
Les nouvelles technologies pour la production de modèles en fonderie

TITRE DU PROJET: Prototypage rapide, Stéréolithographie

Manon Huard, Gérald Tremblay, Normand Desbiens

Dans le cadre d'un projet d'implantation d'une fonderie, une équipe a été chargée d'effectuer la planification de la liste des équipements nécessaires à la fabrication de pièces coulées, ainsi que leur disposition dans l'usine.

Pour ce qui est de la section de production de modèles que le Centre de Haute Technologie pourrait éventuellement implanter, les recherches des technologies existantes tels que la stéréolithographie, l'usinage automatisé et autres sont à effectuer. À notre connaissance, à l'exception du procédé d'usinage, il n'existe pas de système de production de modèles hautement sophistiqué et opérationnel au Québec.

Le présent projet permettra d'explorer les technologies et de cerner plus précisément les besoins en matière de modèlerie. On pourra alors faire le choix d'une technologie qui saura faciliter et diminuer les coûts de la conception-fabrication de produits et accroître la rapidité de production et de mise en marché de ces produits élaborés par les industriels québécois.

Problématique

Le Centre de Haute Technologie de Jonquière se prépare présentement à implanter un atelier de fonderie pour l'aluminium, ses alliages et composites. Cette fonderie sera mise à la disposition de promoteurs ou d'entreprises qui désirent, à compter de l'automne 1995, développer un nouveau produit ou améliorer un produit existant. Les installations prévues seront donc fonctionnelles pour le prototypage et les courtes courses de production.

Étant donné que l'atelier de fonderie aura une vocation première de développement de produits d'aluminium et de ses dérivés, la production de modèles de fonderie devient un facteur considérablement important. C'est pourquoi les responsables du projet désirent éventuellement inclure une section de production de modèles dans l'atelier de fonderie.

À l'heure actuelle, les ateliers de réalisation de modèles sont peu nombreux au Québec. Le métier de modelleur se veut un art : à partir du dessin d'une pièce, le modelleur fabrique manuellement un premier patron, le plus souvent en bois. Pour ces raisons, les délais de production de modèles de fonderie, et par conséquent, des pièces coulées, sont relativement longs.

En Europe et aux États-Unis, on parle désormais de prototypage rapide ou stéréolithographie. Les procédés de production sont variés : usinage robotisé, polymérisation de résine au laser, ... Largement utilisés dans le développement de nouvelles pièces, ces procédés « hi-tech » permettent de fabriquer un prototype directement à partir de dessins CAO. Lorsque comparés à la modélisation conventionnelle et artisanale, ils présentent de multiples avantages tels : un délai de réalisation inégalé, une grande précision, un modèle répétable à l'infini et une diminution du nombre de rejets.

Les procédés de stéréolithographie sont méconnus de l'industrie québécoise. Ce secteur aurait fort à gagner si une section de production de modèles du genre était implantée à Jonquière à même le projet de fonderie. Nous aurions là un centre complet de développement de pièces et produits d'aluminium et de ses dérivés.

Une section de production de modèles aussi moderne donnerait l'opportunité aux industries québécoises de la fonderie des métaux et des plastiques d'accroître la qualité et la rapidité du développement de nouveaux produits.

En cette ère de qualité totale, de « just in time » et de mondialisation des marchés, nous croyons que le projet de stéréolithographie peut améliorer la situation concurrentielle de ces entreprises, voire même les aider à ouvrir de nouveaux marchés.

Mais, il existe une multitude de choix technologiques pour le prototypage rapide. Il est essentiel d'effectuer une étude préliminaire à l'implantation afin de déterminer et de définir l'orientation du choix technologique le plus approprié.

Définition d'un prototype

Un prototype est le premier exemplaire d'un produit destiné à vérifier ses diverses caractéristiques avant la production en série.

On peut distinguer deux niveaux de prototypage suivant les besoins. Le premier besoin peut être la visualisation; on demandera au prototype de répondre aux exigences de forme générale.

Une autre utilisation du prototype vise à valider les techniques de conception, la qualité métallurgique et la précision dimensionnelle.

Enfin on peut faire subir au prototype des essais expérimentaux en laboratoire ou en situation réelle de service pour vérifier ses qualités mécanique et physique telles que, résistance à la fatigue, à l'oxydation, au fluage...

Objectifs

Les objectifs que nous entendons réaliser dans le présent projet de recherche se définissent comme suit :

- Recueillir les informations techniques sur les différents procédés de prototypage rapide existants
- Réaliser une revue de la littérature de la recherche sur le prototypage rapide
- Analyser les différents procédés : capacités, limites, mode d'opération, environnement nécessaire, etc.
- Cerner les besoins du Centre de Haute Technologie et des industries québécoises requérant les services de modèlerie
- Définir une orientation technique pour le prototypage rapide dans la fonderie.

Méthodologie

Les étapes qui sont actuellement planifiées pour la réalisation du projet sont les suivantes :

1. Mettre en place une méthodologie de recherche et d'exploration
2. Effectuer une revue de littérature traitant du prototypage rapide
3. Définir les critères de qualité de modelage (ressources humaines et matérielles)
4. Définir les besoins locaux et provinciaux en matière de modelage
5. Caractériser les contraintes techniques et économiques du CHT
6. Dresser l'inventaire des technologies existantes
7. Explorer et analyser les choix retenus

8. Établir une stratégie d'implantation d'une section de production de modèles à l'intérieur de l'atelier de fonderie.

Description de quelques techniques de prototypage rapide

A- La stéréolithographie

L'architecture des nouveaux moyens de prototypage rapide s'apparente à celle des machines outils à commande numérique. Le bloc commande numérique est remplacé par une console où sont programmés les parcours d'outils (le plus souvent au laser) et l'épaisseur des couches à réaliser.

Cependant, le mode d'obtention d'un modèle diffère nettement. En commande numérique, on obtient la géométrie de la pièce par enlèvement de matière par passes successives. Avec les nouveaux moyens de P.R. on réalise la géométrie désirée par superposition successive de couches minces de matériaux.

Ces machines s'intègrent nécessairement dans une boucle CFAO comprenant deux modules, entre autres :

- le premier module qui permet de digitaliser ou construire un modèle géométrique par CAO. Ce modèle est ensuite emmagasiné sous forme d'un fichier numérique
- le second permet de fabriquer le modèle, après le transfert du fichier vers la machine de prototypage rapide.

Après que l'on ait défini le modèle sous forme de fichier numérique le travail consiste, compte tenu du niveau de complexité géométrique, des tolérances dimensionnelles et de l'état de surface requis, à fabriquer le modèle en déterminant les éléments suivants :

- nombres de couches
- épaisseur des couches
- orientation du modèle à fabriquer
- définition et positionnement des supports
- choix du matériau le mieux adapté.

Le matériau servant à la construction du modèle est contenu la plupart du temps dans un bac dont la surface est exposée soit à un faisceau laser, soit à un flash ultraviolet, soit à un jet de liant. Le bac se déplace à l'aide d'un piston suivant l'axe vertical.

Le modèle sera obtenu couche par couche.

Le contour de chacune des couches est obtenu par balayage du faisceau laser à la surface du bac de résine. Lors du balayage, la résine est photopolymérisée sur une épaisseur déterminée lors de la programmation. Une fois cette couche solidifiée, le piston descend d'un pas, soit d'une épaisseur équivalente à l'épaisseur de la

couche polymérisée; la résine liquide recouvre alors la partie du modèle déjà réalisée. Une couche supplémentaire sera solidifiée à son tour.

Des supports sont nécessaires pour maintenir le modèle en cours de fabrication, leur type et leur nombre varient suivant la complexité de la pièce. Pour obtenir une rigidité suffisante il est nécessaire de faire subir au modèle ainsi réalisé, une cuisson.

B- Frittage sélectif par laser (SLS)

Les matériaux (cire, nylon, PVC, céramiques, métaux), se présentant sous forme de poudre solide contenue dans un bac, sont fondus sous l'effet d'un laser. Après balayage du faisceau, le matériau redevient solide avec le contour désiré. Le modèle étant construit dans un bac de poudre solide, il n'a donc pas besoin de support.

C- Procédé CUBITAL

Les couches de photopolymères sont exposées à un flash ultraviolet à travers un masque. La résine exposée non solidifiée est enlevée et remplacée par de la cire. La couche résine-cire est fraisée pour servir de base à la couche suivante. Lorsque toutes les couches ont été déposées, la cire est enlevée. Ce procédé ne nécessite pas la fabrication de support.

D- Dépôt de matière en fusion (FDS)

Un matériau thermoplastique, semi-pâteux, chauffé dans une buse, est extrudé et déposé couche par couche par une tête pilotée.

E- Empilage et découpe de matériaux laminés (LOM)

Ce procédé allie deux techniques : le collage et la découpe par laser. Les matériaux (papier kraft et film polyester) sont découpés par laser CO₂ puis collés de façon à former un modèle.

F- Dépôt de plastique-cire par jet

Deux têtes spéciales, l'une pour déposer les gouttelettes de plastique qui constitueront la future pièce, et l'autre pour construire son support en cire, fonctionnent sur le principe de l'impression par jet d'encre. Le plastique chaud et pulvérisé, se solidifie lors de l'impact avec le support froid. La pulvérisation de couches successives permet l'édification du modèle. Une tête de fraisage assure la finition des couches ou élimine une couche mal déposée.

G- Procédé SOLIGEN

Un liant céramique est projeté dans un bac de poudre céramique. Après projection, on souffle la poudre et

on effectue un frittage. Le moule carapace est alors réalisé.

H- Procédé EOSCAN

Un laser vient fritter la surface de matériaux céramiques.

Conclusion

Telles sont les résultats actuels de notre démarche visant à produire des modèles de prototypage en fonderie.