linkedin.com/company/foseco
FOSECO
L'avenir de l'industrie passe par la durabilité.
Comment faire plus avec moins? Cela signifie augmenter le rendement et la qualité, tout en réduisant la consommation d'énergie et de matériaux. Sans parler des émissions. C'est le défi ultime de la durabilité. Êtes-vous prêts à le relever ? Nous le sommes. Nous sommes Foseco.
Think beyond.
Shape the future.
L'EQUIPE FOSECO VOUS SOUHAITE UNE BONNE ET HEUREUSE ANNEE 2024 !
VESUVIUS
A VESUVIUS GROUP COMPANY

TECHNews FONDERIE

N° 43
JANVIER 2024

ASSOCIATION

« ENSEMBLE DÉVELOPPONS LES COMPÉTENCES DE VOS SALARIÉS POUR QUE NOS ENTREPRISES RESTENT COMPÉTITIVES »

PAGE 15

NEWS

SPACEX CASTING RAPTOR ENGINE PARTS FROM SUPERALLOYS

PAGE 20

UNE PUBLICATION DE
ASSOCIATION TECHNIQUE DE FONDERIE

Laempe + Fischer

Fournisseur d'équipement pour fonderie
depuis 1982

Z.I 1 rue Bartholdi
BP 20032
F-68190 Ensisheim
+ 33 (0) 3 89 81 18 38
info@laempefischer.fr
www.laempefischer.fr

Vous avez tous les atouts en main

pour réussir !

Et plus encore...

- Stockage et transport de sable
- Malaxage
- Noyautage
- Traitement amines & SO_2
- Moulage
- Fusion et machine de coulée
- Décochage et convoyage
- Refroidissement
- Tri, régénération et recyclage du sable
- Parachèvement
- Automatisation

FAT
LAEMPE GLOBAL PARTNER OF sinto
sinto HEINRICH WAGNER SINTO Maschinenfabrik GmbH
B.G.T. ... bietet gute Technik.
JOEST

édito.

Guillaume ALLART
Président de l'ATF

Chers Adhérent(e)s, chers fondeurs et fondeuses,

Avant de refermer le livre de 2023, je tenais tout d'abord à remercier tous les personnels salariés et bénévoles qui œuvrent au fonctionnement et à la vie de notre si belle association, qui a vu le jour en 1911 et qui a fait naître des structures que nous connaissont encore aujourd'hui, tel le WFO ou l'ESFF dont c'est le centenaire cette année.

Si je devais écrire la préface de ce nouveau tome, je souhaiterais pouvoir y trouver les mots qui feront oublier les maux du livre de 2023.

Au delà du fait d'être bénévole et élu par mes pairs fondeurs, je considère qu'il est nécessaire de s'engager avec ses idées, ses convictions et ses valeurs. Assumer la fonction, c'est s'appuyer sur son expérience de vie personnelle et professionnelle, c'est le faire en fonction de l'éducation reçue et des valeurs morales auxquelles je crois tel que le respect, l'honnêteté et le travail, même si ce dernier n'a pas de valeur morale en soi, car il se paie, il est une valeur marchande alors que les valeurs morales sont désintéressées, comme aime à le rappeler André COMTE SPONVILLE.

Dans ce premier numéro de 2024, je vous invite à lire le formidable article de Patrice MOREAU – qui mieux que lui pour très justement représenter les valeurs énoncées ci-dessus – retraçant **les origines de notre association** et les raisons des naissances évoquées précédemment, et que chacun jugera utile de se rappeler afin de ne pas oublier ce qui nous ont en partie fait et modelé.

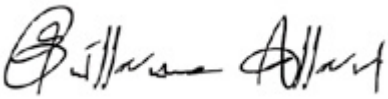
Ces valeurs doivent nous guider au quotidien dans un contexte socio-économique et associatif relativement anxiogène. La colonne vertébrale de notre association que sont ces missions ne peut être trahi au nom de l'intérêt de l'ambition personnelle sous couvert d'intérêt général. Les fondeurs ont besoin de nous, dans des proportions propres à chacun. L'ATF sera toujours là pour les aider, tel est son dessein.

C'est aussi pour cela que **nous avons obtenu la certification QUALIOPI** en fin d'année 2023. Des 2024, nous agirons avec une autonomie complète sur la réalisation des formations, permettant une meilleure réactivité, une offre plus complète et toujours de haut niveau. Nous sommes heureux de présenter notre **nouveau catalogue de formation CYCLATEF** : des formations élaborées pour les fondeurs par des fondeurs que vous pouvez retrouver sur notre site.
Cette offre de formation a l'ambition de contribuer à la montée en compétence des salariés, d'améliorer leurs connaissances et d'agir sur leurs comportements en entreprise pour l'ensemble des publics visés, de l'opérateur à l'ingénieur.

Pour cette nouvelle année 2024, je vous adresse mes meilleurs vœux.

Je souhaite qu'à toutes vos résolutions réponde le succès au sein de vos activités respectives. Une année porteuse de nouvelles visions ainsi que de multiples opportunités professionnelles, tels sont mes vœux à votre endroit.

Que les événements et le contexte de cette nouvelle année facilitent davantage nos rapports et apportent encore plus de liens dans notre collaboration que nous souhaitons beaucoup plus forte et plus empreinte de convivialité.



MAGMA
Committed to Casting Excellence

Casting Knowledge.
In a Software.

MAGMASOFT® 6.0

More Infomation

MAGMASOFT®
autonomous engineering

sommaire.

03 / EDITO
Les vœux du Président
de l'Association Technique de Fonderie
Article de Guillaume ALLART- ATF

06 / AGENDA

PROFESSION
08 /
Le WFO réorganise
la conférence des jeunes chercheurs l'an prochain
José Javier GONZÁLEZ - General Secretary
World Foundry Organization

16 /
European Foundry Industry Sentiment, November 2023:
Industry holds steady: European Foundry Sector sees marginal
improvement. - *Article de Johannes Kappes - CAEF*

ASSOCIATION

09 /
Journée d'actions régionales
de la Saint-Eloi Groupe Grand-Ouest
Article de Marie GLACET, Estelle MOREAU, Denis ROUSIÈRE

Journée d'actions régionales de la Saint-Eloi Groupe Est
Article de Laurent DORGET - SAINT-GOBAIN,
Bernard TARANTOLA - ATF

12 /
Journée d'actions régionales de la Saint-Eloi
Groupe NORD - Ile-de-France
Article de Patrick VERDOT, Laurent TAFFIN

17 /
Assemblée Générale de l'ATF et Apéritif des fondeur au Midest

NEWS
20 /
SpaceX Casting Raptor Engine Parts
from superalloys
Article de Gilbert RANCOULE - ATF

FORMATION
15 /
« Ensemble développons les compétences
de vos salariés pour que nos entreprises restent
compétitives »
Article de Guillaume ALLART - Président de l'ATF

22 /
L'agenda des formations Cyclatef FORMATION FONDERIE

TECHNIQUE
18 / PUBLI-REPORTAGE
Le Grenaillage dans les Fonderies : Vers une réduction des coûts et une augmentation de l'efficacité
Article de Winoa

25 /
Potentiel de renforcement par précipitation dispersive des carbures d'un alliage à base de nickel
pour des applications a haute température
Article de He Jiang, Fa Wang, Jianxin Dong

30 /
Mechanical integrity and erosion resistance
of 3D sand printing materials - Part 1
Article de Hyeon-Jin Sona, Seongwan Janga, Hyo-Jin Hyeonc, Hwan-Jong Leec, Jeong-Jik Yangc, Beom-Yeol Parkd, Seong-Sun Gwakd, Sung-Won Jangd, Chang-Jun Baea,

33 / HISTOIRE & PATRIMOINE
Pour que le passé éclaire notre présent
Article de Patrice MOREAU et Yves LICCIA - ATF

38 / ADHÉRER EN 2024

39 / ANNONCEURS

40 / EMPLOIS

TECH News FONDERIE

Revue professionnelle éditée par : Association Technique de Fonderie • 14 avenue de l'Opéra • 75001 Paris
Téléphone : +33 6 02 58 01 09 • E-mail : atf@atf-asso.com
https://atf.asso.fr/

Directrice de la publication : Mélody SANSON : Secrétaire Générale de l'Association Technique de Fonderie
Comité de rédaction : Guillaume ALLART, Pierre Marie CABANNE, Benjamin CLISSON, Patrice DUFEY, Fernand ECHAPPE, Emeline JOLIBERT, Gérard LEBON, André LE NEZET, Yves LICCIA, Xavier MENNUNI, Patrice MOREAU, Denis NAJJAR, André PIERSON, Gilbert RANCOULE, Jean Charles TISSIER, Alexis VAUCHERET
Publicité ATF : Gérard LEBON - Tél. : +33 6 19 98 17 72 • Emeline JOLIBERT - Tél. : +33 6 63 93 67 41 • Mélody SANSON Tél. : +33 6 02 58 01 09 • E-mail : regiepubtnf@atf-asso.com

Suivez-nous sur Linkedin :
ATF - Association Technique de Fonderie

Maquette et réalisation Kalankaa • +33 2 38 82 14 16

agenda.

FÉVRIER 2024

>>> **2 au 4 à Bengalore (Inde) :** IFEX 2024 - 20th International Exhibition on Foundry Technology, Equipment, Supplies and Services - 72nd Indian Foundry Congress
https://www.ifexindia.com/

>>> **14 au 17 à Bombay (Inde) :** DIEMOULD 2024 - Salon des moules, des moulistes, des presses, de la machine-outil
https://www.diemouldindia.org

MARS 2024

>>> **4 au 6 à Guangzhou (Chine) :** ASIAMOLD SELECT - Moules, pièces de moules, moulage sous pression, équipement de traitement des métaux, impression 3D
https://www.intermold.jp/asiamold/

>>> **6 au 8 à Shanghai (Chine) :** PM CHINA 2024 - 16e exposition internationale chinoise sur la métallurgie des poudres et le carbure cémenté
http://www.pmexchina.com/portal/about/introduce

>>> **7 au 9 à Karachi (Pakistan) :** MINES, MINERALS & METAL ASIA - KARACHI 2024 - Salon international des mines, des minéraux et des métaux
http://mineralsmetal.itifasia.com/

>>> **25 au 28 à Paris Nord-Villepinte (France) :** GLOBAL INDUSTRIE
https://www.global-industrie.com/fr/accueil

AVRIL 2024

>>> **4 à Vierzon (France) :** J'ACT SILICE 2024 - Journée d'échanges dédiée aux conditions de travail et à l'attractivité des métiers exposant à la silice cristalline
https://helium-connect.fr/player/609bf55bb1ff6311211fd5ac/fid/6577246eb1ff630c597d08a8

>>> **4 au 5 à Lyon (France) :** EUROPEAN CAST IRO GROUP MEETING
https://ecig2024.sciencesconf.org/

>>> **9 au 13 à Karlrue (Allemagne) :** PAINT EXPO 2024 - Salon professionnel international des technologies de peinture industrielle
https://www.paintexpo.de/en/

>>> **17 au 19 à Osaka (Japon) :** INTERMOLD OSAKA 2024 - Salon international des technologies de travail des matrices, des moules et des métaux
http://www.intermold.jp/2024

MAI 2024

>>> **11 au 13 à Guangzhou (Chine) :** INTERNATIONAL DIE-CASTING, FOUNDRY & INDUSTRIAL FURNACE EXHIBITION 2024 - Salon international spécialisé dans la fonderie, les moules et la coulée à haute pression ainsi que les fours industriels
https://www.julang.com.cn/

>>> **26 au 30 entre Stockholm (Suède) et Helsinki (Finlande) :** HTC2024 - High-temperature melts in the casting process and much more
https://ju.se/en/collaboration/events-and-conferences/conferences/htc2024.html

JUIN 2024

>>> **4 au 6 à Colmar (France) :** SEPEM EST 2024 - Salon des services, équipements, process et maintenance
https://colmar.sepem-industries.com/fr

>>> **4 au 6 à Lyon (France) :** 3D PRINT 2024 - Congress & Exhibition
https://www.3dprint-exhibition-lyon.com/fr

>>> **4 au 6 à Stuttgart (Allemagne) :** CASTFORGE 2024 - Salon des pièces moulées et forgées avec usinage
https://www.messe-stuttgart.de/castforge/en

>>> **4 au 7 à Poznan (Pologne) :** METALFORUM 2024 - Salon de l'ingénierie de la métallurgie et de la fonderie
https://itm-europe.pl/en

>>> **5 au 8 à Shangai (Chine) :** DIE & MOULD CHINA 2024 - Salon international des technologies pour les moulistes et les plasturgistes
https://www.dmcexpo.com/en/importantinfo.asp?3182.html

>>> **26 au 28 à Nagoya (Japon) :** INTERMOLD DIE & MOLD ASIA 2024 - Salon japonais international des technologies d'emboutissage des métaux
https://www.intermold.jp/nagoya/english/

JUILLET 2024

>>> **3 au 5 à Shanghai (Chine) :** ALUMINIUM CHINA 2024 - Salon asiatique de l'industrie de l'aluminium. Matières premières, produits finis et semi-finis. Approvisionnement, échanges, mise en réseau
https://www.aluminiumchina.com/en-gb.html

JOURNÉES PORTES OUVERTES 2024

Lycée Gustave Eiffel • Armentières : **le 27 janvier**
Lycée Hector Guimard • Lyon : **le 3 février**
Lycée François Bazin • Charleville-Mézières : **les 16 et 17 février**
Lycée Marie Curie • Nogent-sur-Oise : **le 17 février**
Lycée Henri Loritz • Nancy : **le 17 février**

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DE L'ATF

le jeudi 28 mars 2024 à partir de 17h00
à l'hôtel Mercure Roissy Charles de Gaulle
Allée des Vergers - 95700 Roissy-en-France

SILICA MIX

LE MEILLEUR REVÊTEMENT RÉFRACTAIRE POUR FOURS À INDUCTION

La gamme répond à tous vos besoins :

- différentes granulométries
- divers agents frittant, des alternatives sans bore
- plusieurs additifs : silice électro fondue, zircon, carbure de silicium

Une production contrôlée :

- depuis notre carrière à Åmål, Suède, où nous extrayons de la quartzite à haute pureté
- jusqu'à notre usine, où nous produisons la gamme SILICA MIX

CALDERYS FRANCE
Route de Troyes, 51120 Sézanne - France
france@calderys.com

calderys

Le WFO réorganise
la conférence des jeunes chercheurs l'an prochain

Le WFO réorganise la conférence des jeunes chercheurs l'an prochain et recherche des jeunes candidats pour présenter des projets.

The World Foundry Organization invites young researchers and early career professionals in the field of foundry and metal mechanics to the WFO 2nd Foundry Young Researchers and Early Career Professionals Conference 2024. Interested candidates can submit a two-minute video and an abstract of their work in English by January 14, 2024.

The best 20 papers will be selected by a scientific panel for a second round, where the work will be further elaborated in the form of a 15-minute video. These papers will be presented at a digital conference in April 16th to 17th. **The 10 best authors will be given the opportunity to present their work at the IdeenExpo (IdeenExpo GmbH) 2024 in Hanover. In addition, the three most outstanding authors will be invited to the 75th World Foundry Congress in Deyang, China, to present their work.** There is also prize money for the best three authors: gold €8,000, silver €4,000 and bronze €2,000. Master students, PhD students and young professionals under the age of 35 can participate.

The conference topics include CASTING SOLUTIONS, DIGITAL METHODS AND ENGINEERING FOR FOUNDRY and CIRCULAR ECONOMY AND SUSTAINABLE FOUNDRY.

>>> More information can be found here: https://wfoyrc24.com

>>> Also, next you can download the documentation of the Call for Papers: https://links.wfoyrc24.com/Gv7K4

I therefore take this opportunity to ask for your help and support, so please support us and promote this special event in your universities, research institutes and companies.

Hoping to count with many applications from all around the world for this new edition,

José Javier GONZÁLEZ
General Secretary
World Foundry Organization

ASSOCIATION TECHNIQUE DE FONDERIE

Journée d'actions régionales de la Saint-Eloi

Groupe GRAND OUEST

ASSOCIATION DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE FONDERIE ET DE FORGE

C'est sous la pluie, que nous arrivons à Pançé (35) pour la visite de la fonderie Nowak mais cela ne nous a pas perturbé pour autant. Nous étions tous prêts pour partager un beau moment ensemble à travers la visite d'une belle fonderie à cire perdue, un moment convivial dans un petit restaurant, et pour finir la visite d'un musée créé pour Eugene Aulnette (sculpteur).

A l'arrivée à la fonderie, nous sommes conviés à nous regrouper dans une salle de réunion. Là, Jérémi NICOLINO et Antoine BARGAIN, deux jeunes anciens de l'ESFF promotion 2018, nous ont préparé un bon café et de nombreuses viennoiseries pour nous réchauffer. Denis, notre président Groupe Ouest nous souhaite la bienvenue, remercie le dirigeant de Nowak d'avoir autorisé la visite avant de lui passer la parole. Celui-ci nous accueille à son tour chaleureusement et nous fait l'historique de cette petite société familiale à l'origine, créée en 1984, et désormais appartenant tout récemment au groupe Marle. Le nombre de clients s'élève à plus de 400 avec des pièces plus diversifiées et complexes les unes que les autres, grâce à un bureau d'études intégré et une co-conception avec les clients.
Deux secteurs bien différents sont exploités sur le site : médical (prothèse) et industriel. La fonderie à la cire perdue est un procédé à haute valeur ajoutée qui permet la mise en forme d'alliages à très haut point de fusion.

LA FONDERIE NOWAK ET LE PLUS VIEUX PROCÉDÉ DE FONDERIE

Pour rappel, ce procédé consiste à fabriquer, couche par couche, un moule en céramique autour d'un modèle en cire qui sera ensuite éliminé par montée en température. Le moule est fritté et porté à haute température avant la coulée du métal. Nowak produit différentes nuances d'acier. Il existe plusieurs types de cire pour mieux appréhender le visuel. La fonderie à la cire perdue est utilisée pour des applications dans tous les domaines de l'industrie, mais en particulier dans le domaine médical avec la fabrication de prothèses chirurgicales, l'aéronautique, l'automobile, l'énergie, l'armement, le transport terrestre, la joaillerie ou l'art.

Comme dans d'autres types de moulage en fonderie, le procédé à la cire perdue permet de concentrer plusieurs fonctions et de remplacer des pièces mécano-soudées. Il permet d'obtenir des pièces avec des caractéristiques mécaniques élevées, des géométries complexes, des états de surfaces remarquables et de supprimer des opérations d'usinage.
La fonderie à la cire perdue peut être très compétitive en termes de maîtrise des coûts par rapport aux autres procédés de fabrication : moulage sable, forge et matriçage, usinage, mécano-soudage, électroérosion, fabrication additive, MIM (Métal Injection Molding).

Avec Thierry AVRONS, Dimitri et Antoine, nous parcourons les différents ateliers d'injection des modèles à la cire, d'assemblage des grappes, d'enduction dans les cuves de réfractaires multi couches (contact pièces et renforcement), de frittage, et de coulée du métal liquide dans un four moyenne fréquence à creusets échangeables. On découvre ainsi un process très élaboré et de nombreux postes. De nombreuses questions sont posées par les participants. Les responsables de Nowak y répondent avec la passion du métier qui les caractérisent. Nous nous dirigeons ensuite vers le laboratoire très bien équipé, l'atelier de finition et l'atelier d'expédition ou nous découvrons des pièces toutes plus spectaculaires les unes que les que les autres. Une imprimante 3D permet de réaliser de prototypes de modèles en cire. Après cette belle et longue visite, nous nous regroupons dans le hall d'entrée et Denis en profite pour remercie Thierry AVRONS et ses collaborateurs pour cette visite passionnante et très instructive. Les fondeurs de fonte en moule sable présents doivent ressentir quelques complexes au regard de ces merveilles !

Au nom de l'ATF, et pour le remercier, notre président remet au dirigeant de Nowak une médaille en bronze du comité international des associations de fonderie. Une belle photo

de groupe est ensuite prise pour immortaliser ce moment dans les locaux de l'entreprise, compte tenu du ciel qui ne s'est pas franchement amélioré.

SE RESTAURER AU « BRIN DE BRETAGNE »

Nous prenons la route de Bain de Bretagne ou un restaurant spécialisé dans les gratins nous attend. Nous allons déguster entre autres un superbe gratin aux coquilles saint-Jacques. Une fois installés, se dégage des convives une ambiance chaleureuse à laquelle l'apéritif n'est pas étranger. Denis en profite pour sonner le « la » sur un verre et, au nom des membres du bureau présents, avec Didier et Estelle, remercier à nouveau Nowak et les participants à cette première sortie de la Saint-Eloi. Il excuse Luc TALLET et Christian GAILLARD, membres du bureau qui n'ont pas pu se joindre à nous. Il signale l'arrivée au sein du bureau d'un nouveau membre en la personne de Marie GRACET, retraitée des fonderies Le Creuset. L'ancien président du groupe Ouest, Olivier BAHUON, regrette de ne pouvoir être des nôtres, retenu par une journée professionnelle dans le Nord, la veille. Il nous promet d'être là une prochaine fois. Denis présente ensuite les participants en faisant un petit tour de table. Il y a là des personnes de Grandry-Technicast, AFC Redon, Focast Chateaubriant, Intectra, Nowak, ainsi que des retraités et quelques enfants. Il nous rafraîchi la mémoire en nous rappelant qui était Saint-Eloi et pourquoi il est le patron des fondeurs. Il termine par quelques nouvelles de nos associations ATF (certification Qualiopi) et AAESFF (centenaire de l'ESFF en 2024) avant de porter un toast à la fonderie et aux partenaires. Ce moment de grande convivialité passe trop vite et il faut penser à quitter nos chaises pour la prochaine visite.

LE MUSÉE EUGÈNE AULNETTE

Ce sculpteur décédé en 1991, a laissé son empreinte sur le territoire local en marquant ses proches et les habitants. Il a contribué au dynamisme de sa commune tant par sa vision avant-gardiste, ses multiples combats en faveur de la jeunesse, de l'environnement et de la culture bretonne, que par son désir de relier les hommes autour de rêves fédérateurs. À travers vidéos, témoignages sonores et autres supports interactifs, nous découvrons une figure marquante de Sel-de-Bretagne, Eugène AULNETTE, son parcours, son œuvre et aussi son rôle prépondérant auprès des jeunes sellois.
L'accueil par la petite fille même du sculpteur est chaleureux, la famille du sculpteur est toujours présente et nous partage leur envie de développer des évènements et expositions pour ne pas oublier ce qu'a fait Eugène pour cette ville et ses environs, c'était un écologiste avant l'heure.

Cette première Journée d'Action Régionale Ouest consacrée à la Saint Eloi fut un bon moment passé dans une belle ambiance, bien entretenue par les participants.

Marie GLACET ////////
Estelle MOREAU ////////
Denis ROUSIÈRE ////////

ASSOCIATION TECHNIQUE DE FONDERIE

Journée d'actions régionales de la Saint-Eloi
Groupe EST

ASSOCIATION DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE FONDERIE ET DE FORGE

Dans le cadre de la fête de notre patron Saint Eloi, nous avons eu la chance de pouvoir visiter l'usine de Saint Gobain Pont à Mousson de Blénod. Nos guides nous ont montré les différents chantiers actuels de la fonderie avec les dernières innovations sur les différentes productions actuelles et futures.
L'objet de la visite restait leur nouvel investissement sur la nouvelle machine à mouler DISA 5.

PAM SAINT-GOBAIN

LA NOUVELLE MACHINE DISA 5 C'EST :

- 6 millions d'euros d'investissement
- Plus de 22 000 heures de travaux
- Plus de 20 entreprises et 14 corps de métiers différents mobilisés
- Une capacité de 415 mottes par heure
- Une démonstration de notre engagement envers l'innovation, la qualité et l'excellence opérationnelle.

EXPLICATION DU PROJET DISA 5 – UN INVESTISSEMENT DE PLUSIEURS MILLIONS D'EUROS

Des travaux de grande ampleur ont commencé début juin à la Fonderie de Blénod afin d'accueillir la nouvelle ligne de moulage Disa 5 dans le cadre d'un investissement de modernisation important.
Actuellement, il y a deux lignes de moulage Disamatic en mottes verticales sans châssis dédiées aux pièces de « Petite Voirie » :

- La ligne Disa 1 – pièces de 600 x 480 mm
- La ligne Disa 2 – pièces de 775 x 600 mm

Le Projet consiste à remplacer ces deux machines par une unique plus moderne et efficace : la Disa 5.

Son installation a été étudiée afin de ne pas perturber le fonctionnement de la Fonderie. Elle est prévue, non pas à la place d'une des 2 lignes existantes, mais en parallèle de ces dernières.

Les lignes Disa 1 et 2 resteront donc fonctionnelles durant toute la durée des travaux et le transfert de production se fera au terme du projet.

UN OUTIL DE PRODUCTION 2 EN 1

La nouvelle machine Disa 5 pourra assurer la capacité de charge des lignes 1 et 2 actuelles grâce à une cadence supérieure. Cela permettra donc à la Petite Voirie de gagner en compétitivité sur le marché grâce une meilleure disponibilité des pièces et à des gains de coûts de production.

La Disa 5 possède également une longueur de refroidissement optimale (environ 10m de plus que la Disa 2), permettant ainsi d'exploiter tout le potentiel de cette nouvelle ligne de production quel que soit le poids et la taille des pièces. De plus ce nouvel équipement nous permet de conserver nos plaques modèles actuelles. Les formats sont effectivement identiques à ceux de la Disa 2 et ne nécessitent des adaptations que pour ceux de la Disa 1.

MISE EN ROUTE

Le démarrage de la Disa 5 a eu lieu au printemps 2023 avec tout d'abord une première étape de transfert de production depuis la Disa 2 vers la Disa 5, puis dans un second temps depuis la Disa 1 vers la Disa 5. Depuis Septembre 2023, la production est entièrement réalisée sur la Disa 5.

En conclusion, ce beau projet, porté conjointement par les équipes de la DRIM & de la Fonderie, a permis non seulement à la fonderie Blénod de moderniser ses équipements, mais également de satisfaire les demandes de ses clients que ce soit en termes de qualité ou de disponibilité.

Nous remercions l'ensemble des acteurs de cette visite très détaillée, et de la disponibilité des personnels qui nous ont fait découvrir ce bel outil moderne de production.

Laurent DORGET - SAINT-GOBAIN ////////
Bernard TARANTOLA - ATF ////////

Journée d'actions régionales de la Saint-Eloi

Groupe NORD - ILE-DE-FRANCE

« Journée moulage pour petits et grands au Lycée Marie Curie ! »

Les membres du bureau ATF et AAESFF Nord et Île-de-France remercient tous ceux qui ont contribué à la réussite de la dernière Journée d'Actions Régionales 2023 qui a eu lieu le samedi 25 Novembre, au sein du lycée Marie Curie à Nogent-sur-Oise !

Un grand merci au Lycée Marie Curie qui nous a accueillis magnifiquement ce samedi matin grâce aux contributions de M. Nelson ALVES-DOS-SANTOS, Directeur Délégué aux formations STI, et des professeurs de fonderie et de forge M. Yannick TREMENEC et M. Alexandre JULIEN. Merci pour leur présence active lors de cette journée !
Cette journée moulage et coulée au Lycée Marie Curie a été très ludique et conviviale et, qui sait, suscitera peut-être des vocations fonderie/forge pour les plus jeunes participants ravis de découvrir ces métiers concrets, fascinants et indémodables.

RÉSUMÉ DE LA JOURNÉE

- Le rendez-vous était fixé le matin devant le Lycée Marie Curie à Nogent-sur-Oise et le moulage de toute sortes d'objets n'a pas tardé à démarrer.
- Le repas de la Saint Eloi s'est déroulé au restaurant Ô bistrot Chic de Chantilly.
- Certains ont continué la journée en déambulant sur le splendide site de l'Hippodrome et du château de Chantilly, haut lieu d'histoire et « capitale du cheval ».

UNE PRÉSENTATION DU LYCÉE MARIE CURIE

Une offre complète de formations, dont bien sûr celles de fonderie et de forge :

BTS – FONDERIE
Après un Bac Général à coloration scientifique, Technologique (STI2D, STL...) ou encore Professionnel lié à la spécificité Fonderie, préparez le BTS Fonderie en 2 ans.
– Seulement 6 établissements de formation en France –
Objectifs de la formation :
Permettre à un étudiant de s'intégrer dans toute entreprise de fonderie, du Bureau d'Étude à l'atelier, au laboratoire et jusqu'aux fonctions de technico-commercial...

BTS – FORGE
Après un Bac Général à coloration scientifique, Technologique (STI2D, STL...) ou Professionnel lié à la spécificité Forge, préparez le BTS Forge en 2 ans.
– Une formation unique en Europe –
Profil de la formation :
Formation de technicien supérieur orientée vers la mise en forme à chaud et à froid des matériaux métalliques par déformation.

LE MOT DU PROVISEUR, M. ALAIN PROCAR sur le site internet du lycée :

Labellisé Lycée des Métiers, le lycée Marie Curie accueille plus de 2000 élèves et étudiants ; il répond à l'ensemble des demandes de formation.
Le site que vous allez parcourir est riche de la diversité des niveaux de diplômes proposés et de leurs modalités de préparation.

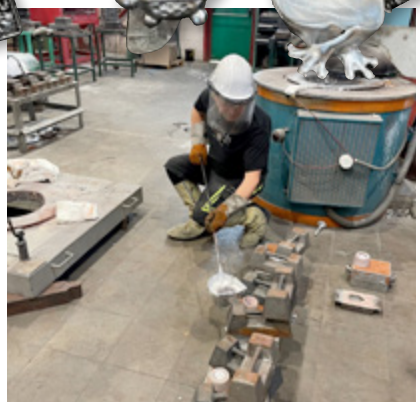
De la troisième Prépa Métiers à la licence Pro, en passant par le baccalauréat général, les filières technologiques (STI2D et STL), les huit sections de technicien supérieur de l'industrie et du secteur chimie/laboratoire, les classes préparatoires aux grandes écoles, les filières professionnelles ; chacun trouvera une réponse à son envie d'aller vers une qualification plus élevée.
Afin de poursuivre ce tour d'horizon, je tiens aussi à promouvoir toutes les modalités de formation présentes au lycée Marie Curie.
La formation initiale occupe, bien entendu, une place centrale. Elle est maintenant complétée par l'apprentissage et la formation d'adultes, la validation des acquis de l'expérience.

N'hésitez pas à découvrir la richesse des plateaux technologiques, l'offre d'hébergement et plus généralement les services et activités offerts aux apprenants.

Les équipes pédagogiques, éducatives, administratives, techniques et de direction sont mobilisées pour accompagner au mieux le parcours de formation choisi.

LES POINTS FORTS DE CETTE JOURNÉE

Une mise en route de la journée autour de viennoiseries et de boissons matinales a permis à chacun de lancer les discussions entre les différents participants qui n'ont pas tardé à s'équiper des EPI nécessaires pour attaquer le moulage.
Yannick TREMENEC avait tout anticipé en préparant les tables de moulage où des équipes de mouleurs se sont rapidement formées.
Des moulages extrêmement divers ont vu le jour : des classiques tortues, médaillons, étoiles de Noël, têtes d'animaux..., ont créé l'émerveillement de tous et surtout des jeunes mouleurs !



Yannick Tremenec à la coulée.

Le clou du spectacle fut sans doute le moule complexe incluant dans la même coulée, un club de golf, une paire de lunettes de sécurité et un ail ! Quelle prouesse !
Les moules étant terminés, la phase de coulée a été prise en charge par notre hôte professeur de fonderie Yannick TREMENEC.

Alexandre Julien à la forge.

Pendant le refroidissement et le décochage des moules, le professeur de forge Alexandre JULIEN nous a fait une démonstration de forge pour ravir l'auditoire des apprentis mouleurs !

Finalement, ces travaux pratiques « fonderie et forge » réalisés avec le plus grand succès, ont pris fin dans la bonne humeur et les jolis prototypes en photos ci-dessous n'avaient plus qu'à être ébarbés.

Merci encore à tous les participants et à notre hôte le lycée Marie Curie !

ET ENSUITE...

Cette magnifique matinée aura permis de confirmer que mouler, couler, décocher et ébarber sont des étapes qui ont une forte propension à faire retasser les estomacs. Une partie du groupe est restée afin d'œuvrer ensemble sur le sujet et trouver la solution la plus adaptée pour compenser ce phénomène.

Nous nous sommes donc ensuite rendus au restaurant Ô bistrot Chic à Chantilly pour poursuivre ce moment de convivialité autour d'une bonne table riche en spécialités locales succulentes et où les assiettes étaient généreusement garnies.

Outre le fait que nous en avons profité pour lever notre verre en l'honneur de notre Saint patron Eloi, le moment était propice à revenir sur nos expériences de la matinée et de nourrir de nombreuses discussions autour de nos professions et autres passions.

ET POUR FINIR...

Après le plaisir des papilles, celui des yeux. Quelques-uns parmi nous ont profité de cette magnifique fin d'après-midi ensoleillée et sont allés arpenter les splendides allées du jardin du Château de Chantilly. Parmi les très belles surprises qui nous y attendaient, nous y avons trouvé une petite communauté de kangourous dont certains n'ont pas échappé aux objectifs de nos appareils photos.
Nous vous donnons rendez-vous à la prochaine Journée de l'Action Régionale Nord Île-de-France qui aura lieu en milieu d'année 2024.

L'équipe du bureau ATF et AAESFF Nord et Île-de-France.

Patrick VERDOT ////////
Laurent TAFFIN ////////

Notez les prochaines portes ouvertes du lycée Marie Curie le samedi 17 février 2024

Le château de Chantilly est situé dans le département de l'Oise, en région Hauts-de-France, dans la vallée de la Nonette, affluent de l'Oise. À l'exception du « Petit Château », construit au XVIe siècle par Jean BULLANT, le château actuel est une reconstruction du XIXe siècle sur des plans de l'architecte Honoré DAUMET pour l'avant-dernier fils du roi Louis-Philippe Ier, Henri d'Orléans, duc d'Aumale (1822-1897), héritier du domaine, qui y installe ses collections de peintures, de dessins et de livres anciens.
Il lègue l'ensemble à l'Institut de France, sous le nom de musée Condé. Le château occupe l'emplacement d'une forteresse médiévale. Les Grandes Écuries, construites de 1719 à 1740, chef-d'œuvre de l'architecte Jean AUBERT, abritent aujourd'hui le musée du cheval. Les jardins sont une des plus remarquables créations d'André LE NÔTRE. La ville de Chantilly se développe à l'Ouest du château pendant et après la révolution française. Le château et ses dépendances font l'objet de plusieurs protections au titre des monuments historiques durant l'année 1981 après une première protection par arrêté du 2 avril 1963, annulée.

(source Wikipedia)

ASSOCIATION TECHNIQUE DE FONDERIE

« ENSEMBLE développons les compétences de vos salariés pour que nos entreprises restent compétitives »

Depuis plus de 110 ans, l'ATF est le partenaire privilégié des fondeurs, et depuis plus de 70 ans, nous les accompagnons dans la formation autour des métiers de la fonderie. Notre mission est de conseiller, de former et d'informer les entreprises afin de les accompagner dans une démarche de formation globale en tenant compte de leurs particularités et de leurs attentes.

Notre offre de formation a l'ambition de contribuer à la montée en compétence des salariés, d'améliorer leurs connaissances et d'agir sur leurs comportements en entreprise quelle que soit la taille de l'entreprise, son domaine d'activité et pour l'ensemble des publics visés, de l'opérateur à l'ingénieur.

Pour cela, **nous avons cette année obtenu la certification QUALIOPI**. Des 2024, nous agirons avec une autonomie complète sur la réalisation des formations – permettant une meilleure réactivité, une offre plus complète et toujours de haut niveau, ce qui contribuera à mieux servir nos clients fondeurs.

Nous proposons ainsi un éventail de formations dans différents domaines :
La métallurgie des ferreux et non-ferreux, les techniques de moulage, les sables de fonderie et les techniques qui s'y rattachent, ainsi que les installations et les consommables de fonderie. Afin d'étoffer et de compléter notre offre face aux besoins des fonderies, **de nouvelles formations sont disponibles cette année**, à titre d'exemple : Le management des chantiers, ou la fonderie d'art.

Notre connaissance approfondie du métier est sans aucun doute notre principal atout qui garantit la meilleure adaptation au contexte des fonderies, mais aussi d'assurer une qualité de formation optimale, et recherché par les stagiaires.
Notre réseau de formateurs nous permet d'apporter des réponses de proximité sur tous les territoires et d'être ainsi le principal partenaire formation pour les professionnels de la fonderie. Également, cela nous permet de réaliser des formations sur-mesure, à la demande des fonderies de manières très réactives.

Fidèles à nos valeurs, nous sommes en permanence à l'écoute pour apporter aux entreprises des solutions sur mesure et ainsi les accompagner dans tous leurs projets.

Guillaume ALLART
Président de l'ATF

Nos +

- *Notre réseau de formateurs* +
- *Notre capacité d'adaptation* +
- *Notre connaissance des métiers et des fonderies françaises* +
- *Notre expertise technique* +

L'ATF c'est aussi:

- *Une offre de conseil et d'accompagnement*
- *Une offre d'information*
- *Une assistance de terrain*
- *Une assistance technique*

Qualiopi processus certifié

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

La certification qualité a été délivrée au titre de la catégorie d'action suivante :
ACTIONS DE FORMATION

Vous pouvez consulter notre catalogue en ligne sur www.atf.asso.fr

CLIQUEZ

The European Foundry Association

PRESS RELEASE • 18 DECEMBER 2023

European Foundry Industry Sentiment, November 2023:

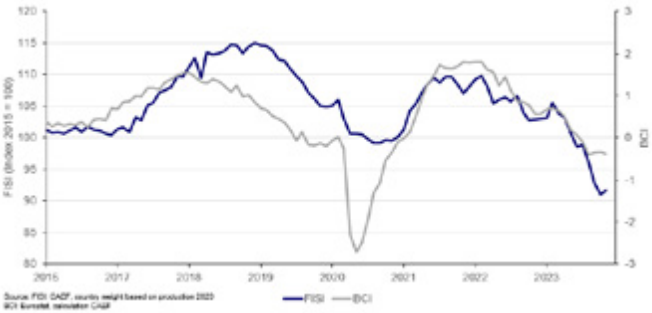
Industry holds steady: European Foundry Sector sees marginal improvement.

This November, the European Foundry Industry Sentiment Indicator (FISI) has recorded a slight increase, keeping the index stable but clearly below the threshold of 100 points. With an increase of 0.6 index points, the index now stands at 91.6, up from 91.0 last month.

The industry has managed to stop its downward trend in the past month, marking a significant halt to the negative development observed in 2023. The Index has stabilized just above the 90-point mark. Despite facing intense competition and operating in a challenging and pressurized industry environment, it is noteworthy that the sector is demonstrating resilience and holding up admirably well.
European Foundries are worried about how well they can compete internationally, especially with all the uncertainty about getting the materials they need.
The anticipation of rising carbon border prices, the critical raw material act (CRMA), and the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) are casting a shadow over the upcoming year.

Meanwhile the **Business Climate Indicator** (BCI) stands at -0.39 index points in November.
This marks the fifth consecutive time that the BCI is below the critical threshold of 0 index points. The index decreased once again by 0.06 points from -0.33. This month the negative BCI can be attributed this month especially to the situation of the assessment of export order-book levels has worsened. The ongoing geopolitical tensions in both the Near East and Ukraine are playing a pivotal role in propelling this development.

European Foundry Industry sentiment Indicator (FISI) and Business Climate Indicator Euro Area (BCI) • November 2023



The FISI – European Foundry Industry Sentiment Indicator – is the earliest available composite indicator providing information on the European foundry industry performance. It is published by CAEF the European Foundry Association every month and is based on survey responses of the European foundry industry. The CAEF members are asked to give their assessment of the current business situation in the foundry sector and their expectations for the next six months.

The BCI – Business Climate Indicator – is an indicator published by the European Commission.

The BCI evaluates development conditions of the manufacturing sector in the euro area every month and uses five balances of opinion from industry survey: production trends, order books, export order books, stocks and production expectations.

Please find the chart enclosed or combined with additional information at www.caef.eu.

>>> BACKGROUND INFORMATION ON CAEF:

CAEF is the umbrella organisation of the national European foundry associations. The organisation, founded in 1953, has 22 European member states and works to promote the economical, technical, legal and social interests of the European foundry industry. At the same time, CAEF implements activities which aim at developing national foundry industries and coordinating their shared international interests. The General Secretariat is situated in Düsseldorf since 1997.

CAEF represents 4 400 European foundries. Nearly 260 000 employees are generating a turnover of 39 billion Euro. European foundries are recruiting 20 000 workers and engineers per year. The main customer industries are e.g. the automotive, the general engineering and the building industries as well as the electrical engineering industry. No industrial sector exists without using casted components.

TÉLÉCHARGER LA VERSION PRESS RELEASE JAN 15, 2024

Further information at www.caef.eu. *and* CAEF LinkedIn

The European Foundry Association

CAEF The European Foundry Association contact:

Johannes KAPPES
Secretary Commission for Economics & Statistics
phone: +49 211 68 71 – 291
e-mail: johannes.kappes@caef.eu

APÉRITIF DES FONDEURS

JEUDI 28 MARS 2024
DE 12H00 A 15H00

L'équipe ATF sera ravie de vous accueillir et de vous rencontrer lors de son traditionnel apéritif des fondeurs organisé sur le stand de :

FONDERIE GIROUD INDUSTRIE, HALL 6B10

La participation à ce dernier ne nécessite aucune pré-réservation.

OÙ SE RETROUVER ?

- SALON GLOBAL INDUSTRIE - MIDEST À PARIS NORD VILLEPINTE
- STAND FONDERIE GIROUD INDUSTRIE - HALL 6B10

FONDERIE GIROUD INDUSTRIE

GLOBAL INDUSTRIE

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

JEUDI 28 MARS 2024
A PARTIR DE 17H00

17h00 : ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'ATF AU MERCURE ROISSY CDG
Lieu : Allées des Vergers, 95700 Roissy-En-France

19h00 : APÉRITIF

19h30 : DINER AU RESTAURANT DE L'HÔTEL

Un courrier contenant les documents nécessaires à la participation à cette AGO va être envoyé à tous les adhérents de l'ATF pour l'année 2023 mais seuls les adhérents à jour de leur cotisation 2024 participeront au vote.

Nous vous attendons nombreux pour cette AGO où les idées développées et validées par le bureau seront présentées dans le cadre des actions menées au cours de l'année.

Le Grenaillage dans les Fonderies : Vers une réduction des coûts et une augmentation de l'efficacité

*Dans les fonderies, l'efficacité du grenaillage est essentielle pour garantir qualité, productivité et rentabilité. Une approche globale, englobant **consultation, formation, ajustement** des paramètres et **réparation** des grenailleuses, est cruciale pour maximiser les économies.*

Le succès dans l'optimisation du grenaillage dépend fortement de la compréhension des besoins, et ces besoins sont bien différents d'un client à l'autre, ils peuvent être :

- **améliorer l'efficacité**
- **réduire les coûts de maintenance**
- **améliorer la qualité de nettoyage et propreté des pièces**
- **réduire la consommation d'abrasifs...**

L'objectif est de faire un plan d'actions et des solutions qui permettent d'atteindre vos objectifs. Cette démarche nécessite une approche holistique qui tient compte de tous les aspects du processus de grenaillage, depuis la sélection de la grenaille jusqu'aux paramètres opérationnels des machines, en passant par la maintenance et l'analyse des coûts.

>>> IMPORTANCE DE LA CONSULTATION

Le support technique et la consultation sont primordiaux dans l'optimisation des processus de grenaillage. Une expertise spécialisée permet d'identifier les domaines critiques pour maximiser la réduction des coûts. Cette démarche va au-delà de la simple considération du coût initial de la grenaille. Elle englobe une analyse approfondie de l'efficacité des opérations, des coûts de maintenance, de la consommation d'énergie, et d'autres facteurs influençant la performance globale. En bénéficiant d'une consultation experte, les entreprises obtiennent des recommandations personnalisées et des solutions sur mesure qui correspondent à leurs besoins et à leurs défis spécifiques, menant ainsi à une optimisation significative du processus de grenaillage.

>>> FORMATION ET AJUSTEMENT DES PARAMÈTRES MACHINES

Viennent ensuite la formation et l'ajustement précis des paramètres des machines, qui constituent des leviers essentiels pour optimiser le grenaillage.

Une formation adéquate du personnel assure une utilisation optimale de l'équipement, contribuant à une meilleure efficacité et à la réduction des erreurs opérationnelles. Parallèlement, l'ajustement des paramètres des machines est crucial pour maximiser l'efficacité du processus, dont :

Fig. 1 : Inspection des équipements et du processus de grenaillage.

- le séparateur (rideau de grenaille),
- l'angle de projection (hot spot),
- le débit de la grenaille (ampérage),
- types de grenailles, etc

Ces ajustements, souvent basés sur une analyse détaillée et une expertise technique, peuvent conduire à des réductions de coûts significatives. Des interventions ciblées, même courtes, peuvent entraîner des améliorations substantielles, avec des réductions de coûts allant jusqu'à 15% ou plus. Ces gains se traduisent par une amélioration notable de la rentabilité sans compromettre la qualité du résultat final.

>>> TESTS AU CENTRE TECHNIQUE

La possibilité de réaliser des tests dans un centre technique spécialisé est un atout majeur pour l'optimisation du grenaillage. Ces centres offrent une opportunité unique d'expérimenter avec différents types d'abrasifs, y compris des options Premium, sans interrompre les lignes de production du client. En reproduisant les paramètres de machines spécifiques du client, il est est possible d'évaluer de manière fiable l'efficacité de divers abrasifs de grenaillage directement sur les pièces du client. Ainsi, les clients peuvent

Fig. 2 : Formation sur les types et grosseurs de grenailles.

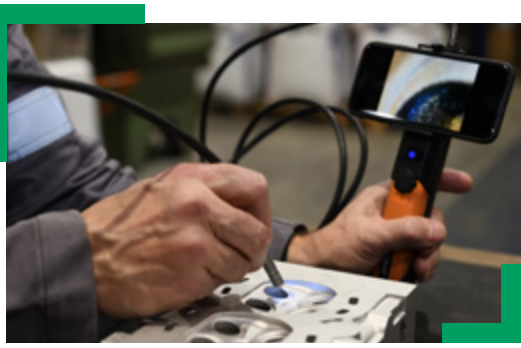


Fig. 3 : Inspection des pièces au centre technique.

prendre des décisions éclairées sur le choix des abrasifs et les ajustements de processus, basées sur des résultats tangibles et mesurables.

>>> APPROCHE TCO ET UTILISATION DE L'OUTIL WA COST

L'approche d'évaluation des coûts totaux de grenaillage « Total Cost of Ownership (TCO) » de Winoa est une méthode simple et efficace pour analyser les coûts impliqués dans le processus de grenaillage, y compris les coûts des pièces et maintenance, la consommation d'énergie, le coût de la grenaille, et la productivité. L'outil WA Cost fournis une analyse précise et facile à comprendre des coûts avant et après l'optimisation des processus.

Cet outil, conçu pour être simple d'utilisation, permet aux clients de saisir des données spécifiques à leur opération pour obtenir une vue d'ensemble des coûts par pièce produite. Ainsi, ils peuvent clairement mesurer l'impact des interventions et des améliorations sur la rentabilité, facilitant la prise de décision basée sur des données concrètes et tangibles.

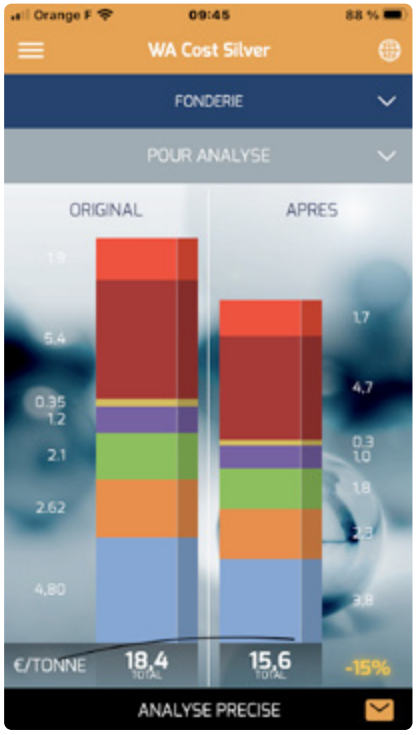
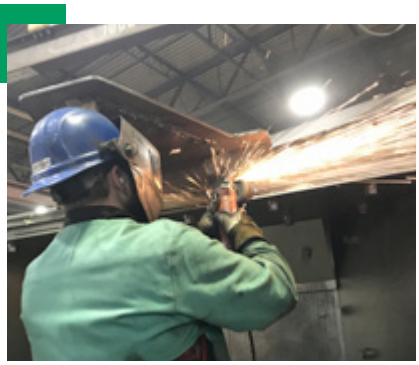


Fig. 4 : TCO - Analyse complète des coûts totaux de grenaillage.

>>> MAINTENANCE ET RÉPARATION : CLÉS DE L'OPTIMISATION

Une maintenance régulière et des réparations ciblées sont essentielles pour assurer la stabilité des performance et sécurité continue des équipements de grenaillage. Ces pratiques permettent non seulement de prévenir les pannes coûteuses, mais aussi d'optimiser l'efficacité opérationnelle, réduisant ainsi les interruptions et maximisant la productivité.



>>> RÉSULTATS

L'application des stratégies et outils décrits précédemment se traduit souvent par des résultats impressionnants en termes de réduction des coûts. Des exemples concrets montrent des économies significatives, avec des réductions des coûts de grenaillage dépassant régulièrement 15%. Ces économies sont le résultat d'une combinaison d'améliorations, allant de la sélection judicieuse de la grenaille à l'ajustement efficace des paramètres des machines.

>>> CONCLUSION

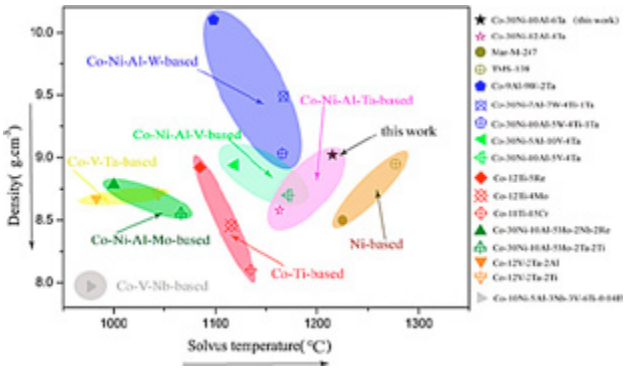
De la consultation experte à la formation, en passant par l'ajustement des paramètres des machines et l'analyse TCO, chaque type de service offert par les équipes W Care de Winoa contribue à une meilleure efficacité et à une réduction significative des coûts.

En adoptant ces stratégies, nos clients peuvent non seulement améliorer leur rentabilité, mais également garantir une qualité constante et fiable de leurs produits finis.

Pour ceux qui cherchent à optimiser davantage leurs opérations,
nous vous invitons à consulter
nos experts techniques W Care sur
www.winoa.com
ou
contact@winoa.com

SpaceX Casting Raptor Engine Parts from superalloys

La course vers l'espace attire de nombreuses compagnies à travers le monde, qui veulent rivaliser avec le leader dans le domaine, en créant des fusées plus « économes » en coût / charge commerciale, tout en augmentant toujours plus la capacité de lancement, plus « vertes » par la mise au point de moteurs capables d'utiliser des carburants autres que l'hydrogène. Cette évolution vers des systèmes fiables et efficaces voit apparaître sur le marché des lanceurs de nouveaux moteurs utilisant du méthane-oxygène, conduisant les chercheurs à augmenter les températures / pressions dans les chambres de précombustion exigeant toujours plus de performance dans les matériaux contraints de supporter des sollicitations extrêmes.



Moteurs SpaceX (Merlin, Raptor)

Pour ce faire, les ingénieurs de l'aérospatiale utilisent des superalliages pour les sections chaudes des turboréacteurs. Ils peuvent résister à de fortes contraintes mécaniques dans des environnements extrêmes, tout en restant stables, résistant à la corrosion et au fluage.

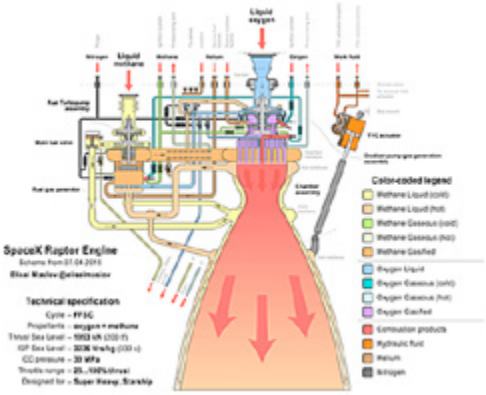
Une bataille des matériaux est active pour trouver le meilleur compromis dans ce développement avec des choix souvent difficiles entre aciers spéciaux, superalliages, alliages de titane, niobium ou nickel (Inconel – Cr, Co, Mo, W, Al, Fe), composites, matériaux à solidification dirigée, contrôle des dislocations et structure cristalline stable aux plus hautes conditions d'utilisation. Chacun des matériaux intervenant dans des éléments de structure des moteurs est fonction non seulement de leurs propriétés mais également de leurs capacités à se combiner avec d'autres éléments de la structure thermomécanique du système de propulsion.

Les superalliages à base de nickel et de fer sont particulièrement bien adaptés aux environnements à haute température où la résistance au fluage, à la corrosion et aux chocs thermiques est recherchée. En général, ils peuvent être durcis par renforcement en solution solide ou par précipitation de composés intermétalliques dans la matrice métallique. Stables et résistants à des contraintes et à des déformations mécaniques élevées, à la corrosion et au fluage dans des environnements extrêmes.

Le terme Inconel® (marque déposée par Special Metals Corporation) désigne un superalliage qui contient principalement du nickel, mais aussi plusieurs autres métaux comme le chrome, le magnésium, le fer et le titane. Dans le cas de SpaceX avec son nouveau moteur « raptor » de nouvelles compositions sont mises au point pouvant augmenter la tenue aux sollicitations de température et de pression. Une course à l'innovation et à la maitrise technologique, au gigantisme et à l'ergonomie (toujours moins de soudures et de points faibles, rationalisation de la structure, augmentation de la performance) dans le secret des laboratoires et des centres d'essais au sol.

Rocket engine	Power cycle	Fuel type	Chamber pressure
Raptor (developed by SpaceX)	Closed (full flow)	Méthane	33 Mpa (4,786 psi)
RD-180 (developed by NPO Energomash)	Closed (oxidizer-rich)	RP-1	26,7 Mpa (3,870 psi)
RD-170 (developed by NPO Energomash)	Closed (oxidizer-rich)	RP-1	24,52 Mpa (3,556 psi)
RS-25 (developed by Aerojet Rocketdyne)	Closed (fuel-rich)	Hydrogen	20,64 Mpa (2,994 psi)
Merlin 1D (developed by SpaceX)	Open (fuel-rich)	RP-1	9,7 Mpa (1,407 psi)

SpaceX coulée du « Raptor »



SpaceX « Raptor »

L'Inconel est une famille de superalliages austénitiques à base de nickel et de chrome. Les alliages d'Inconel sont des matériaux résistants à la chaleur et à l'oxydation. SpaceX fabrique le collecteur de son moteur Raptor en Inconel.

Probablement le plus connu de tous les superalliages, l'Inconel est aujourd'hui une famille entière d'alliages qui comprennent au moins 42% et jusqu'à 70% de nickel, avec des niveaux significatifs de chrome et de

Exemples de composition de trois alliages Inconel

Inconel	Autres dénominations	Eléments (% massique)													
		Ni	Cr	Fe	Mo	Nb	Co	Mn	CuAl	Ti	SI	C	S	P	B
600[1]	72 min	14-17	6-10	-	-	-	1 max	0,5 max	- -	0,5 max	0,15 max	0,015 max	-	-	
625[2]	ASTM A-494, ACI CW6MC, UNS26625	58 min	20-23	5 max	8-10	3,15-4,15	1 max	0,5 max	-0,4 max	0,4 max	0,5 max	0,1 max	0,015 max	0,015 max	-
718[3]	50-55	17-21	qsp 100%	2,8 3,3	4,75 5,5	1 max	0,35 max	0,3 max	0,2-0,8 1,15	0,65 max	0,35 max	0,08 max	0,015 max	0,015 max	0,006

fer. Les nombreuses variantes de l'Inconel - adaptées pour répondre à des exigences opérationnelles spécifiques - comprennent de petites additions d'aluminium, de niobium, de molybdène, de titane, d'aluminium et/ou de cobalt. Le principal avantage de l'Inconel est qu'il est extrêmement résistant à l'oxydation et à la corrosion dues aux hautes pressions et à la chaleur. Lorsqu'il est exposé à des températures élevées, l'Inconel forme une couche d'oxyde épaisse et stable qui protège la surface du métal de l'oxydation et de la dégradation. Les superalliages Inconel à base de nickel sont devenus célèbres pour leur capacité à rester opérationnels à 90 % de leur température de fusion tout en résistant à des contraintes mécaniques élevées dans des environnements difficiles.

Il est intéressant de noter que, bien que certains des premiers alliages d'Inconel aient été utilisés dans les moteurs à réaction dans les années 1940, l'Inconel 625 (l'une des variantes les plus utilisées) a été initialement développé pour être utilisé dans les conduites de vapeur ultra-critiques. Toutefois, l'Inconel a été largement utilisé dans les applications liées à l'eau de mer, à l'aérospatiale et au traitement chimique, et est récemment devenu courant dans les applications automobiles de haute technologie et à haute température, telles que le contacteur de la batterie principale du modèle S de Tesla, les roues et les soupapes de la turbine du turbocompresseur de Ford, et les collecteurs d'échappement de BMW.
Nous ne pouvons pour l'instant que spéculer sur la chimie réelle de l'alliage SX500 développé par SpaceX, toutefois la recherche d'un alliage capable de résister à des conditions de pression telles que décrites dans l'objectif de Elon Musk semble indiquer que la structure monocristalline de l'alliage coulé doit être capable inclure de nombreux additifs (Al, Mo, Co, Fe, Cu, Ti, Nb, Ta, V) améliorant la tenue thermique et la déformation, seule de future publication par SpaceX pourront lever le doute sur les additifs sélectionnés.

Il est clair que l'assemblage du SX500 avec le reste de la structure métallique relève d'un challenge. Des échecs répétés ont démontré que minimiser les soudures et éviter les joints restera une contrainte dans cet assemblage aux extrêmes de l'utilisation. Obtenir un équilibre avec des conditions sévères implique de simplifier les jonctions, maitriser les défauts structurels, rationaliser les étapes de production et de construction. Cela semble être dans le génome d'Elon Musk que de rationaliser les éléments pour en réduire le cout et assurer la fiabilité des structures en s'appuyant sur des méthodes novatrices avec les outils industriels. SpaceX semble ne pas couper à cette règle aussi bien dans un esprit de performance que de rationalisation de la fabrication. Une démarche qui a fait le succès des approches industrielles d'Elon Musk jusqu'à ce jour.

En raison de sa ténacité et de ses propriétés d'évacuation de la chaleur, l'Inconel est un métal difficile à façonner et à usiner à l'aide des techniques traditionnelles de fraisage ou de formage à froid. Cela est dû en partie à la tendance du métal à s'écrouir rapidement. Après une seule passe avec une machine-outil sur l'Inconel, l'écrouissage a tendance à déformer plastiquement la pièce en Inconel ou l'outil lors des passes suivantes. C'est pourquoi les concepteurs et les ingénieurs qui utilisent des alliages durcis par vieillissement tels que l'Inconel 718 spécifient généralement un usinage utilisant une coupe agressive, mais lente, avec un outil dur, ce qui permet de minimiser les passes nécessaires.
En raison de la ténacité du matériau et de sa propension à émousser ou à détruire les lames et les outils de coupe mécaniques, la découpe et le meulage au jet d'eau ou au laser sont les méthodes préférées pour donner à de nombreux composants en alliage d'Inconel leur forme et leur finition finales, bien que l'Inconel puisse être soigneusement soudé à l'aide de techniques de soudage à l'arc au tungstène ou au faisceau d'électrons, et que certaines variétés puissent même être «imprimées en 3D» à l'aide de la fabrication additive avancée d'aujourd'hui.

L'Inconel a été utilisé dans pratiquement toutes les applications aérospatiales importantes au cours des 70 dernières années,

- Les goujons de la navette spatiale qui fixent les propulseurs à poudre à la plate-forme de lancement.
- Le revêtement extérieur du X-15 nord-américain
- Le faisceau de tubes de la chambre de poussée, les bandes de renfort et le collecteur du moteur-fusée F-1 de Rocketdyne utilisé dans le premier étage du booster Saturn V
- Le collecteur du moteur Merlin de SpaceX équipant le lanceur Falcon 9
- Chambre de combustion du moteur-fusée SuperDraco de SpaceX fournissant le système d'évacuation de la capsule spatiale Dragon V2 (entièrement imprimée en 3D à partir d'Inconel à l'aide d'un procédé de frittage laser direct des métaux).
- Les collecteurs du moteur de fusée Raptor de SpaceX, coulés à partir d'alliages de nickel monocristallins SX300 (puis SX500) (améliorations par rapport aux anciens alliages d'Inconel).
- D'innombrables applications dans les tuyaux d'échappement des avions à réaction, les tuyères des moteurs et de nombreux autres composants.

Pour les moteurs-fusées modernes, ce sont les plages de températures opérationnelles qui sont les plus intéressantes : -700C mais aussi une grande capacité à survivre au choc thermique de l'oxygène liquide.
Aucun élément n'offre à lui seul la résistance et les tolérances thermiques du nickel.

Gilbert RANCOULE - ATF ////////

References

- SpaceX – spacex.com
- The Insane Engineering of the SpaceX Raptor Engine – Engineeringclacs.com
- Back in the game - Nickel Institute
- SpaceX foundry casting Raptor engine manifold – elonmusk comments
- Superheavy's Massive Fire Suppression System – SpaceX odyssey

L'AGENDA 2024 DES FORMATIONS Cyclatef®

FORMATION FONDERIE

INSCRIVEZ-VOUS DIRECTEMENT À UNE FORMATION

Fours à induction	**du 6 au 8 février** (Nancy)
Initiation aux bases de la fonderie	**du 12 au 15 mars** (Nancy)
Utilisation des données 3D pour la mise au point en fonderie	**du 3 au 5 avril** (Metz)
Les aciers moulés : métallurgie, élaboration et traitements thermiques	**du 9 au 11 avril** (Feurs)
Sables à prise chimique	**du 16 au 18 avril** (Nogent-sur-Oise)
Usage des réfractaires en fonderie	**du 14 au 16 mai** (Lille)
Fontes à graphite sphéroïdal	**du 22 au 24 mai** (Le Mans)
Défauts et imperfections en fonderie de fonte	**du 4 au 6 juin** (Lorient)
Réaliser un audit en fonderie	**du 25 au 27 juin** (Saint-Quentin)
Défectologie et imperfections en fonderie d'aciers	**du 10 au 12 septembre** (Saint-Dizier)
Sables à vert	**du 24 au 27 septembre** (Besançon)
Élaboration métallurgique et traitements thermiques des alliages d'aluminium moulés en atelier	**du 8 au 10 octobre** (Magny-Cours)
Outillages coquille métallique gravité, basse pression, contre pression pour alliages d'aluminium : conception, remplissage, thermique, poteyage	**du 15 au 17 octobre** (Châteauroux)
Métallurgie et métallographie des alliages d'aluminium	**du 5 au 7 novembre**
Fonderie sous pression NOUVEAU	**du 19 au 21 novembre** (Amiens)
Moulage de précision à la cire perdue	**du 26 au 28 novembre** (Toulouse)
Management des ateliers NOUVEAU	**du 3 au 5 décembre**
Fonderie d'art et d'ornement	**du 10 au 12 décembre**
Défauts en fonderie d'alliages d'aluminium coulés par gravité, basse pression, contre pression : diagnostics et solutions	**du 17 au 19 décembre** (Brive-la-Gaillarde)

RÉFÉRENCE

Cyclatef® : Initiation aux bases de la fonderie

Public concerné & prérequis

Prérequis : Niveau Bac ou équivalent, connaissance générale sur le monde de l'industrie.
Public concerné : Toutes personnes travaillant avec des fondeurs et souhaitant comprendre leur langage et leurs problématiques.

Objectifs

- *Connaître le vocabulaire utilisé en fonderie.*
- *Comprendre les étapes d'étude de conception et de fabrication d'une pièce de fonderie.*
- *Connaître les moyens utilisés pour définir la qualité des pièces de fonderie.*

Méthodes & moyens pédagogiques

Méthodes : magistrales, interrogatives, démonstratives, interactives.
Moyens : tableau blanc, paperboard, vidéoprojecteur, support de cours.

Synthèse du programme

- Généralité et vocabulaire de fonderie.
- Masselottage et remplissage d'une pièce de fonderie.
- Les propriétés des principaux alliages.
- Les différents moyens de mise en œuvre *Fusion, moulage et noyautage.*
- Analyse des défauts de fonderie.
- Les contrôles non-destructifs.
- Travaux pratiques : *Fabrication et coulée d'un moule.*
- Illustration concrète en entreprise.

Suivi des formations & appréciations des résultats

Moyens de suivi : Feuille d'émargement signée par demi-journée et attestation de fin de formation plus certificat de réalisation.
Moyens d'évaluation mis en œuvre : la validation des acquis peut se faire via des études de cas, des quizz, tout au long de la formation et à la fin.

DURÉE : 4 jours
LIEU : Nancy, Lyon, Creil
PRIX HT (TVA 20%) : **1650 €**
ANIMATEUR : J.C. TISSIER

Cliquer sur les fiches pour les afficher.

Les dates peuvent évoluer, merci de nous consulter. Les formations sont assurées tant en présentiel qu'à distance, en inter comme en intra entreprise.

RÉFÉRENCE

Cyclatef® : Sables à prise chimique : moulage et noyautage de pièces unitaires et de séries

Public concerné & prérequis

Prérequis : Niveau Bac ou équivalent et des notions de base en pièces de fonderie.
Public concerné : Opérateurs, techniciens méthode, qualité ou de laboratoire et ingénieurs.

Objectifs

- *La formation a pour but de faire un « screening » de toutes les technologies disponibles et les orientations futures (productions séries ou de grandes dimensions).*
- *Une introduction à la chimie du fondeur sera faite pour une meilleure compréhension des interactions d'un liant sur la productivité, la qualité pièce.*
- *Préconiser les moyens de production, contrôle et les actions correctives dans une sablerie récupérant son sable mécaniquement et (ou) thermiquement.*

Méthodes & moyens pédagogiques

Méthodes : magistrales, interrogatives, démonstratives, interactives.
Moyens : tableau blanc, paperboard, vidéoprojecteur, support de cours.

Synthèse du programme

- Les moyens de production et de contrôle.
- Les sables disponibles et caractérisation.
- Les procédés de moulage et de noyautage et la chimie du fondeur.
- Avantages et inconvénients des procédés.
- Influence de la chimie des procédés sur les alliages.
- La récupération des sables.
- Les points de contrôle d'une sablerie et actions correctives.
- Etude de cas des stagiaires.
- Les nouvelles technologies.

Suivi des formations & appréciations des résultats

Moyens de suivi : Feuille d'émargement signée par demi-journée et attestation de fin de formation plus certificat de réalisation.
Moyens d'évaluation mis en œuvre : la validation des acquis peut se faire via des études de cas, des quizz, tout au long de la formation et à la fin.

DURÉE : 3 jours
LIEU : Nous consulter
PRIX HT (TVA 20%) : **1500 €**
ANIMATEURS : P. SADON, B. TARANTOLA

Cyclatef® : Utilisation des données 3D pour la mise au point de la fonderie

Public concerné & prérequis

Prérequis : Niveau Bac, maîtrise ordinateur, vision dans l'espace, connaissance des procédés de base en fonderie.
Public concerné : Techniciens, ingénieurs et clients de la fonderie, services, méthodes, outilleurs.

Objectifs

- *Comprendre comment le Scan 3D peut résoudre très simplement les problèmes de mise au point et de maintenance des moules.*
- *Prendre en main différents outils matériels.*
- *Appliquer la démarche logicielle pour corriger les problèmes et communiquer.*

Méthodes & moyens pédagogiques

Méthodes : présentation, initiation logicielle, apprentissage par la pratique (scan, assemblage virtuel), magistral, exercices.
Moyens : divers scanners (manuels, fixes, robotisés) outillages de fonderie (plaque modèle, moule sable, moule permanent, boîte à noyaux, noyaux, pièces, cire perdue, grappe) salle informatique et licences mises à disposition.

Synthèse du programme

- Introduction au Scan 3D et état de l'art.
- Résolution des problèmes géométriques de fonderie et d'usinage.
- Étude de cas concrets (scan, mesure des problèmes, mises au point virtuelles et réelles, balançage de brut, capitalisation)

Suivi des formations & appréciations des résultats

Moyens de suivi : Feuille d'émargement signée par demi-journée et attestation de fin de formation plus certificat de réalisation.
Moyens d'évaluation mis en œuvre : la validation des acquis peut se faire via des études de cas, des quizz, tout au long de la formation et à la fin.

DURÉE : 3 jours
LIEU : Fonderie, salle info, salle de formation digitale à l'ENSAM de Metz
PRIX HT (TVA 20%) : **2000 €**
ANIMATEURS : S. JUNG, C. CHARLES

TÉLÉCHARGEZ LE CATALOGUE DES FORMATIONS 2024

Qualiopi processus certifié
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

La certification qualité a été délivrée au titre de la catégorie d'action suivante :
ACTIONS DE FORMATION

SPECTRO AMETEK

Nouveau SPECTROLAB S:
A la Tête de la Révolution dans l'Analyse des Métaux Haut de Gamme.

SPECTRO, le leader de l'innovation en matière d'Arc/Etincelle, développe depuis plus de 40 ans des instruments OES exceptionnels. Récemment, SPECTRO a perfectionné les détecteurs à l'état solide utilisant la technologie propriétaire CMOS+T pour révolutionner l'analyse OES haut de gamme en Arc/Etincelle — avec le SPECTROLAB S.

Le SPECTROLAB S est conçu pour fournir la rapidité de mesure optimale ; la plus haute cadence ; les limites de détection minimales; la plus grande disponibilité ; et une flexibilité à l'épreuve du temps. Apprenez-en plus dès maintenant !

www.spectro.com/lab

AMETEK SAS • Rond Point de l'Epine des Champs • Buroplus, Bât. D • 78990 Elancourt • www.spectro.com • spectro-france.sales@ametek.com

Fondeurs, projetez votre entreprise dans le futur
INTÉGREZ UN ROBOT
dans votre outil de production

SCOVAL

33 (0)2 38 22 08 12 • www.scoval.fr

Représentant officiel :

VIBROTECH engineering aju

Potentiel de renforcement par précipitation dispersive des carbures d'un alliage à base de nickel pour des applications a haute température

He Jiang*[,1], Fa Wang[1], Jianxin Dong
School of Materials Science and Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China

>>> RÉSUMÉ

L'augmentation de la température de service des superalliages corroyés à base de nickel par l'augmentation du degré d'alliage et de la fraction de la phase γ' a atteint une limite.
Dans le présent travail, on tente d'utiliser au maximum le carbure pour renforcer l'alliage à base de nickel avec une composition chimique plus simple. De multiples méthodes de caractérisation de la morphologie et des essais de traction à haute température montrent que l'alliage Ni(bal.)-20Cr-0.80C-12Ta (wt%) nouvellement conçu peut être renforcé par le carbure TaC et M_7C_3 riche en Cr et qu'il présente une bonne ductilité à 800 °C. Les caractéristiques de la transformation de phase détectées par calorimétrie différentielle à balayage (DSC) et les images de microscopie confocale à balayage laser (CLSM) à haute température montrent qu'il existe un potentiel de précipitation dispersive du carbure dans l'alliage afin d'obtenir de meilleures propriétés mécaniques.

>>> INTRODUCTION

Le superalliage à base de nickel est largement utilisé dans l'industrie aérospatiale en raison de ses bonnes propriétés à haute température et sa stabilité *[1]*. Il est très probable que le développement des matériaux continuera de demander des températures de service des superalliages toujours plus élevées *[2]*. Compte tenu de l'histoire du développement du superalliage, des tentatives majeures ont été faites pour augmenter le degré d'alliage et la teneur en phase γ' afin d'obtenir une température de service plus élevée *[3]*. La fraction pondérale de la phase γ' dans la plupart des superalliages corroyés actuels à base de nickel peut être supérieure à 50 % en poids *[4]*. Des aspects négatifs sont apparus dans cette démarche, comme des dépenses considérables dues à l'ajout de métaux rares coûteux *[5]*, le sacrifice de la densité, un contrôle de la microstructure plus difficile *[6]*. Les superalliages à base de nickel se développent depuis une centaine d'années et se heurtent à une limite physique concernant l'augmentation continue de la température de service. Il est donc essentiel de rechercher de nouvelles solutions au-delà de la compréhension traditionnelle des superalliages à base de nickel. Au cours des dernières décennies, des tentatives ont été faites pour essayer d'autres méthodes de conception des métaux pour les conditions de haute température *[7,8]*. Joachim Rosler et al *[2]* ont développé des alliages à base de Co-Re dans le cadre du groupe de recherche de la Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) «Beyond Ni-based Superalloys» (Au-delà des superalliages à base de Ni). Un groupe de recherche de la Faculté des Sciences et Techniques a essayé de modifier le superalliage traditionnel à base de Co en augmentant la teneur en carbures *[9]*.

Parmi toutes les tentatives, l'alliage métal-base renforcé par du carbure semble être une bonne solution. Le carbone est commun sur terre et le carbure a été largement utilisé dans l'acier. Le carbure est également une phase importante dans les superalliages corroyés à base de nickel, mais sa teneur est généralement faible et il précipite principalement sur les joints de grains. Une teneur élevée en C peut entraîner un comportement particulier du carbure, qui diffère de la compréhension traditionnelle *[10]*. Des tentatives ont été faites dans les alliages à base de Co pour obtenir un réseau de renforcement interdendritique dense de carbures MC afin d'obtenir de bonnes propriétés à haute température *[11]*. Cependant, le réseau de carbures MC peut être fragile et rendre la déformation difficile. Plus tard, les carbures MC ont également été renforcés dans un alliage à base de Ni *[12]*. Un alliage à base de Ni avec 0,4 % en poids de C peut être renforcé par un carbure MC de structure fine (script-like) avec des propriétés mécaniques élevées à des températures élevées *[11]*. L'alliage à base de Ni renforcé par du HfC s'est révélé très résistant à l'oxydation et au fluage à des températures supérieures à 1000 °C *[8]*. D'autres travaux ont également été réalisés pour concevoir un alliage à base de Co-Re renforcé par du carbure MC *[7,13]*. Dans toutes ces tentatives, l'ajout de C est inférieur à 0,6 % en poids, ce qui reste dans le cadre commun de la teneur en C dans les superalliages à base de Ni. Le carbure est toujours sous forme de bloc ou

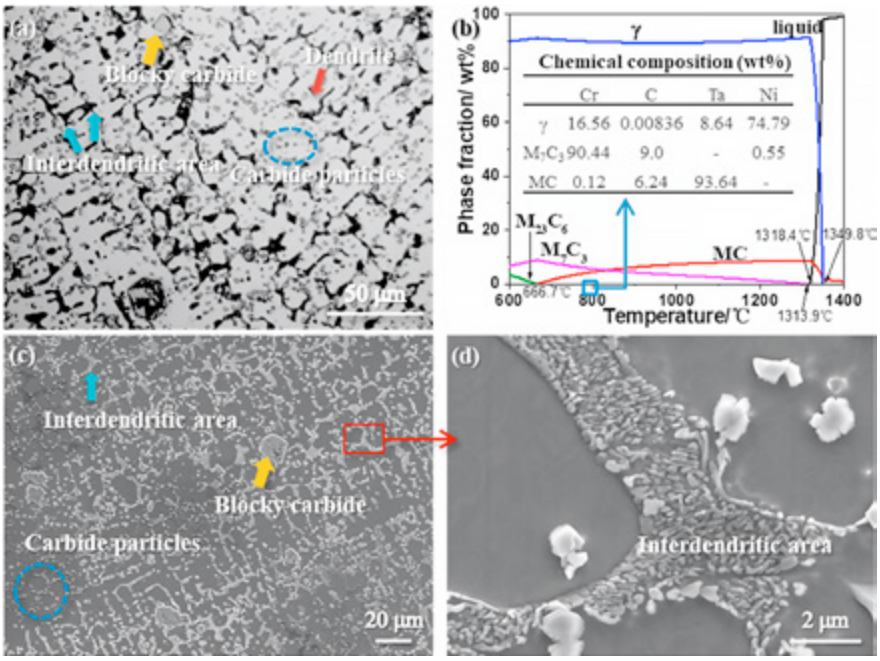


Fig 1. Microstructure et caractéristiques de précipitation des phases de l'alliage NiCrTa : (a) morphologie OM, (b) diagramme des propriétés calculé par JMatPro, (c) et (d) morphologie FESEM.

de réseau, aucun carbure dispersif n'est utilisé ici. Bien que l'effet de renforcement et la méthode de contrôle de la microstructure du carbure soient différents dans ces travaux, ils confirment tous qu'il existe un large espace pour l'optimisation de l'utilisation du carbure dans les superalliages à base de Ni.

Motivés par ces éléments et sur la base d'études antérieures, les auteurs ont essayé d'utiliser au maximum le carbure pour renforcer les alliages à base de Ni. Un système d'alliage à base de Ni avec une teneur en C plus élevée est conçu pour explorer la possibilité d'une utilisation appropriée du carbure dispersif pour renforcer l'alliage à base de Ni dans le présent travail. Les résultats peuvent donner une nouvelle idée et une orientation théorique pour la conception de nouveaux alliages, qui vont au-delà de la compréhension traditionnelle du superalliage à base de Ni.

>>> MATÉRIAUX ET EXPERIMENTATIONS

L'alliage NiCrTa étudié dans ce travail est conçu avec une composition cible de Ni(bal.)-20Cr-0.80C-12Ta (fraction de poids). Une teneur élevée en C est prévue ici pour une utilisation maximale du carbure. L'alliage a été élaboré par fonderie à partir d'éléments purs fournis par Trillion Metals Co. Un four à induction à haute fréquence a été utilisé pour la fonderie sous une atmosphère inerte d'Ar pur et le matériau a été refondu 10 fois avant d'être versé dans un creuset en cuivre refroidi à l'eau. Un lingot solidifié d'environ 40 g a été retiré du four après refroidissement complet. Le lingot a ensuite été découpé au fil-électrode pour l'observation de la microstructure et les tests de propriétés.

Les échantillons destinés à l'examen métallographique optique (OM) et à l'observation par microscopie électronique à balayage par émission de champ (FESEM) ont été meulés et polis mécaniquement, puis polis électrolytiquement par une solution de 20% H_2SO_4+80% CH_3OH pendant 15 s et attaqués électrolytiquement par une solution de 15 g CrO_3- +10 ml H_2SO_4+170 ml H_3PO_4 pendant 5 s. L'image OM a été prise par un microscope optique Leica-DMR. L'observation FESEM a été réalisée au microscope électronique à balayage à émission de champ Zeiss Ultra 55. Une éprouvette de traction (dont la taille est indiquée à la ***figure 2(a)***) a été fabriquée à partir de l'alliage tel qu'il a été coulé et l'essai de traction a été effectué sur une machine d'essai universelle Instron 5582 à 800 °C (la limite de température élevée de l'équipement actuel).

Afin d'obtenir une compréhension plus détaillée des caractéristiques de l'évolution de la microstructure pour l'optimisation ultérieure de l'alliage, la microstructure en temps réel à haute température a été obtenue à l'aide d'un microscope confocal à balayage laser à haute température VL2000DX. La technique de calorimétrie différentielle à balayage (DSC) a été réalisée sur un analyseur thermique simultané (STA) 449 F3 Jupiter. La taille de l'échantillon DSC était de 3 x 3 x 1 mm et l'échantillon a été mécaniquement broyé avant le test. La vitesse de chauffage était de 10 °C/min de la température ambiante (RT) à 1400 °C.

>>> RÉSULTATS ET DISCUSSION

La figure 1 montre la microstructure et les caractéristiques de phase de l'alliage NiCrTa tel qu'il a été coulé. Il est composé de dendrites et de grandes quantités de carbures dispersifs peuvent être trouvées sur les dendrites comme le montre la ***Fig. 1(a)***. De grands blocs de carbure TaC sont visibles dans la matrice. Le diagramme des propriétés ***(Fig. 1(b))*** calculé par le logiciel JMatPro montre que la précipitation principale dans l'alliage est une variété de carbures. La fraction pondérale des carbures peut atteindre 20 % en poids à l'état d'équilibre. L'ajout d'une grande quantité de C favorise la précipitation des carbures, qui peuvent être utilisés comme phase de renforcement. Il convient de noter que la température de fusion du carbure MC est plus élevée que celle de la matrice et qu'il peut précipiter directement à partir du liquide pendant la solidification. Les observations FESEM et l'analyse par spectroscopie à dispersion d'énergie (EDS) montrent que la zone interdendritique est composée de particules de carbure riches en Cr, comme le montrent les figures 1(c) et (d).

Pour étudier les propriétés mécaniques de l'alliage, un essai de traction à 800 °C a été effectué sur un échantillon de traction standard (comme le montre la ***figure 2(a)***). La limite d'élasticité et la résistance à la traction sont de 283,37 et 365,90 MPa avec un allongement de 25,8 %. L'alliage présente une bonne plasticité ***[14-16]***. La surface de rupture présente de nombreuses indentations, significatives des caractéristiques de rupture ductile ***Fig. 2(b)***. Les ***figures 2(c)*** et ***(d)*** montrent la microstructure dans la zone de l'épaulement. On trouve dans la matrice du carbure TaC dispersé et en blocs, ainsi que du carbure interdendritique riche en Cr, similaire à l'alliage tel qu'il a été coulé, ***figure 1***. En outre, des zones de très fines particules sont dispersés dans la matrice après l'essai de traction à haute température, comme on peut le voir sur les ***figures 2(d)*** et ***(f)***. Dans la zone proche de la fracture, des fissures peuvent être trouvées générées à proximité de TaC, même si aucun vide ni aucune fissure n'est détecté à l'interface carbure TaC/matrice, indiquant une bonne résistance interfaciale. Le TaC est une bonne phase de renforcement avec une grande stabilité à haute température ***[11,17]***. La bonne résistance interfaciale signifie qu'il peut jouer un rôle important dans le renforcement de l'alliage NiCrTa. Le carbure interdendritique riche en Cr montre une bonne maitrise de la déformation pendant l'essai de traction à haute température. Les caractéristiques des carbures après l'es-

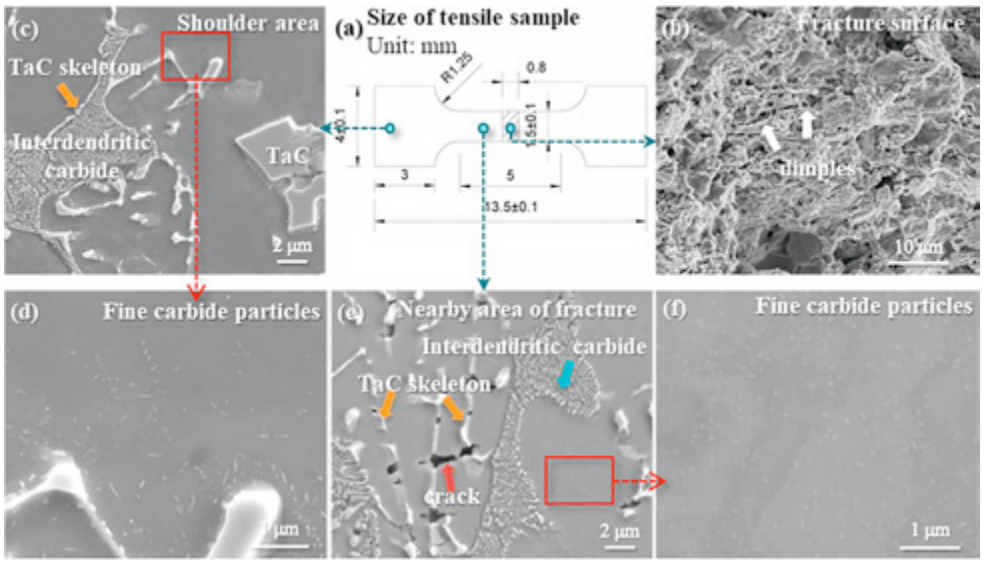


Fig 2. Caractéristiques de l'alliage NiCrTa après l'essai de traction : (a) diagramme schématique de l'échantillon de traction, (b) surface de rupture, (c) et (d) morphologie FESEM de la zone d'épaulement, (e) et (f) morphologie FESEM de la zone proche de la rupture.

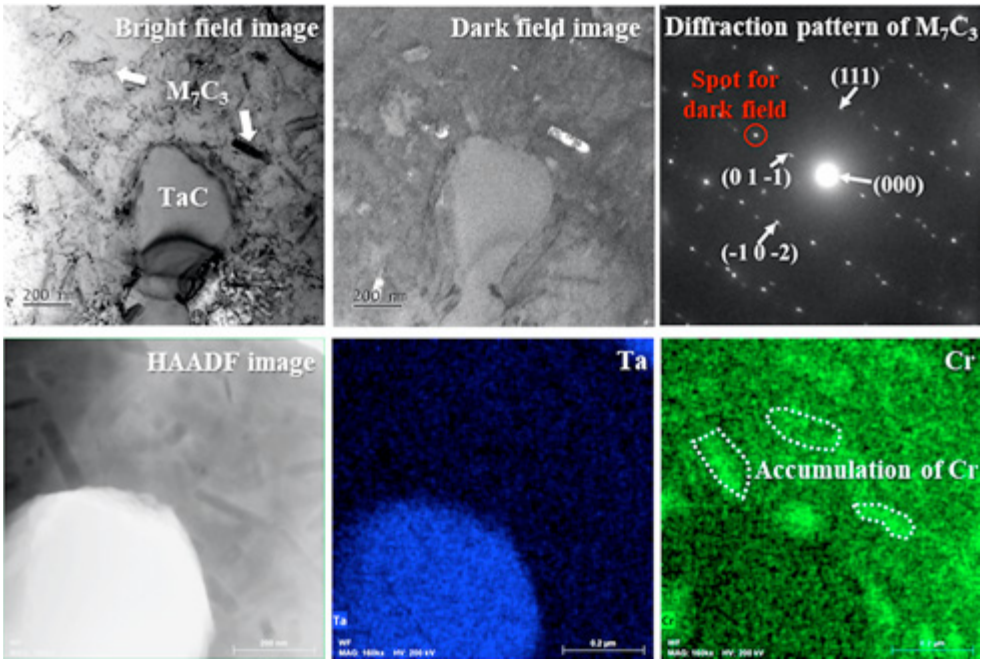


Fig 3. Morphologie TEM et distribution des éléments du carbure dans l'alliage NiCrTa.

sai de traction indiquent un effet prometteur dans le renforcement de l'alliage.

Un échantillon TEM a été prélevé dans la zone d'épaulement de l'éprouvette de traction afin d'analyser les caractéristiques des minuscules précipités. L'observation par MET montre que les agglomérats de particules sont à l'échelle nanométrique, comme on peut le voir sur la ***figure 3***. Le diagramme de diffraction électronique « Selective area electron diffraction pattern » (SADP) confirme que la particule est du carbure M_7C_3. L'image obtenue sur la tache encerclée dans le SADP rend la morphologie de la particule plus claire. La composition chimique des phases calculée par JmatPro est présentée dans la ***figure 1(b)***. Les principaux précipités à 800 °C sont les carbures M_7C_3 et MC. Le carbure M_7C_3 est riche en Cr et le MC en Ta. L'analyse par « High-angle annular dark field « (HAADF), combinée à l'analyse de la cartographie des éléments, montre que la plus petite particule est riche en Cr, ce qui correspond au résultat de la composition chimique du carbure M7C3. Le schéma SADP et les résultats de la cartographie des éléments confirment que la petite particule est du carbure M_7C_3. La distribution dispersive du carbure M_7C_3 nanométrique n'a pas été signalée dans d'autres tentatives d'alliage à base de Ni renforcé par du carbure ***[11]***. En particulier dans le système avec des éléments de formation de carbure, la précipitation du carbure MC est plus fréquente dans d'autres travaux ***[17]***, ce qui est différent du présent résultat. Le carbure M_7C_3 a une structure hexagonale, une dureté élevée et une bonne stabilité à haute température, ce qui en fait une bonne phase de renforcement ***[18,19]***. L'effet de renforcement du carbure M_7C_3 a été signalé dans les alliages à base de Fe ***[20]***, il est stable pendant le maintien à haute température ***[21]***. Cependant, l'étude du carbure M_7C_3 dans les alliages à base de Ni reste limitée ***[22]***. La précipitation du carbure M_7C_3 peut être attribuée à la teneur élevée en C du nouvel alliage, qui est plus élevée que la teneur courante en C des superalliages corroyés à base de Ni. Le carbure M_7C_3 primaire présente généralement une forme irrégulière et en blocs dans les alliages à base de fer ***[20]***. Dans ce travail, la petite morphologie régulière et la distribution dispersive caractéristiques du carbure M_7C_3 riche en Cr en font une phase de renforcement potentielle dans l'alliage nouvellement conçu, promettant de jouer un rôle similaire à la phase «γ» dans le superalliage traditionnel à base de Ni.

La technique DSC a été utilisée pour une meilleure détection de la transformation de phase de l'alliage NiCrTa, comme le montre la ***figure 4***. Un pic endothermique apparaît à 748 °C, indiquant une transformation de phase. La fusion de la matrice commence à 1317 0C et

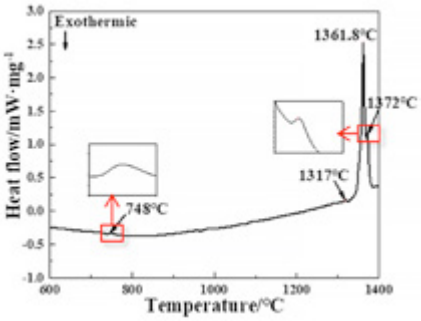


Fig 4. Courbe de chauffe du test DSC.

se termine à 1361,8 °C. Un petit pic peut encore être détecté à 1372 °C après la fusion de la matrice.

La microscopie confocale à balayage laser à haute température (CLSM) a été réalisée pour obtenir l'évolution de la microstructure en temps réel avec l'augmentation de la température entre RT et 1400 °C. Les morphologies typiques sont résumées dans la figure 5. Lors de l'augmentation de la température, un changement de contraste dans la matrice se produit à 751,3 °C, indiquant une précipitation de phase. La morphologie n'est pas suffisamment claire en raison de la limitation du rapport de résolution. Davantage de carbures peuvent être observés à 800 °C, ce qui correspond à la précipitation du carbure M_7C_3 pendant l'essai de traction à 800 °C. Avec l'augmentation de la température, la fusion de la matrice γ commence à être détectée à 1316,6 °C, et la matrice fond presque complètement à 1362 °C, en accord avec les résultats DSC, le carbure MC restant encore à l'état liquide. L'alliage fond complètement à 1370,9 °C avec la dissolution du carbure MC, correspondant au petit pic de 1372 °C dans le résultat de l'analyse DSC, démontrant la bonne stabilité du carbure MC dans l'alliage. Les résultats DSC combinés aux images CLSM donnent une bonne référence pour l'évolution des phases du nouvel alliage, qui peut être utilisée pour la mise au point du traitement thermique.

L'évolution de la microstructure caractéristique de l'alliage nouvellement conçu indique qu'il peut être renforcé par une variété de carbures. Le minuscule carbure M_7C_3 peut précipiter de manière dispersée dans le nouvel alliage. Les caractéristiques de transformation de phase et le test de traction à haute température montrent le potentiel d'utilisation à haute température. D'autres travaux sont nécessaires sur la conception de l'homogénéisation pour obtenir une matrice uniforme, puis sur l'optimisation du traitement thermique pour que le carbure précipite complètement et uniformément sur la matrice, afin d'obtenir de meilleures propriétés mécaniques.

>>> CONCLUSIONS

Dans le présent travail, un alliage dont la composition est Ni(bal.)-20Cr- 0.80C-12Ta (wt%) a été conçu pour explorer la possibilité d'une nouvelle direction dans la mise au point d'alliages à haute température. L'ajout de 0,8 % de C favorise la précipitation d'une

variété de carbures, renforçant l'alliage. L'interface TaC/matrice présente une bonne résistance interfaciale et de minuscules carbures M_7C_3 précipitent de manière dispersée dans la matrice. L'alliage présente une bonne ductilité et une bonne résistance à 800 °C, ouvrant la voie à un alliage à base de nickel renforcé par des carbures pour les températures élevées. Ceci est différent du superalliage à base de Ni renforcé par γ'. L'optimisation de la microstructure n'a pas été réalisée dans ce système d'alliage, d'autres travaux sont en cours pour optimiser le traitement thermique afin d'obtenir de meilleures propriétés mécaniques.

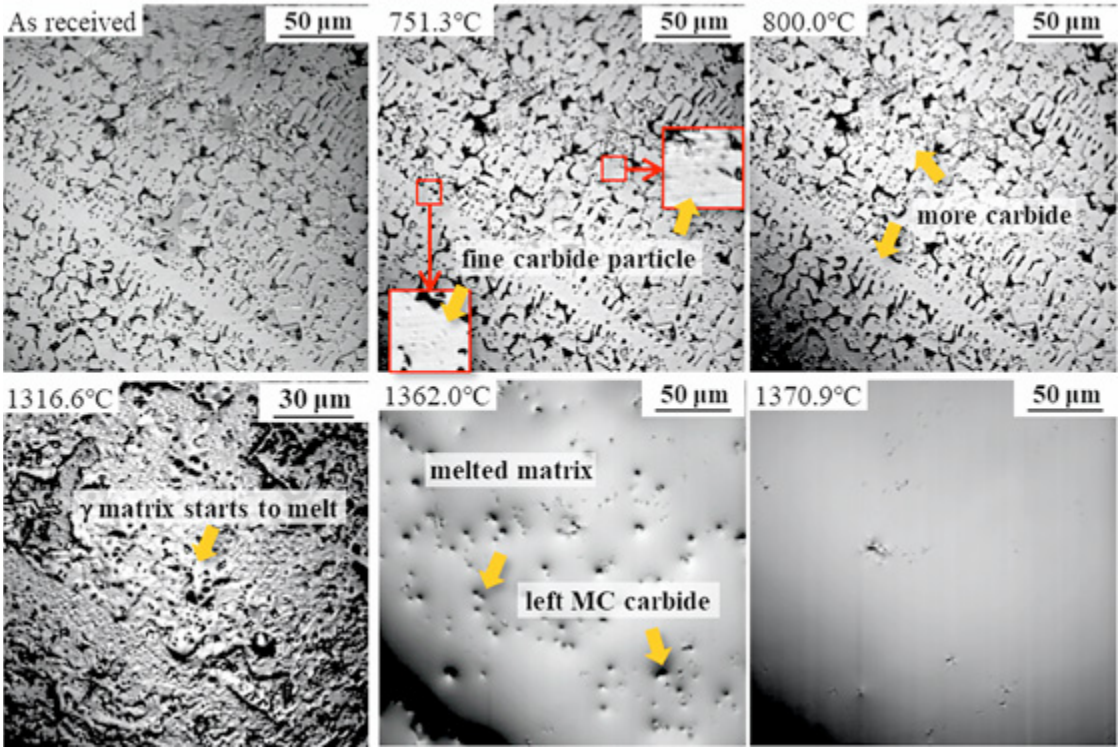


Fig 5. *Images CLSM typiques à différentes températures.*

DOWNLOAD ENGLISH VERSION

Références

[1] Bijanzad A, Munir T, Abdulhamid F. Heat-assisted machining of superalloys: a review. Int J Adv Manuf Technol 2022;118(11):3531e57.

[2] R€osler J, Mukherji D, Baranski T. Co-Re-based alloys: a new class of high temperature materials? Adv Eng Mater 2007;9:876e81.

[3] Yu H, Wang Z, Zhang B, Ning Y, Fu MW. Irregular growth of the g 0 phase in a Ni-based superalloys under slow cooling rate. Mater Lett 2022;307:131067.

[4] Chabina EB, Filonova EV, Zaitsev DV. Quantitative analysis of deformable nickel alloy structure parameters using standard specimens. Meas Tech 2015;58:1071e3.

[5] Sss R, Freund D, Vlkl R, Fischer B, Hill PJ, Ellis P, et al. The creep behaviour of platinum-based^13/^13^aV2 analogues of nickel-based superalloys at 1300^A C. Mater Sci Eng, A 2002;338:133e41.

[6] Bi Z, Lv X, Zhang J. Solutions for the "difficult-to-deform" wrought superalloys. MATEC Web of Conferences 2014;14:07002.

[7] Karge L, Gilles R, Hofmann M, Mukherji D, R€osler J, Honecker D, et al. TaC precipitation kinetics during cooling of Co Re-based alloys. Adv Eng Mater 2021;23:2100129.

[8] Berthod P, Kane DA, Aranda L. Consequences of partial {Hf by

Ta}eSubstitution on the high temperature properties of a HfCeReinforced Ni-based superalloy. Mater Chem Phys 2021;271:124949.

[9] Berthod P. Microstructure and hardness of several chromium-containing Co-based alloys reinforced by MC (TaC, NbC or HfC) carbides in as-cast or heat-treated conditions. Mater Sci: An Indian Journal 2008;4.

[10] Xiang XM, Jiang H, Dong JX, et al. Thoughts on high performance superalloy design and microstructural characteristics of a newly designed Ni-Cr-Co-W superalloy applied above 850 C. Mater Sci Forum 2019;944:13e24.

[11] Berthod P. Carbides and carbon control in MC e reinforced superalloys. Asian J Chem Sci 2020:64e74.

[12] Berthod P. New polycrystalline MC-reinforced nickel-based superalloys for use at elevated temperatures (T > 1100 C). Adv Mater Lett 2017;8:866e72.

[13] Karge L, Gilles R, Mukherji D, et al. Beyond Ni-base superalloys: influence of Cr addition on Co-Re base alloys strengthened by nano-sized TaC precipitates. Phys B Condens Matter 2018;551:1e5.

[14] Gai Y, Zhang R, Yang J, Cui C, Qu J. Effects of heat treatment on g 0 precipitates and tensile properties of a Ni-base superalloy. Mater Sci Eng, A 2022;842:143079.

[15] Wan Z, Hu L, Sun Y, Wang T, Li Z, Zhang Y. Effect of solution treatment on microstructure and tensile properties of a U720LI Ni-based superalloy. Vacuum 2018;156:248e55.

[16] Ding H, He A, Wang X, Liu F, Hunag L, Jiang L. Effect of cooling rate on microstructure and tensile properties of powder metallurgy Ni-based superalloy. Trans Nonferrous Metals Soc China 2018;28:451e60.

[17] Berthod P. Stable microstructural states at 1200°C of Nibased alloys containing chromium carbides and tantalum carbides. Chem Res J 2020.

[18] Ernst F, Li D, Kahn H, et al. The carbide M7C3 in lowtemperature-carburized austenitic stainless steel. Acta Mater 2011;59:2268e76.

[19] Liu S, Zhou Y, Xing X, Wang J, Ren X, Y ang Q. Growth characteristics of primary M7C3 carbide in hypereutectic Fe-Cr-C alloy. Sci Rep 2016;6:32941.

[20] Buytoz S. Microstructural properties of M_7C_3 eutectic carbides in a FeeCreC alloy. Mater Lett 2006;60:605e8.

[21] Li L, Chen M, Li W, et al. Growth and coarsening of eutectic M_7C_3 carbide in FeeCreC alloy during isothermal aging: phase field simulation and experimental research. Appl PhysA 2021;127:888.

[22] Tang YT, Pham AH, Morito S, McCartney DG, Reed RC. On the solid-state dendritic growth of M_7C_3 carbide at interfaces in an austenitic system. Scripta Mater 2022;213:114585.

SimLink® vous permet en un clic, d'importer la gamme de Manchons, GTP dans votre MAGMASOFT®

Vous souhaitez découvrir en direct les avantages que vous procure notre SimLink® ?

Découvrez-en plus sur SimLink® sur notre site web:

www.gtp-schaefer.com/simlink

Votre contact :
Didier Legrand
+33 (0) 6 07 66 47 63
didier.legrand@gtp-schaefer.de

ASTeA Consulting

www.gtp-schaefer.com

GTP SCHÄFER
THE RISER COMPANY

Mechanical integrity and erosion resistance of 3D sand printing materials

Hyeon-Jin Son[a], Seongwan Jang[a], Hyo-Jin Hyeon[c], Hwan-Jong Lee[c], Jeong-Jik Yang[c], Beom-Yeol Park[d], Seong-Sun Gwak[d], Sung-Won Jang[d], Chang-Jun Baea,[b,*]

a 3D Printing Materials Center, Korea Institute of Materials Science, Changwon 51508, Republic of Korea
b Department of Advanced Materials Engineering, University of Science & Technology (UST), Daejeon, Republic of Korea • c Korea Automotive Technology Institute, Gyeonggi 15041, Republic of Korea • d Korea R&D, Gyeonggi 15657, Republic of Korea

• PART 1 •

>>> ABSTRACT

3D sand printing, a binder jetting-based additive manufacturing process, can directly produce sand molds with complex geometries for high-quality and lightweight metal parts. However, there is still a lack of information on how to degrade and erode the mechanical integrity of 3D sand molds. Here, correlations have been investigated between 3D printing materials and various properties of 3D-printed molds: microstructure, flexural strength, reliability, and erosion resistance. As a result, given the mechanical strength and the formation of the binder necks, the most appropriate flexural strength of 4.2 MPa, reliability of 7.8, and high erosion resistance of 86% are achieved from the 3D-printed sand molds prepared with a binder of 2 wt% and an activator of 0.25 wt%. The exhaust manifold casted using a 3D-printed sand mold with optimum conditions, it shows the same or better performance than the genuine part.

Introduction

Additive manufacturing has been recognized as an innovative processing method for its state-of-art geometry. 3D sand-printing (3DSP) is one of the binder jetting technology, as it is most widely used for making sand molds ***[1–5]***. This technology facilitates the direct fabrication of complex-shaped sand molds, obviating the need for laborious processing steps involving wood patterns ***[6–12]***. In addition, the small number of integrated sand molds and cores provides high precision with low assembly difficulty. Therefore, 3DSP promises to be a solution for automation process and workplace improvement in a variety of industries such as automotive and machinery that require high-quality metal parts ***[13,14]***.

3DSP technology is an efficient solution for producing metal parts with three-dimensional curved shapes, such as turbochargers ***(Fig. 1)***. This process involves levelling activator-coated sand with a blade, followed by jetting of an organic binder through the printer head to deposit the material layer by layer. This will result in enhanced mechanical strength of the 3DSP mold owing to bridging network compared to a conventional sand mold [6]. However, insufficient consideration of 3DSP materials leads to the low reliability of mechanical strength due to the inhomogeneous bridging network, which causes casting failure due to the high density of molten metal during the sand casting process. Casting failure affects the dimensional tolerances and poor mechanical properties of the metal casts, and is closely related to the 3D printing materials (sand, activator and binder), aging process and printing parameters ***[15]***. Despite the potential benefits of 3DSP technology, research on 3D sand molds is only a quarter of the research on binder jetting, and is significantly lacking compared to the overall 3D printing research ***[16]***. Several existing investigations of 3DSP materials and overcoming casting defects are reported below.

Most research on 3DSP materials has investigated the correlation between sand type and the characterization of the final metal cast, and in particular has focused on the suitability of traditional foundry sands or nonstandard sands for 3DSP systems. Snelling et al. ***[17]*** evaluated the mechanical properties (including dendrite arm spacing, porosity, hardness, density, surface roughness and tensile strength) of A356-T6 castings produced by 3DSP using ExOne and Zcast and traditional no- bake sand. Additionally, Hodder et al. ***[18]*** investigated the direct applicability of reclaimed sand to 3DSP by comparing the surface roughness and dimensional accuracy of cast metals. They demonstrated the 3DSP compatibility of nonstandard sands such as traditional and reclaimed sands; however overcoming the low mechanical properties of final metal casts is a challenge.

In addition, several studies have recently been conducted to investigate the correlations

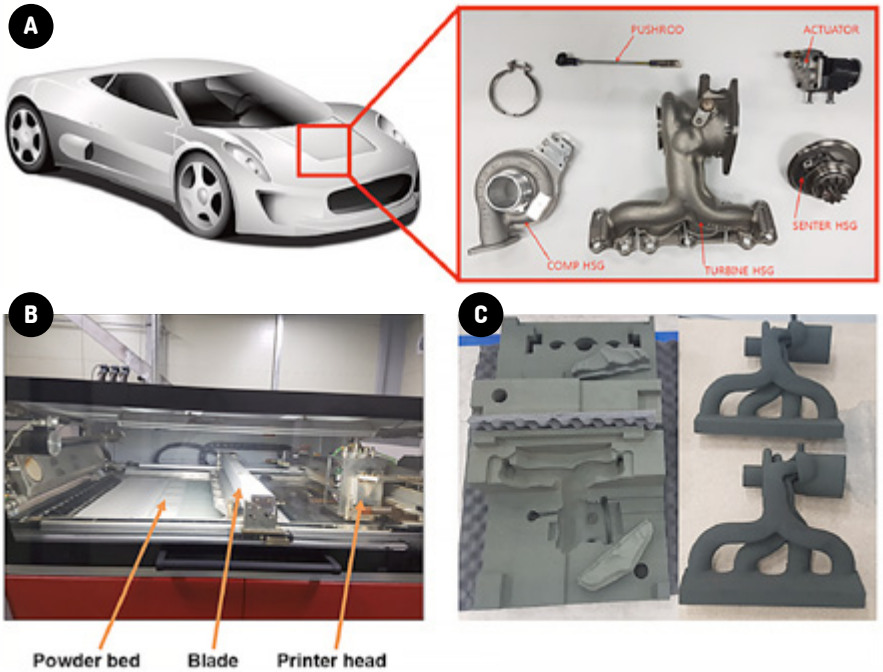


Fig. 1. Manufacturing metal cast based 3D sand printing: (a) metal parts of vehicle; (b) 3DSP system configuration; (c) 3D-printed sand mold for sand casting.

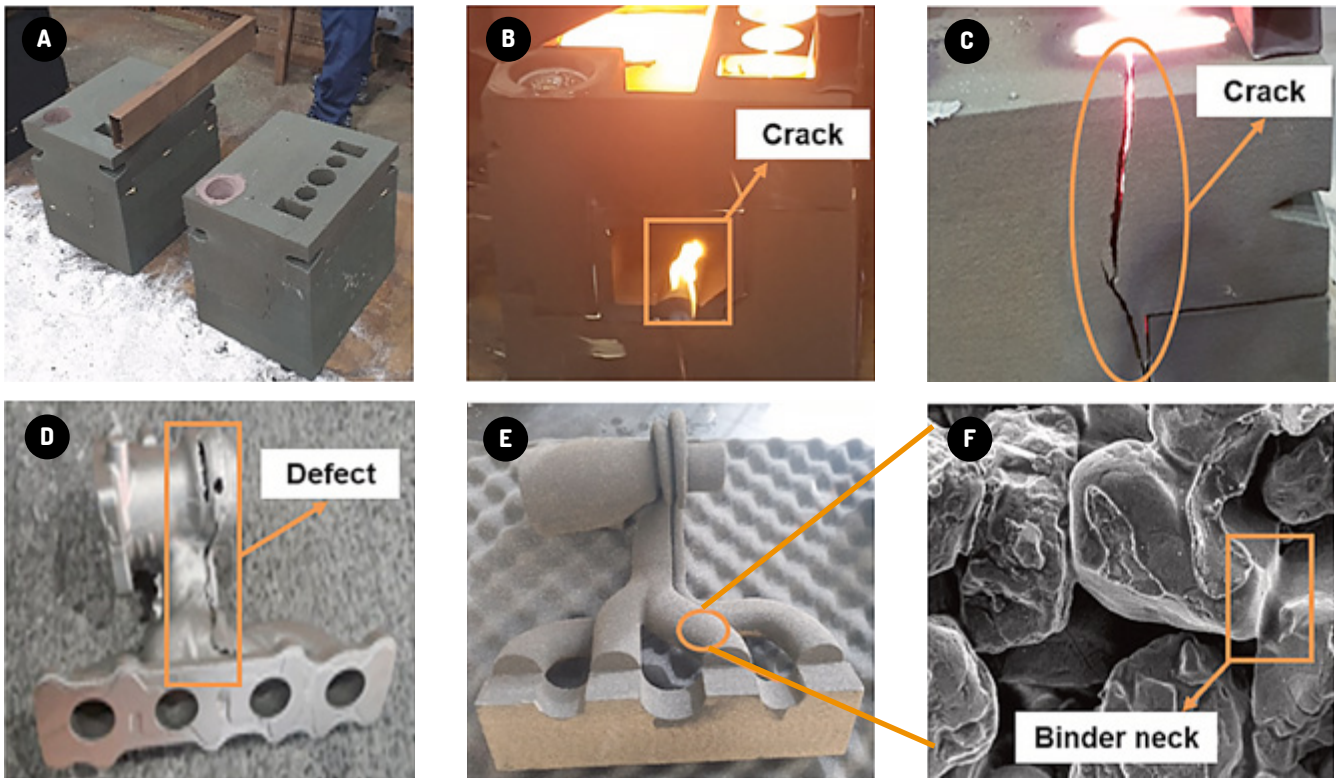


Fig. 2. Correlation between casting defects and sand mold; (a) 3D-printed sand mold and core assembled for casting; (b-c) casting defects due to low flexural strength of sand mold; (d) broken cast metal; (e) 3D-printed sand core; (f) microstructure with binder necks of 3D-printed sand mold.

between the curing process by organic binder and various properties of 3DSP sample. Primkulov et al. ***[19]*** showed the mapping of unconfined compressive strength as a function of curing temperature and time, and demonstrated that high temperatures above 80°C and prolonged curing cause degradation of furfuryl alcohol resin. Likewise, Mitra et al. [20] found that curing at temperatures above 100°C was accompanied by severe shrinkage and a decrease in mechanical strength and permeability. In addition, some research has been per- formed on printing parameters such as resolution X-Y, layer thickness and recoator speed ***[21–23]***. Despite studying the material and process of 3DSP, there is still a lack of investigations of the mechanical properties of sand molds and casting defects.

Controlling the microstructure of sand molds is important for defect- free metal casting, and is dominated by the influence of the molding material ***[24–26]***. The activator and binder are representative molding materials for making organic polymer-based bridges on sand particles through polymerization by acid-catalyzed reactions. Therefore, the amount of the added molding material can determine not only the mechanical properties by the microstructure of the single particle–particle binder bridge model, but also whether various casting defects are generated. Casting defects usually occur due to critical variables such as the design of the gating system, pouring temperature of molten metal and mechanical properties of the sand mold ***[25,27,28]***.

Casting defects such as sand drop/crush, sticker, swell and veining, in which molten metal penetrates a weakened surface of the sand mold or the sand mold expands under high pressure, can be caused by the low green strength of the 3DSP mold ***[25]***. Reducing the amount of binder leads to a reduction in the total binding area of the sand, resulting in a reduction in flexural strength. Conversely, excess binder reduces the permeability of sand mold during casting, trapping fugitive gases on the metal wall ***[24,28]***. Therefore, the physicochemical properties of the sand mold are closely related to the 3DSP material and directly affect the quality of the final metal cast. In this work, we investigated the properties of 3DSP molds such as green strength, reliability and erosion resistance based on the molding material in the 3D sand printing system, and compared them with the occurrence of casting defects in the final metal casts.

>>> EXPERIMENTAL

3D sand printing system

3D sand printer (Model VX1000, Voxeljet, Germany) was used to fabricate the complex sand mold. The sand was put into a stand mixer, and then activator was added with different contents based on the sand weight ratio. Next, the sand was mixed with the activator for a total of 20 min at an appropriate speed to coat the sand well. The acid-coated sand was put on the build platform and placed on the 3D printer. After that, during printing, the blade pushed and spread the sand. The printer head selectively jetted the furan binder onto the sand bed, as moving along the X- and Y-axes. The previous process was repeated to create a product by stacking layers. The final product was completed by removing the unbound sand using a brush or air gun. The detailed print parameters are shown in ***Table 1***.

Item	Parameters
Printing Speed (Printer head)	270 mm/s
Printing Speed (Blade System)	500 mm/s
Blade Angle	1 ~ 1.5°
Layer Thickness	300μm
Operating temperature	25°C (Room temperature)

Table. 1. *3D sand printing parameters.*

Materials

The foundry sand with an average particle size of 250 µm was obtained from Voxeljet Co., Ltd. The activator was used VX-2C/8 (Voxeljet, Germany), which primarily consists of p-toluenesulfonic acid. The binder was employed VX-2C Type B (Voxeljet, Germany), mainly composed of furfuryl alcohol. The units of activator and binder were weight percent, the specific amounts of activator and binder were denoted by xxA and xxB, respectively. First, samples were prepared in which various amounts of activator, 0.15, 0.2, 0.25 and 0.4 wt% were added to a constant 2 wt% binder. Second, samples were prepared in which various amounts of binder, 2, 3, 4 and 16 wt% were added to a constant 0.25 wt% activator.

Heat treatment process

The 3D-printed sample and sand mold were heat-treated using an oven (Model JSVO-30 T, JS Research, Korea). The heat treatment temperature and time of furfuryl alcohol were determined by referring to a previous study ***[29]***. All samples and sand molds were heat treated at 100 °C for 1 h, as high temperature and prolonged heat treatment cause a decrease in the strength of the sand mold due to thermal degradation.

Differential scanning calorimetry (DSC)

P-toluene sulfonic acid monohydrate (p-TSA, ACS reagent ≥ 98.5%, Sigma-Aldrich, USA) and Furfuryl alcohol (FA, 98%, Sigma-Aldrich, USA) were used as the activator and binder, respectively. To analyze the thermochemical reaction by step polymerization, DSC (Model DSC-60 Plus, Shimadzu scientific, Korea) was performed at a heating rate of 2°C/min in an argon atmosphere. p-TSA was dissolved to 30 wt% in DI water, and p-TSA solutions with different weight ratios of 0.1, 0.15 and 0.2 wt% were mixed with a constant weight ratio of FA.

Microstructural characterization

Microcomputed tomography (micro-CT) 3D scan images were ac- quired using an XT H 160 industrial CT scanner (Nikon Corporation, UK). Micro CT was employed to scan cylindrical samples with a height of 20 mm and a diameter of 25 mm. The sample was mounted on the flat stage, and then rotated 360× using an average of 4 frames per projection. The scan setting used were: 100 beam energy, 100 beam current, 1440 projections acquired.

Flexural strength test and reliability calculation

In order to measure the effect of different activator and binder contents on the flexural strength of the 3DSP mold. Disk-shaped samples with a thickness of 2 mm and a diameter of 25 mm were prepared. The biaxial flexural strength of the 3D-printed sand samples was measured by the piston-on-3-ball test method using a universal testing machine (Model RB301 UNITECH M, R&B Inc, Korea). The load application rate of the tester was set to 0.5 mm/min regarding the "ASTM F394-78" ***[30]***. With the dimensions of samples, the flexural strength is expressed by Eq. ***(1)***

$$\sigma_{BFS} \frac{-0.2387P(X-Y)}{h^2} \qquad (1)$$

$$X = (1+v)\ln\left(\frac{r2}{r3}\right)^2 + \left[\frac{1-v}{2}\right]\left(\frac{r2}{r3}\right)^2$$

$$Y = (1+v)\left[1+\ln\left(\frac{r1}{r3}\right)^2\right] + (1-v)\left(\frac{r1}{r3}\right)^2$$

v is 0.2 as the Poisson's ratio of the material, r1 is the radius of the sample support ring ball, r2 is the radius of the piston, r3 is the radius of the sample, and h is the thickness of the sample. The Weibull modulus as reliability coefficient was calculated using the flexural strength of sand samples. To calculate the reliability coefficient, the flexural strength results of 9 samples for each condition were used.

SEM

Observation of the fracture surface was performed using tabletop SEM (SNE-4500 M, SEC Co., LTD., Republic of Korea). The sample was attached to the SEM holder and coated with Pt. The shape and dimensions of the cured binder neck was observed.

Erosion measurement and metal casting

For the erosion test, cylindrical samples with a diameter of 25 mm and a thickness of 10 mm were prepared according to various composition. The prepared samples were inserted into specially customized sand molds and then assembled. Cast steel was poured into sand molds, the pouring temperature of the cast steel was above 1400 °C, and it was left for one day to cool the molten metal. The solidified metal and sand mold were removed to obtain the eroded sample. Erosion resistance was calculated as the erosion height of the cylindrical samples after the casting process.
The sand mold and core for exhaust manifold were prepared using 3D sand printing. The upper and lower parts of the sand mold with core were assembled using adhesive for high temperature. The cast steel was melted in special ceramic molds and poured into an assembled 3DSP mold. When the mold cooled down, the metal parts obtained after breaking the sand mold. The fabricated parts were subsequently assembled into a turbocharger with other metal parts. An illustration of the whole experimental process is shown in ***Fig. S1***

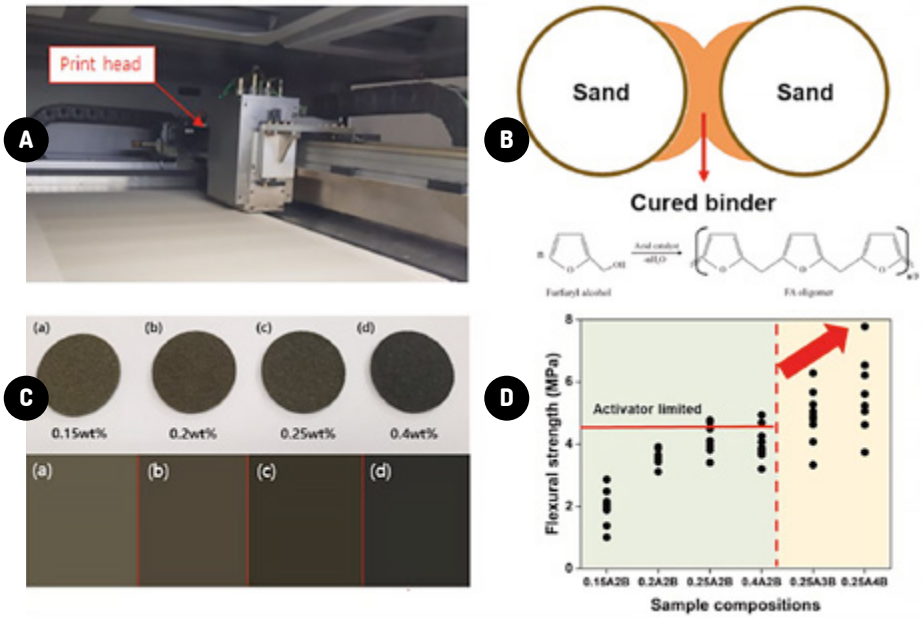


Fig. 3. (a) Piezoelectric inkjet 3D printer head for 3D sand printing; (b) schematic representation of the binder neck between sand particles and the curing mechanism of the furan-based binder with acidic activator; (c) color differences according to activator content; (d) flexural strength with deviation as a function of activator and binder content;

> Suite de l'article dans le TNF 44

Pour que le passé éclaire notre présent

Une condition toujours reconnue comme essentielle pour projeter notre métier la fonderie et notre association de fondeurs ensemble vers un futur serein.

Notre revue vous offre en ce début d'année 2024, un lien vers un livret qui va vous permettre de retracer les cinquante premières années de notre association.
Un livret qui dans ses premières pages, affiche et rappelle les buts de notre Association UNIR ET INSTRUIRE.

Il y a 63 ans, en 1961, **notre association fêtait ses 50 ans au cours de son XXXIVe CONGRES NATIONAL.**

Elle a aujourd'hui **113 ans**. Comme l'évoque Achille BRIZON dans ce livret, **l'ATF voit le jour en 1911**.

Année où, la France adopte le méridien de Greenwich, la canicule frappe la France de juillet à septembre provoquant 40 000 décès, La Joconde est volée au musée du Louvre, Roland Garros bat le record du monde d'altitude en avion (3 910 m), le Professeur Edouard BRANLY est élu à l'Académie des Sciences, Marie CURIE reçoit le prix Nobel pour la Chimie, Antoine LUMIÈRE disparaît et où la télégraphie sans fil s'installe à la Tour Eiffel...

M. Emile BARTHE, directeur de la Société Métallurgique du Périgord en est le premier président de 1911 à 1918.

Il y a 111 ans, en 1913, à la veille de la première guerre mondiale, l'Association Technique de Fonderie organisait du 26 mai au 1er juin à Paris le **PREMIER CONGRES DE L'ATF** sous la présidence de M. Emile BARTHE. Parmi les membres du bureau de l'ATF, M. P. ROGER de la Maison Muller & Roger en était premier vice-président, M. E. RONCERAY des établissements Bonvillain & Ronceray, trésorier et M. C. DIDIER directeur de la « Fonderie Moderne », secrétaire. En parallèle du congrès, une exposition fut organisée dans les locaux de l'Ecole Nationale d'Arts et Métiers de Paris et post congrès, des voyages à Guise, Denain et Mézières.

Ce premier congrès tenu dans un pays de langue française avait retenu 317 participants parmi lesquels, les congressistes étrangers étaient largement représentés.

TÉLÉCHARGER LE LIVRET DU CINQUANTENAIRE

Il y a 101 ans, en 1923, l'Association Technique de Fonderie organisait du 12 au 19 septembre le **PREMIER CONGRES INTERNATIONAL DE FONDERIE** à l'Ecole Nationale d'Arts et Métiers - Paris. M. Emile RAMAS (1867-1936) Ing. AM Aix 1882 est alors président de l'ATF et directeur des Fonderies de la Société Alsacienne de Construction Mécanique à Mulhouse.

Cet évènement rassemblera plus de 396 congressistes appartenant à onze nations : 40 américains, 75 anglais, 100 espagnols, 20 belges, 10 tchéco-slovaques, suédois, polonais, italiens, suisses, luxembourgeois, ...
Vingt-deux mémoires y seront présentés. L'ATF y présente 13 communications sur 22 présentations de mémoires et communications.

Au cours de ce congrès l'idée de se tourner vers les autres fondeurs du monde est née, et c'est sur la base d'une volonté commune partagée avec notre pays voisin francophone la Belgique que s'est tenu la première réunion du comité International de Fonderie en 1927 à Liège. Un comité qui sera à l'origine du CIATF puis de l'actuel WFO Word Foundry Organisation, organisation à laquelle l'ATF participe toujours activement.

En cela notre Association conserve une orientation tournée vers l'humain, ouverte aux voyages et au monde, tournée vers le partage des savoirs, sans limite de frontières.

Une façon de respecter notre maxime **UNIR ET INSTRUIRE** au-delà de notre hexagone. Depuis 1911, les cinquante et un présidents de l'ATF qui se sont succédés ont eu à cœur de de la faire perdurer.

La séance de clôture, le 19 septembre, fut présidée par M. Gaston VIDAL, Sous-Secrétaire d'Etat à l'Enseignement technique, qui souligna entre autre dans son discours : ...
« Notre projet, d'accord d'ailleurs avec ceux de M. RAMAS, de M. RONCERAY et de toutes vos associations, c'est de créer le plus rapidement possible un Institut supérieur ou une Ecole supérieure de Fonderie ... ».

Il y a 100 ans, en 1924, le président de l'ATF M. Emile RAMAS et M. Eugène RONCERAY, premier directeur de l'**ESF** se félicitaient du lancement **d'une Ecole dédiée à la formation des ingénieurs de fonderie.**

Le 1er janvier 1924, seulement 104 jours après l'allocution de M. VIDAL lors de la clôture du Premier Congrès International de Fonderie, l'ouverture officielle de l'Ecole supérieure de fonderie est effective. Des salles de l'Ecole Nationale des Arts et Métiers de Paris sont mises à la disposition de l'Ecole.

1ère promotion de l'ESF : E. Ronceray est au 1er rang (5ème à partir de la gauche)

Le 8 janvier 1924, l'ESF reçoit sa première promotion d'élèves qui comprend 17 élèves réguliers et un élève libre. La première leçon est donnée par M. Eugène RONCERAY, nommé directeur des études par le premier conseil d'administration de l'Ecole, présidé par Charles DUFOUR, président du Syndicat général des fondeurs de France.

Le 30 juin 1925, décret de reconnaissance de l'Ecole supérieure de fonderie par l'état.

Le 15 juin 1927, l'Ecole nationale des Arts et Métiers de Paris abandonne à l'Ecole supérieure de fonderie une partie de ses locaux.

Le 8 septembre 1927, l'ESF est inaugurée officiellement à l'occasion du congrès et de l'exposition internationale de fonderie (Paris, 7-10 septembre 1927).

L'ESF est devenu ESFF https://www.esff.fr/, en effet les forgerons qui célèbrent le même saint patron ELOI, mais qui n'avaient pas d'école dédiée ont rejoint les fondeurs il y a seulement quelques années. (Le 1er Avril 2005 et ce n'est pas un poisson destiné à distraire nos fondeurs).

Cette école parfois enviée par certains de nos pays voisins va fêter cette année dignement son centenaire.

Une preuve que les bonnes idées peuvent perdurer.

Il y a 97 ans, en 1927, s'est tenu le **CONGRES INTERNATIONAL DE FONDERIE** à Paris du 6 au 14 septembre. M. Léon THOMAS alors président de l'ATF (1926-1929), directeur de la fonderie des Etablissements Citroën (la plus grosse fonderie de France) et président du congrès ouvre la séance d'inauguration.

Par le lien ci-après, vous pouvez consulter le compte-rendu du congrès paru dans les numéros de la Fonderie Moderne en septembre, octobre et novembre 1927. L'ATF y présente 13 communications sur 17 présentations.

A la même période, une **EXPOSITION INTERNATIONALE DE FONDERIE** est organisée au parc des expositions par le Syndicat Général des Fondeurs de France, sous le haut patronage de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie et du Comité français des expositions, avec le concours de la Direction de l'enseignement technique (Ministère de l'instruction publique et des beaux-arts), de l'Association technique de fonderie et de l'Association amicale et mutuelle de fonderie. Visionnez quelques vues de l'exposition en cliquant ici.

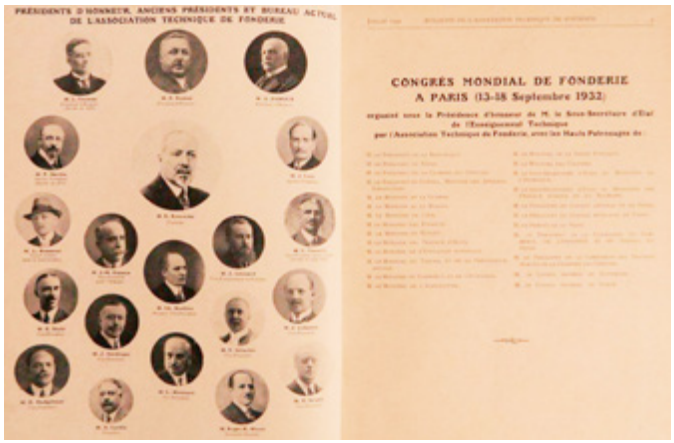
Durant l'exposition, le jeudi 8 septembre, s'est déroulée L'**INAUGURATION DE L'ECOLE SUPERIEURE DE FONDERIE** au 151 boulevard de l'Hôpital à 16h00 par M. LUC, directeur adjoint de l'Enseignement Technique. Accédez au compte-rendu de cette journée d'inauguration paru dans le numéro de la Fonderie Moderne du 10 octobre 1927.

Il y a 92 ans, en 1932, l'ATF, présidée par M. Eugène RONCERAY (1869-1938), Ing. AM Châlons 1885, des Ets Bonvillain et Ronceray, directeur de l'Ecole Supérieure de Fonderie, organise à Paris du 13 au 18 septembre le **CONGRES MONDIAL DE FONDERIE**.

Plus de 600 participants délégués ; 14 nations ; 45 mémoires scientifiques ou techniques présentés dont 5 mémoires et 30 communications par l'ATF ; exposition de fonderie organisée par le Syndicat Général des Fondeurs de France ; visites d'usines de la région parisienne - plus de 250 congressistes y ont pris part ; voyages d'études dans le Nord et les Ardennes ; réceptions officielles par le Président de la République Albert LEBRUN à Rambouillet, par le Sous-Secrétaire d'Etat de l'Enseignement technique DUCOS et par le Président du Conseil municipal de la Ville de Paris ; clôture du congrès par le banquet dans les salons du Palais d'Orsay.

Il y a 87 ans, en 1937, un an après le 25e anniversaire de notre Association, en reconnaissance du dévouement et des éminents services rendus à l'Association par M. Eugène RONCERAY, le Comité lui confère, à l'unanimité, le titre de Président d'honneur. L'ATF, présidée par M. Achille BRIZON organise du 17 au 24 juin le XIIIe **CONGRES INTERNATIONAL DE FONDERIE** à Paris au cours de l'Exposition internationale des Arts et Techniques. Avec 625 congressistes dont 315 étrangers représentants de 19 nations, le Congrès eut un vif succès. Sur les 45 présentations, l'ATF présentera 5 mémoires et 21 communications.

Bulletin de l'Association Technique de Fonderie – Congrès Mondial de la Fonderie à Paris (13 au 18 septembre 1932) – Présidents d'honneur, anciens présidents et bureau de l'ATF.



Il y a 71 ans, en 1953, l'ATF, présidée par M. Paul MUGUET organise du 19 au 27 septembre le **XXVIe CONGRES INTERNATIONAL DE FONDERIE** à Paris. 810 congressistes, 23 nations représentées, 75 présentations dont 4 mémoires et 36 communications le seront par l'ATF.

Il y a 63 ans, en 1961, pour célébrer les 50 ans de notre association, un comité de plus de trente personnes s'est formé pour rédiger en 1961 un recueil retraçant les étapes importantes parcourues par notre association au cours de ses 50 premières années, des années pas faciles car entre 1911 et 1961 il a été également nécessaire de faire face pendant la durée de deux guerres mondiales.
Des hommes tenaces ont fait en sorte de faire face et de faire perdurer cette idée lancée en 1911.

Oui l'association et son président en 1924 se réjouissait du lancement de l'ESF qui cette année va fêter et célébrer son centenaire.

Oui Eugène RONCERAY se réjouissait de ce lancement car depuis de nombreuses années, il en avait soutenu l'idée.

>>> Eugène RONCERAY :
Article de Patrice Dufey – TECH News FONDERIE n°6 octobre 2018

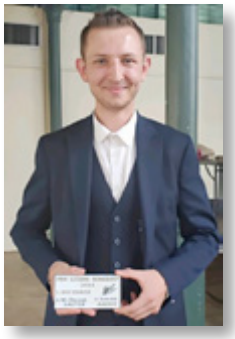
Appuyé par ses pairs, adhérents fondeurs de leur métier, il avait sans relâche au cours des précédents congrès et conférences nationales développé ce thème.

Cette idée d'une Ecole Supérieure de Fonderie qui avait germé au cours des précédentes années, peu après la fin de la guerre, constatant la crise de l'apprentissage fut abordée à Liège en octobre 1921 lors du premier Congrès technique d'après-guerre où il présenta une communication intitulée *« Apprentissage et enseignement professionnel en fonderie »* et était bien entendu à l'affiche des conférences qui allaient se dérouler lors du premier Congrès international de Fonderie à Paris en 1923.

Il y avait de quoi être fier de présenter cette réalisation devant les délégations de fondeurs venus en nombre à Paris représenter leurs différents pays.
Alors oui si l'on se réfère au texte proposé dans le livret en ligne que nous vous invitons à ouvrir, en tête de cet article, oui l'ESF est un peu l'enfant de l'ATF.

Ce n'est pas un hasard, si l'AAESFF en hommage à l'un de ses instigateurs décerne chaque année le prix Eugène Ronceray à un ou plusieurs élèves promus au titre de cette Ecole.

M.Florent GAUTIER reçoit le prix Eugène Ronceray 2023 pour son projet de fin d'études réalisé chez Fonderies de Brousseval et Montreuil.



Une façon d'honorer cet entrepreneur connu également pour ses équipements de fonderie.

Des équipements, malaxeurs et machines à mouler, vendus sous la marque Ets Bonvillain & Ronceray, qui préparèrent et utilisèrent pendant de nombreuses années des tonnes et des tonnes de sables argileux dans lesquels des centaines de fondeurs laissèrent les empreintes de leurs pièces moulées.

>>> Les deux vies de Philibert BONVILLAIN :
Article de Henri Frier – Arts&MétiersMag n° 415 février 2020

Comment faire une courte synthèse de ce livret de plus de 70 pages si ce n'est de vous encourager à lire les thèmes développés au cours des premiers congrès nationaux pour constater que l'évolution des techniques est très rapide. Dans ce début de 20ème siècle les métallurgies des cuivreux, des fontes et des aciers évoluaient vite ; dans le même temps les fondeurs développaient une nouvelle métallurgie celle des alliages légers, car les métallurgistes commençaient à maîtriser les alliages à base d'aluminium.

L'ATF dans la logique de son but fondateur se chargeait comme elle le fait encore aujourd'hui d'instruire notre profession.
Congrès, séminaire d'informations et de formations sont relayés dans les pages des bulletins et revues techniques éditées par notre association.

L'ATF a également soutenu l'idée de la création d'un centre technique dédié à notre profession.

Les CTI dont les règles de fonctionnement et de tutelles étaient régies par les lois de l'état Français se développent dans une période difficile.

Centre technique des industries de la fonderie - Wikipédia (wikipedia.org)

Ainsi est créé en 1946 celui dédié à la fonderie sous l'égide de l'état et des organismes professionnels de notre métier (syndicats professionnels notamment).

Bien entendu cette intervention et les négociations entre l'état et les syndicats professionnels étaient nécessaires pour pourvoir financer d'importantes recherches et développements techniques au service de la fonderie.

A l'heure où ces lignes sont écrites et du fait notamment des changements des moyens de financement le CTIF a été intégré entre 2022 et 2023 au CETIM, et va bientôt déménager pour se fondre dans ce plus important Centre Technique qu'est le CETIM.

Les titres des revues de l'ATF éditées en collaboration ou non avec d'autres instances de la profession ont changé, mais le but reste le même, celui d'origine instruire.
(La revue de FONDERIE MODERNE pour le premier magazine avec le rédacteur en chef

** Années de publication en association avec la Fédération Forge Fonderie*

de l'Usine Nouvelle, et pour les plus récents HOMMES & FONDERIE, Fonderie magazine puis plus récemment en version numérique *TECH News* FONDERIE).

UNIR & INSTRUIRE sont des actions qui de nos jours sont concrètes de par :

- l'organisation par les différents groupes régionaux de **journées d'actions régionales** dont vous trouverez dans ce numéro les comptes rendus des journées de la Saint-Eloi,
- **la mise à disposition d'outils et produits numériques** : la e-revue *TECH News* FONDERIE https://atf.asso.fr/technews-fonderie magazine gratuit , **le site internet** https://atf.asso.fr/ ; **le réseau social** LinkedIn https://www.linkedin.com/company/asso-technique-de-fonderie/ ; le **Médiakit** https://atf.asso.fr/pdf/media-kit-2024-francais.pdf,
- la **formation** avec un panel de 18 formations inter-entreprises inscrites à l'agenda Cyclatef ® 2024 https://atf.asso.fr/formation, mais aussi en intra-entreprise ; des formations en présentiel ou par webinaires, en ligne via internet.

Dans les premières pages du livret, l'un des éditorialistes écrit sur l'ATF.
Son ORIGINE, son HISTOIRE, son DEVELOPPEMENT et ses PERSPECTIVES D'AVENIR.
Cette dernière locution pourrait nous donner l'idée d'écrire un édito sur 2111 >>>>>>>
En conclusion de cet article je vous invite une nouvelle fois à ouvrir CE LIVRET écrit en 1961, dont j'ai pu tirer dans cet article une synthèse assez générale je le concède, certes, cette synthèse pourra vous paraître partisane.
C'est une idée volontairement partisane car lire ce document historique devrait encourager tous les professionnels de la fonderie à soutenir par leurs adhésions par leurs participations actives par l'apport de publications techniques cette idée née en 1911.

UNIR et INSTRUIRE

Patrice MOREAU &
Yves LICCIA - ATF ////////

« 2111, l'ATF fête ses 200 ans »

Notre nouveau président Gilbert ALLAMANIÈRE écrit à cette occasion son édito sur les progrès de notre industrie.
Les hommes sont là ils se servent de nouveaux moyens, ils observent et guident les intelligences artificielles qui les aident dans leurs tâches et à cet instant je laisse le clavier automatique vous livrer cet édito du 200ème anniversaire de notre Association. Notre robot éditeur pourvu de l'IA version 200.0 nous écrit sous la photo des 10 R2D2 fondeurs membres du comité de pilotage de la revue ***TECH News* IA FONDERIE** :

Chers amis ce 200ème anniversaire de notre association me donne l'occasion de retracer les développements de ce siècle qui vient de s'écouler, Nos fours à rayonnement solaire sans émission de gaz atteignent des températures jamais atteintes et ils nous ont permis la mise au point de nouveaux alliages.
Ces nouveaux alliages ne seraient pas ; si des minéraux lunaires ou d'autres planètes, fondus dans le vide sidéral n'étaient pas venus renforcer la gamme des alliages de notre métier de fondeur.

L'invention de la technologie d'impression de métal liquide que l'on doit à la démultiplication des IA de notre groupe de robots chercheurs nous permettent de maintenir notre processus de création rapide de pièces recyclables à l'infini sans pertes inutiles.
Le développement des programmes E Tech Tic a rendu tout cela possible.
Nous citerons là le Lunonium, le Marsium utilisés désormais à grande échelle.
Notre métier basé sur le recyclage des matières fondues reste ainsi dans sa tradition ancestrale.

Notre association continue de participer aux forums et congrès internationaux sous l'égide du tout nouveau CFO Cosmos Foundry Organisation, issu du WFO qui a souhaité en changeant son nom s'ouvrir à ceux qui loin de notre planète contribuent à l'évolution de notre métier.

Réjouissons-nous de pouvoir continuer et perpétuer les buts de notre association à l'occasion de son 200ème anniversaire.
Les alliages changent, les frontières tendent vers l'infini mais notre association reste fidèle à sa tradition **Unir et instruire.**

Gilbert ALLAMANIÈRE en étroite collaboration avec Mr Gary ALLART

Opérateur, technicien, ingénieur, dirigeant, chercheur, etc... L'adhésion personne physique est ouverte à toutes personnes actives.

À travers l'adhésion des lycées, l'ATF participe aux supports techniques et pédagogiques, aux rencontres élèves-professionnels du métier.

L'adhésion morale est une participation à la vie associative de notre métier, un support financier et une reconnaissance de notre association comme composante utile de notre filière.

Parce que l'avenir de la fonderie, ce sont nos jeunes, et que nous croyons en eux. Adhésion gratuite pour les étudiants.

Ce n'est pas parce que la retraite arrive que l'on ne peut plus être actif. L'ATF et nos jeunes ont besoins de ses nouveaux actifs.

Parce que faire un don c'est aussi montrer son adhésion et son attachement à la plus ancienne des organisations de la filière fonderie.

Adhérer en 2024

c'est donner du sens à nos actions, soutenir la profession

ASSOCIATION TECHNIQUE DE FONDERIE

DES OUTILS ET DES ACTIONS EN 2024 :

- **Une revue numérique** *TECH News* **FONDERIE** dont les 7 numéros annuels vous sont envoyés par mail,
- **Un site internet** : atf.asso.fr qui vous permet de suivre en ligne notre calendrier d'événements, nos activités, la vie de l'association, l'accès à la bibliothèque des revues et donc à tous les articles techniques,
- **Des formations** Cyclatef® inter et intra entreprises pour vos techniciens et ingénieurs,
- **Des tarifs privilégiés** pour des activités variées : Fondériales, journées d'étude et visites de sites de production à travers toute la France, sorties Saint-Eloi en région en collaboration avec l'AAESFF,
- **Un soutien à l'emploi :** accès aux profils des entreprises pour vos recherches d'emploi et à une insertion gratuite dans la rubrique demandes d'emploi de la revue, sur le site internet et les réseaux sociaux.

... Et déduire jusqu'à 66 % sur vos impôts

L'ATF étant un organisme d'utilité publique : vous pouvez déduire jusqu'à 66% de votre adhésion annuelle (dans une limite de 20% du revenu net imposable).

Exemple : une cotisation de 85€ ne coûte finalement que 30€.

PERSONNE PHYSIQUE

Pour devenir membre CLIQUEZ ICI

PERSONNE MORALE

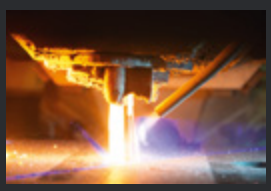
Pour devenir membre CLIQUEZ ICI

AMETEK ..... P 24
CALDERYS ..... P 07
FOSECO ..... 4e de couverture
GTP SCHAFER ..... P 29
HUTTENES ALBERTUS ..... 3e de couverture
INOMETAL ..... P 39
LAEMPE + FISCHER ..... 2e de couverture
MAGMA ..... P 04
RESAND ..... P 37
SCOVAL ..... P 24
WINOA (publi-reportage) ..... P 18
WINOA P08

COULEE AUTOMATIQUE

pour-tech

> 25 ans d'expérience
> Optimisation process coulée
> Réduction coûts de production
> Amélioration qualité produit
> Solutions sur mesure
> Système clés en main
> Rétrofit ou nouveau système


Coulée automatique

EASYpour™ intelligence artificielle

Plus d'information sur https://www.pour-tech.com

VOTRE CONTACT

Cédric Burkhard
INOMETAL SARL
Tél: +33 (0) 3 26 47 39 93
Email: c.burkhard@inometal.com

NOVACAST
Every casting counts™

Logiciel de Simulation pour Fonderies

- Prédiction des défauts métallurgiques
- Facilité d'utilisation
- Calculs ultra rapides
- Formations certifiées Qualiopi

Système d'Analyse Thermique Avancée

- Réduction des variations & défauts métallurgiques
- Amélioration mise au mille
- Réduction consommation énergétique
- Intégration industrielle par nos ingénieurs en 3 mois

novacast.se

VOTRE CONTACT
Cédric Burkhard
INOMETAL SARL
Tél: +33 (0) 3 26 47 39 93
Email: c.burkhard@inometal.com

OFFRES D'EMPLOI

Coordinateur QHSE (F/H)	FONDERIE GIROUD	VOIR L'ANNONCE
Technicien méthodes (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Dessinateur / Projeteur (F/H)	MOULAIRE	VOIR L'ANNONCE
Ingénieur Métallurgiste (F/H)	CETIM	VOIR L'ANNONCE
Ingénieur R&D chimie organique (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Ingénieur R&D thermique transitoire (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Ingénieur Etudes et Prestations Acier (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Ingénieur Etudes et Prestations (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Ingénieur Etudes & Prestation – Responsable Plateforme Fonderie (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Responsable Maintenance (F/H)	EUROCAST	VOIR L'ANNONCE
Pilote Régleur Usinage (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Contrôleur Qualité (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Technicien usinage (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Technicien travaux neufs (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Chef d'équipe usinage (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Responsable Hygiène, Sécurité, Environnement et Energie (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Coordinateur HSEE (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Technicien Qualité Client (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Commercial expérimenté (F/H)	FDB	VOIR L'ANNONCE
Coordinateur Technique Finition (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Deviseur Usinage (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Ingénieur Qualité (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Chef d'équipe (F/H)	FMGC	VOIR L'ANNONCE
Responsable Moulage (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Ingénieur Méthode CDI (F/H)	CRONITE	VOIR L'ANNONCE
Ingénieurs Méthodes – CDI expatrié (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Responsable QSE (F/H)	SOCOMETA	VOIR L'ANNONCE
Responsable Qualité Produit (F/H)	FOCAST	VOIR L'ANNONCE
Responsable Bureau d'Étude et Méthodes (F/H)	FONDERIE MATHIEU	VOIR L'ANNONCE
Collaborateur Compétences Commerciales Transversales (F/H)	EUROMETA S.A	VOIR L'ANNONCE
Directeur Technique Innovation (F/H)	FONDERIE DE SOUGLAND	VOIR L'ANNONCE
Technicien Méthodes (F/H)	FBM	VOIR L'ANNONCE
Dessinateur CAO (F/H)		VOIR L'ANNONCE
Chef d'équipe Service Fusion et Coulée (F/H)	PROFERRO	VOIR L'ANNONCE
Technicien d'atelier ACIERIE (F/H)	ARCELOR MITTAL	VOIR L'ANNONCE

Découvrez les autres offres d'emploi sur le site ATF • *Cliquez ici*

HA GROUP

Procédé Pentex

Résols alcalins

Boîte froide PU

Résines furaniques

Sables enrobés

Résines copolymères et condensées

Boîte chaude Cleantech

Résines phénoliques acides

Sables spéciaux
Additifs carbonés pour sable à vert

HÜTTENES ALBERTUS France
Des produits 100 % made in France
au service de toutes les fonderies

ha-group.com/fr