

Usinage par frittage

I.1 Introduction

La pratique du frittage (voir la figure N° 1) est ancienne, ses racines dans la céramique remontant à 26 000 ans. Alors que les premiers artisans cuisaient l'argile en se basant sur l'observation, la véritable compréhension scientifique du frittage n'a commencé à émerger que dans les années 1940, ouvrant la voie aux applications industrielles avancées que nous utilisons aujourd'hui. MÉTALLURGIE DES POUDRES (FRITTAGE)



Fig.1 Pièces réalisées par frittage

I.2 Définition du frittage

Le frittage est un procédé de traitement thermique utilisant une température et une pression élevées pour former des composants solides. Cette méthode de fabrication lie les particules entre elles sans les faire fondre complètement. Ce procédé permet aux particules de fusionner par diffusion atomique pour créer une masse solide.

Le but du frittage est d'obtenir à partir des poudres (voir la figure N° 2) un solide plus ou moins dense sans passer par l'état liquide (frittage d'une poudre de nature donnée), ou en maintenant à l'état solide au moins un des constituants du système (frittage en phase liquide d'un mélange de poudres). Dans le cas d'un frittage en phase solide, l'écart entre la température de traitement et la température de fusion est le plus souvent supérieur à 0,25 fois cette dernière. Le phénomène du frittage est influencé par de nombreux facteurs : caractéristiques propres des poudres (morphologie, dimensions, pureté...), conditions du traitement thermique (température, durée, pression...) et atmosphère de traitement (vide, atmosphères protectrices diverses...).

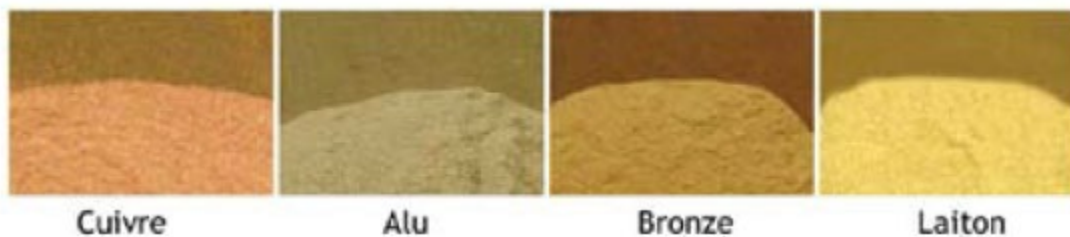


Fig. 2 Représentation de quelques types de poudres

Usinage par frittage

Préparé par Dr ROUABHI Youcef

I.3 Étapes de fabrication

Le point de frittage est différent du point de fusion. Il indique la température et la pression exactes nécessaires pour que les particules s'unissent tout en restant solides. Ce processus contrôlé rapproche les particules en réduisant l'espace entre elles. Il en résulte une structure solide et unifiée.

Les industries utilisent le frittage pour améliorer les propriétés des matériaux. Ce traitement apporte des améliorations significatives dans les domaines suivants :

- Résistance et intégrité des matériaux
- Conductivité thermique et électrique
- Translucidité
- Contrôle de la porosité

La fabrication de composants en poudre métallique se déroule en trois étapes clés : la préparation de la poudre (voir la figure N° 3), le compactage (voir la figure N° 4) et le frittage (voir la figure N° 5). Chaque étape influence la qualité du produit final. La phase de frittage est essentielle, car elle lie chimiquement les particules métalliques et modifie les propriétés du matériau.

Les matériaux réagissent différemment aux conditions de frittage. Cela crée des propriétés et des applications uniques. La façon dont les matériaux se frittent dépend de leur composition, de la granulométrie, de la température et des méthodes de traitement.



Fig. 3 Préparation de la poudre



Fig. 4 Compactage

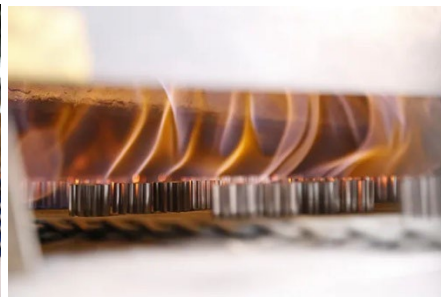


Fig. 5 Frittage

I.4 Comment fonctionne le frittage au niveau atomique ?

Le frittage fonctionne par diffusion atomique à l'échelle microscopique. Les atomes franchissent les limites des particules et fusionnent sous l'effet de la chaleur et de la pression. La température joue un rôle important dans ce processus de diffusion. Elle nécessite généralement des températures supérieures à 60 % du point de fusion du matériau.

I.5 Avantages du frittage

Le frittage apporte plusieurs avantages uniques :

- Formage de forme quasi nette à petit prix
- Coûts d'usinage réduits
- Moins de déchets de matière
- Niveaux de porosité contrôlés

Usinage par frittage

Préparé par Dr ROUABHI Youcef

- De meilleures propriétés dans le produit final

I.6 Procédé de frittage

Le frittage est un procédé de fabrication de pièces consistant à chauffer une poudre sans la mener jusqu'à la fusion. Sous l'effet de la chaleur, les grains se soudent entre eux, ce qui forme la cohésion de la pièce. Le cycle thermique se déroule généralement en trois phases : une phase de chauffage à la température du frittage, ensuite une phase isotherme et finalement une phase de refroidissement. Il est indispensable de bien contrôler les vitesses de chauffage et de refroidissement afin d'éviter d'éventuelles fissurations dans la pièce fabriquée.

I.7 Les types de frittage

À la lecture des différentes définitions, on remarque que deux types de frittages existent:

- Le frittage en phase solide, si tous les constituants restent en phase solide (**la méthode conventionnelle**). C'est la forme la plus traditionnelle de frittage. Le matériau en poudre est compacté, puis chauffé à une température juste en dessous de son point de fusion.
- Le frittage en phase liquide, si au moins l'un des constituants est en phase liquide, et l'un au moins, reste en phase solide. Qui utilise une petite quantité (environ 5 à 10 %) d'une phase liquide pour faciliter la réorganisation des particules solides.

I.8 Exemples d'applications

Pour les applications dans le domaine du frottement et de l'usure :

- Pièces de frottement : bronze, fer, graphite.
- Filtres : bronze, titane, acier inoxydable, nickel.
- Aimants permanents: associations en proportions variables de fer + cobalt + nickel + titane + aluminium.
- Contacts électriques: tungstène + cuivre ou argent.
- Grains et bagues d'étanchéité : graphite + argile, carbure de tungstène + cobalt, diverses céramiques.
- Plaquettes de coupes : carbures métalliques (W, Ti, ...) avec cobalt, céramiques diverses,
- Plaquettes de frein: bronze + graphite, fer + graphite.
- Balais de moteurs électriques: graphite + argile + éventuellement éléments abrasifs pour éviter l'usure adhésive.
- Réalisation de maquettes et de prototypes (utilisation de poudre polyamide chargée en billes de verre, en aluminium, en carbone, etc. ou non chargée),
- Outils abrasifs constitués d'une matrice métallique (bronze, cobalt, fer, nickel, tungstène, ...) et de grains de diamant ou de nitrure de bore cubique,
- Oxyde d'uranium fritté pour la fabrication de pastilles de combustible nucléaire.
- Céramiques dentaires.