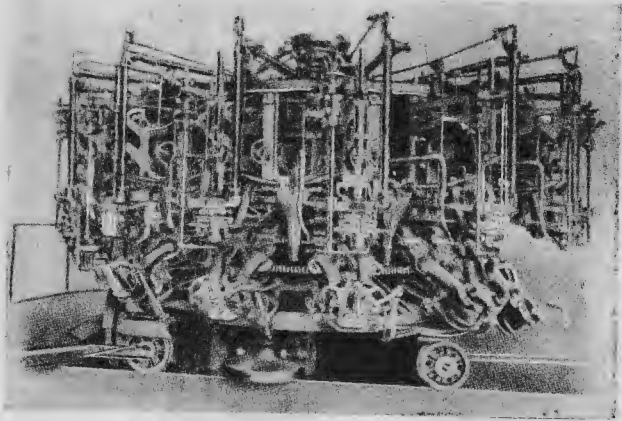


圖 19. 阿文士 (Owens) 造瓶機

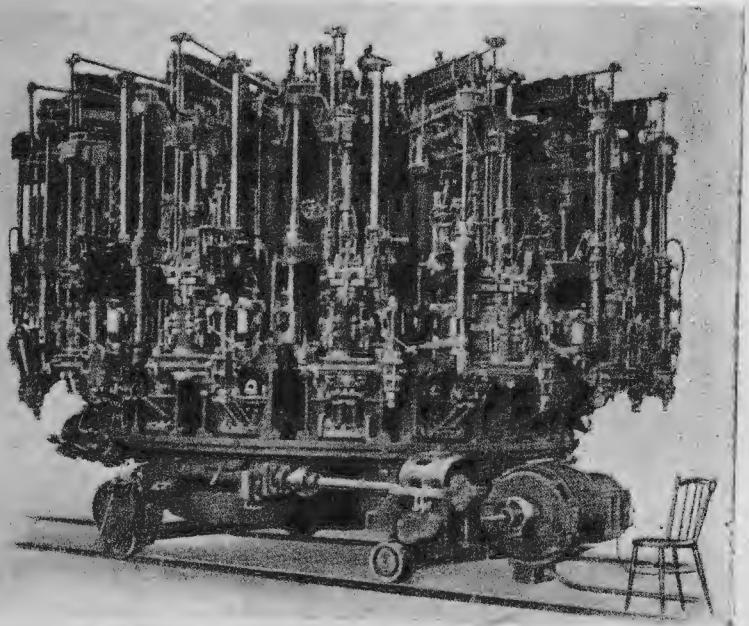


圖 20. “雷得粉” (Redfern) 英國造瓶機(唧筒式)

工作係連接啣入的方法，此種最發達者，爲鸞傾 (Rankin) 哈特福得英排兒 (Hartford-Empire) 及木克

女系 (McNish) 造瓶機，主部含有兩個圓形轉桌，每一桌上，運載着六個或八個模型，迴轉於建築很強的中柱上。以切剪，添料器之鞣鞣活塞等，同時動作。鞣鞣活塞，限制由添料器送來，流過的玻璃，以剪剪出相當大小的圓口，并以手工作，成一定形式，將此口形玻璃，墜入初型中，型係在倒立之位置，有一頸環及栓塞在底部。當模型關閉，活瓣立即打開，自動的壓入空氣，強迫玻璃入於頸還在底部活栓的週圍。栓上有一尖端凸出，刺入玻璃塊中，而成一穴，以便隨後吹成玻璃瓶時，空氣由此入內，當圓桌轉至第二位置時，活塞被引去，空氣自下投入，將玻璃吹成初型的形式，當圓桌再迴轉至另一階段時，初型倒轉。當其最接近第二步，即吹桌時，已不復倒懸，頸端向上，一個稱爲玻璃空格者，橫過其

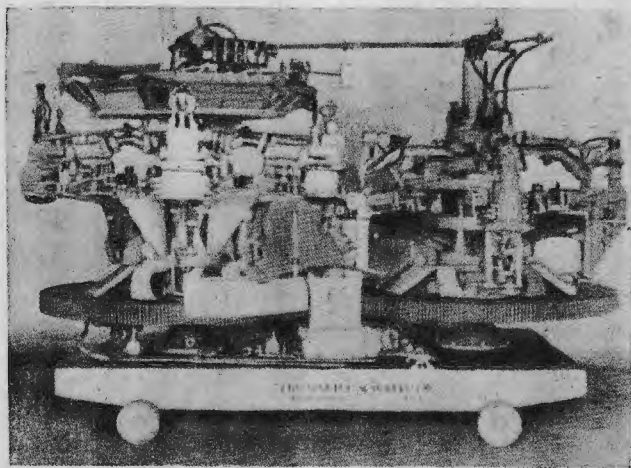


圖 21. 94號窩乃兒 (O'Neill) 真空機

上，而達另一相若的吹型中，垂懸於頸環上。即於此處當第二圓桌轉動時，被吹成最後形狀。

此當可覺得，在每一動作之間，或玻璃傳遞時，機器的迴轉，必須稍停片刻，在其傳遞進行時，羅補士特（Robust）機的構造，所以要抵抗由於常常的倏停倏動而生的挫傷。

## 第十四章 冕玻璃及片玻璃

最初的窗玻璃，大約即以所稱冕玻璃的方式做成。其方法係將集取的熔玻璃，於吹管之端，吹成中空的偏圓形，在此圓球的對方，以一集尺或固體的鐵桿接觸之，使此圓球成瘤狀體，原初用的吹管此時可以取出，而留一穴於球體上。當着其在半熔狀態，將玻璃迅速迴轉之，玻璃受離心力作用遂自穴口處佈開成一圓平面，粘接着集尺，於此隆起物之中心。將集尺移開時，遂留下一牛眼形玻璃。冕玻璃有兩種不利的性質，即用此方法，只能作成小片，且不免有凸起處，不十分平坦，并中心有一眼孔。

手工圓柱法。其次的方法，用於製造窗玻璃者，為手工的圓柱法。此方法中，集取的玻璃，將其吹成圓柱形，於重大的約五尺長的吹管上。爲着此種目的，所集取的玻璃，約重二十磅至四十磅，按所成圓柱的大小而定。圓柱的直徑，由十二吋至二十吋，長度由五十吋至七十吋。圓柱吹成後，自其底端移去，儘其長度，割成

長條，於平面爐中復加熱之，使其中間凸部，下落成平片。此種方法，近日仍有實用之者，但已有同性質的機械方法接替其位置，不過工作程序，有許多地方，已大有變更。在此進步的途中，手工方法，已漸被淘汰，而為機械所代替矣。

**機械圓柱法。**在用機械的圓柱法，以壓入空氣，代替人類的氣吹，已較從前能吹成更大的圓柱。因其體積的增大，反須要特別的工作，以取謝扶持之。

此式最近的進步，與別種片玻璃方法有關者，在後述之。熔化物以多數大勺，自爐中取出，傾入玻璃室地板上之開口坩堝內，每一個此種坩堝，有用機械牽引的金屬管，或稱氣筒，伸入坩堝底部，以代替舊式吹管。玻璃加入，氣筒引動，玻璃被引隨之升起。牽動後，圓柱被引入的壓迫空氣，伸張至所需要的直徑。在英國以此種情形作成的圓柱，其高

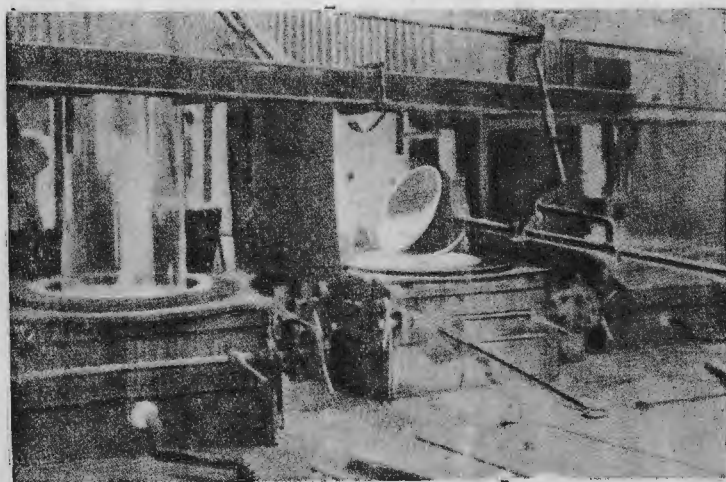


圖 22. 機械的圓柱法片玻璃

度有達四十呎，而直徑與厚度仍相同者；在美國，高度有達五十呎者。

很明白的當將此諾大的玻璃圓柱，放下於地，係很要精細的工作，并爲平穩起見，需用繩索纏結，并滑車纜索等，以整理之。用種種輔助，并預置框架於前，以承接之，遂得將圓柱放下，置框架上。

圓柱法雖以機械操作，仍有許多短處及不便利的地方，圓柱的放下，劃條及燒平等，均甚繁瑣，並難保存。所以很顯明的在學理上的製造片玻璃，應於起初產生時，即做成平面。

福卡兒特 (Fourcault) 方法。在一九〇一年，有一種牽引玻璃的機械，在奔景地方，爲伊門福卡兒特，得到專利。此最先的專利，隨後又經若干年的經歷與進步，直至一九一四年，商業上的經營，在此長久的階段中，始得成功。在那一年內，有八具機器，設置文賴里士底當鋪來米 (Verrieres de Dampremy) 在奔景，相近卡勒羅 (Charleroi)。此亦多數爲實驗工作的一幕，設立後，繼續工作，已全告成功。經過大戰的困難期間，在哈密士提士 (Armistice) 之後，此項方法，在美國已很廣的適用於各窗玻璃工廠。

福卡兒特 方法，主要的鹽基數，亟其簡單，用耐火磚築成箱形，有一橫縫於底部，置於熔玻璃的槽中，玻璃應以較平常玻璃，密度更低的原料合成。耐火箱浮於槽的表面，當自上面加以壓力，火磚一部份被淹沒，底部的橫縫現已在玻璃表面之下，被四圍玻璃的壓迫，強迫中間的玻璃上升，經過孔縫，流向水平的玻璃

片主體。

福卡兒特的

操作，當玻璃自縫中擠出，應立刻使其稍冷，並引入以石綿包裹的剛質滾軸中，其餘的玻璃，繼續迫出，次第冷卻，使其硬度恰足以牽引後來者，不致拽斷爲要。吾人可見，以此方法，

可得成正的或長片的玻璃，其寬度適合耐火磚箱橫縫的長度。由經驗的指示，及學藝的進步，可以產生各

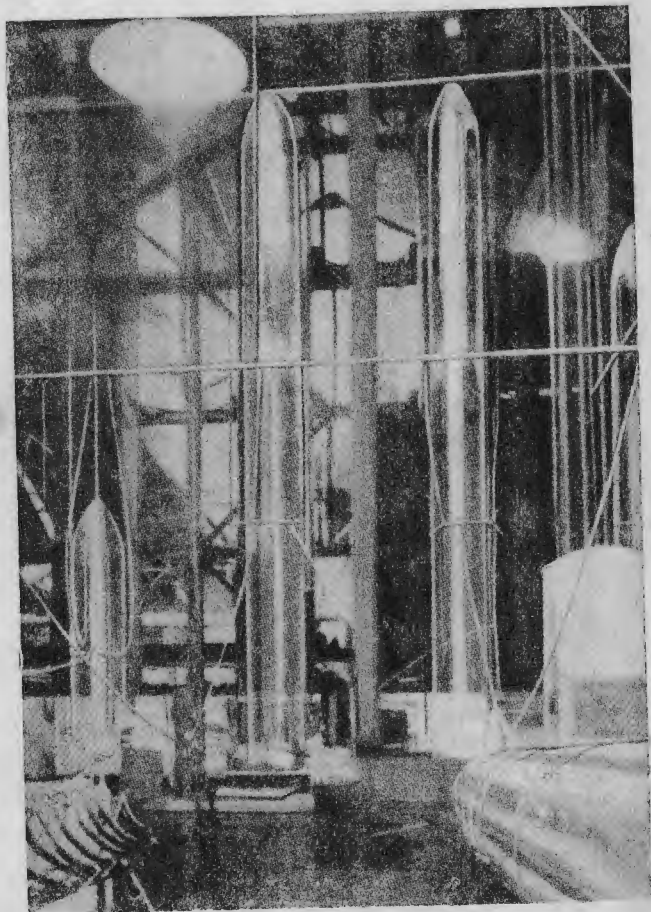


圖 23. 機械的圓柱法片玻璃

種厚度的玻璃，增減至相當限度。將擠出的玻璃，迅速牽引之，可得薄片的玻璃；緩引之，則得較厚者。

當福卡兒特機工作在正常的速率之下，現每小時可產生相近五百五十平方呎的玻璃片。

福卡兒特方法中，最不便利之點，即熔物離爐之後，玻片需畢直的繼續引上，成正的玻璃，有時因過冷而段折。所以牽引的方法，必不能阻礙或停止。玻片前進，經過二三重地板，在其完成煨煉與分切之先，已有相當的高度。

李比阿文士方法 (Libbey-Owens Process)。在李比阿文士方法中，其利益已作更一層的進步，與福卡兒特方法，顯著的不同點，即玻璃帶離爐後，不久復被加熱，並以合宜的角度，轉成繼續的橫進。牽引方式，亦有不同，在李比阿文士機，先放下一約三吋闊，六吋長的鐵質接引器，於熔化的玻璃堆中；於是翻轉動作，將粘接着的玻璃，牽引起來，拽出的玻璃，約六吋至八吋寬，若牽的速率，為每分鐘四十至六十吋，則得普通窗玻璃的厚度；若機械的工作，約每分鐘引出廿三吋，則得四分之一吋厚；速度再低，則可得相近半吋厚的玻璃。

當李比阿文士機，工作在較高的速率時，在廿四小時內，可以產生三萬平方呎，等於每小時一千二百五十平方呎。曾經估計，較之手工操作，每一吹工，一小時只出一百六十平方呎，與及機械吹出的圓柱法，每



小時約在七百五十平方呎。(見前面首頁李比阿文士方法的圖解)

## 第十五章 玻璃板

在製造板玻璃，不見有甚麼革新發現，如片玻璃一樣的迅速。台玻璃或板玻璃，在很早的時期，已在蘭 楷西而 (Lancashire) 製造。此為一很有趣之事，在錫稜士古公所，中部屋廊的台榻，現仍舊保存，以留其歷史之價值。蓋其後來的主人係歷史上著名之愛力喪得來皇后 (Queen Alexandra) 及瓦而士 (Wales) 公主，其製造係在一八六五年。舊式台桌垂板，雖於此數年間，主要的性質，已有變換，然至今日，仍然通用之。製造板玻璃，每一坩堝，約含一噸熔化玻璃，自爐中取出，傾於金屬台上，無數的粗重輻軸，在上面滾動，將其鋪平，成一闊板。其初，板玻璃係粗糙半透明體，不甚透光，在其送入市場之先，尚須將其兩面加以琢磨拋光。在英國最大的工廠，金剛沙，及其他磨擦物，用於琢磨拋光的工作者，每年數在十五萬噸。適在大戰之前，商家創立一新式的擴大工作，彼等選擇相近錫稜士的可里山谷 (Cowley Hill) 為場所，使此大量的廢棄白磨物，可以沉積於住宅週圍，構成平坦的陸地。

關於製造上，有些與板玻璃很相同者，為高大的明亮房舍的垂板。及其他鏡頭等。先用模型，給予一定

形式，後來割切磨光之，一切隨後的工作情形均相同。

福兒得 (Ford) 方法。福兒得莫托公司，用無量數的板玻璃，以作風屏等等，其玻璃產生於特別的工廠，雷文老至溫克 (River Rouge Works)，創立於一九一三年，此玻璃工廠的建築占地七百六十呎長，二百四十呎闊。分四個完全的單位，用福兒得連續流出方法製造板玻璃。每一單位，包含一座玻璃熔爐，約有四百噸的容積，連着一個四百四十二呎長的煨車，八十六具琢磨機，及七十二具拋光機。四個單位的出產容量，每年共計一千萬平方呎的磨光板玻璃。

在雷文老至工廠中，每一熔爐，約熔化四十噸，在廿四小時內，同時並消耗瓦斯五十二萬立方呎。相近每分鐘出產玻璃七平方呎。玻璃成帶狀，連續浮出，切成與琢磨台同樣大小的分段，每一片其大適够作三個完全的福兒得風屏。在粗糙時，每塊重七十五磅，琢磨拋光後，減重至五十一磅。

琢磨。在琢磨與拋光的工程中，先後用七個等級的砂，每種均散佈於機械上，用過之後，砂與水收集，分存各等箱中。在福兒得廠中，無一物許其廢棄者，按照砂的等次，每種降低等級復用。除完全最細者，此種白磨物，大約已全不能用。

當砂磨方法完成之後，玻板移於另一部，以金剛砂研磨的機械下，使用五個等級的金剛砂，由粗粒至

細粒，亦如天然砂一樣。金剛砂仍係降等復用。

金剛砂琢磨之後，玻璃仍在原初的同一轉遞台上，察驗有無缺憾，然後移於拋光機上，將磨痕修整光華。直至此時，玻片尚只有一面，已經處理，現在當可翻轉，將其他一面，再同樣工作之，然後玻璃板可備應用。

必且羅克司 (Bicheroux) 方法。福兒得方法，在

美國實用於製造板玻璃，顯示很多的進步。在歐洲亦常常追求新的製造方式，正在進展間。新式商號，近已創立於法國。在德國哀成地方 (Aachen) 馬克司必

且羅克司 (Max Bicheroux) 的發明，已成一著名的進步；必氏為德國著名的工程師及玻璃製造家。必氏首先的目的，在製造薄板玻璃，於此種工作中，正當玻璃轉動時，將其割成數段，而得到成功，並得應用短台

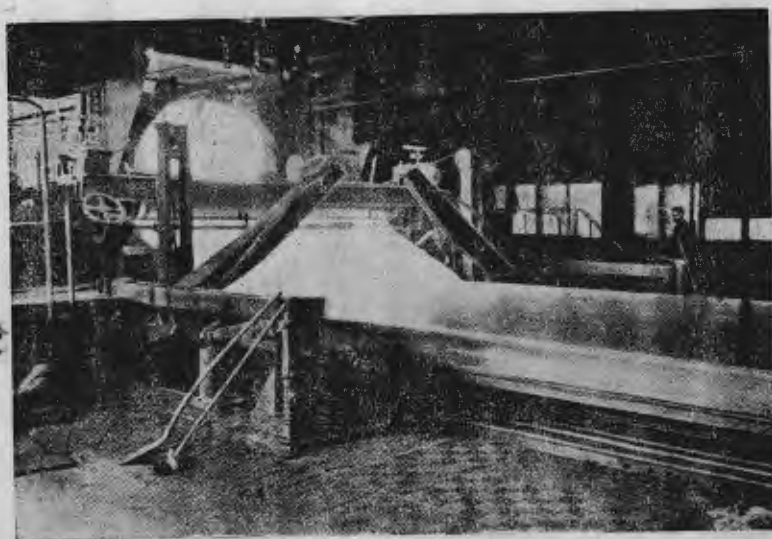


圖 24. 必且羅克司 (Bicheroux) 板玻璃方法

及旋刀立刻將各分片，一併送入煨車。更有甚者，其驚人的進步，爲必氏改革廢除遊行輓軸，及主要的垂台。旋轉熔盆，用一滾軸，經過傾出的邊際，使玻璃順流瀉下所經的距離，已被減短，表面的皺紋，摺疊，及包含的氣泡，均被除去。

總其所得，用必氏方法，一熔盆盛八百五十立特玻璃，約得六十平方米突（公尺）粗玻璃板。較之用其他方法，只能得卅一個半平方米突。再者，厚度的種類，亦可由十一個半公分厚，至於僅六釐；較之舊法，只能由二個半公分至三分。因此并得減少琢磨，其所得效率，據稱增加百分之三十五。

## 第十六章 管桿及化學玻璃器具

在本國有許多的玻璃管條，仍以手工造成，因其直徑的大小，及所需的厚薄，種類太多，擴充機械的設計，以作大量生產，不甚經濟。

**手工方式。**自爐中集取玻璃球一團於吹管端，滾動於一小鐵桌或滑板上，僅使其稍成錐形，在輝穴中，或側邊的熔爐中，復熱之後，將此玻璃球，粘於一鐵柱上，玻璃管牽引工人，將玻璃背着持鐵柱者，向前引出，同時並吹其鐵管，使空氣容於管中。富有經驗的工人，由變換牽引的速度，可引出各種直徑的管，非常正確，因

此原由，其集取玻璃的大小形式，亦有分別，更助以第三人，於牽引時，以圓規測量之；其次輔助冷卻，以皮片搨動空氣於玻管，以免引成較所需者更窄的直徑。玻璃桿亦適以同樣方法引成，惟牽引時可集於鐵桿上。

**當麥(Danner)方法。**此係於大戰期間牽引玻璃管桿的方法，用自動機械的發展。一具美國專利的玻璃牽引機，於一九一七年出現，不數年間，已實行占據一切手工玻璃管的位置，於美國。當麥方法，非平常的發明，實據有種種奇妙的形式。

玻璃仍以尋常的方法熔於爐箱內，由此流入一規定的火床中，撇清之，其溫度須正確的適合，繼續流下於一槽中，達一緩緩旋轉的空軸。流量以一可以升降的活門規劃之，空軸為一粘土的套管，套於一空心的鐵桿上。此鐵桿的設計，所以使滾軸前端，可以傾向下面，至最好工作的角度，通常約在二十度。玻璃流圍繞於套管上端，為重力沿軸下流。在頂部玻璃與套管初次銜接處，得見螺旋形瀾紋，但於玻璃自套管端引出後，立即平滑。

當做玻管時，穩定的壓迫氣流，自空心桿吹入管的內部，將空氣關閉，變換效應，則可由玻管而續製玻璃桿。

牽引器具，位於距爐二百呎之處；推送方法，含有兩串環鍊，每串轉動於兩個迴輪上，上下併列，鍊上有

石棉墊，故玻璃管不與金屬接觸。上下兩列間的距離，可以調整，以適合玻璃管不同的直徑。用各種速度的莫托，節制玻璃管牽引的速率，並限制供給的空氣，所得玻璃管直徑大可隨意區分之。

玻璃管位於兩線間中心處，推送機以轉輪引導之，為一具刻溝的推車，載着玻璃管，自爐前趨。不但大可免出磨擦，且機械應需的推力，數量亦可減少。在一九二一年，玻璃管牽引於當麥機上，為每分鐘一百四十呎的速率，但此速率，隨後已大為增加。

當玻璃管離開推送器，自動的被切為所欲的長度，並送往懸架。再經自動測量分為各等大小，此亦係一定的規則。

有尚須注意者，即機械的製造玻璃管，亦如手工方法一樣。直徑小的長管，係由大直徑的厚重圓筒引出。但機械方法大為便利者，即每一項粗細的實在情形，十分適宜，續出的玻璃管，恰有同一的效果，無不勻之弊。

試驗室及化學玻璃器具，包括各種薄的吹成器物，如壘，有腳酒杯，試驗管等，凡用於化學工作者均屬之。此等貨品，多半吹成於統鍊型中，有用機械的操作，亦有工人的自動操作，其頸上的唇口，隨後須復熱之，使其邊緣圓華，並作成一種形態，以便於傾瀉，而免使用時，其中液體由壘或杯的外面流下。重大的玻璃器，如乾燥器，測量柱，酒壘標本，及三頸瓶等，均以手工製成。化學器具，須以耐久的穩固的高抵抗玻璃製成，所

以抵禦金屬酸類、鹼溶液、及沸水等的溶蝕作用，以及溫度的驟變。

製造玻璃管條，以供各種目的者，在玻璃工業中已另成一派，專製造一定形式的化學器具，及供應製造電燈泡等，均需用大量的玻璃管條，以各等的大小形式，供燈工的應用。將玻璃管加熱之，工作於噴管火焰之前，可製成各種的試驗管、加熱管、冷凝管、鈉鈣質U形管、凝結器等。大概化學器具所用玻管，可分兩類，一為稜的鈉質玻管，一為堅強的燃燒管。應特別注意，以分別各種大小及性質的等次。普通的玻璃管，其壁厚及外闊，均應完全校對，並按照其常度以分類之。

製造玻璃管，除大形及厚重者，不須煅煉，能表示硬化的性質，確實的增加玻管抵抗內部的壓迫力，如沸點測驗管一類。由玻璃管或桿，製造各種器具，必須加以注意，凡各管條片塊，用以粘合一處，以構成器皿的各部份者，須為同一性質與組織，並供自同一來源者，方能連接而完全粘合。

燈工或玻璃吹工，必須注意其所得之供應物，來源應十分確切，才能使各玻璃片，適宜的接合於一處。若各單位的玻管，係由各種不同的製造而來者，聚合一處，常發生紛擾。像形的玻璃工，亦同樣適用之，可將各種顏色的玻桿，作成裝飾品。發行商家，亦常供給已接合之顏色玻管，非常適用於特種目的。彼輩均甚注意預防，留心查視，然後工作將各種顏色交接於一處。供應的玻桿，可以嵌接白金、鎳、鐵、或銅等金屬線於內，

接合穩固。

製造白色不透明的玻璃桿或管，亦以應用於普通桿管的製造者，同樣的方法製成。

吾人現當敘述花紋的製造。此係一種玻璃桿或管，含有不透明的或顏色的線條，無論直條、螺紋、或交叉形，於透明玻璃中。其線條同桿管一般的長度。

此種奇異的玻璃工作，開端於非尼司人，爲另一種專門技術，以產出精緻的，裝飾的，花紋的修飾玻璃器爲主。

產生花紋玻璃桿的方法，先將無數短的不透明或顏色玻璃，預先引成，切成約六吋長，將其以垂直的位置，置於鐵的杯狀模型內，沿其內部，週圍環列。型約五吋直徑，不透明的玻璃條，以等距離垂直的支持於型邊淺槽內，集取一團熱的水晶玻璃於集尺上，墜入型的內部，熱熔玻璃，與不透明的玻璃條接觸，將其粘附於上。在將玻璃取出時，玻璃條亦全移去，排列成段，圍繞玻璃四週。現再將其加熱滾轉，直至不透明的線條，完全嵌固於熱玻璃中。於是工人另取蓋面的熱玻璃，遍佈全體，復滾轉之，使成圓柱形，即可照上述製玻璃桿方法，進行牽引之。

若線紋欲其成螺形，工人可於牽引時，一面向前進，同時翻轉集尺，此滾轉的動作，使不透明線條，扭轉



成螺紋於玻璃中。用上面的方法，可得各種顏色的玻桿。若再將不透明玻條，放入杯型中的位置變換，可作成種種美麗的奇異的花紋。此等扭轉過的花紋玻桿，可以照常應用，再加以手工。在製各種非尼司酒杯及酒具的方法中，有數種效力最佳的花紋修飾日用品，可於非尼司玻璃器標本中見之。此種標本，現存於英國博物院中。

米來福而 (Millifore) 的工作，係由工人先分散一種小的顏色玻璃層於滑板面上，(層粒的大小不等，約在一立方吋的八分之一，及四分之一之間) 於是集取熔化的水晶玻璃於吹管上，將此熱玻璃，在顏色的混合層中，於滑板上滾轉成球，熱玻璃集起碎屑，蓋於面上，將其復熱，再滾轉之，另集取水晶玻璃，佈蓋全體，即可吹出，作成各種形式的裝飾品，如壓紙條，墨水池等。此項工作，產生新穎的效果，有無數色點，表現於玻璃中。若最初集取時，以不透明的白色玻璃作底，則效力更為加增，因所示的色效，為後面的白色襯出。

紡織玻璃。玻璃尚有一種奇異的形式，即紡織玻璃，多半用於製造精緻的裝飾品。玻璃可以紡成線，精細而易屈，可以手工編織，如其他編織材料然。在此種用途中，紡成玻璃線，可由玻璃紡成所需的形式。紡成的玻璃紗，用以製刷，以刷洗金屬物於酸液中，因其對於酸，較之普通的布，有更大的抵抗力；並企圖以紡織玻璃布用於某種一定的工業，供商業的應用，譬如紡玻璃可用為濾清布，在一定的化學方法中，用以濾清

酸類的殘渣，已有成效；且無疑的，玻璃線的粘合及韌力，更可進步，則引用於他種工業方法的建議，當必增加。

製紡成玻璃線的方法，係將普通的或顏色的玻璃桿（無論其為方形圓形或三角形均可）於噴管火焰中，溶化其一端，用鉗夾持其熔融的頂端，引出，接固於一木鼓上。鼓引熱熔玻璃，迅速迴轉，木鼓直徑，可為二三呎。玻璃繼續熱熔，被迅速迴轉的鼓，連續引出，成精細的紗線，盤繞成圈，直至得到足夠數量，於是紗線自鼓上收集而下，用以編物或織成布。

其閃光及種種色彩，由於玻璃線中，光線的反射，給予紡織玻璃特別效應，當其用以修飾小件裝飾品時，如作玻璃鳥尾等，尤為顯著。

玻璃毛，亦以大致相同的情形製成，用為熱阻體的包裹材料，以隔離熱力，很有成效。

玻璃霜，或稱玻璃雪，係由集取小量的玻璃，將其吹張至爆碎點而得。此最薄的壳層白碎之，而集其碎片。用於此等目的，如散佈於砂紙，或美術的賀片上。先篩成所需大小，以膠或水玻璃，粘固於紙上。

妄偶的眼，及人類的美術假眼，係由有高深訓練的技師，於吹管火焰前做成。彼工作於顏色鮮麗的玻璃管及桿，構成僮人及眼球，其血脈則以最細的赤色玻線描成。在作此類手工藝，須有相當的技巧，及適宜

的程度。大半靠着玻璃管桿顏色的配合，而給予自然的效應。當做得完美者，非常聰明天然，幾疑玻璃爲真的人眼，用普通的觀察，難於說出其并非真者。巧妙的技師，嘗造成此種美術的假眼，填於假面具的眼窠，並能活動。有許多高貴門閥，在大戰時，損壞其眼目者，均以此種情形鑲補之。

呵文特林，係一種金色玻璃，含有黃色閃光的細粒，其結晶的互相的反射，而給予特別的效力。此種玻璃，係得自應用過量的銅，及強力的還原劑，於玻璃中；當銅大半被還原於玻璃中，給予美麗的閃爍效應。此種玻璃，常用以造假寶石，割切及磨光之後，作爲裝飾品。製造此種玻璃的方法，原始於意大利，并保守其秘密，已若干時間，故至今，尙有意大利呵文特林之稱。

鉻質呵文特林爲另一種構造，給予綠色閃光的效應。此係應用過量的鉻於還元劑中。出產呵文特林的成工，靠着熔融玻璃，冷卻的緩慢，以助其結晶。

雲母頁或片雲母，用以給予玻璃，另一種奇異的效力。集取少許有色玻璃，滾轉於佈有薄層雲母的滑板上，再取清淨水晶玻璃，蓋於表面而成，於是將全體吹出，作成各種精美的裝飾品或花瓶。當修整後，閃爍的雲母片，自有色的底部透出，給予新奇的銀色反光。

## 第十七章 光學玻璃

製造光學玻璃，爲玻璃工業中最重要的一段。有許多困難問題，爲玻璃工人所應支配者；在此段玻璃工業中，製造家適用物理的及化學的科學知識，成爲最重要者。產生的光學玻璃，稍有缺點，於試驗於折光鏡之下，即顯明的存在玻璃組織中，而生妨礙。存有稍許的線條、孢子或裂紋，於玻璃構造中，即不適用於重要光學工作。雖僅欲得數吋直徑的光學玻璃塊，有真正的光學能耐，及反射引導，且同樣的，於使用時，能够讓光線通過，而勿阻礙，殊爲困難之事。所已須配合別種形式的複玻璃，以更正其弊病，而使其無色。所有的光學玻璃，尚須有高度的透明，及堅固性質。線痕的阻礙，於冷卻時，更進而顯著於固體玻璃中，雖玻璃緩慢的，與小心的煅煉，亦爲難支配的事實。煅煉光學玻璃，各種熱度及時期，均要靈敏適宜，以管理之，否則有極大損失的結果。雖竟若干力量，以得到一片玻璃，在認爲適用之先，尚須試用，以定其價值。所以尚有若干理想的工夫，包含於產生光學玻璃的事務中，當可顯明。應用褪色劑，及不純的原料，係不可能，因阻礙並相當的抵抗光線的通過。煅煉亦不以尋常的時間，有時延長至數日之久，使其漸漸的恢復其中的線痕。熔化此種玻璃的鎔盆，只能用一次，因玻璃通常應任其慢慢冷卻於熔盆中，以行煅煉。

爐中熱度的管理，係以主煙突中的活閘，限制其通風的牽引力，整理其作用；所以使玻璃的煅煉，得於熔爐中施行。節制爐中熱力，甚為重要，若溫度過熱，則玻璃侵溶熔盆的粘土；若降低過多，則又使鎔物的胞子，難於除去，而玻璃本體，成為平常，以小爐含有一個或兩個熔盆者，結果最佳。此等熔爐，多工作於間隔方法。先熔化玻璃，繼則漸次冷卻，以煅煉熔體於盆中，爐中火力，任其漸漸完全熄滅。冷卻後，將熔盆擊破，取出玻璃，修潔成塊。每塊均應留心查驗，有無缺憾，最佳的塊片，再加煅煉，此後琢磨至所要求的形式，做成鏡頭或三稜板等。

每一盆中，欲得到多數完美的玻璃，其機會實少。大概一盆中，全體只有五程，經過選擇及磨光後，認為合用。

在製造光學玻璃，其配合原料，應選其特有的密度不大十分相差者。隨地決力以求最純潔的原料，於可能範圍內。配料於熔化之先，須精細的研磨，並十分混合。玻璃熔盆，應以最純潔，抵抗最高的耐火粘土造成，以免熔煉時，其中稍有不純物，熔解於玻璃中。在熔化玻璃時，熔盆的加熱，應儘量的設法使其均勻，分布於頂、底、及側面的四週，所以使玻璃全部，透澈的，完備的熔合。以彎曲的鐵桿，套入瓷管中，不時攪拌熔化的玻璃，使其摻合的成份，當熔化時，能完全的混合，並保持玻璃，可得均一的組織。經熔化完成後，已平淨全無

粒子泡沫時，此盆熔物，即可煨煉。冷卻後，玻璃分切爲若干塊，查驗各片，有無缺點，有則剔出之。選擇後的玻璃，隨即琢磨至需要的形式。若必要時，再煨煉之，在此方法中的熔盆，只用一次，爲最消耗的一項，惟有相當的增加產品的價值。

大戰之先，本國的光學玻璃事業，限於少數商家，只能供給吾人小部份的需要。吾人多半依靠大陸，以供給光學玻璃，僅於最近時期，政府的提倡實行，給予製造家科學的補助，研究并組織此一段的玻璃工業。甚希望公家的補助，能於繼續，使光學玻璃一枝，在玻璃工業中，可以擴張至將來完全獨立，生產吾人自己海陸軍所需的一切光學玻璃。可惜在戰前未曾得到政府的補助，頗爲遺憾，否則較之大戰時方開始者，吾人當必有更好的籌備與設置也。

## 第十八章 修飾玻璃

一定的修飾玻璃方法，係於工人製造玻璃時進行之。另一種修飾玻璃的方法，係於製造後行之，如割切、作槽、鏤蝕、彫刻、及上釉等。尙有一種修飾方法，即將上述的兩種，或數種，併行之。水晶玻璃，可由工人作成，蓋有薄層顏色玻璃於面上，並將此外層色皮刻穿，使無色的水晶玻璃，自底部透出，暴露於外，而呈美麗的

效果。

將一小部份色玻璃，如佛手綠、璧璽藍、或赤色。熔體由一助手，自盆中集取。工人集取一水晶玻璃於吹管上，助手持顏色玻璃，任其滴落水晶球上，全體吹出時，色玻璃成薄層散開，位於晶球的外表。於是將此球作成酒具，或他種器物，煅煉後，送往玻璃切工，以其轉輪刻切玻璃外表，而修飾之，無色玻璃，成各種花樣，自有色表面下，透露而出。其色彩亦更鮮豔。

在另一種修飾中，工人以小量珠形淚滴的色玻璃，滴於花瓶的外表面上，以同距離的位置，迴繞物體四週，以此種情形處置顏色玻璃，工作而成，可得數種鮮麗的美術的結果，全靠工人的技巧，與美術趣味。

另一種修飾方法，用某種顏色玻璃，其組成份能使玻璃於赤熱中，復加熱時，變為不透明體。將此種玻璃所做成的無足花瓶，頂部復熱，可得美麗的結果，表現漸漸失其不透明性，延至花瓶頂部下數吋，已入於透明的色玻璃的底座。另有一種效力，係無不透明體者，可由工人集取小片有色玻璃於吹管尖端，并再集取無色水晶玻璃於上，即得。當全體吹出，作成花瓶或酒具時，可得頂部邊緣，即花瓶或酒具口，被剪去之處，顏色最豔。漸漸消失，至玻璃底部數吋處，已全無色，而為透明的水晶。

亦有某種組成份，當做成花瓶，復加熱時，其邊緣改變顏色，如轉成淡藍，或赤紅等。以為本色玻璃，其顏

色係隱匿於內，直至復加熱，始如不透明體的出現。惟此種玻璃，以其組成份的配合，為首要的事實。

玻璃刻切，為一種有效的修飾玻璃器，應用此法，水晶的玻璃器，須造成厚重而堅固，方能承受深度的刻切，而反射光線，表示出明亮的三稜形。

刻切玻璃時，玻璃刻工，工作於一木架中，迴轉的鐵平圓面前，迴輪有傾斜的邊緣，上佈黑玉質的細砂，水自上面盤中滴下，砂的磨擦作用，切入玻璃中，工人持定玻璃，或玻璃瓶，對着迴輪，隨所要的式樣，在對角線內，橫過器物。此等刻切，反覆數次，中間並適用

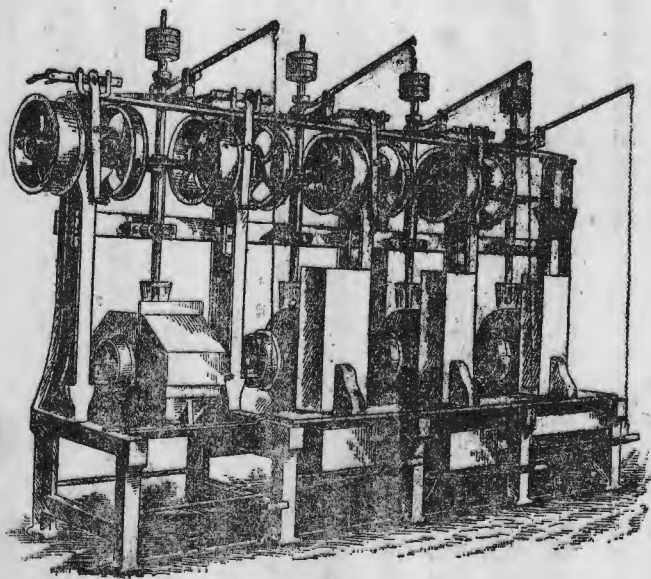


圖 25. 磨光樽底機



鑽石，輕刻各式花樣，至所欲的圖樣，完全磨出粗紋於玻璃表面，此後玻璃移於另一架有迴轉石輪者，此爲更精細琢磨。石輪磨滑先前鐵輪所刻的筵痕，然後此等刻痕，加以最後的拋光，於塗有拋光粉的木輪上，直至得到平滑光亮的刻紋。

玻璃經過刻切，價值大增，僅最佳及最清淨的玻璃餐具，方如此處理之。刻切工程，成爲精緻并高貴，按照所需刻切工程的多少而分貴賤。水晶玻璃餐具，以鉛質做成者，刻切後，最爲明亮。鈉鈣質玻璃，則覺堅硬難刻，且不能如此的明亮，如鉛質組成者，富有三稜效應。

一具自動機械，用以刻切磨滑及拋光酒琺的底等，初磨滑磨，拋光酒琺，全部工程的速率，每日可二千個。有四個垂直的迴輪，設於木架中。一個鐵質，兩個石質，及一個木質者。每一輪上面，有旋桿負載酒琺，其底部自動的輪流壓於每個垂直迴輪上。第一輪爲粗磨，其次二輪爲滑磨，第四爲拋光。此機械很簡單，勿庸精巧的手藝以操作之，故出品甚廉。

玻璃彫刻，在修飾玻璃中，較之前述深刻工作輕巧，並富有美術興味。在此方法中，玻璃之被刻或磨去甚少，可得更隨意的處理之。花草的裝飾品，及人物飛禽的圖案，均可作成。其各部份或任其粗糙或拋光，按照所需的明暗效應而定。工人當彫刻時，工作於以調革迴轉的小銅輪或金屬輪前，並用各等精細的金剛

砂，或碳化砂粉末，以油調成漿汁，作琢磨的媒介。轉動此等迴輪的架，形像調車，有踏板以工作之。迴輪可以更換，每一套有各等大小及不同的斜邊，分列手旁，以便刻工任擇其一，適合其特別工作者應用之。

玻璃器的彫刻，較之刻切所須，紋線甚淺。

鏤蝕爲一種修飾玻璃方法，利用氟氫酸的化學作用。此種酸類，以各種的配合，侵蝕玻璃，分解其表面，給予暈暗或半明的效應。惟僅玻璃構成圖案的一部份，露於酸液或蒸氣中者，發生作用。其他部份，以蜂蜡遮蓋之。蜡不以酸感應，故遮蓋部份，得以保全。

其方法之實行，有各種途徑。有些地方，引用繪圖器，及鏤蝕機，以構成圖案。一塊熱銅板，上鑄圖案，或刻有各種花樣，蓋以溶蜡，將剩餘者，以調色刀或吸收紙除去之，而留其餘的蜡漿，以供彫刻。以一片薄的砂紙，放於刻板上，將蜡質圖案，壓印其上，於是將砂紙移於備修飾的玻璃，蜡圖附着於玻璃上，將紙揭去，再取蓋蜡，遍塗圖案週圍，以保護其各部份。然後施用氟氫酸組織的漿液，以作用之。片刻後，已蝕入玻璃的顯露部份，再過片刻，即可洗滌，將玻璃放入熱鹼水中，將蜡面洗去，其圖案遂襯着未侵蝕的透明玻璃，成半明狀態而發現。

機械的鏤蝕方法，其圖案的構成，係先將全體玻璃，浸入熱溶的蜡液中，使其冷後，成薄層的佈於玻璃

表面。於是將器  
物引入機器中，  
有無數小針，以  
徧心輪的形式，  
由齒輪滑過，而  
操作之。此針尖  
恰刻劃於薄的  
蓋腊上，而成圖  
形，使玻璃繪成  
捲軸，圖形露出，  
將玻璃浸入一  
盆稀薄的氟氫  
酸的溶液，數分



圖 26. 玻璃影刻

鐘後，取出洗淨。蓋着的腊，則將玻璃復熱於漏盤中，溶化後，自玻璃流下，可收集復用。器物再洗滌清潔之，其鏤蝕處，即被針劃成的圖案，成捲軸形現出。另一種有效的結果，係鏤蝕圖形於玻璃鏡板背面，於洗滌并將背面鍍銀後，自鏡前視之，其半明圖形，現於銀色的鍍成光輝中，頗為美觀。

玻璃有被飛砂磨損者，其外觀亦與鏤蝕玻璃同，惟表面較粗糙。玻璃板，要修飾的部份，暴露於空氣，以受磨損的作用，自動的飛入精細的尖粒水晶砂，其磨琢作用，當然只限於砂粒與玻璃撞擊處，使其表面成不透明或半明。此種方法，多半用於加印商業牌號，或商標於瓶上等。當需要琢磨時，可將印花板的皮紙，或鉛箔，刻成形式，以保護玻璃，抵抗磨擦。操作的工人，並應戴上皮手套。飛砂的工作，係實行於一關閉着，十分灰塵的小間中，填入玻璃鏡板，工人自小間側的穴中操作之。飛壓的供應，係由莫托牽引，送入壓迫空氣，並可以踏板限制之。作用非常銳利迅速。在加飾商標於醫院中玻璃器，及特種玻璃瓶上，為有效而經濟的方法。

玻璃器可以上色釉修飾之，此種修飾方法，用軟質易熔的色釉，含有活潑的媒熔劑者，如硼酸的鈣質，及鉛質玻璃，可於低溫熔融，此等色釉，應預先溶化，然後白成細粉，以油為媒介，混合之，塗於玻璃上。塗過的器具，於瓦斯或木材燃料的上釉爐中熱之，直至塗上的圖案，熔解於玻璃面上。作此種方式的修飾，須要強

抵抗的硬質玻璃，於釉爐的熱力下，不易軟化。否則玻璃器具在熔化瓷釉應需的熱力下，容易變形。

一種染色玻璃，亦常適用，其法係施用含有銀鹽的組成份，於玻璃體中，以低溫燒成。銀質染玻璃成深黃色，其顏色亦可分別應用銅鹽。當用銅時，可得染成精美的赤色。

閃光玻璃器，其產生有數種方法，有時用小量比例的銀及鉍，加入顏色玻璃的配料中，將所得的玻璃，操作於碳酸焰中，銀質部份，被還原於玻璃中，構成美麗的閃光，反射於玻璃器上。在此種玻璃組織中，養化的程度，能適當得宜，其閃光可以規劃到各等限度，或最輕微顯現，或則還元效力，給予美滿的完全光輝，於器皿面上。

閃光亦可由復熱水晶玻璃於一火鉢中，揮發銻、鎂、鋁、及錒等金屬的鹽類於其中而構成。此項方法，係產生一種在表面上的閃光，較之前述方法所得者不甚耐久。

玻璃鍍銀鏡面的鍍銀，係將完全清潔過的，拋光玻璃板，浮其一面於硝酸銀溶液中，再加以還元劑，銀質即被沉澱，聚集玻璃上，成光輝的薄膜，使進入的光線，撞擊於背面銀質上而反射。

鍍銀後，玻璃板的背面，應加蓋保護漆或油漆，乾後可保護上面銀質，而使其耐久。

製造像形裝飾品，如鳥帽針，及小動物等。各種顏色的玻璃桿，玻璃管，供技師的工作，由吹管火焰的補

助，將相關的顏色，熔化延引，配合於一處。鳥尾可用紡成玻璃線，作成扇形，封入鳥體中。身體則以一玻管吹成之。有數種很新奇的裝飾品，均以此種情形做成。玻璃鈕、玻璃珠串珠等飾品，係以各色組織的管桿，工作於吹管前，構成各種式樣，粘接於金屬線上。

嵌工裝飾玻璃，係用如寶石，嵌於壁架或方格體。在此方法中，以各色不透明的玻璃，構成小立方形，或切成其他形式，以膠漿嵌接，鑲成圖案。其面部隨後磨滑拋光之，裝置為裝飾品。

大塊者，可以嵌接為鋪地料，或裝飾牆壁。

## 第十九章 此項工業各地的支派情形

美洲合眾國，精美的刻切玻璃，在美國現已覺奢飾，不合時世，其原因半由家庭事務的不振，許多較富足的人民，均過其生活於酒店及俱樂部中；半由於大量的應用莫托車，家庭婦女，常離家往公共場所，其大多數的會餐，均在其中。再者，壓型玻璃餐具，非常價廉，雖赤色人民，均能購買，遂使刻切玻璃器，隨處均不受歡迎。

玻璃瓶 玻璃瓶在美國最大的用途，為家庭間的分送牛乳乳酪。在都會地方，牛乳用瓶分送，實行普

遍，並有大半數人民，居住城市。按照美國日行事務部的統計，每年牛乳的消費，約計五十六億品托，其中以瓶分送者，每年不下二十八億品托。一個精密的調查，曾經估計，美國牛乳瓶的出數，一年間，約計一百四十萬大打（即十二打爲一大打，計一百四十四個）

玻璃瓶在美國，第二項最大的用途，係關於鑲水，以及汽水，碱水，啤酒等。酒，自禁止後，法律上只許製造不超過二分之一的火酒，所以此項用途，均直趨於鑲水一類。瓶類容積，在五加倫以上者，亦大量的用以儲藏果汁，及不違禁的軟性酒並用於碱商及藥店。

玻璃瓶之用以保存菓汁者，在一九一四及一九一九年間，增加約四分之三。雖然，家具的鑲鑽，則該境甚少。此好像係一定的習慣，均以新鮮的菓子及五穀供餐，故不用鑲鑽。且不若英國之以茶助餐，故亦少有壺樽的設置。所以壺鑽的製造，其數量之少，幾非意料所及。

生產過剩的恐慌 在美國有玻璃生產過剩的恐慌，自動機械，已發展到很高的生產效率，雖以美洲諸大的消費力量，仍不足以應附。據稱近來的生產，一方面的工作，已達到每一座熔爐，只一日，可產十四至十六盎司的杯一千一百大打。約等於每週六日內，九十萬個以上，而廠家尚有若干別的煉爐工作着。

事實上，美國的實用自動機械，製造玻璃，已十分超出前茅。一個酒琺的工廠，其機械的生產效率，每日

約爲三萬五千個。其他製電燈泡的，每日出數，達到一部機械六萬個的效率。似此其於十二個月內，構成的字數，是何等的巨大，當可想見。玻璃板的需要，亦極其廣大，每年產生四億機車以上，雖由於新開各種需要的途徑，如屏風等，亦半由於公共汽車，比例的迅速增多，均需要多數的板玻璃。

德國及克也求士羅維楷 (Germany and Czechoslovakia) 在歐洲，德國及克也求士羅維楷，都有許多設備最完美的玻璃製造廠，有些地方，工廠位置於鄉村間，其生活程度特低，故工資無疑的低廉。在事實上，很明顯的，德國玻璃器的廉價，其效果由於隨處均用最近的科學設備和知識，並以高度的組織，作大量的生產。所產出的玻璃，能以苦心孤詣，刻成圖形。譬如經過若干人手，每一人繼續着加以一小部份的工作，不像普通工人，多以年青女子，專一刻切圖形的某一部份。以此情形，集合一處，能產生複雜的彫刻物品。而工藝方面，較之由單獨一人刻成者，更爲精妙。其工作效率，連同在熔爐上，與及最後修整方法，頗爲迅速。很明白的，可以看見，僱工都非常強健並滿意。工廠中的光線，及普通的清潔，處處均足爲英國製造家的模範。

考求的重要在一個德國的電池工程中，行政部建築一連兩樓的房舍，劃分若干試驗室，每室只一人。重要的動人樣品，列供科學的研究，在本國玻璃學藝社會中，無上的精緻工作，附以應須的說明。不僅收集自歐洲中部輸出的大量玻璃器，幾於世界各部，並亦有一切的他種玻璃。德國富士郎 (Osram) 公司，大部



份爲出口，達到每週三億至三億半電池，並用六萬五千磅玻璃管桿。

法國有許多，以爲法國的美術玻璃，與及用爲裝飾及餐具者，爲當今製作最佳者。誠然，有許多以高價售賣於英國，常爲產品中數倍的價值，而其實可以說，歐洲全市場中，以廉價着想，有益的玻璃器，仍爲德國所供給，而法國的一類，太不經濟。

來里葵 (Lalique) 的型成玻璃器，常有美麗的顏色的設計，並常表動人的新式的觀念，在英國很通行。其方法，不過每一種圖形，只限制製造若干玻璃，此後模型即行廢棄，因此來里葵玻璃，才有相當的眞價值。

奔景奔景爲窗玻璃最大的生產者，出口很大的數量於美國、英國、及各地，一個奔景的窗玻璃工廠，自實用福兒楷特方法操作後，實據已能出產玻璃片，迅速的增加其厚度。當產出一種新的厚度時，先送往該工廠在中國的代辦所，其同樣的玻璃尙置於英國市場中，而中國人已十分滿意其性質矣！因此在其與吾人市場競爭之先，已將劣品淘汰，故在本地得有品質甚佳的榮譽。在美國創設告白，已有若干年，應用廣擴而繁多，因此片玻璃的需要，已十分超出本地供給之外。即單以樹立天體光察台一項，所用玻璃的數量，已遠非尋常，每年平均入口美國的窗玻璃，約值二十五億元，其大半均來自奔景。

文力 (Verre) 世界純全的機械製造公司在奔景的莫兒 (Moll) 設備完美，產量鉅大。其事業供應遍全球，有三座一千二百噸的箱式熔爐，每座設有兩具牽引機，及兩部煨車，其工作幾於完全不用手工。

美術玻璃器的製造，亦同樣的進行於奔景。但較法國出產者，稍為次等。一種有特別美麗的色彩，並成套刻切玻璃，亦常見於不路色士 (Brussels) 及安提温舖 (Antwerp) 商店中，但不甚為佳品。

嫫仍郎得 (The Netherlands) 其本身在世界中，似覺天然的不為人注意，該處所出達池中等餐具，很表示樸素。然在荷郎德，用高貴的家庭玻璃器，不甚需要，只有小量的刻切及粧飾餐具，為一般較為富庶的人民所用者，多係由法國及德國入口。在酒具的事業中，則當地的美術表示，又只注重形體而不在乎彫刻。在戰前嫫仍郎得，有十一個玻璃工廠，每年出產玻璃一萬萬支。此項出數後即有相當的衰微，主因由於禁止松子酒出口往亞非利加西岸。

荷郎德片頁玻璃，用得最多，由於該處玻璃園地的面積增加，市場發展，如花園的盆架，及綠屋，在該境內亦占主要的消費之一。在荷郎德遊行，自一處達一處，人人都有一種印像，覺其遍地均係玻璃。

日本 近數年間，重要的玻璃工業，已滋長於日本。該處大量的需要玻璃，以盛啤酒及升酒等。此類玻璃，完全由本地製造供給，同時亦有大量的出口，往中國南洋及印度等地。惟出口印度者自大戰後已大為

縮減。

啤酒瓶在日本完全用手工製造，直至一九一七年，美國阿文士機械造瓶公司，售賣其機器的專利權，於日本的寧波玻璃公司，立即設置其最大而最進步的自動式吹瓶機。此等機械實用後，已將手工製造淘汰。至今寧波公司四廠，其出數統計，據稱每年二萬萬支。除蘇打灰外，一切生原料，用於此大量生產者，其來源均得自日本當地。

在日本玻璃工業的支派中，發展最速者，爲片玻璃及板玻璃。此項需要，每年加增，已由百分之五，增爲百分之十；此係由於日本家庭中，應用玻璃，普遍的滋長，及增加多數大建築所致。

拋光玻璃板，供鏡子，透視窗，及莫托車等用途者，亦有大量的需要。全體的消費，均係入口，單自橫濱一處入口的數量，一月之間，已在一百箱以上。主要的供給地，爲奔景法國克也，求士羅維，及德國。

家常的及像形的玻璃器，在日本入口甚少。其所有者，惟來自奔景一處。品質好的餐具，其需要雖稍有增加，但爲數甚微，不過供外國的居留者，及富足的日本人，其生活狀況，仿倣歐式者所用。

科學的玻璃器具，供化驗室及醫學外科之目的者，有無數的小工廠，在東京製造之。此類玻璃器，亦有出口中國及美國，其價值較之英美所產者，甚爲低廉；由於日本的玻璃工業，在此一支，工資附給甚廉，其玻

璃全以手工吹成，不用機械。

在大坂一個玻璃工廠，製造各種壓型玻璃器者，包括酒樽，餐具，及粧飾花瓶等，一年可產出九百萬打器物。其出口地多係印度東印度達池及澳洲，乃苟雅城（Nagoya），出產小量的玻璃，每年約值八十萬元，其中百分之六十，出口印度達池及東印度。

印度 日本持玻璃工業之牛耳於印度市場，現已不可復得。自大戰後，有許多新式的玻璃工廠，已建設於印度，其經理此等新工廠者，多係當地的印度人，彼等在喜福兒特大學，騰諾教授之下，習得玻璃學藝，照英國步武發展之。除時間一項外，已很快的要使日本及歐洲製造家，難與印度的當地人競爭。其他方面，自印度本地的立場上觀之，有一嚴重的不利點，即缺乏佳煤。此項煤炭，僅能自上部哀省（Assam），西部賓（Bengal），及底康（Deccan）等處尋得。論其所處之地位，頗相似其棉花工業，惟玻璃器皿，本地人天然的不多應用而已。

中國 玻璃工業之在中國，尚在極幼稚時期，此固盡人皆知之事，只有少數小規模之玻璃工廠，分散於各地，全用手工製造，供應當地之瓶罇一類玻璃器皿。規模狹窄，出品低劣，又乏科學知識，毫無進步競爭之可言。致於大規模之新式工廠，以機械生產者，至今未見有創立。入口方面，以窗玻璃，及板玻璃為大宗。當

用瓷器，故消費較少。

自國民政府成立後，曾於國立中央研究院工程研究所內，設立玻璃試驗場於上海，專以研究製造化學玻璃。雖設立未久，而成積甚佳，已經出品者有：（1）化學儀器玻璃。（2）燈工吹製玻璃。（3）中性及藥用玻璃。（4）高等火石質玻璃。（5）特種抗禦性玻璃等五種。其產量雖屬有限，實為中國惟一之科學機關，其有裨益於我國玻璃工業之發展，至大且鉅。然自中日戰事發生，已蒙最大之影響。此外尚有軍政部附設之軍用光學玻璃廠，專造各種光學玻璃，現方設廠於昆明，正在創設期間。

玻璃工業在中國，本有發展之希望，蓋多數主要原料，均隨處可得，僅缺乏資本與人才而已。所望有志之士，羣起努力，并望政府提倡，獎勵指導之，其關係於建國者，實非淺鮮也。

## 參考書籍

關於玻璃及玻璃製造的學識，有裨益於我國者，其多數及最主要的來源，爲「交納」玻璃學會 (Journal of the Society of Glass Technology) 自 1917 年起，繼續發行的季刊。

最佳最完備的玻璃學藝的著作，要稱德文的「無機玻璃構造」(Die Glasfabrikation) 羅伯特得賴兒 (Robert Dralle) 所著，第一版於 1911 年發行。其新著作的第一集，爲楷排勒博士 (Dr. G. Keppeler) 所校訂者，於 1926 年發見，第二集在 1931 年。

下列數種，大約爲英文中所僅見，在玻璃製造的教授與科學方面最有價值者：

The Constitution of Glass, 1927. Edited by Prof. W. E. S. Turner, O. B. E., D. Sc.

Glass Manufacture, 1921 (revised edition). By Dr. W. Rosenhain, D. Sc., F. R. S.

A Textbook of Glass Technology, 1925. By F. W. Hodkin, M. Sc., A. I. C., and Dr. Arnold

Cousen, M. Sc. Ph. D.

Defects in Glass, 1927. By Dr. C. J. Peddle M. B. E. D. Sc.

Chemical Analysis for Glassmakers, 1903 By Edward C. Uhlig. B. Sc.

一種很有用的參考書爲——

“Directory for the British Glass Industry” (Second Edition, 1928.) Compiled By G. S. Duncan,

M. A., B. Sc.; F. C. I. S. (Pub. by Soc. of Glass Tech., Darnall Road, Sheffield.)

在歷史及美術方面的佳著有下列數種——

“Old English Glasses,” 1897. By Albert Hartshorne, F. S. A.

“Glass-Making in England,” 1923, By Harry J. Powell, C. B. E.

“Glass,” 1907. By Edward Dillon, M. A.

“Decorative Glass Processes,” 1908. By A. Louis Duthie.

及耐(Jena)玻璃工業其散見者有下列數種——

“Die Glasindustrie in Jena,” 1909 By Prof. E. Zschimmer and E. Knuthan.

“Jena Glass and its Scientific and Industrial Applications,” 1902 By Dr. H. Hovestadt (tran-

lated by J. D. Everett, M. A., F. R. S., and Alice Everett, M. A.)

在定期刊物方面，下列數種，常有價值。

“The Glass Review.” (Pub. by the Dept. of Glass Technology, Sheffield University, from 1925 onwards.)

“The Pottery Gazette and Glass Trade Review.” (Scott, Greenwood & Son, London.)

“Glass.” (Glass Publications, Ltd., London.)

“The Glass Industry.” (Glass Industry Inc., New York.)

尙有其他完美的著述，關於染色玻璃，酒具玻璃，及其他此項實業的專門支派，不勝枚舉。



