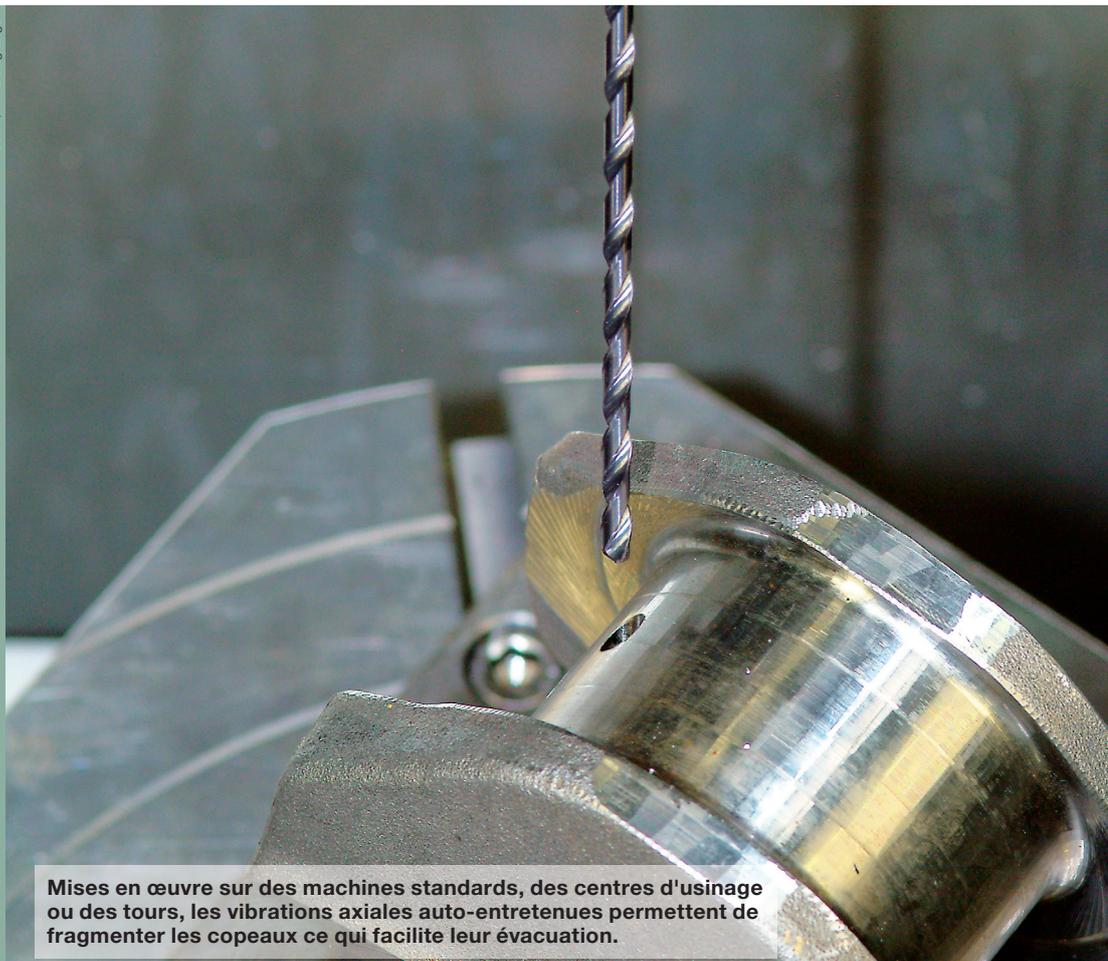


Cetim, Ph. Delagrange

Programme de recherche exemplaire tant par les résultats déjà obtenus que par l'implication des partenaires, le Forage à grande vitesse vibratoire (FGVV) entre dans sa dernière ligne droite. Le transfert de cette technologie à l'industrie du décolletage est programmé.



Mises en œuvre sur des machines standards, des centres d'usinage ou des tours, les vibrations axiales auto-entretenues permettent de fragmenter les copeaux ce qui facilite leur évacuation.

Forage à grande vitesse vibratoire

Des réductions de coûts annoncées

Sujet d'un ambitieux programme de recherche, le Forage à grande vitesse vibratoire (FGVV) engrange déjà des résultats remarquables. Le temps de perçage profond dans l'acier est divisé par trois, les gains de productivité enregistrés sont de l'ordre de 40 % et la durée de vie de l'outil est multipliée par trois. Explications !

Contrairement aux autres types d'usinage qui ont connu une évolution fulgurante, le perçage profond (20 fois le diamètre de l'outil) n'a pas beaucoup progressé ces dernières années. Omniprésent dans de nombreux domaines industriels comme la fabrication d'automobiles, l'armement, la mécanique générale, l'aéronautique, etc., il représente pourtant un champ d'investigation particulièrement mobilisateur.

Lancé en 2007 pour une durée de trois ans, le programme Forage à grande vitesse vibratoire (FGVV),

visé à remédier à ce retard et à mettre à la disposition des industriels un nouveau procédé, plus économique, de grande productivité et écologique, c'est-à-dire sans lubrification.

« Labélisé par deux pôles de compétitivité, ViaMéca et Arve Industries, le programme FGVV est co-financé par les collectivités locales concernées », indique Joël Rech, professeur à l'École nationale d'ingénieurs de Saint-Étienne (Énise) et responsable scientifique du FGVV. Près de trois millions d'euros ont été consacrés sur trois ans au développement de cette nouvelle techno-

logie d'usinage. La moitié du financement est assurée par les partenaires du projet.

De Foropt à FGCV

Rappelons que ce programme a été précédé par plusieurs projets de recherche réalisés dans le cadre du programme Foropt (optimisation du procédé de forage profond) initié par le Cetim dès 2002. Ces premiers travaux ont permis de valider et de développer la technologie de forage des trous profonds grâce aux vibrations axiales auto-entretenues. Une démarche qui assure une coupe interrompue, comparable à un grand nombre de cycles de déburrage de faible amplitude. Et les avantages sont évidents ! Comme sa mise en œuvre sur des machines standards, des centres d'usinage ou des tours, ce qui réduit l'investissement. S'y ajoute la suppression de la lubrification centralisée sous haute pression avec sa longue liste d'inconvénients (pollution, coûts, etc.).

En fait, un des principaux atouts de ce procédé par rapport aux procédés classiques (cycles de déburrage ou lubrification interne à haute pression), c'est de fragmenter les copeaux et de faciliter ainsi leur évacuation. Un résultat d'autant plus intéressant quand il s'agit de trous très profonds.

Des gains de productivité de 40 %

Les premiers travaux réalisés dans le cadre de Foropt ont fait le point sur l'état de l'art de cette technologie et sur les possibilités d'amélioration des solutions qu'utilisent habituellement les industriels. Les essais et les validations effectués, à l'aide de démonstrateurs, sur des pièces en acier (des vilebrequins), en inox (du matériel médical) et en aluminium (des culasses d'automobile) avec différents outils et stratégies d'usinage ont prouvé la validité du procédé. Les gains de productivité enregistrés sont de l'ordre de 40 % et la durée de vie de l'outil a été multipliée par trois.

Objet de trois thèses de doctorat, le forage des trous profonds grâce aux vibrations axiales auto-entretenues s'est imposé comme la solution la plus adaptée à ce type d'usinage.

Lancé en 2007 pour une durée de

trois ans, le programme Forage à grande vitesse vibratoire (FGVV) correspond ainsi à la poursuite des recherches menées dans le cadre de Foropt avec pour objectif, l'industrialisation du procédé pour la production en grande série.

Des industriels très impliqués

Confrontés aux difficultés du perçage profond, les industriels, à l'exemple de Montupet, se sont très vite impliqués dans le programme FGVV.

« *Le design des culasses ne cesse d'évoluer et de se complexifier avec une réduction des sections des circulations d'huile et de l'eau* », explique Grégoire Guibard, ingénieur R&D chez Montupet. *Le temps d'usinage effectif d'une culasse représente 40 à 60 % du temps total de cycle. Le perçage représente 20 à 35 % de ce temps d'usinage. Le forage à grande vitesse vibratoire, pour lequel nous assurons des essais dans l'aluminium et l'acier, assure une réduction sensible du temps de cycle et de l'investissement. Il permet aussi d'obtenir une meilleure fragmentation des copeaux lors des opérations de perçage. C'est un résultat intéressant car nos clients n'acceptent pas plus de 1,37 g de copeaux dans une culasse à la livraison. Or, le perçage classique produit 0,7 kg de copeaux d'une longueur de plus de 6 mm qu'il faut enlever pour atteindre cet objectif.* »

→ À RETENIR

Un concept breveté

Le système de forage à grande vitesse vibratoire comporte un corps principal qui réalise l'attachement entre le porte-outil et la broche de la machine, un système d'attachement de l'outil pouvant coulisser dans le corps principal et une douille à bille qui assure le guidage. Un ressort positionné entre le corps principal et la partie mobile du porte-outil accumule l'énergie fournie par la coupe et la restitue sous forme de vibrations axiales. Développée à Grenoble-INP, le concept fait l'objet d'un brevet mondial détenu jusqu'en 2019 par Grenoble-INP et le Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Un cahier des charges fourni

Reste que tous les partenaires impliqués dans le projet ont encore du pain sur la planche, car le cahier de charges jusqu'en décembre 2010, date de fin de programme, est bien riche.

« *L'industrialisation du procédé dans l'acier, mais aussi dans d'autres matériaux comme les alliages d'aluminium*



■ L'AVIS DE

Elysé Botelle, p.d.-g. d'Evaflo

« Usiner des trous profonds à grande vitesse réduira les coûts »

« *Notre PME, située à Saint-Germain-Laval (42), fabrique des blocs hydrauliques pour différents domaines industriels comme le BTP, l'agriculture, l'industrie, etc. Des pièces qui comportent de nombreuses opérations de perçage profond qui varient entre dix et vingt fois le diamètre. Le programme FGVV, pour lequel nous assurons une série d'essais sur des pièces en acier et en fonte, est très intéressant. Usiner des trous profonds à grande vitesse sur une machine classique avec des outils standards, réduira sensiblement les coûts de production.* »

ou l'inox figure au menu des travaux », confirme Joël Rech.

Il s'agit notamment de concevoir un porte-outil adapté à l'usinage de ces matériaux et d'améliorer la forme des outils ainsi que leur revêtement. Il faut également poursuivre les essais pour compléter la base de données d'usinage profond des différents matériaux.

Selon Joël Rech, « les premiers essais dans l'acier sont concluants. Le perçage vibratoire autorise une vitesse de coupe plus élevée et le temps de cycle est divisé par trois. Il permet aussi d'usiner sans lubrification ce qui élimine aussi le phénomène de collage des copeaux. »

Exemple à l'appui

Les résultats obtenus pour le perçage à sec d'un vilebrequin en acier 35MV7 (270 HB) avec des trous de 5 mm de diamètre et 100 mm de profondeur, se passent de commentaire.

En forage classique, avec un foret $\frac{3}{4}$, le temps de cycle est de 24 s et la durée de vie de l'outil est de 15

min. Ce type de forage nécessite une machine spéciale avec lubrification sous haute pression. Le forage vibratoire divise par trois ce temps de cycle et la durée de vie de l'outil est de 25 min. L'usinage s'effectue à sec sur un centre d'usinage standard et avec un foret carbure. La qualité des trous est comparable.

Même résultats encourageants pour l'usinage d'autres matériaux comme l'inox qui ne présente pas de phénomène de collage. Restent à étudier les aspects thermiques qui semblent favoriser ce type de perçage dans l'inox.

Un riche programme d'essais est également prévu pour l'usinage des alliages d'aluminium avec le perçage de trous de fixation et des puits de bougies.

« Deux matières différentes ont été choisies pour usiner des trous avec des diamètres compris entre 10 et 20 mm », explique Joël Rech. À savoir, la plus difficile à usiner (AS7, très collant) et la plus facile (AS7U3G), mais qui concerne le volume de production le plus important dans l'industrie.

Le transfert au décolletage et la modélisation

Autre défi important auquel se sont attaqués les partenaires du programme : le transfert de cette technologie au décolletage. Les applications concernent le perçage des trous de petit diamètre, compris entre 1 et 5 mm. Un porte-outil adapté au décolletage a été conçu et réalisé pour permettre des essais dans des aciers S300Pb, 18CD4 et inox.

Indispensable pour pouvoir prédéterminer sans essai le comportement du système et les conditions opératoires optimales, la modélisation du procédé est une étape essentielle.

« Les travaux en la matière sont basés sur la théorie des lobes de stabilité pour le système masse/ressort du porte-outil et l'identification de l'effort excitateur », précise Joël Rech.

Objectif : la mise au point d'un simulateur capable d'indiquer les conditions de coupe pour un usinage donné.

Enfin, la production en grande série exige des procédés sécurisés. Quel est par exemple, l'impact des vibrations engendrées par le perçage vibratoire sur la machine ? Il faudra pour y répondre, établir un



Cetim, Ph. Delagrangé

Joël Rech, professeur à l'Énise et directeur scientifique du programme Forage à grande vitesse vibratoire.

modèle de comportement dynamique de la tête vibratoire et de la broche. Ce qui permettra de détecter une plage de fonctionnement adaptée.

Plusieurs solutions d'instrumentation du porte-outil permettant de contrôler la présence ou l'absence des vibrations sont enfin, en cours de validation. Le principe de fonctionnement de ces systèmes est basé sur la détection en amont d'un problème d'amortissement des vibrations qui entraîne un arrêt de l'avance de la machine.

« Notre objectif est de proposer à la fin des travaux une solution industrielle (un environnement matériel et logiciel) qui facilite la diffusion de cette technologie innovante, conclut Joël Rech. Il s'agit d'un kit industriel comportant le porte-outil, les forets et le logiciel adapté à ces usinages. »

Rendez-vous est donc pris en décembre 2010... ■ ADP

→ CLÉS

Les partenaires du projet

Le programme de Forage à grande vitesse vibratoire (FGVV) a permis de valider sur le plan industriel, le procédé de perçage vibratoire à basse fréquence, financé par le Cetim et mis au point par les laboratoires 3S de l'université de Grenoble et LTDS de l'Énise. Projet applicatif du programme stratégique « plateformes et procédés innovants » du Cetim, il regroupe un grand nombre de partenaires : Outiltec, Thermi-Platin, Groupe Tivoly, Chartreuse Précision, Erasteel, PCI, Montupet, Chambon, UF1, Capricorn Automotive, Evaflo, Mhac Technology, Ugitech, l'Énise, l'Université de Grenoble (avec G-INP et l'Université Joseph Fourier), l'IFMA (Institut français de mécanique avancée), le CTDec (Centre technique du décolletage) et le Cetim.



contact Bruno Davier
Tél. : 03 44 67 36 82
sqr@cetim.fr