Onderzoek legt ideale snijkantgeometrie voor frezen van ZrO2-bewerking bloot

26 augustus 2016, 02:00

Peter ten Haaf

Aan de ETH-universiteit in Zürich in Zwitserland werd onderzoek verricht naar het effect van verschillende geometrie bij voldiamanten freesgereedschappen op de bewerking van gesinterd zirkonium(IV)oxide (ZrO_2). Op basis van verspaningstesten gingen ze na welk type snijkantgeometrie de verhouding spaandebiet-snijkracht van de gereedschappen optimaliseert.

State-of-the-art

Gesinterde industriële keramieken worden traditioneel bewerkt met slijpmachines. Bij hoogperformant slijpen van zirkonium(IV)oxide of ZrO_2, één van de meest gebruikte keramische materialen, zijn specifieke spaandebieten tot 8 mm^3/mm.s haalbaar. Wanneer geometrieën met kleine gereedschapsdiameters bewerkt moeten worden, vormen de hoge gereedschapsslijtage, lange doorlooptijden en nood aan hogesnelheidsspindels de grootste uitdagingen. Nieuwe productiemethodes zoals gepulste laserablatie (PLA) en vonkerosie (EDM) laten al iets meer geometrische vrijheid - zoals spiraalvormige spaanruimtes - toe bij het ontwerp van voldiamanten snijgereedschappen. Maar om gesinterde keramieken te bewerken kan ook gebruik gemaakt worden van diamant-gecoate volhardmetaalgereedschappen. Die laatste methode biedt de grootste geometrische vrijheid. De gereedschapsstandtijd, daarentegen, is dan weer beperkt vanwege de delaminatie van de coating.

Gereedschapsontwerp

Aan de ETH-universiteit in het Zwitserse Zürich experimenteerden onderzoekers met verschillende voldiamanten freesgereedschappen voor de bewerking van gesinterd ZrO_2. Wat blijkt? Het verschil tussen de gereedschappen zit in de geometrie van de snijkanten, die zijn aangebracht via ultrakorte gepulste laserablatie. De diameter van elk van de drie gereedschapstypes bedraagt 1,9 mm. Omdat de spaandikte bij de bewerking van gesinterd ZrO_2 binnen een grootteorde van 0,18 tot 5,28 µm ligt, kan de spaanruimte klein gehouden worden (de spaandiepte is 0,1 µm). Een kleine spaanruimte laat toe om meer snijkanten aan te brengen, wat de gereedschapsstandtijd ten goede komt.





Figuur 1: Drie verschillende snijkantgeometrieën (Links: A – Midden: B – Rechts: C)

Geometrie A, waarop de onderzoekers drie snijkanten parallel met de gereedschapsas aanbrachten, werd gekozen om op een eenvoudige manier de invloed van spaan- en vrijloophoek op de gereedschapsperformantie te evalueren. Via de geometrieën B en C, beiden met helixvormige snijkanten, evalueerden ze de invloed van continue en onderbroken snijkanten. Om tot dezelfde, totale snijkantlengte te komen bij geometrieën B en C, werd gereedschap B voorzien van 15 snijkanten, en gereedschap C van 8 rhombische snijkanten.

Verspaningstesten

De onderzoekers voerden verspaningstesten uit op een hoogprecieze drie-assige freesmachine met een hogesnelheidsspindel van 35.000 toeren per minuut.



Figuur 2: Snijcondities van de verspaningstesten

Resultaten

Bij geometrie A leidden de negatieve spaanhoeken tot hogere snijkrachten en kortere standtijden. De invloed van de vrijloophoek was eerder beperkt. Grotere vrijloophoeken (bij dezelfde spaanhoek) resulteerden dan weer in kleinere snijkrachten, maar leidden sneller tot de uitbrokkeling van de snijkant (zie figuur 3).



Figuur 3: Resultaten bij geometrie A (specifieke snijkracht voor verschillende vrijloop- en spaanhoeken)

Figuur 4 toont de resultaten voor de geometrietypes B en C. In vergelijking met type A, lagen de snijkrachten hoger (omdat er meer snijkanten in snede zijn). Ondanks het bijna dubbele spaandebiet van gereedschap B, lagen de snijkrachten van B en C in het begin dicht bij elkaar. Na verloop van tijd namen de snijkrachten bij C minder toe dan bij B, wat te wijten is aan de lagere voedingssnelheid bij C. Als gereedschap B met dezelfde, lagere voedingssnelheid (384 mm/min) zou frezen, zouden de snijkrachten en gereedschapsslijtage ook lager komen te liggen.



Figuur 4: Resultaten van geometrieën B en C (specifieke snijkracht)

De verspaningstesten toonden aan dat de beste performantie, met betrekking tot de verhouding spaandebiet-snijkracht, bereikt kan worden met het snijkantgeometrietype B. Het optimale gereedschapsontwerp heeft snijkanten met een vrijloophoek van 5 graden, idealiter niet groter om de uitbrokkeling tot een minimum te beperken. Om de performantie van de gereedschapspunt verder te verhogen, werd een kleine radius van 0,1 mm aangebracht. In het midden van het gereedschap werd een gaatje aangebracht om het laserablatieproces te verbeteren en interferentie te vermijden.

Conclusie

Bedoeling van het onderzoek was de performantie van drie PCD-snijgereedschappen evalueren met het oog op frezen in gesinterde ZrO_2. De onderzoekers gebruikten drie verschillende snijkantgeometrieën - axiale, spiraalvormige en cross-spiraalvormige - die werden aangebracht via ultrakorte gepulste laserablatie. Het tangentieel laserproces bleek zeer flexibel te zijn op het vlak van haalbare gereedschapsgeometrieën, in het bijzonder wat de toepassing van elementen met kleine afmetingen betrof. De significante verschillen in de performantie van de verschillende geometrieën leidden uiteindelijk tot een optimaal gereedschapsdesign. Omdat de gereedschappen werden gebruikt zonder koelvloeistof of smeermiddel, en met spindeltoerentallen onder de 12.000 toeren per minuut, creëert dit heel wat opportuniteiten vergeleken met slijpgereedschappen met soortgelijke afmetingen. De resultaten zijn veelbelovend voor toekomstige ruw- en finisseeroperaties. In tegenstelling tot het slijpen ligt het spaandebiet lager. De gerealiseerde standtijd en oppervlaktekwaliteit zijn dan weer vergelijkbaar, ondanks de driemaal kleinere gereedschapsdiameter.

Bron

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