



Du côté des essais :

La résistance en compression à température ambiante

La résistance à la compression d'un matériau est un paramètre couramment mesuré dans le milieu réfractaire, il permet notamment de juger de la bonne tenue mécanique dudit matériau et ainsi de s'assurer de sa bonne mise en œuvre, en vue d'une bonne durabilité en conditions de services. Il s'agit de l'un des paramètres les plus habituellement renseignés dans la fiche technique (data sheet) d'un matériau.



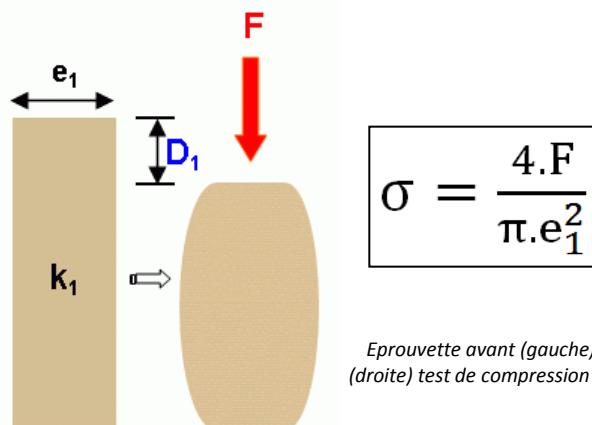
Définition

Charge maximale par unité de surface, appliquée dans des conditions spécifiées et à température ambiante, à laquelle peut résister un produit réfractaire sans qu'il y ait rupture.

Principe

Une charge compressive F est appliquée progressivement à une éprouvette de dimensions connues (diamètre e_1), dans des conditions spécifiées, jusqu'à rupture de l'éprouvette, c'est-à-dire au moment où elle devient incapable de résister à une nouvelle augmentation de charge.

La résistance à la compression à la température ambiante σ se calcule à partir de la valeur de la charge entraînant la rupture et l'aire moyenne de la section transversale soumise à la sollicitation.



Eprouvette avant (gauche) / après (droite) test de compression uni-axiale

Paramètres d'essais

La presse – mécanique ou hydraulique – doit être pourvue d'un dispositif permettant de mesurer à $\pm 2\%$ près, la charge exercée sur l'éprouvette. La vitesse d'application de la charge (jusqu'à la limite de résistance de l'éprouvette) est différente selon le matériau testé et la norme utilisée :

- produits façonnés denses ($1 \text{ N/mm}^2.\text{s} \pm 0.1 \text{ N/mm}^2.\text{s}$ selon ISO 10059 & NF EN 993-5 – $0.2 \text{ N/mm}^2.\text{s}$ selon ASTM C33)
- produits façonnés isolants de résistance inférieure à 10 N/mm^2 ($0.05 \text{ N/mm}^2.\text{s} \pm 0.005 \text{ N/mm}^2.\text{s}$ selon ISO 8895 & ASTM C33)
- produits façonnés isolants de résistance supérieure à 10 N/mm^2 ($0.2 \text{ N/mm}^2.\text{s} \pm 0.02 \text{ N/mm}^2.\text{s}$ selon ISO 8895 – $0.05 \text{ N/mm}^2.\text{s}$ selon ASTM C33).

Eprouvette

Les spécifications géométriques des éprouvettes dépendent du caractère dense ou isolant du matériau réfractaire testé.

Pour les matériaux denses, il s'agit de cylindres de $50 \pm 0.5 \text{ mm}$ diamètre et $50 \pm 0.5 \text{ mm}$ de hauteur. Dans le cas d'une impossibilité à prélever une éprouvette de cette dimension, il est possible de réduire les cotes de $50 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$ à $36 \text{ mm} \pm 0.3 \text{ mm}$. La norme NF EN 993-5 autorise également le format cube de $50 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$ de côté, tout comme la norme ASTM C 133 (2 in. soit 51mm de côté).

Pour les matériaux isolants, la dimension nominale de chaque éprouvette doit correspondre à la moitié de la dimension d'une brique standard : $114 \text{ mm} \times 114 \text{ mm} \times 76 \text{ mm}$ ou $114 \text{ mm} \times 114 \text{ mm} \times 64 \text{ mm}$. L'éprouvette peut être issue de l'une des moitiés de la brique standard soumise à l'essai de flexion 3 points.

Une attention toute particulière doit être apportée à la planéité, au parallélisme et à la perpendicularité des faces en contact avec les supports de presse, faute de quoi des sur-contraintes locales peuvent conduire à une sous-estimation de la résistance du matériau.



Figure 1 : Eprouvettes typiques de matériaux isolants

Figure 2 : Eprouvettes typiques de matériaux denses

Figure 3 : Presse mécanique dont dispose ICAR (capacité 30 tonnes)

**Bibliographie :**

Cette sélection de publications est issue de la Veille Technologique exercée par le Service Documentation de la SFC (Société Française de Céramique). Pour plus d'information sur ces produits documentaires de Veille Scientifique, Technique ou Concurrentielle : bulletin de Veille Mensuel, Veilles spécifiques ciblées, accès à la base de données de Veille "CeramBase", contacter la SFC à l'adresse : soc.fr.ceram@ceramique.fr



▪ SOUZA T.M., LUZ A.P., BRITO M.A.M., ET-AL.

Evaluation in situ du module d'élasticité de bétons réfractaires Al_2O_3 -MgO (In situ elastic modulus evaluation of Al_2O_3 -MgO refractory castables)

Ceramics International, vol.40, n°1-B, 01/2014

L'évaluation du module d'élasticité est une technique précise et simple pour étudier le comportement de bétons réfractaires pendant les étapes de durcissement, séchage et cuisson. L'analyse de cette propriété peut être utile pour vérifier les changements microstructuraux dans le système Al_2O_3 -MgO, où les transformations in situ jouent un rôle important à haute température. Des bétons contenant de la magnésie avec 0, 2, 4 ou 6 % en poids de ciment aluminé de calcium et 1 % en poids de fumée de silice, ainsi qu'une composition sans ciment contenant une source de magnésie caustique sont évalués. La présence de magnésie caustique n'affecte pas significativement le comportement élastique à haute température. Pour les systèmes à liaison ciment, au-delà de 800°C, le module d'élasticité est nettement amélioré, tandis que pour des températures supérieures, la génération d'une phase liquide détériore les propriétés des bétons. Des calculs thermodynamiques indiquent que la réduction de la teneur en ciment permet de réduire la formation de phase vitreuse dans la matrice, ce qui se traduit par une augmentation du module E après la phase de refroidissement.

Mots clé : magnésie. module d'élasticité. béton réfractaire – magnesia. elastic modulus. refractory castable

▪ GEIGENMULLER A., SPINDLER H., LENK K., ET-AL.

Futures recherches dans les réfractaires : feuille de route (Future research in refractories : a roadmap approach)

Journal of Ceramic Science and Technology, vol. 5, n°2, 06/2014

Cette étude vise à définir une feuille de route pour la recherche réfractaire afin de promouvoir stratégiquement ce champ, d'initier les efforts de recherche et de collaborations et de faire avancer la recherche réfractaire fondamentale et appliquée. Pour cela, l'étude s'appuie sur des feuilles de routes existantes, des rapports et des présentations dans le champ de la science et l'ingénierie des matériaux, des céramiques, des verres, des métaux, de la métallurgie et des applications réfractaires. L'étude identifie quatre zones principales de recherches futures : les nouvelles compositions de matériaux, les nouvelles approches de préparation de matériaux, les technologies de mise en œuvre et les technologies de traitement. De plus, la modélisation des propriétés et performances de matériaux est identifiée comme un important champ de recherche future.

Mots clé : réfractaire. recherche. tendance – refractory. research. Trend

▪ MUKHERJEE S., PRAMANIK S., MUKHERJEE S.

Examen complet des récentes avancées dans les réfractaires de magnésie carbone (A comprehensive review of recent advances in magnesia carbon refractories)

Interceram Refractories, vol. 63, n°3, 05-06/2014

Ce travail décrit l'état de l'art des développements dans la formulation de réfractaires MgO-C. Les effets de techniques importantes et de variations dans les paramètres opérationnels sont examinés et résumés : ainsi, l'impact d'antioxydants sur le comportement à l'oxydation, l'incorporation de graphite ou de nano carbone et l'influence du champ électromagnétique sur la résistance à la corrosion au laitier sont analysés. La vitesse d'oxydation de briques réfractaires de magnésie carbone, la microstructure de réfractaires MgO-C contenant du graphite et du nano carbone, la détermination de la composition minéralogique par la méthode Rietvelt et le comportement mécanique de ces réfractaires sont également rapportés.

Mots clé : réfractaires. magnésie-carbone. oxydation. microstructure. résistance corrosion. graphite. comportement mécanique – refractory. magnesia-carbon. oxidation. microstructure. corrosion resistance. graphite. mechanical behaviour

▪ OLUBAMBI P.A., ANDREWS A., MOTHLE T.S.

Comportement de résistance de réfractaires à base de magnésie après des cycles thermiques (Strength behavior of magnesia-based refractories after thermal cycling)

International Journal of Applied Ceramic Technology, vol. 11, n°3, 05-06/2014

La résistance au choc thermique de quatre types de briques réfractaires à base de magnésie disponibles dans le commerce et principalement utilisées pour le revêtement de fours est étudiée. La stabilité thermique des briques est testée par une méthode de trempage à l'eau. Les dommages expérimentaux sont caractérisés par inspection visuelle. Des fissures sont observées après des cycles thermiques. La stabilité thermique des réfractaires à base de magnésie dépend fortement de leur composition chimique. L'ajout de chrome et de spinelle améliore la stabilité thermique.

Mots clé : brique réfractaire. magnésie. fissure. cycle thermique – refractory brick. magnesia. crack. thermal cycle



▪ ANDREEV K., SINNEMA S., STEL J.V.D., ET-AL.

Effet du système de liaison sur le comportement à la compression de mortiers réfractaires (Effect of binding system on the compressive behaviour of refractory mortars)

Journal of the European Ceramic Society, vol. 34, n°13, 2014

Dans le secteur du revêtement réfractaire de fours industriels la compressibilité des mortiers est critique pour l'intégrité thermo-mécanique de la structure. Le comportement à la compression des mortiers réfractaires est mesuré pendant le séchage à température ambiante et à des températures allant de 300 à 1400°C. Les résultats sont expliqués en utilisant l'analyse fractographique et la simulation numérique. La rupture dans le mortier apparaît en raison de la formation de microfissures de bandes de cisaillements. La propagation des fissures suit le chemin le plus court entre les pores larges et est influencée par la cohésion et l'emboîtement des grains. En plus d'augmenter la cohésion entre les grains, le liant réduit les frictions internes ce qui améliore la compressibilité. Le mortier avec de l'argile présente la meilleure compressibilité, tandis que le mortier avec du ciment montre le comportement le plus stable.

Mots clé : liant. résistance en compression. mortier. réfractaire – binder. compressive strength. mortar. Refractory

▪ SOUZA T.M., MATI A.P.M., BRITO M.A.M., ET-AL.

Système de protection contre l'oxydation pour l'évaluation du module d'élasticité à chaud de céramiques réfractaires (Oxidation protection system for hot elastic modulus evaluation of refractory ceramics)

Ceramics International, vol 40, n°5, 06/2014

En raison de l'oxydation, l'évaluation du module d'élasticité à chaud de réfractaires contenant du carbone est difficile à mener. Au lieu de contrôler l'atmosphère du four, une nouvelle technologie d'évaluation des propriétés élastiques à haute température est mise en œuvre et testée. L'efficacité d'une peinture anti-oxydante, d'une fine couche de nickel et de l'utilisation simultanée de deux systèmes de protection contre la décarbonisation de briques échantillons est contrôlée. La double couche de protection (peinture et couche de nickel) est efficace pour stopper l'oxydation du carbone.

Mots clé : module d'élasticité. réfractaire. carbone. oxydation – elastic modulus. refractory. carbon. oxidation

Journée thématique GFC-SF2M en partenariat avec TEAM

Dans le cadre de la commission mixte GFC-SF2M : Matériaux Céramiques Réfractaires, une journée thématique a été organisée par Jacques POIRIER du CEMHTI sur le « recyclage et économie circulaire des céramiques réfractaires usagées ». Le 22 octobre dernier, une soixantaine de personnes (industriels et universitaires) se sont retrouvées au sein de l'hôtel Dupanloup à Orléans pour échanger entre fabricants, utilisateurs et chercheurs sur les récentes avancées scientifiques, techniques, sur les possibilités pratiques qu'il est possible de mettre en œuvre pour résoudre ces problèmes industriels. Des conférences sur les gisements, les marchés, les verrous technologiques, les réglementations ont été suivies par des interventions sur les procédés de broyage, récupération et mise en forme. 3 tables rondes ont permis par la suite d'apporter des éléments de réponse sur les aspects verrous technologiques ou pas, les aspects marchés, les aspects procédés. Nous remercions J. POIRIER pour l'organisation et espérons vivement que cette journée se poursuive par des contacts qui puissent faire avancer cette thématique de recyclage-valorisation importante également pour le domaine des matériaux réfractaires.



14ème Congrès International biennuel UNITECR 2015

Depuis sa création en 1987 à Tokyo, la "Unified International Technical Conference", simplement connue sous le nom d'UNITECR, s'est établie comme l'un des plus importants rassemblements internationaux traitant des problématiques scientifiques et techniques du milieu réfractaire. En plus des acteurs directs de l'industrie réfractaire, des fournisseurs de matière première, utilisateurs, mais aussi des scientifiques auront l'opportunité de participer à des discussions, aux échanges d'informations, et éventuellement aux débats, afin de fournir la meilleure orientation pour le futur de notre industrie. A la différence d'autres événements similaires, UNITECR est véritablement une conférence scientifique de portée internationale, car elle fut successivement organisée en Amérique, Asie et Europe.

ICAR sera présent en 2015 pour le prochain Congrès UNITECR, qui aura lieu du 15 au 18 septembre à Vienne, en Autriche.



FORMATIONS A VENIR

o Du 17 au 20 mars 2015 à Moncel-lès-Lunéville

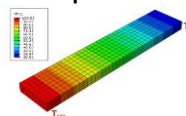
Les matériaux réfractaires : généralités - ST1

o Du 16 au 19 juin 2015 à Moncel-lès-Lunéville

Mise en œuvre des matériaux réfractaires – ST2

o Le 06 octobre 2015 à Moncel-lès-Lunéville

Formation au calcul thermique



Et toujours la possibilité de réaliser des stages intra-entreprises tout au long de l'année ...

Vous souhaitez avoir de plus amples informations...

CONTACTEZ-NOUS...