

Décembre 2008
N° 590

La revue des Arts et Manufactures

Centraliens



Dossier

Les matériaux, clés de la fiabilité

Lire page 8



Hubert Schaff (ECL 74)
Directeur R&D, Aubert & Duval

Les grandes pièces matricées pour l'Aéronautique et l'Énergie

10 000 tonnes, 22 000 tonnes, 40 000 tonnes, 65 000 tonnes : ce sont les forces des très grosses presses qui servent à matricer en France les grandes pièces en aciers, alliages de titane, superalliages base nickel et alliages d'aluminium destinées aux industries de pointe.

Aubert & Duval (Groupe Eramet) est le deuxième producteur mondial de pièces matricées pour l'aéronautique et les turbines à gaz et occupe une position privilégiée dans le monde grâce à la taille exceptionnelle de ses équipements.

Le Procédé

La Forge Libre, avec une presse à forger traditionnelle de 4 500 tonnes par exemple, permet de réaliser des formes simples par écrasements successifs d'une ébauche déplacée pas à pas en rotation et en translation sous la presse par un engin de manutention (manipulateur).

On peut réaliser de cette manière des arbres droits ou avec épaulements, des méplats, des blocs parallélépipédiques, des disques et des viroles. Mais on ne peut pas réaliser des formes complexes ou des pièces avec des surépaisseurs faibles, au plus près des cotes de la pièce finie. Le procédé de Matricage consiste à réaliser une opération de mise en forme à partir d'une ébauche de formes simples préalablement préparée par forgeage traditionnel : après chauffage dans un four pour atteindre la température métallurgiquement convenable (typiquement aux environs de

1 100°C pour les aciers par exemple), on transfère cette ébauche entre deux matrices gravées à la forme demandée et on presse en appliquant l'énorme force nécessaire à l'écoulement viscoplastique du métal dans la matrice et au remplissage complet de la gravure. Avec la presse de 65 000 tonnes d'Interforge à Issoire, Aubert & Duval réalise les plus grandes pièces demandées par les industries de l'aéronautique et de l'énergie.



Presse de 65 kT Interforge

Lorsque les formes sont très complexes et que le remplissage de certains volumes locaux est impossible en une seule opération, on procède en plusieurs étapes, avec un ou plusieurs jeux de matrices « ébauche » et un jeu de matrices « finition ».



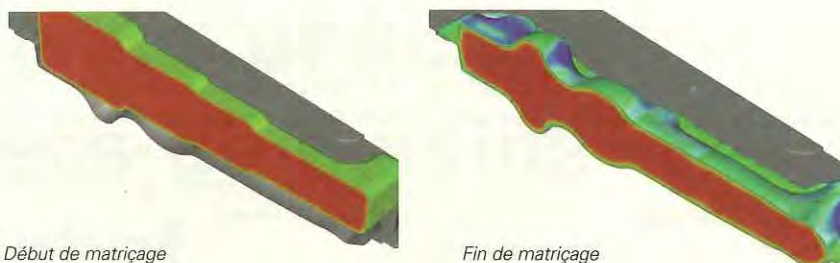
Exemple de pièce matricée : caisson train d'atterrissage

Les Métiers

Aujourd'hui, la forme de la pièce matricée proposée au Client à partir des plans de sa pièce finie, et la force de « pressage » nécessaire à la réalisation, ne sont plus déterminées par des savoir-faire empiriques du passé. Aubert & Duval utilise le logiciel de simulation de la mise en forme Forge 2007® développé par Transvalor et le Centre de Mise en Forme (CEMEF) de l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris : à partir du fichier numérique de la pièce finie envoyée par le Client, on procède à l'« habillage » de la pièce en y ajoutant les surépaisseurs et les rayons de raccordement les plus astucieux pour obtenir le plan de la gravure et de la pièce. La simulation de la déformation viscoplastique au cours du matricage permet



Cartographie des températures



de calculer la courbe d'évolution de l'effort de la presse et la cartographie des températures et des déformations. Des itérations successives permettent d'optimiser les surépaisseurs et les formes, de finaliser le plan du demi-produit forgé à fabriquer préalablement, de minimiser sa masse et son coût et de proposer au Client le plan définitif, un poids et un prix pour la pièce à livrer (*figures ci-contre*). Des études métallurgiques plus fines sont réalisées en parallèle pour évaluer l'homogénéité métallurgique de la pièce dans ses différentes zones critiques et son aptitude aux contrôles non destructifs les plus sévères.

Les perfectionnements des outils de prédiction de la transformation à chaud font l'objet d'études R&D, certaines en partenariat avec Transvalor, le CEMEF et d'autres industriels pour déboucher sur des améliorations du logiciel. D'autres études plus confidentielles, spécifiques à des nuances de superalliages ou d'aciers nouveaux particuliers font l'objet de projets de R&D conduits en interne ou en coopération avec les laboratoires des Grandes Écoles ou d'Universités.

À ces métiers de conception industrielle et de R&D s'ajoutent ceux des outillages : une partie des gros «blocs à matrice» est fabriquée en interne, dans l'aciérie et la forge des usines de Firminy et des Ancizes, d'autres sont approvisionnés à l'extérieur. Les progrès sont orientés vers l'optimisation du «coût à la pièce», par diminution du coût de fabrication et/ou augmentation de la durée de vie de l'outillage.

La Nouvelle Usine Airforge

Aubert & Duval a inauguré en 2007 un ensemble ultra-moderne à Pamiers (Ariège) : l'usine Airforge comporte un laminoin circulaire et une nouvelle presse de 40 000 tonnes et son environnement : préparation des demi-produits, fours de chauffage, robots de transfert et de manutention, traitement thermique et contrôle en ligne (*photo ci-contre*).



Presse 40 000 tonnes Airforge

Cet équipement, conçu pour obtenir une très bonne productivité, donne à Aubert & Duval la capacité industrielle nécessaire aux futurs programmes des Clients.

Quelques pièces

Les quelques exemples ci-dessous donnent une illustration des capacités de fabrication de ce type de pièces :

- *Éclisse de liaison voile-fuselage de l'Airbus A380* : alliage d'aluminium 7010-T7452 - Longueur 7 mètres - Largeur 1,2 mètres - Poids 1 500 Kg (photo : éclisse).

- *Caisson de train d'atterrissage principal Airbus A380* : acier NC40SW (type 300M) destiné à être traité thermiquement pour une résistance de 2000 MPa - Longueur = 3,5 mètres - 5 000 Kg (photo : caisson).

- *Disque de turbine à gaz en Alliage base Nickel du type IN706* : diamètre 2,3 mètres - Poids 10 000 Kg (photo : disque de Turbine à Gaz).

- *Longeron inférieur de mât-réacteur A380 en Alliage de Titane TA6V* : longueur 4,6 mètres - Largeur 0,5 mètres - Poids 270 Kg. Le mât-réacteur (Engine Pylon) est la structure qui assure la liaison entre le moteur et la voilure de l'avion (photo : longeron inférieur).

Les Développements futurs

Les pièces matricées continuent à être privilégiées pour les éléments de structure à très haute fiabilité et pour les pièces tournantes (disques de moteurs d'avions et de turbines à gaz terrestres). Chaque nouveau projet exige des progrès dans deux axes :

- *Des microstructures* de mieux en mieux maîtrisées pour minimiser la dispersion des caractéristiques mécaniques et permettre des contrôles non destructifs de plus en plus fins.

- *Des matériaux nouveaux* : alliage d'aluminium-lithium pour les pièces de fuselage, nouveaux aciers inoxydables à très haute

résistance (1 700 MPa et 1 900 MPa) pour les zones très chargées comme les rails de volet et les trains d'atterrissage, nouveaux alliages de titane Ti 10-2-3 et Ti 5553 à résistance élevée, aciers à ultra haute résistance (2 300 MPa) pour obtenir des gains de masse et nouveaux superalliages pour des disques moteurs à températures plus élevées.

Le vainqueur de la compétition mondiale dans ces métiers sera celui qui proposera les durées de développement les plus courtes, pour les pièces les plus homogènes et au plus près des cotes finies, à un prix compétitif.

C'est ce défi que cherchent à relever les équipes d'Aubert & Duval, en partenariat avec les grands Clients, notamment : Snecma, General Electric, IHI, Rolls Royce, Airbus, Boeing, Messier Dowty, Goodrich, General Electric Power, Siemens... ■

Hubert Schaff (ECL 74)

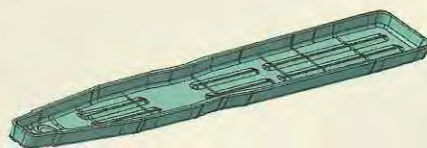
Exemples de pièces de l'A380



Disque de turbine



Éclisse



Longeron inférieur



Caisson