

L'alumine comme matière première dans l'industrie du verre

A.M. JOVANOVIĆ

On a examiné les possibilités d'utilisation de l'alumine comme matière première pour la fusion et l'obtention de deux sortes de verre silico — sodo — calcique : le verre plat pour la fabrication de verre à vitre d'après le système Fourcault et le verre d'emballage pour la production automatique des bouteilles.

Les résultats obtenus montrent qu'il est possible d'appliquer l'alumine comme matière première dans l'industrie du verre. D'après les examens laboratoires et demi-industriels on remarque certaines conditions avantageuses dans l'utilisation de l'alumine comme matière première, en cas d'introduction Al_2O_3 dans les verres utilisés pour la production automatique.

On sait que le verre résulte de la fusion de divers oxydes, différant par leur nature chimique, et que c'est, en fait, une matière de structure très complexe.

Les verres fabriqués en plus grande quantité sont les verres à vitres et diverses sortes de verre d'emballage.

Avec le temps, la composition du verre, ce qui veut dire le rapport des oxydes qui le constituent, a été modifiée aux fins d'accroître la productivité et d'améliorer la qualité des produits finis. On s'est efforcé notamment d'en augmenter la teneur en oxyde d'aluminium. L'augmentation de la teneur en oxyde d'aluminium avait pour objectif d'améliorer les caractéristiques d'usinage du verre (façonnage plus rapide — rendement accru des machines automatiques, augmentation de la résistance thermique et chimique et réduction des tendances à la dévitrification).

L'oxyde d'aluminium mérite, certes, une attention particulière du fait que l'ion Al^{3+} peut se présenter en deux états de valence coordonnée, et, partant, agir différemment. En présence d'un champ positif fort autour d'une coordination Al-O, on voit se former le groupe (AlO_6) avec cations aluminium; en présence d'un champ faible, par contre, se forme le groupe d'anions (AlO_4) , ce qui est le cas de nos verres sodico-calciques. En raison de leurs exigences spatiales similaires, ces groupes (AlO_4) remplacent les groupes (SiO_4) et agissent ainsi réticulairement (augmentation de la conjonction structurale). Cela veut dire que l'aluminium est constructeur du réseau — il entre dans le verre à la place du silicium quadrivalent. Pour l'égalisation de la valence il manque en l'occurrence une valence positive, que donne par exemple le sodium. Cela signifie que l'inclusion d' Al_2O_3 dans les verres a pour effet de refermer les fissures provoquées par l'inclusion du sodium. Les verres ont une résistance chimique d'autant plus forte, une dureté d'autant plus grande et des propriétés mécaniques d'autant plus effectives que le degré de conjonction structural est plus élevé.

La production du verre à vitres et des diverses sortes de verre d'emballage s'effectue automatiquement et exige la permanence des différentes propriétés du verre et surtout de sa caractéristique technologique essentielle — la viscosité du verre.

Tous les travaux témoignant de l'influence de l'oxyde d'aluminium sur la viscosité indiquent que le remplacement du dioxyde de silicium par de l'oxyde d'aluminium dans les verres sodico-calciques en augmente la viscosité à toutes les températures. Ces variations de viscosité sont considérables, si bien que l'on peut constater que même de faibles changements de la teneur en Al_2O_3 dans les verres sodico-calciques influent sensiblement sur la viscosité. Si ces changements s'opèrent en cours de production, ils se manifestent par l'obtention dans le four à bassin d'une masse fondue d'inégale viscosité. Cela se répercute sur la qualité des produits, entraînant une répartition irrégulière du verre lors du façonnage. Il en résulte des bouteilles défectueuses, aux parois d'inégale épaisseur; du verre à vitres de mauvaise optique.

Les verres d'emballage et les verres à vitres sont des verres à plusieurs composantes, au nombre de cinq en règle presque générale (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O). Il va de soi que leur teneur en différents oxydes est variable et qu'elle gravite dans des limites déterminées. Les matières premières utilisées pour l'inclusion de ces oxydes sont: sable quartzueux, calcaire, dolomite et feldspath, comme matières brutes naturelles, et soude caustique-carbonate de soude, comme matière artificielle. Il convient de dire ici que toutes les matières premières naturelles varient jusqu'à un certain point dans leur composition. Les plus grands écarts de composition se présentent dans le feldspath. On sait que les feldspaths s'emploient comme matière première en premier lieu pour l'inclusion des quantités nécessaires d' Al_2O_3 dans le verre. La teneur en oxyde d'aluminium dans les feldspaths varie passablement même quand ceux-ci proviennent d'un même gisement ($\pm 1,5\%$). Pour ce qui est du sable quartzueux, du calcaire et de la dolomite, ces écarts sont le plus souvent insignifiants et peuvent être tolérés. Cela veut dire que la cause principale des variations de viscosité de la masse fondue et de l'obtention de bouteilles défectueuses ou de verre à vitres de mauvaise optique réside dans l'inégalité de la composition chimique du feldspath en ce qui concerne la teneur en Al_2O_3 , qui influe le plus sur la viscosité du verre.

Etant donné tous les faits précités, il serait utile d'employer pour l'inclusion d' Al_2O_3 dans le verre une matière première de composition constante. L'alumine calcinée est une telle matière.

L'emploi de l'alumine en verrerie n'est pas une nouveauté. Il ressort de la littérature qu'il y a eu des tentatives mais qu'à côté des avantages mentionnés on a relevé aussi des inconvénients. Le principal inconvénient est que l'alumine calcinée fond difficilement dans la masse en fusion.

Nous avons basé notre étude sur l'inclusion dans le verre d'une partie seulement d' Al_2O_3 par l'alumine. On pourrait ainsi, par un juste dosage de l'alumine, jointe à l'oxyde d'aluminium du sable quartzueux et aux insignifiantes quantités provenant du calcaire et de la dolomite, maintenir une teneur constante en Al_2O_3 dans le verre. En l'espèce, nous avons borné nos investigations pour l'essentiel à des verres ne comportant pas un grand pourcentage d' Al_2O_3 .

Les expérimentations ont porté sur deux verres: un verre d'emballage, pour la fabrication automatique des bouteilles, et un verre pour la production de verre à vitres d'après le système Fourcault. Les compositions de ces verres sont les suivantes:

	<i>Verre d'emballage</i>	<i>Verre à vitres</i>
	(%)	(%)
SiO_2	72,15	72,08
Al_2O_3	1,92	1,37
Fe_2O_3	0,06	0,06
CaO	8,40	7,40
MgO	2,55	3,70
Na_2O	15,12	14,70
SO_3	—	0,50

On a procédé à des fontes parallèles des deux verres en utilisant du feldspath et de l'alumine. On a commencé par des charges de 0,5 kg. Les fontes ont été effectuées dans un four à gaz de laboratoire à la température de $1\,400 \pm 20$ °C. Dans le four ont été d'abord fondus parallèlement deux essais de verre d'emballage de composition identique. On a, dans un cas, employé à côté des autres matières du feldspath, et dans l'autre de l'alumine. On a ensuite fondu parallèlement de la même manière deux essais de verre à vitres.

La teneur en Al_2O_3 a été la même dans les deux cas de fonte parallèle, et cela :

<i>Teneur en Al_2O_3</i>	<i>Verre d'emballage</i>	<i>Verre à vitres</i>
Sable quartzeux, calcaire et dolomite	0,74	0,73
Feldspath	1,18	0,64
En tout	1,92	1,37
Sable quartzeux, calcaire et dolomite	0,72	0,70
Alumine	1,20	0,67
En tout	1,92	1,37

Dans les deux cas, les deux échantillons de verre parallèlement fondus ont été sortis du four dès qu'il a été établi que le verre au feldspath avait complètement fondu.

L'analyse de ces verres a révélé qu'aucun des échantillons ne contenait de particules de matière incluse n'ayant pas réagi à la fusion. Cela a démontré que nos deux verres à l'alumine avaient fondu en même temps que les verres au feldspath correspondants. On a déterminé aussi la température de viscosité constante de $10^{7,6}$ (P) pour les deux verres, température dite de Littleton. Résultats relevés :

	<i>Au feldspath</i>	<i>A l'alumine</i>
Verre d'emballage	707°	708°
Verre à vitres	710°	710°

Afin de mieux déceler une éventuelle différence de vitesse de vitrification (formation du verre), nous avons recouru aux principes de l'analyse thermique différentielle en faisant fondre des mélanges correspondants de matières premières. Nous avons procédé en chauffant une nacelle contenant de la matière inerte et une nacelle vide jusqu'à la température de $1\,400$ °C. Les deux nacelles étaient placées dans un cuveau en chamotte clos. Lorsque la température eut atteint $1\,400$ ° dans le cuveau, nous avons ouvert celui-ci et introduit dans la nacelle le mélange de matières premières préparé en quantité voulue pour obtenir 10 grammes de verre. Le cuveau a été aussitôt recouvert et le four refermé. 15 minutes après l'introduction du mélange, nous avons branché l'instrument pour l'enregistrement de la différence de température (Δt) en fonction du temps (enregistreur Le Chatelier-Saladin). Toutes les réactions du mélange de matières premières qui se sont produites alors ont entraîné des oscillations correspondantes du point clair de l'instrument. Ces oscillations indiquent des différences de température entre la nacelle à matière inerte et la nacelle à matières premières. L'apaisement du point clair et la disparition de la différence de température entre les deux nacelles étaient le signe que les matières premières avaient mutuellement réagi et que la masse, c'est-à-dire le verre, s'était formée. Les conditions de la fonte ayant été toujours les mêmes (température, quantité de matières premières toujours pour 10 grammes de verre), le temps nécessaire en l'occurrence était l'indice de la vitesse de formation du verre.

Nous avons ainsi établi le temps nécessaire pour la fonte et la formation du verre d'emballage de composition donnée, avec utilisation du feldspath dans un cas, et de l'alumine dans l'autre. Nous avons expérimenté de la même manière pour le verre à vitres. Outre nos deux verres, nous avons fondu et enregistré le temps nécessaire pour

encore un verre d'emballage (II) dont la teneur en oxyde d'aluminium était quelque peu supérieure, c'est-à-dire dans lequel un plus fort pourcentage d' Al_2O_3 pouvait être inclus par l'alumine. La composition de ce verre est la suivante:

	(%)		(%)
SiO_2	72,69	CaO	8,16
Al_2O_3	2,46	MgO	1,25
Fe_2O_3	0,10	Na_2O	15,31

Pour la fonte de ce verre en utilisant du feldspath, l'apport d' Al_2O_3 a été de 0,90 % pour le sable quartzueux, le calcaire et la dolomite, et 1,56 % pour le feldspath. Dans le cas de l'utilisation de l'alumine comme matière première, 0,85 % de l' Al_2O_3 provenait des matières premières naturelles (sable quartzueux, calcaire et dolomite) et 1,61 % de l'alumine.

Ont été obtenus les résultats suivants:

<i>Matière première</i>	<i>Temps de la fusion en minutes</i>		
	<i>Verre emballage</i>	<i>Verre à vitres</i>	<i>Verre emballage II</i>
Feldspath	32	30	29
Alumine	28	33	38

Les résultats obtenus de la sorte indiquent que l'emploi de l'alumine en petite proportion (jusqu'à 1,20 % d' Al_2O_3 dans notre cas) n'affecte pas la fonte du verre, c'est-à-dire la vitesse de formation du verre. On peut constater dans ces cas tous les avantages qu'assurent la constance de la composition du verre et l'obtention d'une masse fondue de viscosité constante. Cela signifie la fabrication de bouteilles de bonne et égale qualité sur les machines automatiques et la production de verre à vitres de meilleure optique.

Etant donné la pureté de l'alumine, il faut constater que l'emploi de l'alumine dans nos deux cas permet d'obtenir aussi une certaine diminution, insignifiante il est vrai, de la teneur en Fe_2O_3 dans le verre.

Enfin, pour ce qui est de l'économie, il convient de dire que le travail avec l'alumine n'accroît pas le prix du verre, que l'on peut même constater une certaine diminution très légère de celui-ci. (On a compté en l'occurrence le prix de l'alumine à 80 \$ la tonne et du feldspath moulu à 30 \$ la tonne; la valeur des quantités d'alcali introduites par le feldspath a été prise en considération également).

*Faculté de Technologie
Jevremova 57, Belgrade (Yougoslavie)*