ノモグラムによる工業用珪酸塩 ガラスの粘度決定

化学博士 教授 M. V. Oxotin

Stekro i Keramika, 11 [1] 7—11, (1954)

片岡長正 訳
(大阪工業技術試験所)

工業用珪酸塩ガラスの 10^3 から 10^{13} ポアズの間における粘度決定には、著者によって研究し提案された式の構成であるノモグラムを応用することができる。

$$t = ax + by + cz + d \dots\dots\dots (1)$$

ここに t は温度、 x は Na_2O の百分率、 y は CaO + MgO の百分率、 z は Al_2O_3 の百分率の値； a, b, c, d は第1表に示す係数である。係数の値は実験に基いた数学的操作の結果得られたものである¹⁾。

もし、ガラスが3%の MgO を含むならば、そのときの温度は(1)式を補正せずに得られる。

例1 組成が SiO_2 72, Na_2O 16, Al_2O_3 3, CaO 6, MgO 3 (%) なるガラスの粘度が 10^7 ポアズのときの温度を求む。式(1)で x, y および z の代りに $\text{Na}_2\text{O}, \text{CaO} + 3\% \text{MgO}$, および Al_2O_3 の % 値を、また a, b, c, d の代りには第1表から粘度 10^7 ポアズにおけるそれらの係数をあてはめると方程式は t について解ける：

$$t = -10.36 \times 1.18 \times (6+3) + 4.35 \\ \times 3 + 910.96 = 747.4^\circ$$

第1表

粘度(ポアズ)	a	b	c	d
10^3	-22.87	-16.1	+6.5	+1700.4
10^4	-17.49	-9.95	+5.9	+1381.4
10^5	-15.37	-6.25	+5	+1194.27
$10^{6.5}$	-12.19	-2.19	+4.58	+980.72
10^7	-10.36	-1.18	+4.35	+910.96
10^8	-8.71	+0.47	+4.24	+815.89
10^9	-2.05	+2.3	+3.6	+656.75
10^{10}	-8.61	+2.64	+3.56	+715.46
10^{11}	-7.99	+3.34	+3.39	+669.41
10^{12}	-7.43	+3.2	+3.52	+637.27
10^{13}	-6.14	+3.15	+3.78	+598.03

MgO が3%より多いか、あるいは少ないガラスでも計算は例1のように遂行される。ただし MgO の値についてだけ修正を伴う。問題の粘度が 10^9 ポアズならば計算は MgO についての修整なしに行われる。

Boov と Turner²⁾ によって認められた実験的根拠にもとづいて、著者によるこの仕事は第2表に示されているガラス中における CaO と MgO との相互置換に際しての温度補正を導き出すことであった。

第2表

粘度(ポアズ)	温度変化*	粘度(ポアズ)	温度変化*
10^3	9	10^9	0
10^4	6	10^{10}	-1
10^5	5	10^{11}	-2
$10^{6.5}$	3.5	10^{12}	-3
10^7	2.6	10^{13}	-4
10^8	1.4		

* 1% の CaO で 1% の MgO を置換する場合各の温度変化。

例2 組成が SiO_2 73, Na_2O 15, Al_2O_3 2, CaO 9, MgO 1 (%) なるガラスの粘度 10^8 ポアズのときの温度を求む。課題のガラスにおける CaO と MgO の含量は 10% である。式(1)にしたがって CaO 7%, MgO 3% (この含量も 10%) なるガラスに対して決定される温度は：

$$t = -8.71 \times 15 + 0.47 \times 10 + 4.24 \times 2 + 815.89 \\ = 698.6^\circ$$

そこで CaO 9% + MgO 1% なるガラスに対しては、第2表によって 2% の MgO を 2% の CaO に置換える修整を行う。この修整は温度の低下を与える。すなわち： $-1.4 \times 2 = -2.8^\circ$

$$\text{したがって、} t = 698.6^\circ - 2.8^\circ = 695.8^\circ$$

例3 SiO_2 74, Na_2O 14, Al_2O_3 1, CaO 7, MgO 4 (%) なる組成のガラスの粘度 10^{10} ポアズにおける温度を求む。式(1)によって CaO 8%, MgO 3% ($\text{CaO} + \text{MgO} = 11\%$) なるガラスの温度を決定するに：

$$t = -8.61 \times 14 + 2.64 \times 11 + 3.56 \times 1 + 715.46 \\ = 627.5^\circ$$

そこで CaO 7%, MgO 4% なるガラスに対しては、第2表により 1% CaO 対 1% MgO の置換修整を行い、 $-1 \times 1 = -1^\circ$ なる温度低下を得る。

$$\text{したがって、} t = 627.5^\circ - 1^\circ = 626.5^\circ$$

図1ないし11の、式(1)により構成されたノモグラムの助けによっていちじるしく迅速な解答が得られる。

各ノモグラムには四つの目盛がある：即ち Al_2O_3 の目盛、 $\text{CaO} + 3\% \text{MgO}$ の目盛、 Na_2O の目盛、 t の目盛である。そしてその他に補助線Iがある。

MgO が3%のガラスについては課題の粘度は修整なしに見つかるが MgO が3%より多いか、より少ないときには、式(1)での計算における例2や例3と同様に温度修整を入れる。ノモグラムにおける課題の粘度が 10^9 ポアズならば式(1)での計算におけるようにガラス中の MgO の値についての修整を要しない。

例4 SiO_2 71.95, Na_2O 15.82, Al_2O_3 1.12, CaO 8.11, MgO 3(%) なる組成のガラスは温度何度で粘度 10^{11} ポアズを有するかノモグラムにより求む。

第9図のノモグラムで Na_2O 尺度の 15.82% と、 $\text{CaO} + 3\% \text{MgO}$ 尺度の 11.11% (8.11% + 3%) との

第1図 10^3 ポアズ 第2図 10^4 ポアズ 第3図 10^5 ポアズ 第4図 10^6 ポアズ 第5図 10^7 ポアズ 第6図 10^8 ポアズ

両点間に直線を引く。これはノモグラムでは点線①で示されている。点線①が補助線Iと交わる点に印をつけ、この点と Al_2O_3 尺度の 1.12% に相当する点とを結ぶ。この状態はノモグラムでは点線②で示されている。点線②と t 尺度との交点で解答583.9°を読みとる。

例5 ノモグラムにより SiO_2 76.95, Al_2O_3 1.12, Na_2O 15.82, CaO 7.11, MgO 4 (%) なる組成のガラスは何度の温度で 10^8 ポアズの粘度になるかを求む。

第7図のノモグラムで二つの点を結ぶ。すなわち、 Na_2O 尺度の 15.82% の点と、 $\text{CaO}+3\% \text{MgO}$ 尺度

第7図 10⁹ ポアズ 第10図 10¹² ポアズ 第8図 10¹⁰ ポアズ 第11図 10¹³ ポアズ 第9図 10¹¹ ポアズ

の11.11% (7.11% CaO+4% MgO=11.11%) の点である。この状態はノモグラムでは点線①で示されている。点線①と補助線Iとの交点に印をつけて、その点と Al_2O_3 尺度の 1.12% に相当する点とを結ぶ。第2の状態は点線②で示されている。点線②と t 尺度

の交点から解答 653.9° を読みとる。課題のガラスが 3% 以上の MgO (4%) を含んでいるにもかかわらず粘度 10⁹ ポアズでは MgO の含量に対しなんらの修整もする必要がない。

例6 組成が SiO_2 71.95, Na_2O 15.82, Al_2O_3 1.12, CaO 9.11, MgO 2 (%) なるガラスは何度の温度で粘度 10¹² ポアズとなるかをノモグラムにより求む。

第10図で Na_2O 尺度の 15.82% の点と、 $\text{CaO}+3\% \text{MgO}$ 尺度の 11.11% (9.11% $\text{CaO}+2\% \text{MgO}=11.11\%$) の点とを線ぶ。図の点線①。点線①と補助線Iとの交点に印をつけ、その点から Al_2O_3 尺度の上の 1.12% に相当する点へ線を引く、点線②。点線②と t 尺度との交点で解答 559.2° を読みとる。そこで CaO 9.11%, MgO 2% なるガラスに対しては第2表の修整を加える。1% の MgO を 1% の CaO で埋め合せて、 $3 \times 1^\circ = 3^\circ$ の温度上昇となる。

したがって、 $t = 559.2^\circ + 3^\circ = 562.2^\circ$

式(1)あるいはノモグラムによる温度の決定は Na_2O 12~16%, CaO 5~12%, MgO と Al_2O_3 0~

5% を含むガラスについて 10^3 , 10^4 , 10^5 ポアズ等の粘度に対して行うことができる。しかしながら $10^{6.5}$, 10^7 , 10^8 , 10^9 , 10^{10} , 10^{11} , 10^{12} , 10^{13} ポアズに対しては Na_2O 14~16%, CaO 5~9%, MgO と Al_2O_3 の 0~5% なる組成範囲につき温度決定が可能である。

文 献

- 1) Oxotin, M.V. "Stekolinaia i Keramicheskaja Promishlennosti", No. 3, (1947) "Nauchno-Tekhnicheskii Informatsionnii Biulleten Instituta Stekla", No. 5, (1952)
- 2) Boow and Turner, J. Soc. Glass Techn., Vol. XXVI, No. 117, 215, (1942)

(473 頁から)

訳者註：原文では第1図の左端は Al_2O_3 尺度であるが凸版の故障で Il_2O_3 となっている。またその 0.5 目盛のすぐ上に 0 とあるのは第2図の同じ尺度のやはり 0.5 の上と共にミスプリントである。第2図の Na_2O 尺度はやや外側に向って彎曲しており、第3図の $\dagger$ 尺度は等間隔性に欠けている。第4図の補助線 I はいちじるしく曲っており、 Na_2O 尺度も幾分その傾向がある。また第3図までと第4図以下との縮尺比率（製版のときの）が異なるため、この訳文では訂正と統一をはかり、第3図以下について式(1)および第1表の数値を用いて改めてノモグラムの作図を行った。したがって、原文の第4図は「粘度 10^6 ポアズのときの温度決定」となっているが訳文では $10^{6.5}$ ポアズのものである。

後の窯業協会の悲境の実状をうったえる一方、窯業界の着実な発展のために原料面の対策に終始して、10年後の今日に至ってはじめて安定した。今後とも努力して日本産業界における窯業の地位の高揚に尽力されたい、日本碍子常務鈴木巳代三氏は「過般、同社の碍子がアメリカ向輸出に際し、アメリカ政府の公正な態度を賞揚するとともに、その裏付としてさらに一層商品価値の昂揚に努力したい」、大阪窯業社長高野新治郎氏は「耐火煉瓦業界の盛衰と最近の動向、さらにここ2~3年来品質の向上によって製品の向上も素晴らしい。国家の再建はまず耐火煉瓦の進歩から」と、又東海支部長伊奈長三郎氏は「身は多忙に過ぎるので、すべて支部役員の望み通りに動きたい。立派なタイルを安く作って街を美しくしたい」、吉本京都支部長は「久保支部長に対し敬意を表すると共に、京都支部の京都

陶業界に対する指導的な役割を強調し、今後の鞭達をのぞみ」、旭硝子宮崎企画室長は「芸者に医者に役者と、すべて者の字のつくものにロクなものはない。どれを取り上げてみても皆非生産的なものばかりであるとして 11 を挙げ」満場に笑いをどよめかせた。

つづいて東北支部長代理東北大学村上教授は「わしが国さ東北も昔と今では大違い、宝の山は会津磐梯山のほかにも数多い。認識を改める絶好の機会として、来る6月の東北支部総会には皆様どうぞ」、最後に大阪支部庶務理事（日本板硝子）大野正巳氏は「時の流れを回想し、うたた今昔の感にたえないものがある。されど、一切は将来にあるから停滞は許されない。今後とも学業界のキズナとして協会の発展のためいささか微力をささげたい」として終り、久保支部長の音頭で万才三唱の後解散。(486 頁へ)

懇 親 会（中央起てゐるは久保大阪支部長）