

Chapitre 13 - Céramiques

EXERCICE 13-4

a) Phases en présence et leurs fractions massiques après frittage de la pièce

Au cours du frittage, il y a déshydrations du kaolin, c'-à-d. perte de l'eau. La formule chimique du kaolin déshydraté est donc $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (\text{SiO}_2)_2$. On constate donc que la composition molaire du kaolin déshydraté est égale à 33,3% mol. de Al_2O_3 et de 66,7 % de SiO_2 (voir figure en annexe). Sur le diagramme d'équilibre, ceci correspond à une composition massique en Al_2O_3 égale à 45 % . À 1500 °C et pour cette composition, on est dans le domaine biphasé « SiO_2 (cristobalite) + Mullite ». Il suffit alors d'appliquer la règle des bras de levier pour trouver la fraction massique de chacune de ces phases égale à 33,3% mol. de Al_2O_3 et de 66,7 % de SiO_2 . Sur le diagramme d'équilibre, ceci correspond à une composition massique en Al_2O_3 égale à 45 % (voir figure en annexe).

À 1500 °C et pour cette composition, on est dans le domaine biphasé « SiO_2 (cristobalite) + Mullite ». Il suffit alors d'appliquer la règle des bras de levier pour trouver la fraction massique de chacune de ces phases.

Phase	Fraction (%m)
SiO_2 (Cristobalite)	$34,8 \pm 2$
Mullite	$65,2 \pm 2$

b) Masse volumique de la pièce

Masse volumique théorique ρ_0 du kaolin déshydraté : $\rho_0 = f_{\text{SiO}_2} \rho_{\text{SiO}_2} + f_{\text{mullite}} \rho_{\text{mullite}}$ où les « f » représentent les fractions massiques de silice et de mullite. La masse volumique ρ d'une kaolin fritté contenant 15 % de porosité est donc égale à :

$$\rho = (1 - 0,15) \rho_0 = (1 - 0,15) (f_{\text{SiO}_2} \rho_{\text{SiO}_2} + f_{\text{mullite}} \rho_{\text{mullite}})$$

$$\rho = 2,55 \pm 1 \text{ g/cm}^3$$

c) Module d'Young du kaolin de la pièce

En utilisant la formule donnant la variation du module d'Young d'une céramique en fonction du pourcentage P de porosité (eq. 13.1 où E_0 est le module d'Young de la céramique sans porosité), on obtient ainsi :

$$E = E_0 (1 - 1,9P + 0,9P^2) = 280 [1 - 1,9 \times 0,15 + 0,9(0,15)^2]$$

$$E = 206 \text{ GPa}$$

d) Températures minimale et maximale de frittage

Pour qu'il y ait apparition d'une phase liquide au cours du frittage, il faut que la température soit supérieure à la température du point eutectique du diagramme d'équilibre mais inférieure à la température du liquidus, sinon il aura fusion complète du kaolin¹. La température minimale sera donc égale à 1596 °C et la température maximale égale à 1810 °C.

$$T_{\min} = 1596 \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\max} = 1810 \pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

¹ Remarquons que le matériau est alors dans le domaine « solide + liquide ». Il faudrait donc prendre en compte la proportion de liquide afin que la pièce ne s'affaisse pas sur elle-même au cours du frittage à cause d'une proportion trop élevée de liquide.

e) Proportion de phase vitreuse après refroidissement

Si l'on suppose que la phase liquide se transforme en phase vitreuse, la proportion de celle-ci est donc égale à la proportion de liquide existant à la température eutectique. En appliquant la règle des bras de levier à 1595 °C et pour une composition massique de 45 % de Al_2O_3 , on obtient ainsi :

$$f_L = f_V = \frac{69 - 45}{69 - 5} = 37,5\%$$

$$f_V = 37,5\%$$

