

Eigen visie op precisiebewerken

Hembrug bouwt geavanceerde (ultra)precisiedraaimachines die tot de top behoren wat betreft bereikbare oppervlaktegesteldheid, maat- en vormnauwkeurigheid en duurzaamheid. De daarmee opgedane knowhow en ervaring kan Hembrug – in antwoord op de huidige industriële eisen – uitstekend inzetten als projectmatige probleemoplosser bij jonge verspaningsprocessen als HSC- en harddraaien, met nieuwe machineontwerpen voor buitenproportionele, verticaal te draaien producten.

• Jan Wijers •

Het Haarlemse Hembrug profileert zich meer en meer als systeemleverancier van allesomvattende productoplossingen voor alsmaar toenemende producteisen en moeilijker bewerkbare materiaalsoorten. Opgericht in 1679 heeft Hembrug als zelfstandige machinefabrikant een naam opgebouwd met gereedschapwerktuigen met bewezen hoge betrouwbaarheid. Eind jaren zestig ving men aan de bekende ultraprecisie draaimachines te fabriceren, voor ‘diamantdraaien’ op non-ferro’s en kunststof met 0,1 µm positioneer-nauwkeurigheid en rondloop. Dat betrof standaarduitvoeringen zowel als klantspecifieke machines. Nog steeds is er een gat in de markt voor fabricage op maat, ook in de machinebouw. Op basis van de opgebouwde expertise en ervaring met de extreme eisen die ultraprecisiedraaien stelt aan machine zowel als draaitechnologie, behoren de in Nederland ontwikkelde en gebouwde CNC-draaimachines internationaal tot de top. Ook bij superprecisie geldt dat de machine een factor beter dient te zijn dan het erop vervaardigde product; zie Afbeelding 1. “Ons bedrijf heeft een eigen visie op het fenomeen ‘bewerkingsmachine’ voor ultraprecisiedraaien in hard en zacht materiaal, van klein tot groot, horizontaal en nu ook verticaal”, stelt international sales manager Huub Balm.

“Juist met het in alle facetten beheerste bouwen volgens klantenwens van hoogproductieve machines in enkelstuks en kleinserie heeft Hembrug recht van bestaan in deze vooral op export gerichte, uiterst competitieve markt.”



Afbeelding 1. Hoogglansdraaien van een koperen bol.

Precisiehaddraaien

Eind tachtiger jaren ontdekte Hembrug dat precisiehaddraaien in finishkwaliteit – tot hardheden van HRC50-70 en

zelfs HRC85 in het geval van wolframcarbide – een volwaardig alternatief vormt voor slijpen, met een nauwe vorm- en maatvoering in een fractie van de benodigde slijptijd; zie Afbeelding 2. Introductie van hogesnelheidsbewerkingen en gereedschappen maakte dat aantrekkelijk. Het tegenwoordige slijpen is namelijk nog steeds geen alledaags volumeverspaningsproces. In eerste instantie werd voor dat werk de hydrostatisch gelagerde Mikroturn-CNC serie – met gebruikelijke horizontale hoofdasopstelling – ingezet met ‘slantbed’. Dergelijke ultraprecisiemachines vinden ook hun weg in de massafabricage; zie Afbeelding 3. Automatisering met nauwkeurige robots voor zelfstandig be- en ontladen verhoogt én autonomie én productiviteit nog eens extra en is uit ergonomische oogpunt aantrekkelijk.



Afbeelding 2. Harddraaien als proces.



Afbeelding 3. Geautomatiseerde cel rondom horizontale Mikroturn ultraprecisiemachine.

Draaien met geometrisch gedefinieerde snijkant en slijpen met veel onbepaalde snedes zijn vanouds sterk concurreren-

de eindbewerkingen in de kwaliteitsklasse IT 3-5. Hoe nauwer de gegeven toleranties, des te belangrijker wordt het om alle facetten van de fabricageketen maximaal op elkaar af te stemmen (machine, snijgereedschap, opspanmiddel, procesparameters, NC-programma en bewerkingsstrategie). Er lijkt nu een keerpunt bereikt. Tot voor kort was gebruikelijk: eerst in zacht materiaal bij benadering, als ‘near-netshape’, de contouren aanbrengen, dan harden en vervolgens vonkend of slijpend de laatste finishbewerking uitvoeren. Harddraaien brengt deze omslachtige en tijdrovende reeks terug tot één snelle draaicycclus: met één snijgereedschap worden verschillende geometrieën en contouren bewerkt. De op het werkstuk negatief uitwerkende bewerkingskrachten heeft Hembrug intussen steeds meer in de grip. Er is aandacht voor het onderdrukken of vermijden van trillingen (vooral hoogfrequent schadelijk) en warmteontwikkeling. “Wat ruwheid betreft doet het glanzende oppervlak van harddraaien niet meer onder voor slijpen.” Daarnaast is vastgesteld dat bij hoogbelaste onderdelen een optimale oppervlaktegesteldheid van grotere invloed is dan puur superieure ruwheid. Vanwege eventuele achterblijvende restspanningen worden ten dele – bijvoorbeeld in de lagerindustrie – functionele vlakken nabewerkt middels honen in een fractie van de normale tijd. “Slijpen heeft weer als pre dat in-process gemeten en naar de maat toe gecorrigeerd wordt. Bij draaien vindt de meetcyclus gestaffeld plaats.”

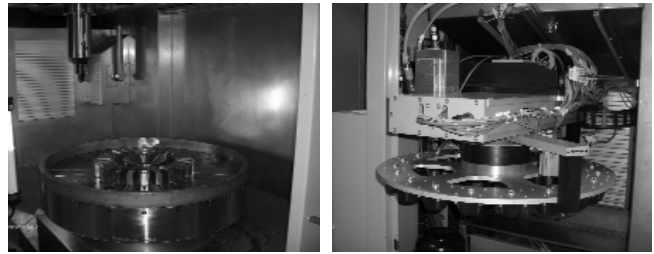
Machinekenmerken

Al bij het diamantdraaien werd uitgegaan van ultraprecisiemachines op basis van bewezen fabriekseigen kenmerken. Zoals volhydrostatisch olielfilm-gelagerde hoofdspil (tot 12.000 tpm) en geleidingen (zonder metaalmetaalcontact), een robuuste machinebasis van natuurgraniet, uiterst verzorgde thermische huishouding, moderne CNC en hoogwaardige glaslinealen. De keuze van vlakke geleiding en lagering bepaalt primair de fabricage- en bedrijfskosten. Hydrostaticatoepassing levert een verwaarloosbare wrijving op normale snelheden, zonder stick/slip, waardoor als kleinste verplaatsing 10 nm mogelijk wordt, en – samen met de natuurgranietbasis – een grote stijfheid en demping in de belastingsrichting, hoge eigenfrequentie en inherente thermische en dynamische stabiliteit. Samen vormt dat de garantie voor extreem lange levensduur onder spaan. Uit snijtesten en praktijkterugkoppeling blijkt dat mede door de hydrostatische lagering een aanzienlijk verlengde gereedschapstandtijd wordt bereikt. De resulterende betere oppervlaktegesteldheid is een logisch gevolg van dit alles. Lineaire meetsystemen met hoge resolutie helpen de positie van de diverse sledes exact aan te sturen tot snelheden van 20 m/min.

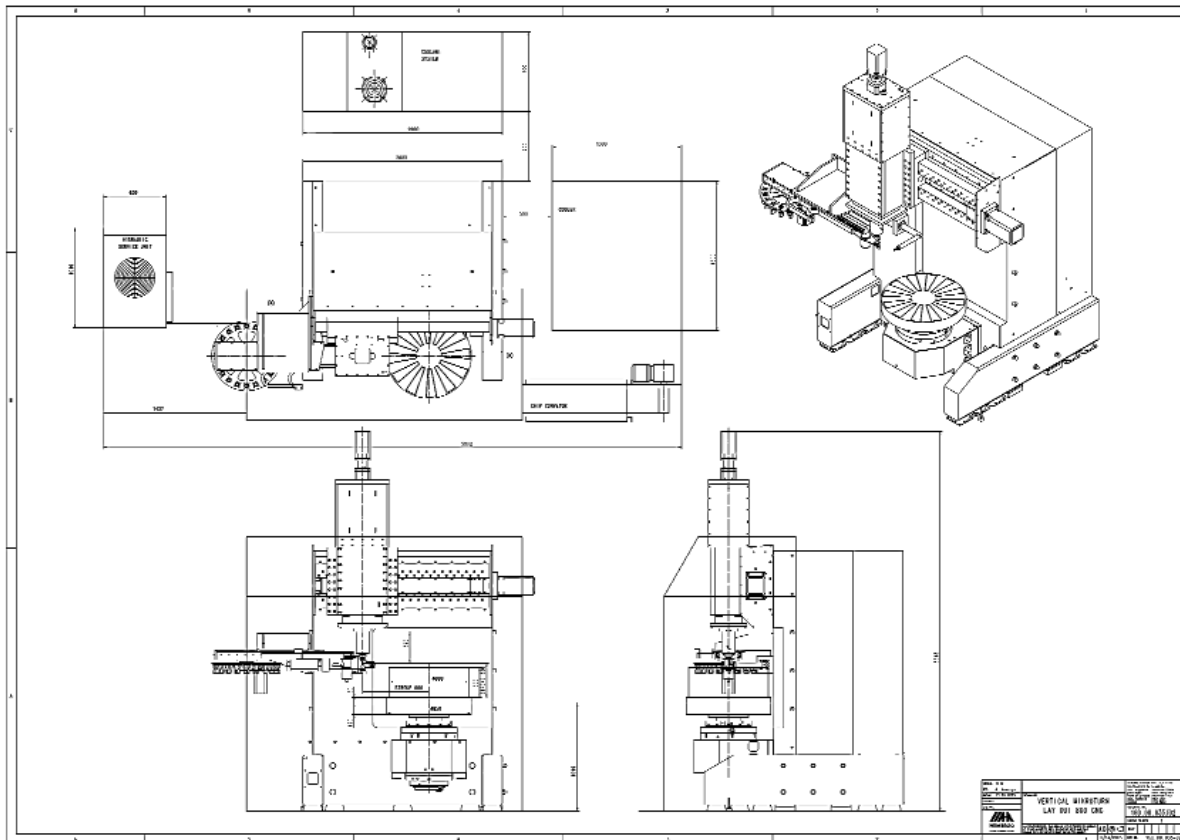
Aangepaste machineconfiguratie

Puur op klantenbehoefte ontwikkelde Hembrug de succesvolle reeks Mondrian-Mikroturn (bereik Ø300-Ø1500 mm): universele verticale precisieharddraaimachines in uitgekende carrouseluitvoering, met hoge statische, dynamische en thermische stabiliteit tijdens bedrijf; zie Afbeelding 4. Met de hoofdas van deze jongste generatie hardbewerkingscentra letterlijk op z'n kop gesteld (verticale Z- en/of W-as), ontstaat een liggende werkstukpositie; zie Afbeelding 5. Onzichtbaar zorgt een compact, nieuw motorconcept (36 kW geïntegreerde torquemotor met 0-500 tpm) voor rechtstreekse aandrijving; zie Afbeelding 6. Het hoge aantal poolparen van deze 'opgerolde lineairmotor' geeft al bij lage toerentallen een hoog, constant koppel en brengt ook een hoge versnelling binnen bereik. Dankzij de ingebouwde thermische stabiliteit en afscherming kan langdurig met constante hoge precisie worden verspaand; zie Afbeelding 7. Voor radiale verstelling zorgt de X-as en/of U-as. Ter opvoering van de productiviteit kiest men vaak voor onafhankelijke, simultaan of opeenvolgend bewegende gereedschappen. Zo'n verticale configuratie leidt tot een vrij dure constructie die uitsluitend

voor grote en zeer nauwkeurige draaimachines in aanmerking komt. Daarmee komt precisiebewerking tot in het (sub)microngebied van $\pm 0,1 \mu\text{m}$ binnen bereik voor bovengedaal grote, veeleisende technische onderdelen, die met extreme precisie gefabriceerd worden uit harde, slijtvaste en moeilijk verspanbare hogesterkte-materialen. Zoals lagerringen – groot van diameter bij relatief kleine hoogte – van Ø200-Ø1500 mm voor bijvoorbeeld windturbines. Of applicaties als dress- of afritsrollen voor het slijpen, indexeer-



Afbeelding 4. Mondrian verticale harddraaimachine met gereedschapwisselaar



Afbeelding 5. CAD-tekening V-Mikroturn met asaanduiding.



Afbeelding 6. Hoofdasconstructie van de draaitafel met torquemotor.



Afbeelding 7. Representatieve harddraaiwerkstukken.

tafels, zeer hoogwaardige lensvattingen voor IC-fabricage en precisiecomponenten voor gereedschapmakerijen en fijn-mechanische werkplaatsen. Tijdens het draaien zijn de werkstukken goed zichtbaar, mede omdat droog of met minimaal-smeerkoeling wordt gedraaid. De onderdelen buigen – horizontaal liggend op de gunstig belaste draaitafel (C-as) – tijdens bewerking niet door en zijn snel en eenvoudig, eventueel automatisch, te laden en centreren. Opspannen dient vrijwel alleen om proceskrachten op te vangen. Gereedschapwisseling is simpel door te voeren met behulp van een nieuw ontwikkeld horizontaal gepositioneerd gereedschapmagazijn met 12 of 20 posities.

Technologische draaiaspecten

Het uitgangsmateriaal van het snijgereedschap is eveneens drastisch veranderd. Met natuurdiamant – bekend voor precisiebewerken van non-ferro en kunststof – is op staal boven

600-700 °C niet te draaien. De keuze bestaat overwegend uit PCD (polykristallijne diamant), CBN (kubisch boornitride) al of niet gecoat, of opkomende harde, slijtvaste mengkeramiekvarianten. Enige taaiheid kan worden gerealiseerd door korrelgrootte, percentage basismateriaal, binder en warmteafvoer (voornamelijk door coating) te variëren. Het geringe hardheidsverschil beperkt de parametersselectie. Daarom kiest men bij voorkeur als optimale snijsnelheid die met de minste sleet. De keuze voor speciaal- of standaardgereedschap gaat steeds meer richting standaardbeitelplaat, vanwege de relatief lage prijs. Deze courante snijgereedschappen zijn in veel configuraties – scherpe beitelpunt, afgerond, met fase, enzovoort –, afmetingen en materialen, al of niet gecoat, relatief snel via de handel verkrijgbaar. Om het beitelnulpunt exact op z'n plaats te houden tijdens het bewerken, prefereren Hembrug-specialisten een zo groot mogelijk dragend oppervlak en verdiepte profilering. Dit zorgt samen met een krachtgesloten inklemming dat snijkraft noch tegendruk (hoger dan primaire procesbelasting) de beitel in welke richting ook lost. Voor elke benodigde contour berekent eigen software – afhankelijk van soort bewerking en producteisen – de optimale beitel en de stabielste boorstanguitvoering. Als minimale stijfheid aan de beitelpunt wordt 25 N/μm geadviseerd. Over het algemeen wordt gedraaid met 160-200 m/min snijsnelheid met kleine snededieptes, 0,10-1 mm bij voordraaien tot 0,05-0,1 mm bij finishen. Zo ontstaat een oppervlaktekwaliteit dicht tegen de theoretische R_a -waarde.

Metten op de bank rendabel

In Huub Balm's ervaring is de klant er steeds vaker van te overtuigen dat tijd, en dus geld, te winnen valt door met een geavanceerde CNC-machine en hoogwaardige standaardmeetmiddelen verschillende grootheden op de machine te inspecteren en na meting automatisch te corrigeren. Dit in de directe productieomgeving, naar keuze vooraf, tussentijds of op het eind van de bewerking. De huidige generatie meettas-



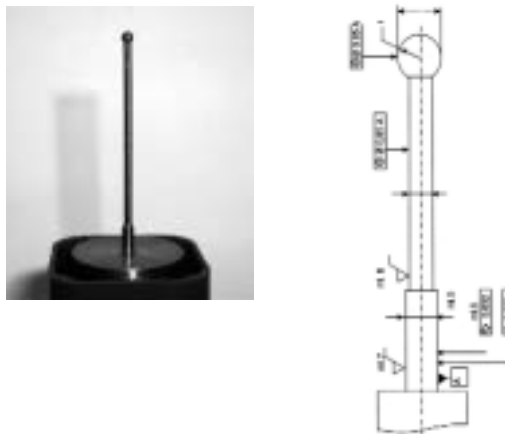
Afbeelding 8. Meettaster in gereedschaphouder.

ters versnelt in de praktijk alle meetcycli. “Weliswaar gaat enige effectieve verspaningstijd verloren, men bespaart echter aanzienlijk op het bewerkelijke omspannen en uitrichten.” Dit is vooral van belang voor zwaardere, relatief dure en omvangrijke enkelstuks- of kleinserie-producten, waar productuitval ernstige consequenties heeft. “Winst wordt ook geboekt door besparing op omstellen tussen kleine series.” Vandaar dat veel Hembrug-draaimachines zijn uitgerust met meettastersystemen – één voor productmeting (zie Afbeelding 8) en één voor gereedschapvoorstelling – die data aan de besturing doorgeven. Bij een proceszekere precisiemachine liggen de meetwaarden veelal ver binnen het door de klant geëiste tolerantieniveau.

Precisiedraaiwerk

Verspanen op hogeschoolniveau vereist hoogwaardige kennis op velerlei gebied, zoals in-/opspannen en uitrichten, metallurgie en coatingtechniek en precisiemeten. Hembrug breidt zijn ruime ervaring verder uit in internationale projecten en draagt die over via actieve procesoptimalisatie en gerichte advisering. Een voorbeeld is de klantspecifieke oplossing voor een bekend verspaningsprobleem; zie Afbeelding 9. De snijkant staat in direct lijfelijk contact met het werkstuk en beïnvloedt door uitbuiging de maatvoering negatief bij slanke producten, zeker als een lage E-modulus in het spel is.

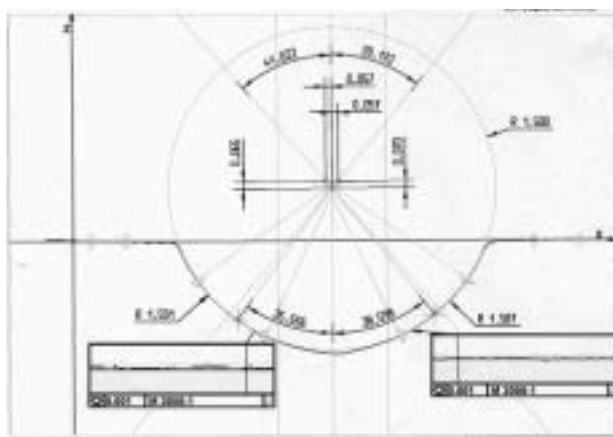
Traditioneel terugleggen van de diameter beginnend bij de punt en van daaruit langsdraaiend de contour aanbrengen, lukt niet binnen nauwe toleranties. Dat vraagt omdenken: eerst voordraaien tot een diameter gelijk aan de boldiameter (met enige toegift) en deze vervolgens van voren af opgedeeld in veel korte segmenten met geringe aanzet direct aan de maat draaien. Kleine overlappings bij het inlopen op de einddiameter zorgen dat geen trapjes zicht- of meetbaar zijn. Een tweede voorbeeld van productspecifieke aanpak betreft het in een opspanning harddraaien van kogelomloopmoeren, geometrisch en qua maatvoering moeilijke onderdelen; zie Afbeelding 10. Met een op de spoedhoek aangepaste stijve ($\leq 50 \text{ N}/\mu\text{m}$) maar slanke beetelbaar – as parallel met product-as – worden alleen standaard beetelplaten gebruikt (dus geen draadsnijprofielplaten). Bij het opgedeeld snijden van het totale spoedprofiel wordt met een geringer contactvlak en kleinere spaandoorsnede gedraaid dan gebruikelijk bij draadsnijden in zacht materiaal. Met geringere verspaningskrachten (dan slijpend) wordt desondanks in korte tijd het hele volume exact volgens de gewenste doorsnede verwijderd, met een aan geslepen delen identieke kwaliteit (spoedfout $0,5\text{-}2 \mu\text{m}$, R_a $0,2\text{-}0,3 \mu\text{m}$, IT-klasse 3-5).



Afbeelding 9. Oplossing voor traditioneel niet te draaien dunne stift met de bol.



a



b

Afbeelding 10.

(a) Opengesneden kogelomloopmoer met glanzend loopvlak.

(b) Tekening van moerdoorsnede met maataanduiding.

Informatie

Hembrug
 Huub Balm, international sales manager
 Martin Huijbers, applicatiemanager
 Tel. 023 - 512 49 00
www.hembrug.nl