

Du côté des études et des essais :

Corrosion par l'aluminium liquide, Résistance mécanique de revêtements et Incertitudes

Dans ce numéro, deux types d'équipements, remis à jour pour l'un et tout nouveau pour l'autre, vous sont décrits. Marion et Nathan, deux stagiaires en Licence professionnelle (Métallurgie, mise en forme de matériaux et soudage) ayant travaillé sur ces sujets, nous précisent certaines conditions... Par ailleurs, Fabiola, stagiaire Licence professionnelle (Métiers de l'industrie-Gestion de la production industrielle-technologies et management en métrologie et qualité), nous informe quant aux calculs d'incertitude qu'elle a conduits pendant plusieurs mois et qui sont au combien importants dans notre système qualité.

A. Etude de la corrosion par métal liquide :

Dans un monde de plus en plus concurrentiel, l'industrie de l'élaboration primaire et la fonderie n'ont de cesse que d'améliorer leur productivité et la qualité des pièces élaborées. Ils ont besoin de comprendre les mécanismes mis en jeu et de trouver des solutions permettant d'augmenter la durée de vie de leurs outillages. Contrairement à d'autres domaines, la corrosion dans le métal liquide est très peu documentée scientifiquement, dans ce contexte, ce banc d'essai se justifie puisqu'il permet à la fois de se placer au plus près des conditions industrielles, mais permet également l'étude scientifique des mécanismes mis en jeu. Il offre aux industriels des solutions d'amélioration puisqu'il permet d'étudier la fatigue thermique et l'étamage des outillages de fonderie et l'endommagement chimique résultant du contact du métal en fusion avec la paroi du moule lors des remplissages répétés. Ce banc d'usure peut aussi apporter des réponses sur l'endommagement des outillages de verrerie et sur le comportement des réfractaires au contact d'autres métaux fondus.

Principe :

Un ensemble de résistances chauffantes sont disposées autour du creuset afin de provoquer la montée en température du bain. Lorsque la température souhaitée est atteinte, le creuset rotatif peut se mettre en mouvement produisant ainsi un courant dans le bain liquide. Lorsque l'ensemble du métal fondu est en mouvement, les échantillons sont plongés dans le bain au rythme d'un cycle prédéfini numériquement (étude sur la fatigue thermique par exemple). Selon le cahier des charges, les échantillons peuvent être refroidis soit par air comprimé via les buses présentes autour du porte-échantillon, soit par un système de refroidissement interne à eau. Le creuset, ainsi que le porte-échantillon sont interchangeables.



Vue du banc d'essai (gauche), les échantillons dans le four chaud (droite).

Cela permet l'utilisation d'une grande variété de matériaux pouvant constituer le bain mais également l'étude d'échantillons réfractaires, céramiques, métalliques ou encore de revêtements (projection thermique, PVD, CVD) ou par traitements (nitruration, carburation, poteyage,...).

Caractéristiques

- Température maximale du creuset en place : 1250°C
- Débit refroidissement interne : 20 L.min⁻¹
- Refroidissement externe par air comprimé : 6 Bars
- Temps minimal du cycle : 5 sec
- Profondeur de trempage dans le métal liquide (20 à 30 litres) : de 10 à 190 mm

B. Résistance mécanique de revêtements

Le développement de l'utilisation des revêtements fonctionnalisant les surfaces de toutes natures (Métaux et alliages, bois, céramiques, bétons, verres, polymères et composites CFRP) s'est accéléré dans tous les secteurs industriels (automobile, aéronautique, médical, luxe, outillages, architecture) ainsi que les techniques applicatives (revêtements par voie humide, peintures, couches minces PVD et CVD, projection thermiques, couches polymères, revêtements de sols..) nécessitant la caractérisation de l'adhérence des revêtements.

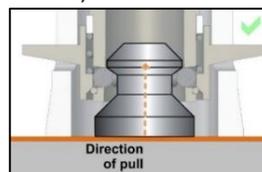
La jauge d'adhérence automatique par traction Elcometer 510 mesure avec précision le pouvoir de cohésion entre le revêtement et le substrat. L'appareil permet de déterminer la charge à la rupture de revêtements de diverses natures : Peintures, projection thermique (métaux et céramiques, carbures), revêtement par voie humide et sèche de différentes natures.

Essai :

Une contre-éprouvette est collée sur la surface à caractériser au moyen d'une colle structurale (figure 1). Après la polymérisation complète, (24 heures ou moins selon colle) l'essai de traction peut commencer. La vitesse de mise en charge peut être sélectionnée. Le faciès de rupture doit être analysé afin de déterminer le caractère cohésif, adhésif ou mixte de celle-ci.

Caractéristiques

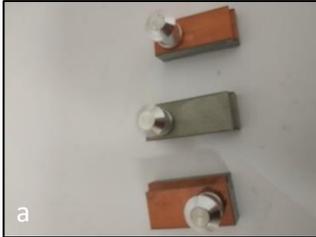
- Efficace : Idéal en laboratoire et sur site,
- Plage de mesure jusqu'à 100MPa (14 400psi),
- Transfert de données via USB ou Bluetooth® pour une analyse plus approfondie,
- Possibilité de choisir la vitesse de mise en charge (0.04 à 5 MPa/s) et d'adapter le diamètre de la contre-éprouvette (de 10 à 50mm).



◀ Fig. 1 Schéma de principe – Source Elcometer

Module de pilotage ▶ 510 et tête de traction – Source Elcometer





(a) Essais sur dépôts coldspray métalliques (Cu, CuZn15) sur aluminium 6082
(b) Essai sur revêtement de sol (Source Elcometer)

Normes utilisables :

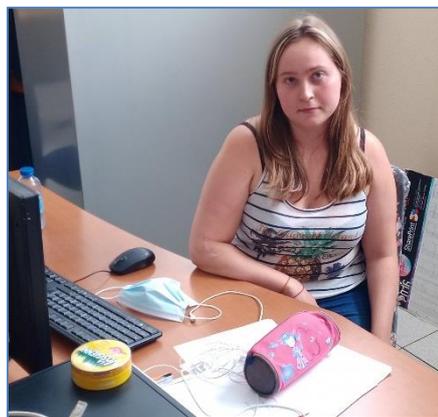
ASTM C1583, ASTM D4541, ASTM D7234-12, AS/NZS 1580.408.5, BS 1881-207, DIN 1048-2, EN 1015-12, EN 12636, EN 13144, EN 1542, EN 24624, ISO 16276-1, ISO 4624, JIS K 5600 5-7, NF T30-606, NF T30-062

C. Incertitudes de mesures

En métrologie, une **incertitude de mesure** liée à un mesurage « caractérise la dispersion des valeurs attribuées à un mesurande, à partir des informations utilisées » (d'après le Bureau international des poids et mesures).

Elle est considérée comme une dispersion et fait appel à des notions de statistique. Les causes de cette dispersion, liées à différents facteurs, influent sur le résultat de mesurage, donc sur l'incertitude et in fine sur la qualité de la mesure. Elle comprend de nombreuses composantes qui sont évaluées de deux façons différentes : certaines par une analyse statistique, d'autres par d'autres moyens.

A l'occasion de son stage de 3,5 mois, Fabiola a participé à la mise à jour de plans qualités essais, en collaboration avec le Responsable Essais et le Responsable Métrologie.



Les 3 stagiaires avec, de gauche à droite : Fabiola (incertitudes), Marion (arrachement de revêtements) et Nathan (corrosion aluminium)

Les procédures d'estimation des incertitudes ont été révisées pour les essais de granulométrie et ceux associés au contrôle thermique. Quant à l'essai d'affaissement sous charge, à la fois la modélisation du processus de mesure et l'évaluation des incertitudes types associées ont été révisées.

Sur le plan de la traçabilité des résultats d'essais, un volet d'amélioration/refonte des feuilles de calcul Excel a été engagé.

L'interface du support a été refondue pour plus de convivialité et praticité, notamment par l'ajout d'un code couleur facilitant l'implantation des données ou bien par l'ajout de listes déroulantes standardisant les options de réponses selon les besoins et caractéristiques de l'essai.

Dans l'optique d'une meilleure compréhension des processus séquentiels, la désagrégation des étapes de calcul est opérée à la fois pour l'estimation de la mesure et pour l'estimation des incertitudes.

La mise à jour des données métrologiques et/ou des sources d'incertitude est désormais facilitée par l'insertion de tableaux d'entrée dédiés.

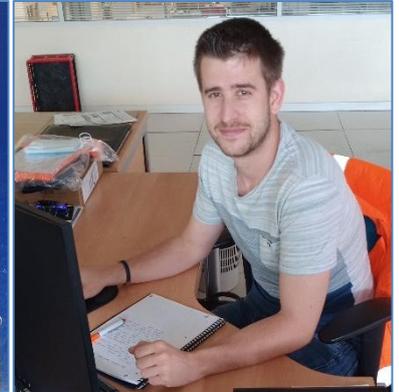
Le verrouillage des cellules et classeurs a été réalisé pour éviter la manipulation de résultats obtenus et s'inscrire dans le cadre de la sécurisation des données requise par ISO 17025/2017.

Enfin, la procédure d'enregistrement des résultats a été optimisée par la réduction des formulaires à remplir par le technicien d'essais.

Merci pour leur implication durant ces mois de présence chez ICAR-CM2T pour mener à bien leur stage. Bonne continuation...

Dernièrement, ICAR-CM2T a recruté 2 nouvelles personnes avec **Stéphane Weinland** et **Robin Stocky**.

- **Stéphane** (à gauche) intervient à l'enregistrement, à l'échantillonnage et à l'usinage des éprouvettes qui doivent subir des essais.
- **Robin** (à droite) vient de passer une thèse intitulée « Etude du traitement de poudres et influence des caractéristiques obtenues sur la transparence de céramiques du type spinelle ». Il intervient préférentiellement sur les dépôts par voie Coldspray et autres méthodes afin de fonctionnaliser des surfaces généralement utilisées en conditions extrêmes.



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



- HOSOGI R., KAMIO H., TSUJI Y.

Evolution de la résistance au choc thermique de tessons réfractaires monolithiques (Evaluation of the thermal shock resistance of fired monolithic refractory bodies)

Journal of the Technical Association of Refractories, Japan, Vol. 41, n°01, 01/21, pp. 3-12, 14 fig., 2 tab., bibliographie (13 réf.), ANG.

Les relations entre propriétés mécaniques et résistance au choc thermique de tessons réfractaires monolithiques sont évaluées en utilisant des données expérimentales issues d'essais de résistance aux chocs thermiques à 600, 1050 et 1500°C. Une méthode de corrélation d'image numérique est employée et les paramètres de la résistance aux chocs thermiques sont ainsi déterminés.

Mots clé : REFRACTAIRE. RESISTANCE CHOC THERMIQUE. MONOLITHIQUE. CORRELATION IMAGE NUMERIQUE – REFRACTORY. THERMAL SHOCK RESISTANCE. MONOLITHIC. DIGITAL IMAGE CORRELATION.

- MATSUDO H., TOMATSU I., KOIKE Y.

Effets du bore sur la détermination des teneurs en carbone et en carbure de silicium dans des réfractaires contenant du carbone (Effects of boron on determination of carbon and silicon carbide contents in carbon containing refractory)

Journal of the Technical Association of Refractories, Japan, Vol. 41, n°01, 01/21, pp. 25-29, 8 fig., 3 tab., bibliographie (4 réf.), ANG.

L'effet d'un anti-oxydant de carbure de bore sur des réfractaires contenant du carbone à relativement basse température est analysé et son comportement d'anti-oxydation évalué. Par ailleurs, ce comportement avec d'autres oxydes et/ou carbure de silicium est également contrôlé afin de clarifier l'effet de matériaux coexistant sur l'oxydation.

Mots clé : CARBURE DE BORE. BORE. REFRACTAIRE. RESISTANCE OXYDATION – BORON CARBIDE. BORON. REFRACTORY. OXIDATION RESISTANCE.

Prévisionnel des formations à venir en nos locaux

- Du 22 au 24 septembre 2021 à Moncel-les-Lunéville : (STR1) Généralités sur les Réfractaires – (18h)
- Du 28 au 30 septembre 2021 à Moncel-les-Lunéville : (STM3) Métallurgie des Fontes et Applications – (21h)

- Le 5 octobre 2021 à Moncel-les-Lunéville : (STR4) Calcul thermique – (7h)
- Du 22 au 26 novembre 2021 à Moncel-les-Lunéville : (STR3) Tenue en service et traitement des réfractaires usagés – 1^{ère} part 18h, 2^{nde} part 14h

Et toujours la possibilité de réaliser des stages intra-entreprises tout au long de l'année sur tous les matériaux métalliques et matériaux réfractaires... Vous souhaitez avoir de plus amples informations...CONTACTEZ-NOUS...

Les formations ICAR-CM2T sont référencées au Datadock sous le numéro 0024865, ce qui vous garantit leur prise en charge financière par les organisations paritaires.

