

Injection de poudre céramique

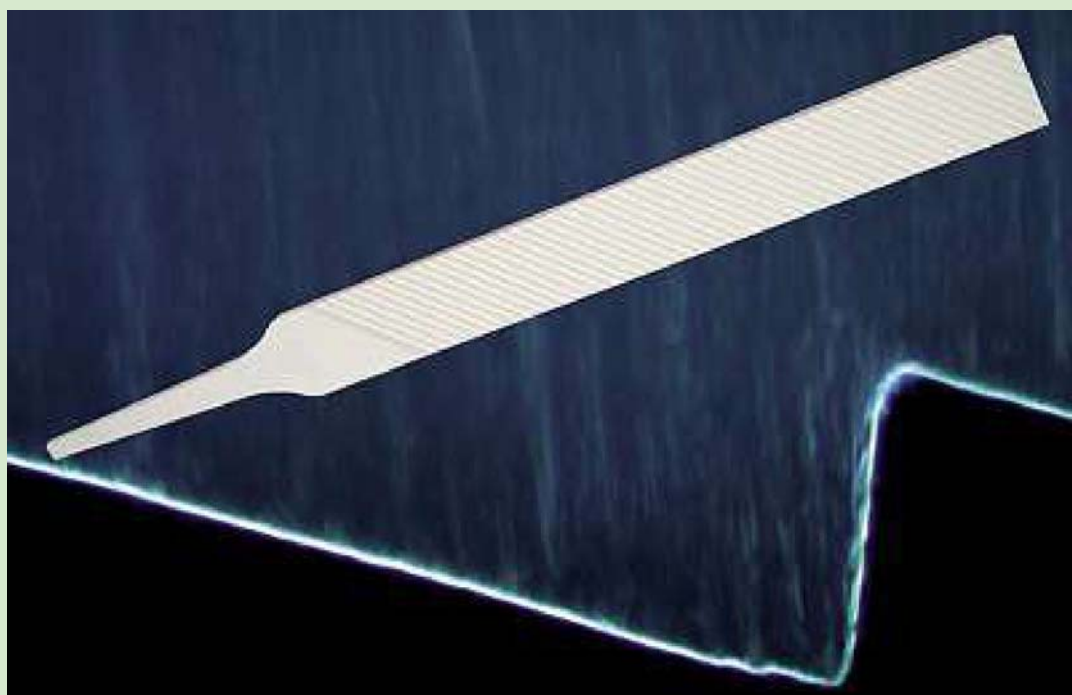
Aux limites de l'injection

Dans le cadre d'un travail de Bachelor, récompensé par le Prix Réseau plasturgie 2010, des chercheurs de l'Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg ont développé un processus de production de limes en céramique au moyen de l'injection de polymère chargé. Une collaboration avec le réseau de compétences MaCHoP et l'entreprise Dentsply Maillefer SA vise à adapter cette technique à la problématique d'une fraise dentaire jetable. Ces deux projets font l'objet d'une demande de dépôt de brevet.

Limes et fraises jouent un rôle important tant dans la production d'équipements à usage médical que dans le travail médical lui-même. Les spécificités du domaine médical font que l'outillage doit être régulièrement stérilisé. Depuis l'apparition du sida et de la maladie de Creutzfeld-Jakob, les procédures de stérilisation sont de plus en plus lourdes et agressives pour les outils et les matériaux qui les constituent. Les producteurs se doivent donc de recourir à des matériaux supportant ces procédures, ou se tourner vers des outils à usage unique.

Un matériau aux propriétés idéales

Dans le cadre d'un travail de Bachelor réalisé à l'Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg (EIA-FR), Jean-Marc Boéchat, Laure Lalande et Gabriele Bordoli se sont penchés sur l'injection de polymère chargé pour réaliser une lime en céramique. Le choix d'un matériau – biocompatible – s'est porté sur l'oxyde de zirconium (ZrO_2). Pur, ce dernier



Lime en céramique et profil de coupe.

se révèle pourtant inutilisable: en effet, entre la température de production et la température ambiante, il subit une transition de phase qui se manifeste par l'éclatement des pièces produites. Pour pallier à ce problème, ZrO_2 est mé-

langé à 5% d'oxyde d'yttrium (Y_2O_3). Cette adjonction le rend stable, car elle fige la structure à haute température. Autre avantage: lors de l'apparition d'une fissure, l'énergie mécanique mise en jeu provoque la transition de phase, avec pour effet un arrêt de la propagation de la fissure.

Afin de tenir compte des caractéristiques mécaniques de l'oxyde de zirconium, les chercheurs ont dû redéfinir le profil de la lime. En effet, les matériaux céramiques supportent mal les concentrateurs de contraintes tels que les angles vifs, un problème pour le moins aigu dans le cas d'une lime. Une étude du profil de limes métalliques et d'engins de coupe réalisés en céramique a permis d'envisager diverses solutions.

Ces dernières ont été testées à l'aide de simulations réalisées par des modèles à éléments finis. La solution retenue consiste à remplacer l'angle à la base d'une dent par un rayon. Au vu de la technique de production retenue – l'injection de polymère chargé (CIM – Ceramic Injection Molding) – il fallait encore veiller à ce que le profil choisi permette le remplissage du moule lors de l'injection ainsi que le démoulage.

Les avantages de l'injection

La technique de l'injection compte plusieurs avantages sur la technique d'usinage. Elle ne produit que très peu de déchets, et ceux-ci sont aisément recyclables. De plus, l'usinage de matériaux

→ L'assemblée générale

L'assemblée générale du Réseau plasturgie s'est tenue le 9 novembre 2011 à Fribourg, et l'injection de polymères chargés y était à l'honneur. A cette occasion, Peter Lack, président de l'Association du Réseau plasturgie a en effet remis le tout premier Prix Réseau plasturgie à Gabriele Bordoli. Ce dernier s'est vu récompensé pour la qualité de son travail de Bachelor portant sur le développement d'une lime en céramique.

Plus tard, Johan Ter Maat, de BASF, a donné une conférence intitulée «Taking highly filled plastics one step further – Powder Injection Molding» dans laquelle il a présenté les principes de l'injection de polymère chargé, les différents matériaux disponibles et leurs propriétés respectives avant de conclure par une brève analyse de ce marché.

durs est difficile et produit toujours des défauts. Le matériau brut se présente ici sous la forme d'un mélange (dans une proportion volumétrique de 50/50) de polymère et de ZrO_2 . L'injection se fait de manière standard, bien que dans le cadre d'une production industrielle, le polymère chargé puisse poser des problèmes d'abrasion.

Une fois la pièce injectée, elle subit un processus de déliantage, durant lequel le polymère est éliminé. La céramique, pure, est alors frittée, afin de consolider la matière. Ces opérations conduisent à une perte de volume de la pièce. Le changement volumétrique étant quasi isotropique, il ne pose aucun problème particulier pour peu qu'il soit suffisamment bien calibré. On peut même le voir comme un avantage dans la mesure où il permet de travailler sur un moule plus gros que la pièce finie, et donc plus facilement usinable.

De la lime à la fraise

Forts de l'expérience acquise avec leur lime, Jean-Marc Boéchat et Laure Lalande souhaitent maintenant développer une fraise de



Fraise dentaire.

dentisterie selon le même procédé d'injection de polymère chargé de poudre céramique. Ce projet se déroule en collaboration avec deux membres du Réseau plasturgie (MaCHO^P et l'entreprise Dentsply Maillefer SA) ainsi qu'avec la HES-SO (sites d'Yverdon et du Valais). L'idée est ici de

produire une fraise à usage unique. Dans une optique de commercialisation, son prix se doit d'être concurrentiel face à une fraise multi-usage usinée en carbure de tungstène et aux opérations de stérilisation qu'elle nécessite. Les fraises de dentisterie sont normalisées. Leur faible taille rend impossible l'injection d'un profil de coupe aussi fin que celui d'une arête de fraise. Pour arriver à leur fin, les chercheurs entendent profiter du défaut qui apparaît systématiquement au

fraise en résine. Injecter un polymère chargé en particules de métal par le procédé MIM (Metal Injection Molding) sur cette résine leur permet ensuite d'obtenir les empreintes du moule d'injection de la fraise finale.

Ces deux projets, qui poussent les techniques d'injection dans leurs extrêmes limites, ont fait l'office d'une demande de dépôt de brevet. Dans le cas de la lime céramique, Jean-Marc Boéchat, Laure Lalande et Gabriele Bordoli souhaitent trouver au plus vite un

→ Nouveaux arrivants

Le Réseau plasturgie compte à ce jour 75 membres. Les cinq nouveaux arrivants sont:

Institut für Werkstofftechnik
und Kunststoffverarbeitung
(IWK)

Oberseestrasse 10
CH-8640 Rapperswil
iwk@hsr.ch

elfo ag
CH-6072 Sachseln
www.elfo.ch

B. Braun Medical SA
Route de la Sorge 9
CH-1023 Crissier
www.bbraun.com

ETA SA
Schild-Rust-Strasse 17
CH-2540 Granges
www.eta.ch

Alma Extrusions AG
Route de Pensier 35
CH-1782 Cormagens
www.almasa.ch

Vous souhaitez adhérer au Réseau plasturgie ou vous informer sur ses activités? Visitez le site Internet www.reseau-plasturgie.ch



Un modèle de la fraise obtenu par stéréo-lithographie permet de réaliser une empreinte de moule par procédé MIM (Metal Injection Molding).

niveau du plan de joint pour en faire l'arête de coupe de la fraise. Histoire de corser encore un peu plus le problème, le profil doit être conçu pour garantir au patient un usage unique de la fraise. Pour tester le profil sélectionné, Jean-Marc Boéchat et Laure Lalande ont fait usiner un exemple type qui a pu être testé et validé sur de vraies dents.

Le défi du moule

Le défi auquel ils font face est la réalisation d'un moule de très petite taille dont ils pourront contrôler et optimiser le défaut de plan de joint. Après plusieurs essais, la technique qui leur semble la plus prometteuse consiste tout d'abord à réaliser, par stéréo-lithographie, une copie de la

partenaire intéressé par l'acquisition d'une licence afin de voir leur projet prendre un tournant industriel.

Texte: Philippe Morel, rédacteur indépendant (Villars-sur-Glâne)

→ Contact

Prof. Jean-Marc Boéchat
Ecole d'ingénieurs
et d'architectes de Fribourg
Département des technologies
industrielles
Pérolles 80
CH-1705 Fribourg
Téléphone +41 26 429 66 62
jean-marc.boechat@hefr.ch