

科學圖書大庫

陶瓷釉藥學

編著者 程道腴

校閱 湯大綸

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國六十八年七月十八日三版

陶瓷釉藥

基本定價 2.40

編著者 程道腴 工業技術研究院聯合工業研究所正研究員
兼非金屬材料科學研究室主任

校閱 湯大綸 中國文化學院教授

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第15795號

承印者 東陞美術印刷有限公司 台北市德昌街185巷12弄14號
電話：3020420

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啓發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，借學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧銓氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

1946-1949

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求淺入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

序

陶之創始，年代悠遠，而陶之有釉，亦遠在六、七千年前，即已發現。我國釉陶，始自漢代，唐之三彩釉，宋定窯之甜白釉，汝官哥窯之青瓷釉，均窯之窯變釉，建窯之天目釉，明之祭紅釉，清之郎窯紅釉，都是享譽古今，不朽之作。昔之先民，多就地取材，憑其積年累月，苦心實驗，一旦有成，亦只知其然而不知其所以然也，故多祕而不宣，遂使後世失傳。

今世科學昌明，陶瓷釉藥之調製，亦必有一定科學法則，使業陶者任何人毋須再去暗中摸索，只須循其原理，即可研擬配製，進而推陳出新。德國塞格（Seger），法國卜羅乃特（Brogniart），薩耳威特（Solvetat.）諸學者之研究，是斯界之先驅者，為後世開拓研究之門。時至今日，世界各國所發表之釉藥文獻，已洋洋大觀矣。

道腴先生本編陶瓷釉藥學，內容蒐羅豐富，舉凡有關製釉原料之選擇、調配、塗施、燒成、冷卻、物理性質、化學反應，以及釉之缺陷和矯治方法，均有詳細論據和闡明解釋，堪稱一理論與實用兼具之優良教材，大專參攷之善本也，謹為之序，並推介之。

湯 大 綸

中華民國六十三年十二月

目 錄

序

第一章 緒 論 ----- 1

- 1.1 定 義 1 1.2 沿 革 2 1.3 分 類 3 1.4 釉的性質 5
1.5 釉和玻璃 7

第二章 釉藥原料 ----- 10

- 2.1 引 言 10 2.2 鹼金屬類 10 2.3 鹼土金屬 15
2.4 鋅 20 2.5 鉛 21 2.6 鋁 23 2.7 銻 24
2.8 矽 25 2.9 硼 27 2.10 鈦 28 2.11 磷 29
2.12 錫 29 2.13 銻 30 2.14 鉍 30 2.15 鎢 31
2.16 鉻 31 2.17 銻 31 2.18 銅 31 2.19 鈷 32
2.20 金 33 2.21 鉑 33 2.22 銀 34 2.23 錳 34
2.24 鋇 35 2.25 鐵 35 2.26 鎳 36 2.27 鈣 36

第三章 計算法 ----- 37

- 3.1 原子量和分子量 37 3.2 化學式與實驗式 37
3.3 釉原料的選擇 39 3.4 合一公式 40
3.5 釉的配方與公式的換算法 41 3.6 熔塊釉計算法 44
3.7 限度公式 51 3.8 釉計算中幾個實驗問題 53

第四章 混合與研磨 ----- 65

- 4.1 引 言 65 4.2 球磨機 65 4.3 球磨法 67
4.4 解凝與凝聚作用 70 4.5 黏着劑與懸浮劑 71
4.6 黏土的重要性 71 4.7 稠 度 72

IV

4.8 移動性與降伏值 72

第五章 施釉法 ----- 74

- 5.1 引言 74 5.2 刷施法 74 5.3 淋施法 75
5.4 浸施法 75 5.5 噴施法 75 5.6 接觸轉施法 76
5.7 煙施法 76 5.8 施鹽釉法 76 5.9 機動噴施法 77
5.10 其他施釉法 77 5.11 施釉坯體 78 5.12 噴釉設施 79
5.13 釉的厚度 81

第六章 釉的燒成 ----- 82

- 6.1 引言 82 6.2 分解作用及化學反應 82
6.3 固態反應 86 6.4 物理變化 87 6.5 流體狀態 91
6.6 玻璃狀態 93 6.7 釉的物性 97 6.8 燒熟釉 102
6.9 釉的電氣性質 113

第七章 無鉛釉 ----- 115

- 7.1 引言 115 7.2 瓷釉 115 7.3 有色瓷釉 119
7.4 布里斯脫釉 120 7.5 鹽釉 122 7.6 漿釉 123
7.7 結晶釉 125 7.8 灑金釉 127 7.9 無光釉 128

第八章 熔塊釉 ----- 129

- 8.1 引言 129 8.2 可溶性釉的困難 129
8.3 熔塊釉的優點 130 8.4 熔塊規則 130
8.5 熔塊配合量 131 8.6 無鉛熔塊釉 132
8.7 有色熔塊釉 133

第九章 生鉛釉 ----- 134

- 9.1 引言 134 9.2 鉛釉之優劣 134 9.3 鉛釉之用途 135
9.4 代表型化學式 135 9.5 鉛釉原料 136 9.6 加熱範圍 137
9.7 有色鉛釉 137 9.8 鉛釉溶解度之研究 140

第十章 化粧土，漿及釉下漿 ----- 143

- 10.1 定義 143 10.2 用途 143 10.3 沿革 143

- 10.4 條件 144 10.5 原料 144 10.6 組成 147
 10.7 製法 148 10.8 塗施法 149
 10.9 化粧土缺陷及矯治法 151 10.10 有色化粧土 153

第十一章 釉下及釉上彩色 ----- 155

- 11.1 引言 155 11.2 釉下彩色 11.3 不溶性釉下彩色 157
 11.4 釉下彩繪法 162 11.5 釉上彩色 164 11.6 閃光釉 167
 11.7 玻璃琺瑯 168

第十二章 陶瓷色料 ----- 172

- 12.1 引言 172 12.2 製備 173 12.3 紅色色料 174
 12.4 藍及綠色色料 179 12.5 黃色及棕色色料 181
 12.6 黑色色料 182 12.7 尖晶石 182

第十三章 釉的缺陷及矯治法 ----- 186

- 13.1 引言 186 13.2 收縮與蜷縮 187 13.3 坯體吸釉 192
 13.4 流釉 193 13.5 粗糙的邊緣 194 13.6 釉的驟裂 195
 13.7 起炮和噴出釉 195 13.8 針孔、蛋壳釉 197
 13.9 氣泡的形成 198 13.10 無光斑 199
 13.11 龜裂 200 13.12 起鱗片 204 13.13 褪 色 205
 13.14 釉變色 206 13.15 釉內污點 207

第十四章 鉛鎔在釉中 ----- 210

- 14.1 引言 210 14.2 鉛在釉中的衛生觀 213
 14.3 簡速析鉛法 215 14.4 餐具瓷督導綱領 221
 14.5 鉛釉研究與督導在教育 and 公共關係上的管見 225
 14.6 鉛在釉中一利弊及安全注意事項 227

第十五章 特殊用途的釉 ----- 235

- 15.1 引言 235 15.2 鋁氧瓷釉 235 15.3 磚 釉 236
 15.4 電瓷釉 237 15.5 下水管釉 243 15.6 瓷化琺瑯 245
 15.7 滑石瓷釉 246 15.8 鉛瓷釉 248 15.9 堇青石瓷釉 249
 15.10 面磚釉 250

第一章 緒 論

1-1 定 義

釉是玻化物質，通稱玻璃的大族中，一支特別的旁系。是薄的、均質的矽酸鹽混合物。近代的釉還是矽酸鹽和硼酸鹽的混合物，其熔化在黏土器皿的表面者，稱之為釉（glaze）。釉之所以要調配後施以陶瓷器上，是要它具備下列性質：

1. 和玻璃一樣，無一定化合物，而僅是超冷複雜的混合液。
2. 質硬，除強酸強鹼外，不溶於水及一般常用的酸液和鹼液中。
3. 耐擦傷，有光澤或無光澤。
4. 不透氣體和液體。
5. 適於彩繪及裝飾，如繪畫，着色等。
6. 在預定溫度範圍內可熔化。
7. 為某特殊的效果，如電的、光的或化學的等等。

釉也和玻璃一樣，沒有固定的化學成分，沒有一定的熔點，而是熔化溫度範圍，所以它是複雜的混合物，有時說它像超冷溶液（Super cooled liquid），因為釉有許多性質和一般溶液很相似。又經 X 一射線檢驗，釉沒有固定的結構，像晶體中的原子或離子一般的。凡是釉都多少有光澤，其表面稍呈反光，可是無光釉（Matt glaze）的表面，却是暗淡晦澀。玻璃和釉的特徵，是無可察見的結構，至於真的無光釉，倘用顯微鏡去細察，却是大量的晶體結構，還有所謂結晶釉的，其中晶體，則歷歷可數。

釉可分為有色、無色、透明、半透明和不透或失透等五種。一個“完整的”（“full”）釉是有光澤，而且通常是透明的。一旦其中溶有或混有着色性的氧化物，就常常發生使下面坯體模糊不明的作用。還有，釉可以含有不重要的未經溶解的物料，或者是分散的細微晶體，特別在釉和坯體接觸之處，但無損於其完整性。

1.2 沿 革

照現有的考古知識，知道釉施在陶瓷坯上的技藝，至少要追溯到 5000 年以前。正因為釉在世界各地製造時，遠在任何化學上的科學知識誕生之前，我們可以斷定這種方法，一定是簡而明，原料也一定是多而廣。雖然，古人所製出的釉遠不及現代者，但是在科學不昌明的往昔，先民們全憑實驗方法，錯了再試的精神，來開拓一條綜合有技藝與科學的大道，寫出一部輝煌的陶瓷史，並且留下無數彌足珍貴的陶瓷珍品，這是值得我們懷念和仰止的。

埃及釉 (Egyptian glazes)——無疑的埃及人是第一位製造有釉器皿的，他們採用蘇打化合物，在近東沙漠地區所豐產的。最早的是塊滑石 (Steatite) 上面塗覆着一層瓷化的塗料。成珠狀的法國彩瓷 (glazed faience)，出現於四世紀的遺跡中，還有護符 (Amulets)，小像 (Statuettes) 以及其他小裝飾物，都是稱之為埃及坭 (Egyptian Paste)，或許這就是最早的有釉的製品。日期最古的有釉破片，載有孟那王 (King Mena) 名字的，這表示在紀元前 3300 年左右，已會製造多色的器皿。在印度及米索波特米亞的坯和釉的發展，該回溯到紀元前三千年。

有釉的土製品，看來是在紀元前第三千年時，由埃及傳到克利特島 (Crete) 及愛琴群島 (the Islands of the Aegean)，由此再傳播到全希臘。

在古代使用釉都有卓著的技術，成就一批巧奪天工的手工藝品，無論是小件或大型的。例如亞述人和巴比倫人的大建築物，上面一些精心傑作的紀念性裝飾品。伊拉克摩蘇爾鎮附近的一座 Sargon 宮殿，是在紀元前 722—705 年建造的，用許多獅、雄牛、大烏鴉以及其他動物來裝飾，隻隻都是栩栩如生，全是用黏土塑造，再塗上一層有色釉的。還有萬聖王門 (Ishtar Gate) 和巴比倫遊行大道 (Processional Road of Babylon) 等，都是同樣令人嘆為觀止的。

因為埃及所發明的鹼性釉，皆含多量蘇打，遂有許多嚴重的缺點，諸如塗施不易，容易開裂或剝落，同時釉的溶解度相當高，特別是用於烹飪器皿中。自從發現鉛釉之後，這些困擾都一一被克服。至於加鉛到釉裡去，始於何時何地，無從稽考，大約是在古敘利亞或古巴比倫，或古中國。當時所發現的原料，可能是硫化鉛或方鉛礦，把它研細而塗在黏土坯體表面，在窯中燒熔遂生光滑而發亮的釉。中古時代，英國和歐洲的製陶人，只是將研細的方鉛礦粉末，灑在濕的土坯上。又在近東，敘利亞人和巴比倫人，已學會了

混入各種金屬氧化物，以製造有色鉛釉。我國最早的釉，大概在紀元前 500 年左右，就是用鉛調製的。

長石釉 (Feldspathic glaze)——中國自窯改進之後，已能燒到 1200°C 以上，而此時近東的窯只能燒到 1050°C，這也許是在紀元五百年以前。所謂的長石釉，是要相當高的溫度才能熔化，而中國陶瓷器能獨樹一幟，也就是發明高溫長石釉的關係。談到釉的成果，中國從漢朝一直到清朝，兩千多年以來，製陶人所製出的釉，範圍之廣，專門知識之淵博，令世人驚訝不置。在今天研究中國古瓷釉的，才知道許多流傳至今的著名傑作，無非是銅和鐵兩種元素的氧化物，加到不同的釉中，在不同的環境中燒成的，即使以現代科學知識去觀察，去推論，愈發覺古製陶人調釉的方法，是接近科學的方法。

很多種唐朝的色釉，都是加氧化鐵而生的，有黃色，棕色和黑色等。又唐朝的綠色釉，却又是由銅而生的。更不可思議的，當時製陶人竟知道高鐵和低鐵氧化物的顏色和作用，製出所謂的“蛋和菠菜”釉來。到了宋朝，製陶人更熟悉氧化鐵在釉中的效果，而製出一大族釉——即著名的天目釉族 (The Temmoku Glazes)。

熔塊釉 (Fritted glazes)——中國製陶人無論如何，未曾用過熔塊釉。而將熔塊釉引用於釉中，可以肯定說是自埃及中東，可能就是埃及。熔塊法介紹到美國，是在 1898 年，由於 Thorpe 和 Oliver 兩氏的一篇報告，是在製造鉛矽酸鹽釉時，可避免操作時中鉛毒的最好方法。

1-3 分 類

釉的分類法，散見於有關書刊中，有的依幾種性質而分類，有的依釉的組成，亦有依釉的外貌、用途、產地乃至於製備方法等而分類者。就筆者所見，依以 C. W. Parmelee 教授之分類，較合實用。

依釉的組成可分為：

1. 鉛 釉。
2. 無鉛釉。

顯然，所謂鉛釉是指一種可溶度低的（不是藝術品用的），而且只限於燒成溫度不超過 1150°C 者，因為超過此溫度，鉛化合物則開始蒸氣化。同時無鉛釉也不能用在 1000°C 以下燒成，否則，容易龜裂。

若依釉的外貌，則可分為：

1. 無光釉。

4 陶瓷釉藥學

2. 半無光釉。
3. 半透明釉。
4. 不透明釉。

此外尚有結晶釉及各種有色的釉等特種釉。

依用途亦即依施釉的器皿而分，則有白色器釉，瓷釉，馬加里卡釉，炻器釉及其他等。依產地分則有阿爾邦尼釉 (Albany glaze)，布里斯脫釉 (Bristol glaze)，羅金漢釉 (Rockingham glaze) 等，若依製備方法而分，則有生料釉 (Raw glaze)，熔塊釉 (Fritted glaze) 等。

以上所講的分類法，多半是注意釉的性質，如顏色、結構、組成等去分的，從任何方面來說，這都不是分類釉的界限，自不適於分類法的依據。釉內有無結晶而顯出失透和透明釉外表，這一部分是靠釉的組成，一部分要靠某種成分的濃度和燒成的溫度而定。一種失透的釉，若是升高其燒成溫度或冷卻快點，它又會變成透明的，反之，一件透明釉，如果溫度低了，也會失透的。

茲經選擇比較，筆者採用Parmelee氏之分類，而據 Parmelee 氏云，此並非最終的分類法，換言之，尤有待改進的。

第 1-1 表 擬議之化學分類法
(所有的釉皆含矽氧)

甲、生料釉

I、含鉛的

①、無氧化鉛

1. 鉛是唯一的鹼
2. 亦含其他鹼

②、含氧化鉛和各種鹼

1. 高鉛的，0.5 摩爾當量以上
2. 低鉛的，0.5 摩爾當量以下
3. 含氧化硼（未燒熔塊的）
4. 不含鹼金屬，只含氧化硼（未燒熔塊的）

II、不含鉛的而含氧化鉛和鹼類

- ①、含鹼土金屬而不含鹼金屬
- ②、含鹼金屬不含鹼土金屬的

1. 天然黏土泥
2. 人造礦物的混合物
- ③、含鹼土及鹼金屬及氧化鋅
- ④、含氧化硼
- ⑤、鹽釉

乙、熔塊釉

I、含鉛外尚有其他鹼類

- ①、不用氧化鋁及氧化硼
- ②、用氧化鋁及氧化硼
 1. 不用鹼金屬
 2. 用鹼金屬

II、不含鉛

- ①、不用氧化硼
- ②、用氧化硼
 1. 只有鹼金屬
 2. 鹼金屬，鹼土金屬，用鋅或不用
- ③、含大量鋇

這雖然不是理想的分類法，但就擬議的精神論，仍不失為可用之材。此分類所包括的，只是些普通和古老式釉藥，而一些最近非普通的釉和塗料，却未包含在內。

1.4 釉的性質

釉既是玻璃大族中的一支脈，那在討論釉之前，必須大約討論下物質的玻璃狀態和玻璃的結構。所稱“玻璃”是指一種無定形體，無一定熔點，其中原子或離子無一定結構式，因熔化後超冷而成者。所有各種化學性質的物質，當其處於玻璃狀態時，所具有的一般性質和晶體迥異：

1. 玻璃沒有有規律化的結晶格子，正與晶體相反。玻璃是均向物質 (Isotropic substance)。由 X-射線分析法證明，其中無規律性結晶格子，其所散射出的 X-射線強度曲線，和液體同。(見第一圖)。

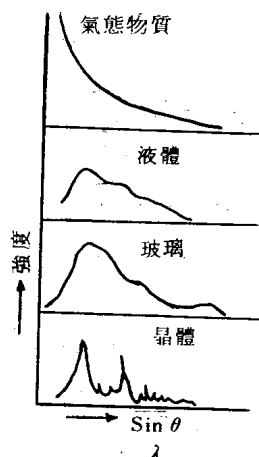
2. 玻璃所具有的潛能 (Internal energy) 比同成分的結晶物質的要為多。

3. 玻璃沒有熔點，而只是在某一定溫度範圍內，由固態變成液態，和由液態變成固態，最後凝固而成易脆的玻璃。而且這種變化是可逆的。

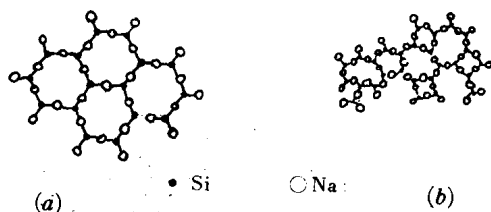
4. 玻璃軟化溫度視其成分而定。

玻璃雖經 X-射線檢驗，但仍未對其結構上有何肯定的資料，對玻璃和釉的特具性質，亦無理論去解釋。在 1932 年，Zacharieson 氏提倡不規則網狀論 (Random network theory)：玻璃含有連續式網狀結構，正和連續式結晶格子一樣。在矽酸鹽玻璃中，這種結構用的基本晶胞是四面體 $[\text{SiO}_4]^{4-}$ 。矽原子連着四個氧原子而成立體。

每一個四面體又四角對四角地氧氧相連，造成不規則三因次的結構 (Three dimensional structure)。如第二圖所示。



第 1-1 圖 X-射線擴射強度曲線



第 1-2 圖 結晶 SiO_2 格子結構 (a) 和石英玻璃中的網狀結構 (b)

由上圖所示的，結晶的石英和石英玻璃的結構，相差並不大，說明強度也差得有限。結晶形氧化矽的矽酸鹽，有一定的熔點，而石英玻璃，因網狀結構各部分結合能均不相同，所以只能在某一段溫度範圍內軟化。在流動時，熔化的玻璃是黏稠的，以至無法排列成有規則的晶體格子。熔石英和玻璃之所以熱膨脹低，或許是因為不規則結構，而容許分子積堆得以調整，並不致改變其體積。

至於能造成玻璃的元素有限，只有 Si, B, P, As, Ge 等等，其必須要適合下列條件者：

1. 凡能進入與氧構成四面體配位中者，亦即一陽離子連接四原子氧，或連接三原子氧，如硼之在三面體配位中者。

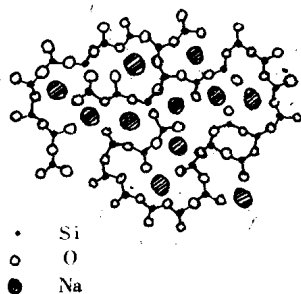
2. 原子價對離子半徑之比率（離子勢 ionic potential），定在 7 以上，如此即表示陽離子與氧的鍵非常強。

3. 氧原子不連接的多於兩個的造玻璃陽離子。

所有安定劑或改良劑，都是些離子勢小於 7 的元素。在大量製造的玻璃和釉中，

Na, K, Mg, Ba, Pb, Al, Zn 和 Li 等均為普通的安定劑。這些都是體積大而電

荷低的陽離子，呈不規則狀分佈在網狀結構的洞穴中，如第 1—3 圖所示。



第 1-3 圖 鈉—矽酸鹽玻璃的結構

1.5 釉和玻璃

玻璃一詞已在前段約略敘述，言歸正傳，研討陶瓷的釉藥，必先明瞭此二者之差別，雖然釉就是真玻璃，但是它的組成，是要調整得正好發生黏在陶瓷器表面上的特殊作用。而玻璃只是做成一種形狀體，如玻璃瓶，窗玻璃等等，必須要有很低的黏度而已，換言之，熔化時定要很容易流動。可是塗在陶瓷器上的玻璃一釉一，那就不同，熔化時一定要黏稠，這樣它才能在表面上保持原位，同時不會在燒成中流掉。要想黏稠，釉中就要加氧化鋁於配料中，以增加玻璃的黏度，而在普通玻璃中含量就不可高。凡含氧化鋁低的玻璃，就不能做陶瓷釉。

釉也和任何其他玻璃一樣，氧化矽佔絕大多數，外加足量的其他物料，以使之在所定的溫度下熔化，並得出所要的結構和顏色。

釉和玻璃有個顯著的不同處：釉是由一批未經熔化的原料調和，如氧化矽和其他等原料，再將此混和好的物料，散佈在陶瓷器的表面上，就在此熔化而形成釉或玻璃。玻璃則不然，它是先將配料熔化成液態物料，然後再做成器皿。釉可以解釋為一種玻璃質塗膜，蓋覆在陶瓷坯體上，以使之光滑，非多孔性和各種結構及顏色。

第 1—2 表 阿頓標準測溫錐的溫度當量表

Cone Number	Large Cones			Small Cones			P.C.E. Cones		
	(1) 60°C	108°F	150°C	270°F	300°C	540°F	Cone Number	150°C	270°F
022	585°C	1085°F	600°C	1112°F	643°C	1189°F	12	1337°C	2439°F
021	602	1116	614	1137			13	1349	2460
020	625	1157	635	1175	666	1231	14	1398	2548
019	668	1234	683	1261	723	1333	15	1430	2606
018	696	1285	717	1323	752	1386	16	1491	2716
017	727	1341	747	1377	784	1443	17	1512	2754
016	767	1407	792	1458	825	1517	18	1522	2772
015	790	1464	804	1479	843	1549	19	1541	2806
014	834	1533	838	1540			20	1564	2847
013	869	1596	852	1566			23	1605	2921
012	866	1591	884	1623			26	1621	2950
011	886	1627	894	1641			27	1640	2984
010	887	1629	894	1641	919	1686	28	1646	2995
09	915	1679	923	1693	955	1751	29	1659	3018
08	945	1733	955	1751	983	1801	30	1665	3029
07	973	1783	984	1803	1008	1846	31	1683	3061
06	991	1816	999	1830	1023	1873	31½	1699	3090
05	1031	1888	1046	1915	1062	1944	32	1717	3123
04	1050	1922	1060	1940	1098	2008	32½	1724	3135
03	1086	1987	1101	2014	1131	2068	33	1743	3169
02	1101	2014	1120	2048	1148	2098	34	1763	3205
01	1117	2043	1137	2079	1178	2152	35	1785	3245
1	1136	2077	1154	2109	1179	2154	36	1804	3279
2	1142	2088	1162	2124	1179	2154	37	1820	3308
3	1152	2106	1168	2134	1196	2185	38	1850*	3362
4	1168	2134	1186	2167	1209	2208	39	1865*	3389
5	1177	2151	1196	2185	1221	2230	40	1885*	3425
6	1201	2194	1222	2232	1255	2291	41	1970*	3578
7	1215	2219	1240	2264	1264	2307	42	2015*	3659
8	1236	2257	1263	2305	1300	2372			

9	1260	2300	1280	2336	1317	2403
10	1285	2345	1305	2381	1330	2426
11	1294	2361	1315	2399	1336	2437
12	1306	2383	1326	2419	1355	2471
13	1321	2410	1346	2455		
14	1388	2530	1366	2491		
15	1424	2595	1431	2608		
16	1455	2651	1473	2683		
17	1477	2691	1485	2705		
18	1500	2732	1506	2743		
19	1520	2768	1528	2782		
20	1542	2808	1549	2820		
23	1586	2887	1590	2894		
26	1589	2892	1605	2921		
27	1614	2937	1627	2961		
28	1614	2937	1633	2971		
29	1624	2955	1645	2993		
30	1636	2977	1654	3009		
31	1661	3022	1679	3054		
32	1706	3103	1717	3123		
32½	1718	3124	1730	3146		
33	1732	3150	1741	3166		
34	1757	3195	1759	3198		
35	1784	3243	1784	3243		
36	1798	3268	1796	3265		

(1) 各錐在最後幾百度試驗時熱度上升的速度
 註 1. 所有溫度當量值均以°C表之，而是由美國家標準局測定的平均值，在錐的尖端接觸到底盤時所測出的。所有以°F表示之溫度，則由下列方程式計算的：

$$°F = 1.8 \times °C + 32$$
 各項溫度當量不是為小型錐 022、014、012 和 011 等號所測。各溫度當量值°C 分別表內者，除註明外均為美國國家標準局為阿頓陶業基金會，由副研究員 Henry P. Beerman 所測。

註 2. 本表中所列溫度當量值，當照所定的在空氣中加熱速率，只專為阿頓標準溫度錐所用，且均備資料參考之用，而都不是表示錐倒下就等於爐中的實在所要的溫度。

* 指加熱速率在每小時 600 °C 者。