

- Traitements Thermiques
- Compression Isostatique à Chaud
- Ingénierie des surfaces
- Brasage, Soudage EBW

## LA COMPRESSION ISOSTATIQUE A CHAUD



Empennage Falcon - courtoisie PCC

- ÉLIMINATION DES POROSITÉS DES COMPOSANTS MÉTALLIQUES (fonderies, MIM, fabrication additive par laser ou EBW)
- AMÉLIORATION DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES (fatigue, allongement, dureté)
- FABRICATION DE PIÈCES DE GÉOMÉTRIE COMPLEXE ISSUES DE LA MÉTALLURGIE DES POUDRES
- ASSEMBLAGE PAR DIFFUSION DE MATÉRIAUX DIFFÉRENTS SANS MÉTAL D'APPORT

La technique de compression isostatique à chaud (CIC ou HIP) consiste à soumettre les pièces à l'action simultanée de hautes pressions (1 000 à 2 000 bars) et températures élevées, dans une atmosphère inerte d'argon.

### LE PRINCIPE ET CHAMPS D'APPLICATION

Du fait de l'action simultanée de hautes pressions (1 000 à 2 000 bars) et de températures élevées, la Compression Isostatique à Chaud apporte de nombreux avantages dans divers domaines :

- **En vue de l'élimination des porosités internes** (post-densification) dans les pièces de fonderie (aluminium, acier, superalliage, titane, magnésium, cuivre, céramique) pour leur conférer des propriétés mécaniques plus élevées et moins dispersées, tout en maintenant les caractéristiques dimensionnelles des pièces traitées.

- **Pour l'obtention de pièces de formes complexes issues de la métallurgie des poudres**, difficilement réalisables par les procédés conventionnels d'élaboration ou d'un coût trop important. Après densification de la poudre d'alliage, nous obtenons des composants très performants qui présentent au final une structure isotrope, homogène et d'une densité proche de 100 %. Il est également possible, par cette méthode, d'obtenir des pièces proches de leur forme finale (pièces "near net shape").
- **Dans le cas de réalisation d'assemblages** de matériaux différents, ou identiques, sans ajout de métal d'apport entre les deux par soudage diffusion (inox/cuivre, titane/aluminium, acier/inconel).

### LES DIFFÉRENTS USAGES ET INTÉRÊTS

#### CIC et fonderie de précision

La CIC ou HIP (Hot Isostatic Pressing) est désormais appliquée de façon systématique à une grande variété de pièces moulées (aluminium, acier, superalliage, titane, magnésium, cuivre), principalement les pièces de fonderie « critiques » :

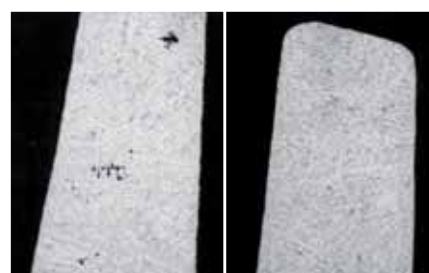
- **AÉRONAUTIQUE** : pièces moteur et structure
- **ÉNERGIE** : aubes et carters
- **FORMULE 1** : blocs, culasses et carters de moteurs
- **MÉDICAL** : prothèses, agrafes...

Les composants moulés traités par CIC possèdent des propriétés mécaniques plus élevées et moins dispersées avec notamment :

- **Leurs performances améliorées** : résistance, ductilité
- **Leur longévité accrue** : durée de vie en fatigue

D'autres propriétés peuvent aussi bénéficier du traitement CIC :

- **État de surface** : prothèse médicale
- **Étanchéité** : portée de joint, vanne



Bout de pale en aluminium de roue de turbocompresseur



Prothèse orthopédique

## LES DIFFÉRENTS USAGES ET INTÉRÊTS (SUITE)

### CIC et métallurgie des poudres

La CIC permet de densifier à 100 % un matériau fabriqué à partir de poudres (métalliques ou céramiques) pour obtenir des produits isotropes tels que des :

- **Demi-produits en alliages très performants** : billettes, barres...
- **Pièces de forme près des côtes, mono ou bimétalliques** : chaque alliage servant une fonction très précise tel que conductivité thermique, ténacité, résistance à la corrosion, à l'usure...
- **Céramiques techniques**
- **Cibles de pulvérisation pour couches minces** : optiques, magnétiques...

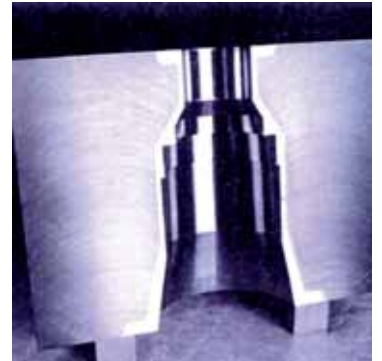
La CIC est aussi utilisée pour améliorer les propriétés des :

- **Pièces M.I.M.** (Metal Injection Moulding) pour l'horlogerie, le médical...
- **Pièces frittées** : carbures...
- **Pièces fabriquées par fabrication additive laser ou EBW** : prothèse en Co-Cr, pièce aéronautique en titane

### CIC et assemblage par diffusion en phase solide

Lors du traitement de CIC, l'assemblage de matériaux différents, ou identiques, génère la diffusion des matières entre elles, sans ajout de métal d'apport. Dans le cadre de pièces bi-matériaux, un métal ou alliage plus onéreux renforce localement un autre alliage moins onéreux. On peut ainsi fabriquer des assemblages servant plusieurs fonctions :

- Échangeurs de chaleur Cu/Inox
- Pièces bi-matériaux résistant à la corrosion, à l'usure (outillages, moules...)
- Nucléaire : assemblage de différents matériaux ne pouvant pas être assemblés par d'autres technologies



Adaptateur pour exploitation off-shore.  
Acier + revêtement interne en Inconel 625

## LES APPLICATIONS ET SECTEURS D'ACTIVITÉS CONCERNÉS

**AÉRONAUTIQUE** : carter, aubage, pièces de structure, pompe

**ÉNERGIE** :

- Pétrole & Gaz : Corps de valve, chemises de pompes, rotules, raccords, moyeux...
- Turbine terrestre : aubage
- Nucléaire : échangeur, cladding

**AUTO** : F1, compétition, endurance, rallye

**MÉDICAL** : prothèse, ancillaire

**MACHINE** : cylindre d'extrusion

**OUTILLAGE** : barres (pleines ou creuses), blocs rectangulaires, billettes

**PVD** : cibles de pulvérisation sur panneaux plats de contrôle, semi-conducteurs

	FONDERIE	MIM (METAL INJECTION MOULDING)	FABRICATION ADDITIVE (LASER OU EBW)
Élimination des défauts internes, porosités	+++	+++	+++
Amélioration des images Rx	+++	+	+
Augmentation de la durée de vie en fatigue	+++	+	+
Augmentation des caractéristiques Rm et Ductilité	++	+	+
Réduction des dispersions de propriétés	+++	+++	+++
Amélioration des états de surfaces des pièces usinées (étanchéité, polissage, corrosion localisée)	+++	+++	+
Augmentation de la densité	+++	++	++

Légende : + acceptable / ++ bon / +++ très bon

VOTRE CONTACT

[www.bodycote.com](http://www.bodycote.com)

[sales.france@bodycote.com](mailto:sales.france@bodycote.com)