Une étude révèle la géométrie idéale des arêtes de coupe pour le fraisage du ZrO2

26 août 2016, 02:00

Peter ten Haaf

A l'université ETH de Zurich (Suisse), une étude a été réalisée concernant l'incidence de la géométrie des fraises diamantées sur les performances d'usinage du dioxyde de zirconium (ZrO2) fritté. Les chercheurs ont réalisé des essais d'usinage avec trois types de géométrie pour déterminer celle qui permet d'optimaliser le rapport débit d'usinage-force de coupe.

State-of-the-art

La machine à rectifier est le procédé d'usinage traditionnel pour les céramiques techniques frittées. Dans le cas de l'usinage de l'oxyde de zirconium(IV) ou ZrO_2, l'une des céramiques techniques les plus utilisées, des débits spécifiques allant jusqu'à 8 mm^3/mm.s sont envisageables. Toutefois, dès lors qu'il s'agit d'usiner des géométries avec des petits diamètres, les principaux défis à relever pour préserver le niveau de performance sont l'usure rapide de la fraise, la longue durée des cycles, et la nécessité d'utiliser des broches ultrarapides. S'agissant de la phase de conception des outils de coupe diamantés, les nouvelles méthodes de production, par exemple, l'ablation par laser pulsé (PLA) et l'électroérosion (EDM) laissent un peu plus de liberté – par exemple, l'usinage de cavités de forme spiralée. Mais pour usiner des céramiques frittées, on peut également utiliser des outils en acier dur à revêtement diamanté. C'est la méthode qui autorise la plus grande liberté quant à la géométrie des formes. Par contre, la durabilité de l'outil est limitée par la délamination du revêtement.

Conception de l'outil

A l'université ETH de Zurich (Suisse), des chercheurs ont réalisé des essais avec des fraises diamantées de formes différentes, en vue de comparer les performances d'usinage concernant le ZrO_2 fritté. Ce qu'ils ont constaté ? La différence entre les divers outils se situe au niveau de la géométrie des arêtes (lèvres) de coupe, réalisées par ablation laser pulsé à ultra haute fréquence. Les essais ont été réalisés avec trois types de fraises ayant le même diamètre (1,9 mm). Etant donné que l'épaisseur d'usinage dans le cas du ZrO_2 fritté se situe entre 0,18 et 5,28 µm, il est possible de réaliser des petites goujures (la profondeur d'usinage est 0,1 µm). Plus la goujure est petite, plus grand sera le nombre des arêtes de coupe, ce qui améliore la tenue de l'outil dans la durée.





Figure 1: Trois géométries différentes pour les arêtes de coupe (à gauche : A – au centre : B – à droite : C)

La géométrie A (trois arêtes de coupe parallèles à l'axe de la fraise) a été choisie pour évaluer de manière simple l'incidence de l'angle du tranchant et de l'angle de dépouille sur les performances de l'outil. Les géométries B et C (dans les deux cas : arêtes de coupe hélicoïdales) ont servi à évaluer l'incidence des tranchants continus et discontinus. Pour obtenir une longueur de coupe identique dans les deux cas, l'outil B a reçu 15 arêtes de coupe et l'outil C, 8 arêtes de coupe en losange.

Essais d'usinage

Les chercheurs ont réalisé des essais d'usinage avec une machine rectifieuse à trois axes de haute précision, équipée d'une broche ultrarapide (35.000 tr/min).



Figure 2: Paramètres des essais d'usinage

Résultats

Dans le cas de la géométrie A, les angles négatifs du tranchant se sont traduits par des forces de coupe plus élevées et des durées plus courtes. L'incidence de l'angle de dépouille s'est avérée plutôt limitée. Les angles de dépouille plus grands (pour un même angle du tranchant) se sont traduits par des forces de coupe moindres, allant de pair avec une tendance à un effritement plus rapide des arêtes de coupe (voir figure 3).



Figure 3: Résultats avec la géométrie A (force de coupe spécifique pour les différents angles de dépouille et angles du tranchant)

La figure 4 montre les résultats avec les géométries B et C. En comparaison avec le type A, les forces de coupe sont plus élevées (parce que le nombre d'arêtes de coupe est en moyenne plus élevé). Malgré que le débit d'usinage de l'outil B soit presque double, les forces de coupe de B et C sont très proches au début. Après quelque temps, les forces de coupe avec l'outil C ont moins progressé que celles avec l'outil B, du fait de la vitesse d'avance plus basse avec l'outil C. Si l'avance (384 mm/min) avait été la même pour l'outil B, les forces de coupe et l'usure de l'outil auraient également étaient plus basses.



Figure 4: Résultats avec les géométries B et C (force de coupe spécifique)

Les essais d'usinage ont montré que la meilleure performance, s'agissant du ratio débit d'usinage-force de coupe, peut être obtenue avec l'arête de coupe ayant la géométrie B. L'outil de conception optimale possède des arêtes de coupe avec un angle de dépouille de 5 degrés, et pas plus, dans le cas idéal, de manière à réduire au strict minimum l'effritement des arêtes de coupe. Pour améliorer davantage encore les performances de la pointe de l'outil, les concepteurs ont opté pour un petit rayon de 0,1 mm. Avec une petite perforation au centre de l'outil pour améliorer le procédé d'ablation laser et pour réduire l'interférence.

Conclusion

L'étude avait pour but d'évaluer les performances de trois outils de coupe PCD en vue de l'usinage du matériau ZrO_2. Les chercheurs ont défini trois géométries différentes pour les arêtes de coupe - axiale, hélicoïdale et hélicoïdale croisée - appliquées sur les outils via le procédé d'ablation laser pulsé à ultra haute fréquence. Le procédé laser tangentiel s'est révélé très flexible au plan des géométries réalisables, en particulier s'agissant de l'intégration d'éléments de petites dimensions. Les différences significatives dans les performances des différentes géométries ont permis finalement de concevoir un outil optimal. Etant donné que les outils ont été utilisés sans fluide de refroidissement ni lubrifiant, et à une vitesse inférieure à 12.000 tours par minute, il en résulte de multiples opportunités, en comparaison avec les outils de rectification de diamètre comparable. Les résultats sont prometteurs pour les futures opérations de dégrossissage et de finition. Contrairement à la machine rectifieuse, le débit d'usinage est moins élevé. Mais la tenue de l'outil et la qualité de surface sont comparables, malgré le diamètre trois fois plus petit.

Source

Geometry optimization of polycrystalline diamond tools for the milling of sintered ZrO2, Maximilian Warhanek, Josquin Pfaff, Pablo Martin, Lukas Schönbächler, Jens Boos, Konrad Wegener, 7th HPC 2016 – CIRP Conference on High Performance Cutting

Auteurs



Peter ten Haaf