

Réfractaires pour l'industrie de l'aluminium : de la sélection à la fin de vie






Pierre Le Brun, Constellium C-TEC

Lunéville, 11/05/2023





Agenda

 0. Constellium	3
 1. Garnissage d'un four - Contraintes	5
 2. Sélection des matériaux réfractaires	8
 3. Modes de défaillance	11
 4. Réfractaires en fin de vie	13

Constellium

- Un des leaders de la production d'Aluminium technique (1,6 Mt en 2022)
- Environ 12,500 employés.
- 28 sites de production en Europe, Amérique du Nord, Chine.
- 3 centres de R&D.
- QG à Paris, corporate offices à Baltimore et Zurich.
- 3 business units et une activité forte et croissante dans le recyclage



Rolled Products

Our aluminium sheets, plates, and coils can be found in many products: beverage and food cans, car body closures, airplane wings, cosmetics packaging, architecture, and more.



Automotive Components

Constellium custom designs and produces extrusion-based automotive solutions for global automakers. These include Crash Management Systems, structural components, and battery enclosures.



Extruded Products

Aluminium profiles can be produced in an infinite array of shapes and gauges, and for multiple purposes, such as automotive components, railcars, bus structures, power rails, architecture, and electrical engineering.

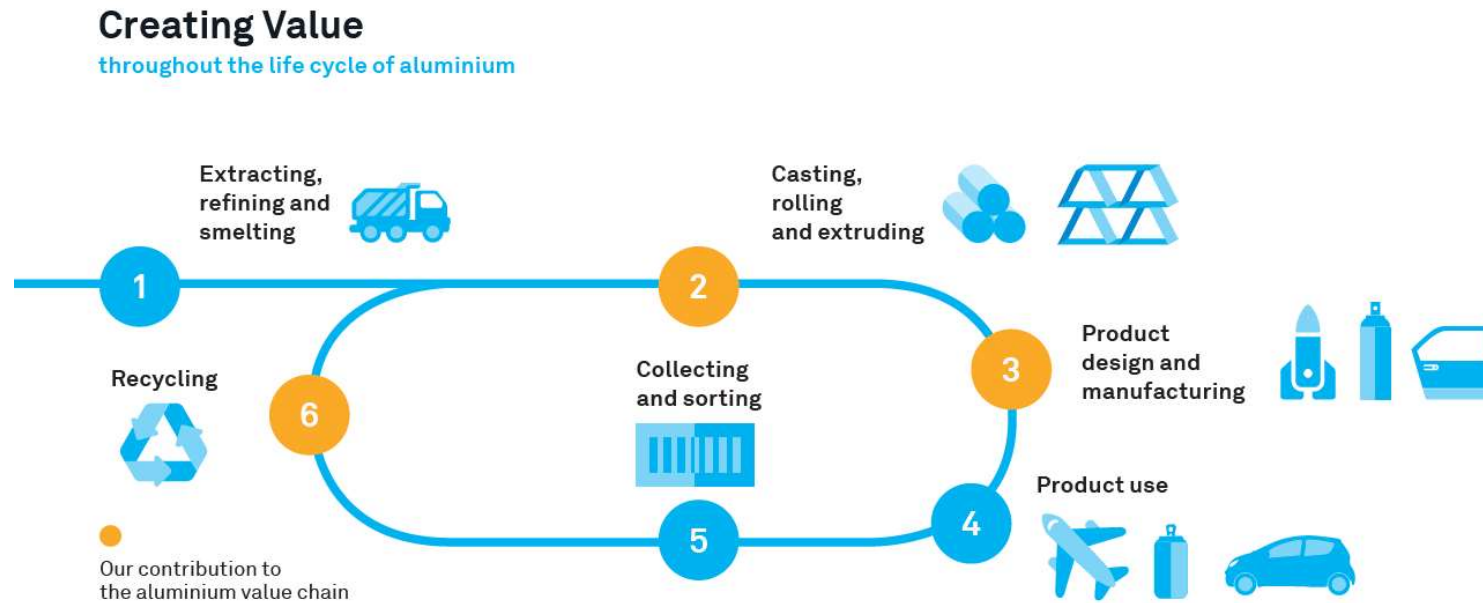


Recycling

Aluminium is born to be recycled. Constellium recycles scrap from our own production processes and those of our customers, and recycles the equivalent of 32 billion used beverage cans a year, so none of this precious metal goes to waste.

Constellium

■ Chaîne de valeur de l'aluminium et présence de Constellium



■ Réfractaires à différentes étapes du procédé → FONDERIE



1. Garnissage d'un four - Contraintes

Types de fours variés



Four Front Charge



Four Top Charge



Four à induction (creuset)



Four briques



Four béton



Four Rotatif

1. Garnissage d'un four - Contraintes

Multiples sollicitations sur les réfractaires de fonderie d'aluminium

- Thermique
 - ▶ Choc thermique
 - ▶ Gradient thermique



- Mécanique :
 - ▶ Impact
 - ▶ Erosion
 - ▶ Abrasion

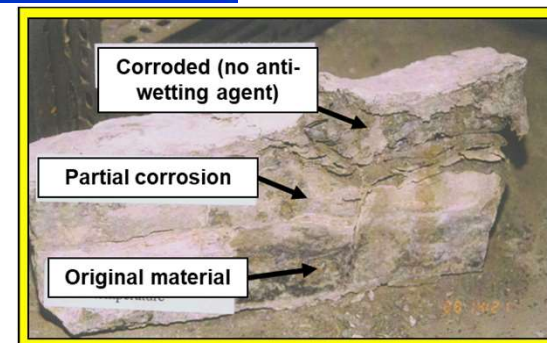
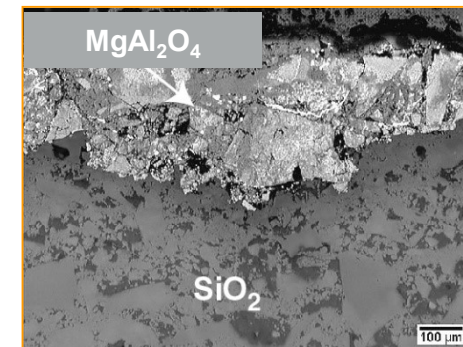
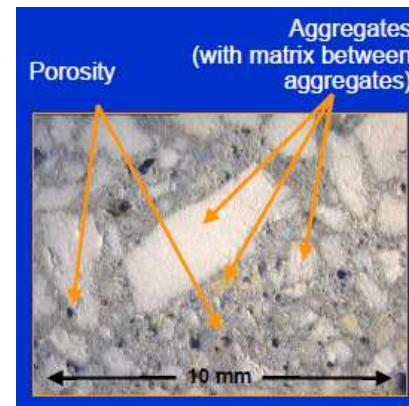
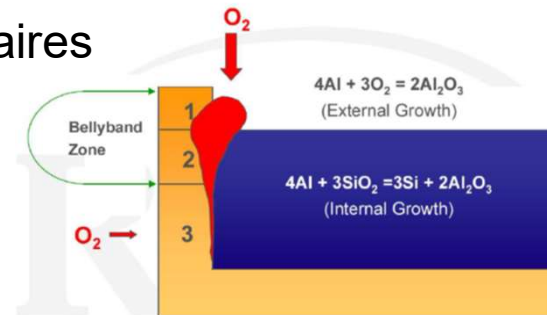


1. Garnissage d'un four - Contraintes

Multiples sollicitations sur les réfractaires de fonderie d'aluminium

■ Chimique :

- ▶ Corindonnage
- ▶ Corrosion par élément d'alliage.
 - Al
 - Mg
 - Li
- ▶ Imprégnation par des sels



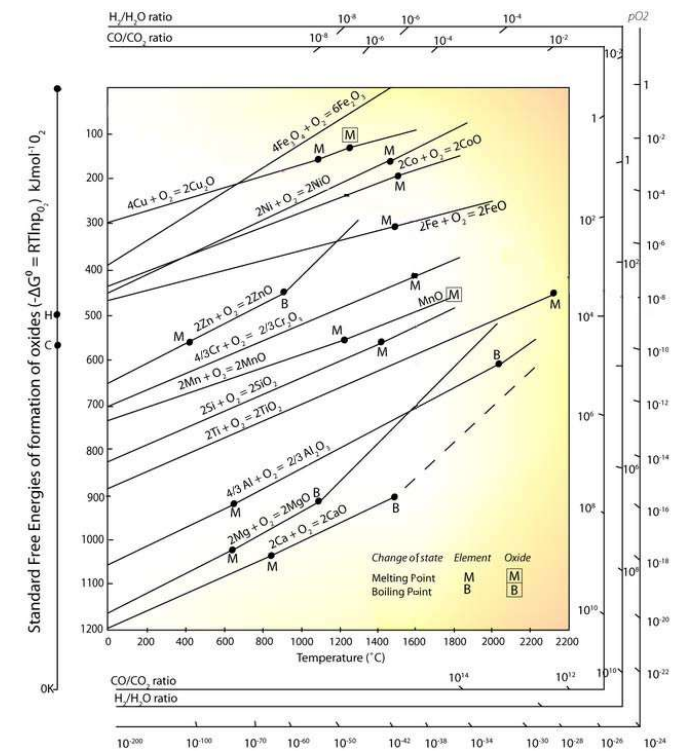
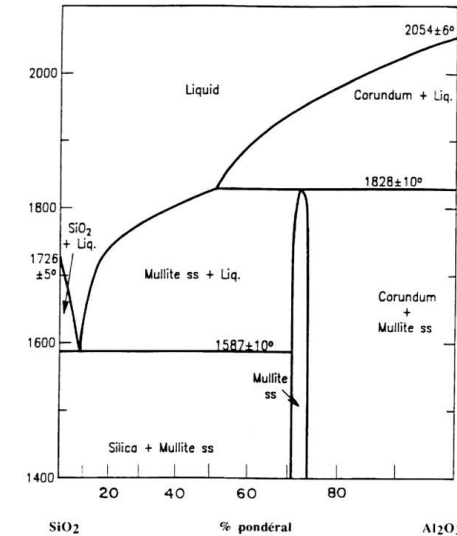
2. Sélection des matériaux réfractaires

Système de base : Alumine - Silice

- Contact métal : haute alumine
- Isolant : silice plus élevée
- Choc thermique : haute silice

Applications spécifiques :

- Erosion : haute teneur SiC
- Zones impact : renfort fibres métalliques



2. Sélection des matériaux réfractaires

Méthodologie de sélection de réfractaires :

- Acceptation EHS
 - ▶ Absence de FCR
 - ▶ Stratégie de limitation des autres produits à risque
 - Silice cristalline
 - Nanoparticules

- Validation technique et tests laboratoire
 - ▶ Propriétés physiques et/ou mécaniques
 - ▶ Corrosion (produits contact métal)

- Dimensionnement – Calculs thermiques (isotherme et énergie)

- Tests usine

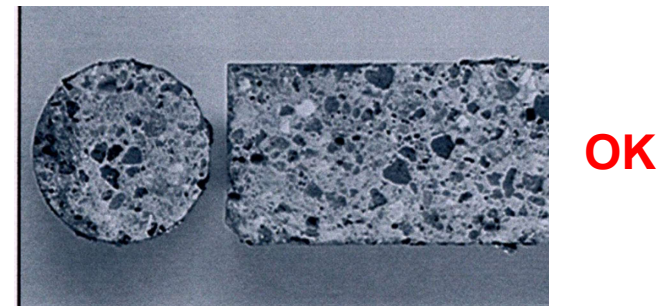
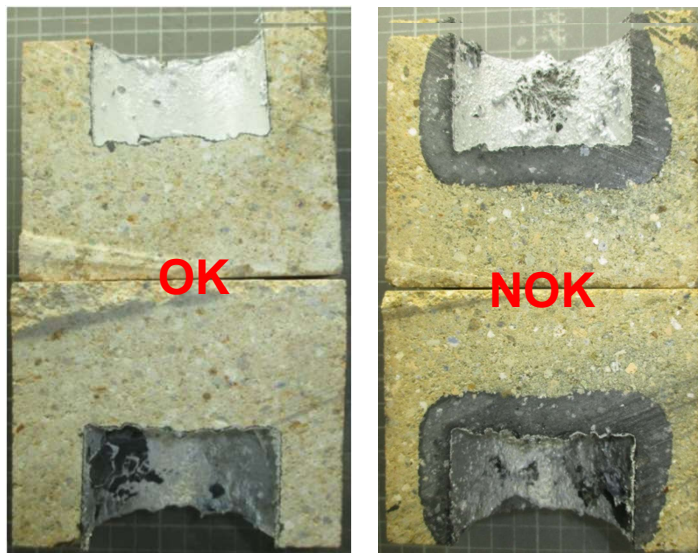


Cfr suite

2. Sélection des matériaux réfractaires

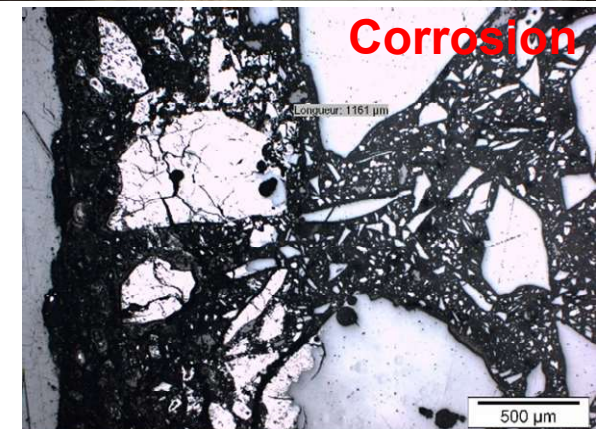
Méthodologie de sélection de réfractaires :

- Tests laboratoire du creuset et du doigt tournant comme prérequis



3. Modes de défaillance

- Lors de l'installation: séchage
- En service :
 - ▶ Corrosion
 - ▶ Sollicitation mécanique
 - Réduction de l'épaisseur du réfractaire
 - Casse mécanique (voûte)
 - Infiltration métal en cas extrême



4. Réfractaires en fin de vie

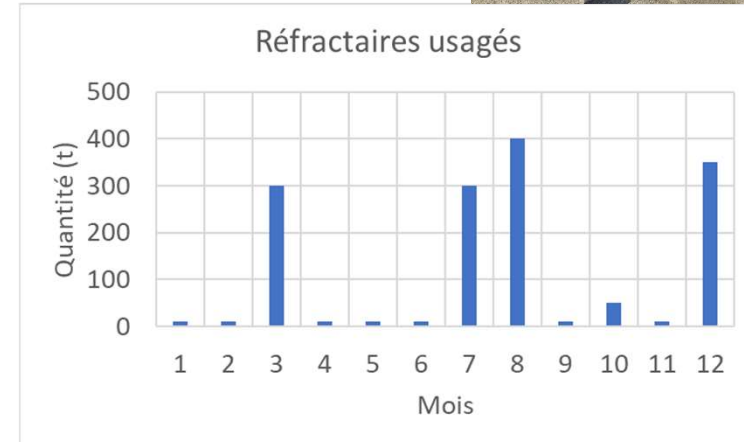
La production d'Aluminium consomme relativement peu de réfractaires

Flux de réfractaires en fin de vie : très irrégulier (type & quantité) :

- Réfractaires d'atelier: volumes faibles, répartis sur l'année
 - ▶ Goulottes
 - ▶ Filtres et dégazeurs en ligne
- Réfection des fours (fusion) : volumes importants
 - ▶ Complètes : fréquence 1 à 8 ans, selon type de four
 - ▶ Partielles : tous les 12 à 24 mois



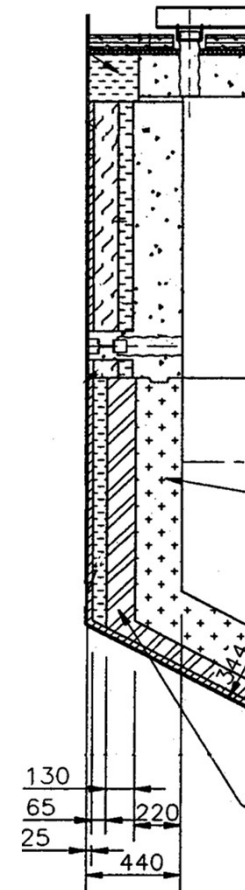
*Schéma de mise à disposition
des réfractaires usagés*



4. Réfractaires en fin de vie

Nature des réfractaires en fin de vie :

- Haute Al_2O_3
- Basse Al_2O_3
- Contenant des fibres métalliques
- Contaminés par les sels
- Corrodés par Al
- Haute teneur en SiC
- SiO_2



4. Réfractaires en fin de vie

Illustrations chantier demolition réfractaire :



→ Tri au démantèlement pour valorisation

4. Réfractaires en fin de vie

Illustrations chantier démolition réfractaire :



**Brique avec
réaction et
métal**



Intrus et mélange



Béton fibré

**Développer une culture de
valorisation des réfractaires**

- **Zone de travail**
- **Tri interne**

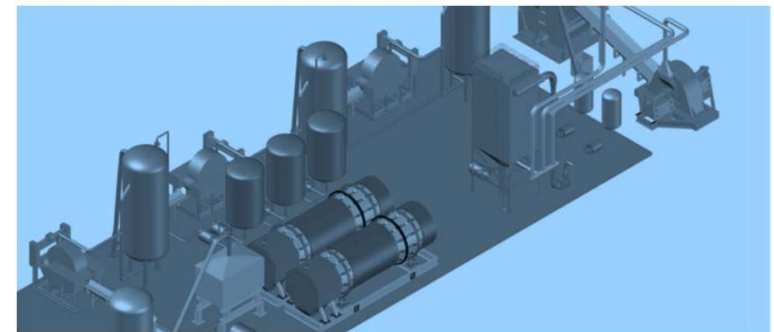


**Briques
avec ciment
et fines**

4. Réfractaires en fin de vie

Valorisation de réfractaires usagés :

- Réfractaires inertes (mélangés ou faible valeur)
 - ▶ Réutilisation (hors réfractaire)
- Réfractaires à haute valeur
 - ▶ Tri soigné et broyage → granulats pour recyclage
- Procédés de lavage + broyage + ?





4. Conclusions

- Fort impact sur la production en cas de difficulté
 - ▶ Processus de qualification

- Méthodes de sélection des réfractaires sont encore assez empiriques
 - ▶ Manque de test reproduisant les sollicitations couplées réelles

- Valorisation des réfractaires
 - ▶ Interne : nécessité de tri
 - ▶ En développement dans le contexte d'approvisionnements difficiles
 - ▶ Pour les utilisateurs: peut devenir un critère de sélection des matériaux
 - ▶ Stratégie des producteurs de réfractaires ?