HET BEWERKEN VAN BROSHARDE MATERIALEN

Ultrasoon ondersteund slijpen met PRIMINER C500ultrasonic



MANAGEMENTSAMENVATTING

Ultrasoon ondersteund slijpen van kwartsglas en aluminiumoxide

Kwartsglas en technische keramiek zoals aluminiumoxide zijn essentiële materialen in tal van hightechsectoren. Kwartsglas wordt bijvoorbeeld in de halfgeleiderindustrie gebruikt voor waferhouders en etsmaskers, omdat het zowel thermisch als chemisch stabiel is. In de optica worden precisielenzen, prisma's en lichtgeleiders van kwartsglas vervaardigd. Daarnaast speelt kwartsglas een sleutelrol in de moderne medische techniek, bijvoorbeeld in diagnostische apparatuur en lasersystemen.

Aluminiumoxide wordt eveneens breed toegepast in de industrie. In de medische techniek wordt het bijvoorbeeld gebruikt voor biocompatibele implantaten zoals kunstmatige heupkoppen, die profiteren van de hoge slijtvastheid en corrosiebestendigheid. Verdere toepassingen zijn te vinden in de lucht- en ruimtevaart, waar het wordt ingezet als hittebescherming voor kritische componenten of als materiaal voor lagers en afdichtingen die extreme mechanische en thermische belastingen moeten doorstaan.

De materiaaleigenschappen die kwartsglas en aluminiumoxide zo waardevol maken, bemoeilijken tegelijk de bewerking ervan. Beide materialen kenmerken zich door een hoge hardheid en brosheid, wat kan leiden tot microscheuren, hoge gereedschapsslijtage en onvoldoende oppervlaktekwaliteit. Slijpen is daarom het aangewezen bewerkingsproces. Het slijpproces vereist een hoge precisie, vooral bij complexe geometrieën, om aan de eisen van de genoemde toepassingen te kunnen voldoen.

Het gebruik van ultrasone ondersteuning bij slijpprocessen biedt veel potentieel om deze uitdagingen het hoofd te bieden. Door het inbrengen van hoogfrequente trillingen worden de proceskrachten verlaagd, wordt de oppervlaktekwaliteit verbeterd en de gereedschapsslijtage geminimaliseerd. Deze whitepaper toont de effecten en voordelen van de ultrasoon ondersteunde slijptechnologie voor kwartsglas en aluminiumoxide. Daarbij wordt het ultrasoonsysteem VibroCut *ultrasonic* gebruikt om het slijpgereedschap in hoogfrequente trilling te brengen. Het innovatieve systeem kenmerkt zich vooral door een hoog prestatievermogen voor grote trillingswijdten en een nauwkeurig procesgedrag.

Managementsamenvatting	02
Ultrasoon ondersteund slijpen van brosharde materialen	03
Technologische effecten en werkingsmechanismen	04
Resultaten	05
Klantvoordeel	06
Meer informatie over VibroCut	07
De machine C500-5X ultrasonic PRIMINER	08
Uitvoerende partner UNITECH-Maschinen GmbH	09

ONDERZOEK NAAR DE TOEPASSING VAN ULTRASONE ONDERSTEUNING MET VibroCut *ultrasonic*

Als voorbeeld voor de groep brosharde materialen wordt het ultrasoon ondersteunde slijpen onderzocht aan werkstukken van kwartsglas en aluminiumoxide.

Om de ultrasone ondersteuning te realiseren, heeft UNITECH-Maschinen GmbH het bewerkingscentrum PRIMINER C500 uitgerust met het systeem VibroCut *ultrasonic*. Hierbij wordt in de roterende gereedschapshouder een ultrasone trilling opgewekt, die gericht op de kinematica van het verspaningsproces wordt gesuperponeerd. De trillingsamplitude wordt met M-commando's in het NC-programma ingesteld en kan binnen een ruim bereik worden gekozen. De trillingsfrequentie wordt door het systeem automatisch gevonden en bijgeregeld. Uniek aan het systeem zijn het hoge prestatievermogen en de precisie, die berusten op een interne sensor voor de hoogdynamische regeling van de ultrasone trilling.
De testparameters zijn afhankelijk van de te bewerken materialen gevarieerd en zijn samengevat in tabel 1.

Om de effecten van de ultrasone ondersteuning te beoordelen, zijn met een krachtmeetplatform (Kistler) de passieve krachten van het slijpproces gemeten en voor conventioneel en ultrasoon ondersteund slijpen vergeleken.

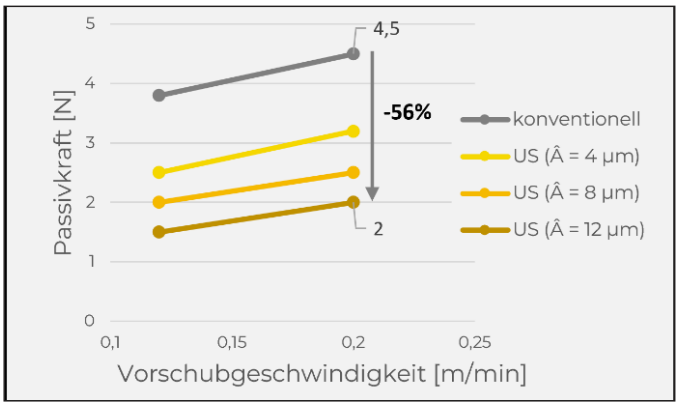
Ter bescherming van de zeer nauwkeurige machine-elementen heeft UNITECH de aandrijfelementen zo aangepast dat deze, zorgvuldig ingekapseld, bestand zijn tegen het agressieve slijpstof.

	Kwartsglas	**Aluminiumoxide**
Gereedschap	Slijpstift – diamantkorrel galvanisch gebonden	Slijpstift – diamantkorrel galvanisch gebonden
Gereedschapsdiameter	Ø10 mm	Ø10 mm
Snijsnelheid v_c	2,5 m/s	2,5 m/s
Snedediepte a_p	0,2 mm	0,06 mm
Snedebreedte a_e	1 mm	2 mm
Voedingssnelheid v_f	120…200 mm/min	300…500 mm/min
Koelsmeermiddeldruk	Emulsie 30 bar	Emulsie 30 bar
Trillingsfrequentie	≈ 18,5 kHz	≈ 18,5 kHz
Trillingswijdte	4 µm / 8 µm / 12 µm	4 µm / 8 µm / 12 µm

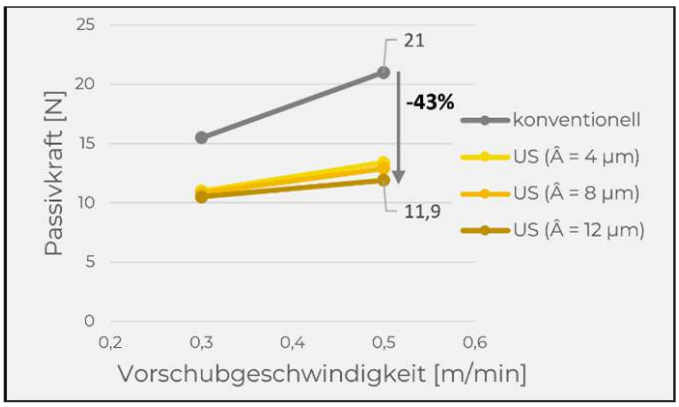
Tabel 1: Parameters van de slijpproeven

Technologische effecten en werkingsmechanismen

Voor het onderzoek naar het ultrasoon ondersteunde slijpen van **kwartsglas** is het werkstuk aan de kopse zijde vlak geslepen. Afbeelding 2 toont voor het slijpen van kwartsglas het verloop van de voedingskrachten bij de verschillende voedingen, voor het conventionele en het ultrasoon ondersteunde boorproces bij toenemende trillingswijdte tussen 4 µm en 12 µm. Te zien is dat de voedingskrachten bij hogere voeding toenemen en dat de krachten bij conventioneel slijpen maximaal 4,5 N bedragen. De verspaningskrachten zijn voor het slijpproces bij brosharde materialen, vanwege het gevoelige materiaal, een belangrijk beoordelingscriterium, omdat ze de efficiëntie van het afnameproces bepalen. Te hoge krachten begrenzen de productiviteit en oppervlaktekwaliteit en kunnen leiden tot kwaliteitsproblemen als microscheuren of uitbrokkelingen. Uit af- beelding 2 blijkt dat de ultrasone onder- steuning bij beide voedingen tot een signi- ficante daling van de passieve kracht leidt. Daarbij dalen de krachten bij toenemende trillingswijdte. Bij een voedingssnelheid van 0,2 m/min en een trillingswijdte van 12 µm daalt de passieve kracht van 4,5 N door de ultrasone ondersteuning naar 2 N. Dit komt overeen met een drastische krachtreductie van 56%. Dit effect is te verklaren door het “microhameren” van de ultrasone trilling, die het brosse materiaal microscopisch openbreekt en zo een gecontroleerde materiaalafname mogelijk maakt. Bovendien leidt de snelle beweging van het gereedschap tot een gewijzigde kinematica en een meerassige belasting van de slijpkorrels.



Afbeelding 2: diagram van de passieve krachten kwartsglas



Afbeelding 3: diagram van de passieve krachten aluminiumoxide

Voor het tweede materiaal **aluminiumoxide** zijn de krachten op vergelijkbare wijze gemeten. Afbeelding 3 toont de waarden van de passieve krachten bij het slijpen van de keramiek. Ook hier nemen de krachten toe bij hogere voedingswaarden. Bij het conventionele slijpproces en een voedings- snelheid van 0,5 m/min bedraagt de passieve kracht voor het aluminiumoxide 21 N. Ook bij dit materiaal zijn de verspanings- krachten bepalend voor de efficiëntie van het slijpproces. De ultrasone onder- steuning van het slijpproces leidt ook hier tot drastisch lagere bewerkingskrachten. Bij een voeding van 0,5 m/min en een trillingswijdte van 12 µm wordt de passieve kracht met 43% verlaagd tot 11,9 N. In tegenstelling tot bij kwartsglas heeft de trillingswijdte hier een geringere invloed: de effecten van trillingswijdten tussen 4 µm en 12 µm zijn vrijwel identiek. Door het brosse materiaalgedrag wordt ook hier de materiaalafname door de ultrasone trilling efficiënter en beter beheerst, wat de prestaties van het slijpproces ten goede komt.

Resultaten

De resultaten laten zien dat de ultrasone ondersteuning de eigenschappen en prestaties van het slijpproces positief beïnvloedt. De ultrasone gereedschapshouders brengen het slijpgereedschap in een hoogfrequente trilling, waardoor zowel de proceskinematica als de werkingsmechanismen bij de spaanvorming veranderen. De effecten en werkingen laten zich daarbij als volgt samenvatten:

1. Ultrasnelle beweging van de slijpkorrel

Het slijplichaam wordt door de ultrasone trilling in extreem snelle beweging gebracht, waardoor elke afzonderlijke slijpkorrel naast zijn draaibeweging ook in axiale richting oscilleert. Daardoor worden de ingrijpomstandigheden van de slijpkorrels wezenlijk beïnvloed.

2. Efficiënte materiaalafname

De ultrasone trilling veroorzaakt een “microhameren” van de slijpkorrels, waardoor het brosharde materiaal aan het oppervlak gedefinieerd open-breekt. Daardoor wordt de materiaalafname efficiënter en beter beheerst.

3. Zelfreiniging

Door de ultrasone trilling worden afzettingen op het slijpgereedschap vermin-derd en wordt dichtslibben van het slijpgereedschap voorkomen. Daardoor blij-ven de scherpte en het snijvermogen van het gereedschap langer behouden.

4. Aanscherpen van de korrels

De meerassige, stootsgewijze belasting leidt tot het uitbreken van slijpkorrels, waardoor zich nieuwe scherpe snijkanten vormen.



Klantvoordeel

De drastisch lagere bewerkingskrachten verleggen de huidige grenzen van het slijpproces op het gebied van productiviteit, proceszekerheid en werkstukkwaliteit. Afbeelding 4 vat de voordelen samen van de ultrasone ondersteuning bij het slijpen van brosharde materialen zoals kwartsglas of keramiek zoals aluminiumoxide.



Afbeelding 4: voordelen van ultrasoon ondersteund slijpen

Door de efficiënte en beheerste materiaalafname verbetert de werkstukkwaliteit wat betreft oppervlakteruwheid en worden microscheuren en uitbrokkelingen voorkomen. Naast de langere gereedschapsstandtijd is vooral het potentieel om de snijwaarden en daarmee de productiviteit van het slijpproces te verhogen een wezenlijke factor om met VibroCut ultrasonic kostenbesparingen te realiseren.

Kostenbesparing met VibroCut *ultrasonic* bij het slijpen van brosharde materialen

Rekenvoorbeeld verhoging snijparameters

- Machine-uurtarief: 75,- € / h
- Geplande bezetting: 4000 h / jaar (500 diensten per jaar)
- Aandeel slijpen in cyclustijd: 80%

Verhoging snij-parameters	Productiviteits-stijging	Besparing per machine/jaar
20%	13,3%	39.900 €
50%	26,7%	80.100 €
100%	40%	120.000 €

Afbeelding 5: voorbeeldberekening van het economische voordeel bij hogere snijwaarden

Een voorbeeld van een rendabiliteitsberekening is weergegeven in afbeelding 5. In veel toepassingen wordt hierbij een return on investment van minder dan één jaar gerealiseerd.

Een wezenlijk voordeel van de ultrasone ondersteuning ligt bovendien in de hogere proceszekerheid. De efficiënte en materiaalsparende bewerking door toepassing van ultrasoon helpt vooral bij complexe en kostbare werkstukken om het risico op processtoringen en kwaliteitsrelevante afwijkingen te verkleinen en zo dure en tijdrovende uitval te voorkomen. Dit geldt in het bijzonder voor onbemande bewerking over meerdere ploegen.

Meer informatie

VibroCut *ultrasonic* is een gepatenteerd systeem van VibroCut GmbH. Wij treden op als product- en technologieleverancier voor de inzet van ultrasoon ondersteunde verspaning in uw productie. Daarbij leveren wij de ultrasoonsystemen voor het uitrusten van nieuwe en bestaande machines en bieden wij u de bijbehorende service aan.

Het ultrasoonsysteem VibroCut ultrasonic staat voor de krachtigste en nauwkeurigste ultrasone trilling op de markt. Dankzij het enorme prestatievermogen worden grote trillingswijdten bereikt en worden ook grotere slijpgereedschappen in trilling gebracht. Een geïntegreerde sensor meet de ultrasone trilling direct. Een hoogdynamische regeling waarborgt daardoor reproduceerbare trillingseigenschappen en tilt de precisie van de ultrasone trilling naar een nieuw niveau.

Het systeem is verkrijgbaar in verschillende vermogensklassen, afmetingen en interfaces, passend bij uw gereedschapsmachine. De gebruiker kan, afhankelijk van de eisen van het bewerkingsproces, kiezen uit vier vermogensklassen – van de Precision-Line voor fijne gereedschappen met toerentallen tot 30.000 tpm tot de Performance-Line voor toepassingen met grote, zware gereedschappen. De Precision-Line (100 W), Standard-Line (250 W) en Performance-Line (500 W) zijn daarbij bedoeld voor bewerkingscentra met automatische gereedschapswissel.



Prestatiegegevens VibroCut *ultrasonic*			
Trillingsfrequentie	f_{Vib}	=	16 ... 50 kHz
Trillingswijdte	Â	=	0,1 ... 80 µm
Vermogen	P_{Wmax}	=	100 ... 1.000 W

Afbeelding 6: ultrasone gereedschapshouder voor VibroCut ultrasonic

Neem gerust rechtstreeks contact met ons op of bekijk onze website:

VIBROCUT

VibroCut GmbH
Annaberger Str. 240
09125 Chemnitz
info@vibrocut.de
www.vibrocut.de

De CNC-freesmachine van PRIMINER in gebruik met VibroCut *ultrasonic*

De C500-5X van PRIMINER is een 5-assig bewerkingscentrum dat zich onderscheidt door uitstekende precisie en flexibiliteit. Met haar 9,5 ton is ze ideaal ontworpen voor de complexe bewerking van werkstukken in vijf assen en maakt ze de productie mogelijk van zeer nauwkeurige onderdelen uit uiteenlopende materialen zoals staal, aluminium en kunststoffen. Door haar veelzijdigheid is ze goed geschikt voor veel toepassingen, van prototype tot serieproductie.

De C500-5X ondersteunt met haar technische gegevens de VibroCut *ultrasonic*-uitrusting optimaal. Aan de eisen die het slijpen en boren van brosharde materialen met ultrasoon ondersteunde boorprocessen aan de machine stelt, wordt zeer goed voldaan.



Technische gegevens		C500-5X
Tafel		
Max. werkstukdiameter	mm	700
Tafelafmeting	mm	Ø 500 x 400
T-gleuf (breedte x aantal x afstand)	mm	14 ×80 ×5
Max. belasting	kg	300
Slag		
X/Y/Z-slag	mm	700 / 550 / 500
A/C-slag	graden	+30° ~ -120° / 360°
Spindelneus tot tafel	mm	120 - 620
Spindel		
Spindelconus	-	SK40/BBT40/CAT40
Vermogen spindelmotor	kW	9 / 22
Koppel van de spindelmotor	Nm	63 / 135
Spindeltoerental	tpm	12000
Voeding		
IJlgang X/Y/Z	m/min	48
Rotatiesnelheid A/C	tpm	50/60
Snijvoeding	mm/min	1-12000

Technische gegevens		C500-5X
Gereedschapswisselaar		
Aantal gereedschappen	st.	40
Max. gereedschapslengte	mm	300
Max. gereedschapsdiameter	mm	Ø 80 / Ø 125
Max. gereedschapsgewicht	kg	8
Nauwkeurigheid (VDI 3441, volledige slag)		
Positioneernauwkeurigheid (zonder meetlinialen)	mm	0,008 (X/Y/Z)
Herhaalnauwkeurigheid (zonder meetlinialen)	mm	0,006 (X/Y/Z)
Positioneernauwkeurigheid (met meetlinialen)	mm	0,006 (X/Y/Z)
Herhaalnauwkeurigheid (met meetlinialen)	mm	0,004 (X/Y/Z)
Afmetingen en gewicht		
Afmetingen	mm	3976×4965×3050
Gewicht	kg	7000

Neem gerust rechtstreeks contact met ons op of bekijk onze website:

PRIMINER

PRIMINER
Werkzeugmaschinen GmbH
Tungendorfer Str. 10
24536 Neumünster
info@priminer.de
www.priminer.de

UNITECH-Maschinen GmbH — gerenommeerde partner in de machinebouw

UNITECH-Maschinen GmbH behoort tot de gevestigde bedrijven in de machinebouw in de regio Chemnitz. Het werkterrein reikt van constructie via productie en verkoop tot volledige service voor veel typen gereedschapsmachines. Het uitwerken van totaaloplossingen, technologisch advies en gebruikerstrainingen behoren eveneens tot het dienstenaanbod.

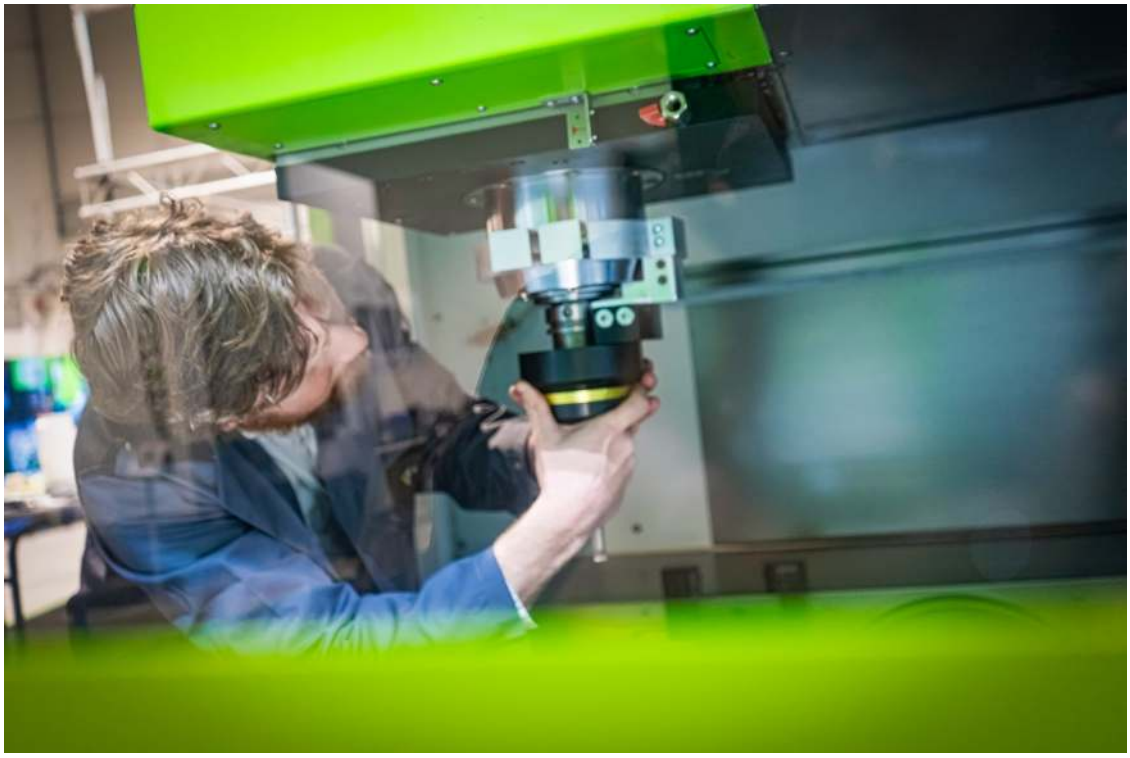
Door de nabijheid van VibroCut GmbH en de verkoop van Priminer-machines ontstond een uitstekende samenwerking.

Integratiepartner van VibroCut GmbH voor de bewerking van brosharde materialen is UNITECH-Maschinen GmbH. Als expert in technologiegerichte modificaties van gereedschapsmachines en als ervaren servicepartner heeft UNITECH het zeer nauwkeurige 5-assige bewerkingscentrum PRIMINER C500 omgebouwd tot de krachtigste ultrasonic-slijpmachine in haar klasse.

Daarbij is het VibroCut-ultrasonic-slijpgereedschap, inclusief bedienerbegeleiding en procesbewaking, volledig in de machine geïntegreerd. De machine zelf is o.a. door een uitgebreide inkapseling tegen het agressieve bewerkingsstof beschermd, met het oog op duurzame kwaliteit.

Het bewerkingsmedium wordt van het stof gescheiden en gericht naar het bewerkingsproces toegevoerd. Zo nodig kan de machine bij gebruik van explosiegevoelige media worden aangevuld met brandwerende maatregelen.

Ter borging van onbemande bewerking over meerdere ploegen zijn proces- en kwaliteitsbewaking geïntegreerd.



Technologie-integratie door UNITECH-Maschinen GmbH en Dr. Oliver Georgi van VibroCut GmbH

Neem gerust rechtstreeks contact met ons op of bekijk onze website:

UNITECH

UNITECH-Maschinen GmbH
Clemens-Winkler-Straße 6
09116 Chemnitz
www.unitech-maschinen.de