



Du côté de l'inspection : Échantillonnage et contrôle de réception

Apprécier aussi précisément que possible la *qualité* d'une livraison avant son départ du site fournisseur, telle est la vocation du « *contrôle réception* ». Le contrôle de la totalité de la livraison étant proscrit, tant pour des raisons de temps, que de commodité et de coût, une phase préalable d'*échantillonnage* est requise : elle permet de constituer un échantillon de taille aussi faible que possible, mais *représentatif* de la livraison.

La norme internationale *ISO 5022* présente les directives pour l'échantillonnage des *produits réfractaires façonnés*, ainsi que les méthodes permettant de procéder à un contrôle de réception basé sur une appréciation du respect des spécifications. Cette norme est également valable pour des produits fabriqués à partir de matériaux réfractaires.

Conditions préalables pour l'échantillonnage

Subdivision des livraisons en lots

Une livraison comportant des produits appartenant à des classes différentes ou dont les produits ont été mis en forme selon des procédés différents, doit être subdivisée en *lots*.

Cette subdivision est aussi applicable dans le cas de *formats, masses voire formes de pièces différents*, si le fournisseur et l'acheteur sont d'accord pour estimer que ces facteurs ont une influence sur les caractéristiques contrôlées.

Caractéristiques contrôlées

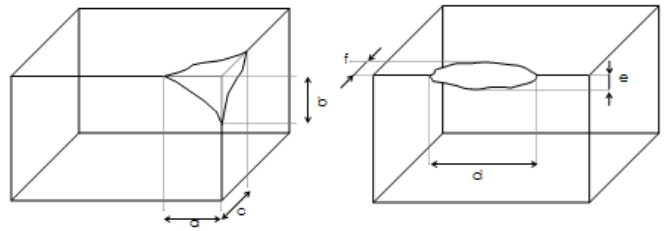
Les caractéristiques contrôlées sur les lots peuvent être :

- un contrôle par attribut : le lot contrôlé est alors caractérisé par une proportion d'unités défectueuses.
- un contrôle par mesures : le lot contrôlé est alors caractérisé par une valeur moyenne et un écart-type issus d'une mesure donnée.

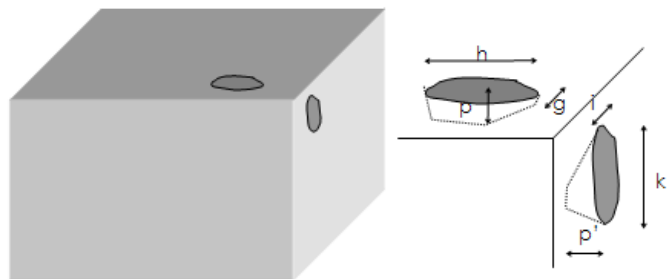
Spécifications

Les caractéristiques sont ensuite confrontées à une spécification associée, ce qui aboutira à la décision d'acceptation ou bien de refus des lots contrôlés. La spécification peut prendre différentes formes :

- Si contrôle par attributs : un pourcentage maximal de pièces défectueuses (ce qui se traduit par la fixation d'un niveau de qualité acceptable AQL). Un tel contrôle peut concerner l'aspect dimensionnel, par la vérification de la conformité aux tolérances de cotes pertinentes dans l'assemblage (ex. : la conicité pour des couteaux). Il peut également concerner l'aspect extérieur, par l'inspection de défauts, dont on mesure les cotes caractéristiques.



Inspection de l'aspect extérieur : contrôle des défauts géométriques. A gauche : un défaut de coin, à droite : un défaut d'arête. Les cotes sont mesurées et comparées à des tolérances spécifiques dépendantes de la face concernée : intrados ou extradoss.



Inspection de l'aspect extérieur : contrôle des trous. Grand diamètre et petit diamètre de l'empreinte elliptique, ainsi que profondeur sont mesurés et comparés à des tolérances spécifiques.

- Si contrôle par mesures : soit une valeur garantie de la moyenne, soit une valeur limite des valeurs individuelles, soit un encadrement garanti de la moyenne ou des valeurs individuelles.

Niveaux de qualités & risques

L'application de tout plan d'échantillonnage ne donne pas de certitude sur la (non)-conformité d'un lot. En effet, le nombre et la nature des caractéristiques à contrôler, le niveau de risque que le fournisseur et l'acheteur acceptent de courir conditionnent l'*efficacité* d'un plan.

C'est pourquoi les deux parties décident d'un *niveau de qualité acceptable AQL* (Acceptable Quality Level), à savoir une proportion maximale de pièces défectueuses permettant l'acceptation du lot par le plan avec une haute probabilité (uniquement dans le cas du contrôle par attributs).

Les *risques* associés sont alors :

- pour le *fournisseur*, la probabilité α de rejeter un lot lorsque la proportion d'unités défectueuses égale le niveau de qualité acceptable AQL (ou lorsque sa valeur moyenne égale la valeur garantie, si contrôle par mesures).

- pour l'*acheteur*, la probabilité β d'accepter un lot lorsque la proportion d'unités défectueuses égale le niveau de qualité tolérée LQ, fixé à 10% (ou lorsque sa valeur moyenne s'écarte de la valeur garantie de Δ , si contrôle par mesures).



Processus d'échantillonnage

Les prélèvements doivent être effectués de telle sorte que toutes les pièces du lot aient la *même probabilité* d'être choisies et testées. Le nombre de pièces à prélever doit être calculé selon :

- le nombre de *caractéristiques* à contrôler
- les prescriptions de chacune des *méthodes d'essais* utilisées (en termes de format et nombre d'éprouvettes)
- la constitution d'un échantillon de réserve destiné à un éventuel arbitrage, en cas de désaccord entre le fournisseur et le client.

Les cartes de contrôle statistique de la qualité

Les contrôles à effectuer peuvent être considérablement réduits si le fabricant établit régulièrement des cartes de *contrôle statistique* de la qualité de sa production, et met ceux-ci à la disposition des inspecteurs.

Contrôle par attributs

Le contrôle *par attributs* concerne aussi bien l'inspection de l'aspect extérieur, que l'inspection des dimensions. Pour l'inspection de l'*aspect extérieur*, un cahier des charges précise les défauts à prendre en considération : fissures, taches, déformations, ainsi que les tolérances associées. Concernant l'inspection *par dimensions* des pièces sélectionnées par le plan, chacune des cotes est comparée à la valeur nominale, associée des tolérances dimensionnelles spécifiées dans le cahier des charges.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)						
				Probabilité d'acceptation, P						
AQL	N	n	c	0,99	0,95	0,90	0,50	0,10	0,05	0,01
%	p % de défectueux dans le lot									
4,0	2 à 25	N ou 3	0	0,33	1,70	3,45	20,6	53,6	63,2	75,4
	26 à 90	13	1	1,19	2,81	4,16	12,6	26,8	31,6	41,5
	91 à 150	20	2	2,25	4,22	5,64	13,1	24,5	28,3	35,6
	151 à 280	32	3	2,63	4,39	5,56	11,4	19,7	22,5	28,0
	281 à 500	50	5	3,66	5,34	6,42	11,3	17,8	19,9	24,3
	501 à 1 200	80	7	3,72	5,06	5,91	9,55	14,2	15,8	18,9
	1 201 à 3 200	125	10	3,82	4,94	5,62	8,53	12,3	13,6	16,1
	3 201 à 10 000	200	14	3,74	4,62	5,15	7,33	10,1	10,9	12,7
	supérieur à 10 000	315	21	3,99	4,73	5,16	6,88	8,95	9,60	10,9

Les plans d'échantillonnage simples pour inspection par attributs sont compilés dans le tableau (4%, AQL le plus courant). Le plan spécifie, selon l'effectif N de la population du lot, l'effectif n de l'échantillon à contrôler et le nombre c de pièces défectueuses autorisées correspondant. Le lot sera considéré conforme, si le nombre de pièces défectueuses – pour un attribut donné – est inférieur ou égal à c . A l'issue du contrôle dimensionnel et d'aspect, si l'échantillon contrôlé satisfait aux prescriptions de conformité, alors le lot est accepté. Dans le cas contraire, le lot est trié de façon à ne conserver que les unités conformes, puis le solde du lot est refabriquée. Enfin, le lot est de nouveau présenté pour contrôle.

Écart-type σ connu	K_{PRE} pour $\alpha = 5\%$	$\left(\frac{\Delta\mu}{\sigma}\right)_{\beta = 10\%}$	Écart-type σ inconnu	Masse totale du lot ⁽²⁾ t
Effectif de l'échantillon, n			Effectif de l'échantillon, n	
1	2	3	4	5
4	0,82	1,46	6	1
6	0,67	1,20	8	10
10	0,52	0,93	12	100
14	0,44	0,78	16	200
18	0,39	0,69	20	300
22	0,35	0,62	24	400
26	0,32	0,58	28	500

Contrôle par mesures

Les caractéristiques correspondant à des essais *destructifs* sont notamment contrôlées par mesures. Il peut s'agir, par exemple, de mesure de résistance à la compression ou de mesure de masse volumique apparente. Le mode de contrôle par mesures peut également concerner des mesures *non-destructives*, telle que la mesure de vitesse de propagation ultrasonore.

Le tableau ci-contre compile les plans d'échantillonnage simples dans le cas d'une valeur garantie de la moyenne μ_G .

Le plan d'échantillonnage spécifie, selon la masse du lot, l'effectif n de l'échantillon et le facteur d'acceptation K_{PRE} correspondants. Les essais fournissent n valeurs individuelles, dont on calcule la moyenne. La confrontation de cette valeur avec la valeur $\mu_G \pm K_{PRE} \cdot \sigma$ permet de statuer sur la conformité du lot (σ étant l'écart-type connu de la statistique).



Pour aller plus loin

Dans certains cas, l'inspection ne se restreint pas seulement aux prescriptions de l'ISO 5022 ; le contrôle dimensionnel est non seulement individuel, mais il est également réalisé sur assemblage : empilage, montage à blanc ou encore montage partiel. Concernant le contrôle d'aspect, il est également possible d'effectuer un examen interne des pièces, en procédant à la coupe d'un nombre donné d'unités (selon l'effectif disponible en sus) afin de s'assurer de la bonne cuisson à cœur du matériau : notamment par l'absence de cœurs noirs pour les matériaux isolants ...



Zone de contrôle de réception : **échantillonnage** par lot (un lot pouvant représenter plusieurs palettes, comme c'est le cas ici)

Photo 1 : Echantillonnage pour contrôle **par mesures** – Photo 2, 3, 4 : Contrôle **par attributs** : fissure, tache de cuisson et défaut de coin.



Montage à blanc : sole de four en sillimanite pour four verrier de grande capacité (à gauche) - voûte de fluidisation (en haut à droite) - sole constituée de blocs béton pour four à sole tournante (en bas à droite)

Du 26 au 28 mars prochains, auront lieu les Journées Annuelles du GFC (Groupe Français de la Céramique) à Orléans. Ces journées seront cette année organisées par le CEMHTI et le laboratoire PRISME à Polytech-Orléans, campus universitaire de la source, au cœur de la « Loire Valley ».



Tous les thèmes de recherche relatifs à l'étude des matériaux céramiques pourront être abordés. Au total, une quarantaine de conférenciers se succéderont pour évoquer leurs travaux, tandis qu'une vingtaine d'intervenants présenteront leurs recherches sous forme d'affiches.

www.sf2m.asso.fr/Vie_GFC/GFC_accueil.htm





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



WOSIA J., PODWORN J., SUWAK R.

Résistance aux chocs thermiques de réfractaires de chrome-magnésie – critères d'évaluation et expérience (Thermal shock resistance of magnesia-chrome refractories – experimental and critical evaluation)

Ceramics International, vol.39, n°1/2012

Onze échantillons commerciaux de réfractaires de chrome-magnésie ont été testés. La résistance à la flexion, la dilatation thermique et le module de Young des matériaux ont été déterminés en fonction de la température. Les paramètres de la résistance aux chocs thermiques ont été calculés et corrélés aux valeurs expérimentales. La dépendance entre le module de Young et la température est discutée.

MOTS CLÉ : RÉFRACTAIRE MAGNÉSIE-CHROME. RÉSISTANCE CHOC THERMIQUE. MODULE DE YOUNG.

SARKER R., MISHRA A.

Béton auto-coulable à haute teneur en alumine contenant différents liants (High-alumina self-flow castable with different cement binders)

Interceram, Special edition 2012: Refractories vol.61, 02/2012

Des compositions de bétons auto-coulables ont été préparées à partir d'alumine, de fumée de silice, d'additifs et de différents teneurs en deux variétés de ciments à haute teneur en alumine. Les mélanges ont été broyés, mouillés, coulés dans des moules puis cuits à différentes températures. Le retrait, la densité, la résistance à la compression des échantillons ont été mesurés et les phases ont été identifiées par diffraction des rayons X. L'effet des différents ciments utilisés sur les propriétés des bétons est discuté.

MOTS CLÉ : BÉTON AUTOCOULABLE. ALUMINE. CIMENT.

SAKO E. Y., BRAULIO M. A. L., ZINNGREBE E.

Analyse de l'évolution microstructurale de bétons réfractaires contenant des spinelles liés à du ciment : éclairage sur la formation des spinelles et de l'hexaluminate de calcium (In depth microstructural evolution analyses of cement bonded spinel refractory castables: novel insight regarding spinel and CA6 formation)

Journal of the American Ceramic Society, vol.95, n°5/2012

Des compositions de bétons ont été préparées à partir d'alumine tubulaire, de ciment d'aluminate de calcium et de silice puis des spinelles pré-formés ou de l'alumine réactive et de la magnésie ont été ajoutés. Afin d'évaluer l'évolution microstructurale des bétons, des images ont été réalisées par microscopie électronique après cuisson à différentes températures. Les phases présentes dans les échantillons ont été déterminées par diffraction des rayons X. La séquence des réactions ayant lieu durant le frittage des bétons est discutée.

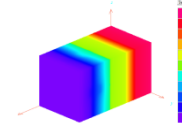
MOTS CLÉ : BÉTON RÉFRACTAIRE. SPINELLE. RÉACTION. ALUMINATE CA. MICROSTRUCTURE.

Nouveau module de formation !!!

Le 08 octobre 2013 à Moncel-lès-lunéville sera dispensé un nouveau module de formation : le **calcul thermique**.

Objectifs :

- connaître les différents modes de transfert de chaleur,
- pouvoir déterminer les températures à différents endroits d'une paroi,
- s'initier au calcul par éléments finis.



Public :

Toute personne devant intervenir sur une installation thermique (four, chaudière, réacteur, etc. ...) contenant des produits réfractaires. Services : BE - Travaux neufs - Entretien - Inspection – Exploitation.

Moyens pédagogiques : Fascicule – Vidéoprojecteur – Tableur Excel – logiciel de calcul par éléments finis (ABAQUS, COMSOL)

Formations 2013 à venir - Formations 2013 à venir - Formations 2013 à venir

Du 19 au 22 mars 2013 à Moncel-lès-Lunéville
Les matériaux réfractaires : Généralités.

Du 17 au 20 septembre 2013 à Moncel-lès-Lunéville
Les matériaux réfractaires : Généralités.

Du 18 au 21 juin 2013 à Moncel-lès-Lunéville
La mise en œuvre des matériaux réfractaires.

Du 18 au 20 novembre 2013 à Moncel-lès-Lunéville
Du 20 au 22 novembre 2013 à Moncel-lès-Lunéville
Tenue en service et aspect environnemental (parties 1 et 2)

Et toujours la possibilité de réaliser des stages intra-entreprise

Vous souhaitez avoir de plus amples informations ... CONTACTEZ-NOUS ...