

Matériaux AFOCO

Laitier de Haut-Fourneau granulé - vitrifié

Génération du laitier de haut-fourneau

Le laitier de haut-fourneau est produit par les usines sidérurgiques intégrées, dites « en filière fonte ». La production de fonte se fait par réduction de minerais de fer, riches en oxydes, en mélange à du coke (combustible et réducteur) et de calcaire $CaCO_3$ (jouant le rôle de fondant) dans un four vertical à la base duquel on insuffle de l'air chaud. Sous l'effet de la chaleur le calcaire se décompose en chaux CaO (oxyde de calcium) qui réagit avec les impuretés du minerai, notamment la silice, l'alumine et autres oxydes.
Le procédé fonctionne en continu : par effet de densité, la fonte s'accumule au fond du haut-fourneau tandis que le laitier plus léger composé des éléments non ferreux (chaux, silice, alumine et additifs minéraux) surnage. Le laitier est alors séparé de la fonte par soutirage, sous forme de roche liquide à une température d'environ 1500°C. La production d'une tonne de fonte génère environ 250 à 300 kg de laitier.

Production du laitier de haut-fourneau granulé/vitrifié

Après son extraction du haut-fourneau, le laitier liquide est brutalement et abondamment refroidi à l'eau afin de le vitrifier en empêchant sa cristallisation. L'énergie calorifique contenue dans le laitier en fusion provoque son explosion et la formation instantanée d'un sable vitrifié. Ce procédé appelé granulation permet d'obtenir le laitier granulé. Il forme alors une structure vitreuse (amorphe). Le laitier ainsi produit est égoutté et mis directement en stock.

Types d'applications

Le laitier de haut-fourneau granulé est actuellement largement utilisé dans l'industrie de fabrication des liants hydrauliques (ciments, bétons, liants hydrauliques routiers).

- **Dans les bétons :** incorporé sous forme finement broyée, en remplacement partiel du ciment
- **Dans les infrastructures routières :** utilisé dans la fabrication des graves hydrauliques ou en tant que composant principal de liants hydrauliques routiers
- **Dans la production de ciment :** en substitution partielle du clinker dans les ciments de type CEM II et CEM III
- **Dans l'industrie du verre :** comme source d'alumine et de silice
- **Dans la production d'abrasifs de grenaillage :** pour le traitement de surface des métaux, en remplacement de sables naturels, avec comme avantage sanitaire l'absence de silice libre

Contrôle de la qualité

La composition du laitier granulé est suivie en continu par des analyses chimiques tout au long de sa production, afin d'en assurer la constance et la maîtrise. Cette stabilité de composition est aujourd'hui bien caractérisée et reconnue. En fonction des exigences des normes ou des spécifications clients, il est possible d'adapter sa composition lors de la formation du laitier dans le haut-fourneau, par l'ajout de certains éléments. Cette pratique est fréquente pour le laitier granulé destiné à l'industrie cimentière, où l'on ajuste notamment la teneur en aluminates afin de garantir les propriétés recherchées du liant hydraulique produit par la suite.

Les contrôles physiques concernent essentiellement la finesse de broyage (surface spécifique Blaine), la masse volumique, la granulométrie, l'humidité résiduelle et la teneur en phase vitreuse.

En termes de performances, le laitier est évalué pour ses propriétés dans les mortiers ou bétons : indice d'activité, résistance à la compression, temps de prise, stabilité dimensionnelle, chaleur d'hydratation et durabilité.



Aspect environnemental

Le laitier vitrifié de haut-fourneau ne présente pas de risque environnemental. Le laitier de haut-fourneau granulé n'entre pas dans le cadre des spécifications du guide SÉTRA d'octobre 2012 « Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Les laitiers sidérurgiques ».

Économie circulaire

Valorisation du laitier de haut-fourneau granulé - vitrifié de matériaux de seconde vie 100 % recyclés issus de la sidérurgie.

- Réduire les déchets industriels ;
- Diminuer l'exploitation des ressources naturelles ;
- Abaisser les émissions de CO_2 dans le secteur de la construction ;
- Réduire la consommation énergétique globale ;
- Création de synergies entre l'industrie sidérurgique et cimentière.

Les +

Pourquoi utiliser des laitiers de haut-fourneau granulés - vitrifiés ?

Dans les ciments CEM II et CEM III, les laitiers de haut-fourneau granulés/vitrifiés sont particulièrement adaptés aux environnements agressifs (marins ou fortement alcalins).

- Ils améliorent la durabilité du béton et limitent les phénomènes de dégradation des armatures.
- Ils permettent de réduire les émissions de CO_2 grâce à une diminution de la proportion de clinker, dont la production est très énergivore.
- En substitution partielle du ciment, le laitier granulé moulu améliore les performances des bétons en apportant :
  - › une résistance mécanique plus élevée à long terme,
  - › une durabilité accrue,
  - › une faible perméabilité associée à une faible chaleur d'hydratation,
  - › un aspect esthétique plus homogène,
  - › une meilleure résistance au feu.

Description

Les différents types de laitiers vitrifiés présentent des caractéristiques globalement similaires. Ils se présentent sous forme de sables de couleur jaune-beige et de granulométrie de 0/2 à 0/8 mm.

Ces matériaux se distinguent par leur réactivité hydraulique, c'est-à-dire leur aptitude à développer une prise en présence d'eau et d'un activateur basique. Cette réaction, peu génératrice de chaleur, permet d'obtenir des performances mécaniques élevées sur le long terme.

Composition

La composition chimique typique du laitier de haut-fourneau est la suivante :

Chaux (CaO) : 35 à 50 %
Silice (SiO_2) : 30 à 45 %
Alumine (Al_2O_3) : 5 à 15 %
Magnésie (MgO) : 2 à 10 %
Fer (Fe_2O_3) : 1 à 5 %
Soufre (S) : 0,5 à 1 %
Alcalins : 0,5 à 2 %

Afoco
Créateur de Matériaux Alternatifs

Contactez-nous

secretariat@afoco.org
www.afoco.org

Suivez-nous

Afoco