



Vergelijk Freesmachines Mikron Fehlmann

Hogeschool
van Utrecht PT Opleidingen

Opdrachtgever: Dhr. J.J. Ellermeijer

Opdrachtnemer: Dhr. J.J. Ellermeijer

Zaandam 15 mei 2004.

Inhoudsopgave

1	Samenvatting	2
2	Inleiding	3
2.1	Huidige situatie.....	3
2.2	Nieuwe situatie (voorstel).....	3
3	Projectplan	4
4	Theorie	5
4.1	Freessnelheden.....	5
4.2	De vijfde as.....	6
5	Uitvoering	7
5.1	Mikron UM 600 (Bestaand).....	7
5.2	Mikron UCP 600 (5-assige nieuwe machine).....	8
5.3	Fehlmann Picomax 60 (5-assige nieuwe machine).....	9
5.4	Maten van de Freesmachines	10
6	Resultaten	11
6.1	Bezoek	11
6.2	Software.....	11
6.3	Schaublin 125 CCN.....	11
6.4	Weegfactoren.....	12
6.5	Prijzen van de offerte van Esmeijer.....	13
7	Conclusies en aanbevelingen	14
8	Bijlagen	15
8.1	Artikel over een vijfde as.....	15
8.2	Artikel over het dynamisch gedrag.....	15
8.3	Artikel over hogesnelheidsfrezen	15
8.4	Artikel over polymeerbeton.....	15
8.5	Snij snelheden van vol hardmetaalfrezen	15
8.6	Foto's en korte filmpjes van het bezoek.....	15

1 Samenvatting

We kregen een uitnodiging van de firma Esmeijer om een bezoek te brengen aan de Fabriek van de firma Mikron en de firma Fehlmann.

Deze uitnodiging kregen we omdat we opzoek zijn naar een nieuwe freesbank.

We zijn op 03-05-2004 vertrokken naar Zwitserland om daar de volgende dag naar de firma Mikron te gaan.

De firma Mikron organiseerde die week de Technologiedagen. Op deze dagen zijn de machines in bedrijf te bekijken. Ook werden er lezingen gehouden. Een tweetal van deze lezingen hebben wij ook bijgewoond.

We kregen een rondleiding door de hal waar de freesbanken worden gemonteerd. De firma Mikron maakt zelf geen onderdelen. Alle onderdelen worden via toeleveranciers just in time geleverd. Alleen de polymeerbetonnen frames worden nog nageslepen in deze fabriek. De montage van de onderdelen en het uitlijnen van de bank worden in eigen beheer gedaan. Met elke bank worden een aantal werkstukken gefreesd zodat er eventuele fouten kunnen worden ontdekt en verholpen.

's Middags zijn we naar de firma Fehlmann gegaan, om daar een rondleiding door de fabriek te krijgen. Hier kregen we de Picomax 60 uitgebreid te zien. Ook werden er een paar werkstukjes voor ons gefreesd, waar we een zeer goede indruk kregen van het kunnen van de machine. Bij de firma Fehlmann worden alle onderdelen zelf gemaakt, gemeten en getest. De ruwe stukken van gietijzer worden wel geleverd maar zelf op maat gefreesd en geslepen. Ook de hele opbouw en het testen van de machine wordt door de firma zelf gedaan.

Dhr Gunnar Matse van de firma Esmeijer vergezelde ons op deze reis.

De overnachtingen en de reis waren door hem prima verzorgd en begeleid.

Tijdens het bezoek heeft Dhr. Matse ons prima geholpen bij eventuele vertaalproblemen en vragen die wij hadden.

Naar aanleiding van dit bezoek schrijf ik dit verslag, om een goed beeld te krijgen welke machine geschikt voor ons is.

2 Inleiding

2.1 Huidige situatie

De drie werkplaatsen Biologie, Scheikunde en Natuurkunde worden binnenkort samengevoegd. Door deze samenvoeging zijn er machines overtollig. Zo staat er bij Biologie en Scheikunde een CNC freesbank. Deze banken zijn mechanisch nog goed maar niet meer zo modern, de leeftijd van deze machines ligt boven de 10 jaar. De besturing van deze machines kan niet overweg met grote freesprogramma's, ook de overdracht van deze programma's verloopt niet goed. Aan de verhuizing van deze machines naar Natuurkunde zijn hoge kosten verbonden. De machines zijn zo groot dat ze gedemonteerd moeten worden om door de deuren te kunnen.

2.2 Nieuwe situatie (voorstel)

Ons voorstel is om de twee oude machines in te ruilen en er een moderne voor terug te kopen.

Bij de samenvoeging van de drie werkplaatsen komen er nog meer machines vrij. Een aantal van deze machines kunnen ook worden ingeleverd bij een koop van een nieuwe machine.

Er zullen dan drie CNC freesmachines op de locatie natuurkunde zijn.

- 1) Deckel FP3NC met een Dialog 11 besturing.
- 2) Mikron UM 600 met een Heidenhain TNC 426 besturing.
- 3) Een nieuw te kopen freesbank met een vijfde as met een Heidenhain iTNC 530 besturing.

3 Projectplan

Het gehele projectplan omvat de samenvoeging van drie werkplaatsen tot een werkplaats. Hiermee is een verbouwing en een herverdeling van machines gemoeid. Ook de herplaatsing van collega's is een onderdeel van het plan.

Een herinrichting van de werkplaats is dan een noodzakelijk kwaad waar een gedegen plan voor moet komen. Een onderdeelje van dit plan is de aanschaf van een nieuwe freesbank. Dit verslag zal zich beperken tot het bezoek van een twee freesbank fabrikanten.

4 Theorie

4.1 Freessnelheden

Om een idee te krijgen of we een freesbank nodig hebben met een spil die met een hoog toerental kan draaien, heb ik onderzoek gedaan naar de snij snelheden van de frezen. In de bijlage heb ik een tabel van snij snelheden van vol hardmetaalfrezen gedaan. Met deze tabel kun je zien hoe snel je machine moet draaien.

Een voorbeeld:

Gegeven:

Aluminium(Fortal) van 400 N/mm² heeft een snij snelheid van 200 m/min nodig. Als we een frees van 4 mm diameter nodig hebben dan is de aanzet per tand 0,014 mm. En deze frees is een twee snijder. Dan kunnen we dan de volgende berekeningen maken.

$$\text{Toerental} = \frac{\text{snijnsnelheid}}{\text{omtrek}} = \frac{200(\text{m}/\text{min})}{0.004 \cdot \pi(\text{m})} = 15915(\text{omw}/\text{min})$$

Aanzet per omwenteling = aanzet per tand x aantal tanden.

$$\text{aanzet} = 0.014 \cdot 2 = 0.028 \cdot 40\% = 0.0112(\text{mm}/\text{omw})$$

Aanzetsnelheid = toerental x aanzet per omwenteling.

$$\text{aanzetsnelheid} = 0.0112 \cdot 15915 = 178(\text{mm}/\text{min})$$

Om de rekenpartij te vergemakkelijken heb ik een Excel sheet hiervoor gemaakt.

Vol Hard Metaal Frezen					
Freesdiameter	mm	d	4		
Aantal tanden			2		
materiaal	N/mm ²	ρ	400		
Snij snelheid	m/min	Vc	200		
Koeling		E/S	ja		
Aanzet per tand	mm	fz	0,014		
Aanzet per omwenteling	mm		0,028		
gereduceerde aanzet per tand	mm		0,0112		
Freesdiepte	mm	Aa	2		
Freesbreedte	mm	Ar	4		
aanzetbreedte	mm	Ar	1		
aanzethoogte	mm	Aa	4		
Toerental=Vc/omtrek	omw/min	n	15915	16000	wat stel ik in
aanzetsnelheid=n*fz(=2 tanden)	mm/min	s	178	179	
aanzetsnelheid=n*fz(≥4 tanden)	mm/min	s	446	448	

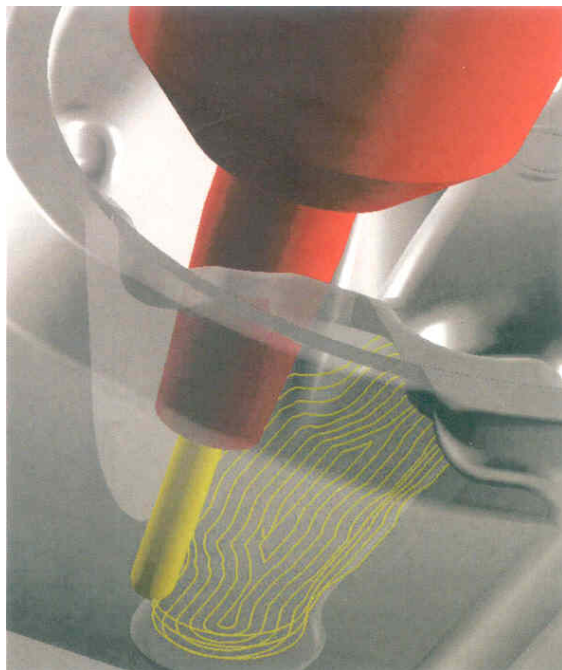
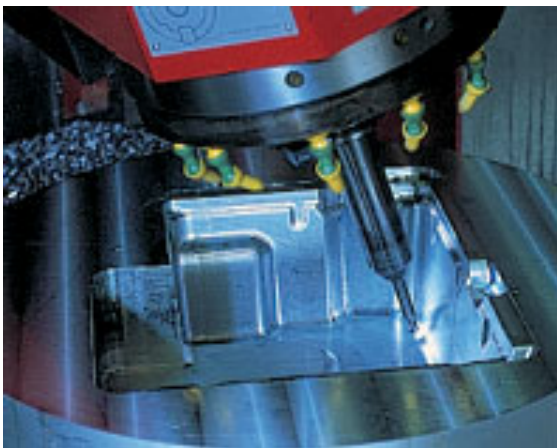
Uit deze tabel blijkt dat het noodzakelijk is om een machine te hebben die 20.000 omw/min kan draaien. Ook bij andere materiaalsoorten komen deze hoge snelheden voor. Voor het maken van onze werkstukken gebruiken we regelmatig van dit soort kleine freesjes met een diameter van 4mm of kleiner. Laatst moeten we een freesje van 0,3mm gebruiken. Door met een hogere snelheid te frezen wordt de productietijd ook beter.

Als men zich aan de juiste snijsnelheid houdt, die bij een frees hoort dan is de levensduur van die frees langer. Ook zal de oppervlakte gesteldheid beter zijn en er minder spanningen in het werkstuk zitten. Hierdoor worden de kosten ook lager.

4.2 De vijfde as

Als men met een bolfrees freest dan zal deze in het hart van de frees niet snijden. Aan de zijkant zal deze frees veel beter en met hogere snelheden kunnen frezen. Door het gebruik van een vijfde as is het mogelijk om je werkstuk ten opzichte van de frees te draaien. Hiermee kan je met de snijkant van de bolfrees snijden.

De lengte van de frees kan hierdoor ook korter zijn, er zullen dus minder trillingen in het werkstuk oppervlak ontstaan.



5 Uitvoering

In de volgende onderwerpen noem ik een aantal punten waar we aandacht aan moeten schenken. Deze punten kwamen in het bezoek naar voren als eigenschappen van de machines.

De Mikron UM 600 is een bestaande machine waar eventueel verbeteringen of aanpassingen aan kunnen plaatsvinden.

5.1 Mikron UM 600 (Bestaand)

Als de bestaande Mikron UM 600 freesbank verplaatst moet worden, zijn de volgende verbeteringen voor deze machine aan te bevelen.

1) Een netwerkkaart in de besturing plaatsen.

Dit heeft als voordeel dat de programma's op een snellere en betrouwbaardere manier over gezet kunnen worden naar elke PC.

Hierdoor zijn we niet meer afhankelijk van een trage pc met een trage verbinding.

De programma's die in Hypermill gemaakt worden zullen vanwege de grootte van de files sneller naar de machine toegestuurd kunnen worden.

De back-ups van de freesprogramma's zullen vaker en gemakkelijker gemaakt worden.

Het beheren van de freesfiles kan dan op een centrale plaats gedaan worden zodat een ieder die daar toegang toe heeft deze files goed kan raadplegen.

2) De freesbank moet na de verhuizing rechtstreeks op de betonnen vloer geplaatst worden.

3) Een goede afzuiging i.v.m. rook- en koelvloeistofdampen is ook een vereiste. Deze rook ontstaat tijdens het frezen met de vloeistoffen die voor de koeling worden gebruikt.



Bestaande Mikron UM 600

5.2 Mikron UCP 600 (5-assige nieuwe machine)

1. De spil wordt direct aangedreven en hierdoor is de spil stiller dan een spil die via een tandwiel overbrenging word aangedreven.
2. Hogere omwentelingsnelheid van de aandrijfspil zodat we de juiste snij snelheden van het gereedschap(frezen) aan kunnen houden.
Met een toerental van 20.000 omw/min kunnen er werkstukken van gehard metaal worden gefreesd.
3. Hogere voedingssnelheden, die weer samenhangen met de snij snelheden van het gereedschap en het te frezen materiaal.
4. 5-assige bewegingen van werkstuk, zodat er dubbelgekromde vlakken gefreesd kunnen worden.
Doordat het werkstuk kan draaien is het mogelijk om kortere tools te gebruiken waardoor het trillen van de tool wordt voorkomen.
5. Het frame van de freesbank is van polymeerbeton, hierdoor is het frame stijver en minder afhankelijk van de temperatuur.
6. De y-as is beter opgehangen en zal hierdoor veel minder doorbuigen als deze naar voren komt.
7. De smering van de geleidingen is veranderd. Men gebruikt spelings vrije kogellagers en met lek olievrije smering van het lager.
Hierdoor komt er geen olie in de koelemulsie en zal de veroudering veel minder zijn. Het bederven van de koelemulsie wordt ook goed tegengegaan door een goede olie afscheider.
8. Een draadloze verbinding met het werkstuk meetsysteem.
9. Een lasermeetsysteem voor het meten van de gereedschappen (tools).



5.3 Fehlmann Picomax 60 (5-assige nieuwe machine)

1. Het grafische gedeelte van de besturing is door Fehlman aangepast en is veel beter en duidelijker voor de gebruiker.
2. Standaard heeft deze machine een toerental van 20.000 omw/min. Ondanks het hoge toerental blijft het koppel voldoende hoog om nog goed te kunnen verspanen.
3. De machine parameters kunnen met een druk op een knop worden aangepast. Hiermee kun je kiezen voor een betere oppervlakteruwheid, nauwkeurigheid en snelheid. Standaard staan de instellingen op een gemiddelde hiervan.
4. de 4/5 de as is los demontabel gemonteerd op het bed. De mogelijkheid is er dus om de 4/5 de as er af te halen.
5. Er blijft voldoende ruimte over om naast de 4/5 de as een machineklem te plaatsen en hier ook bewerkingen op te doen.
6. Deze machine is zeer ergonomisch met een hoge tafel. Alle te bedienen onderdelen zijn zeer goed te bereiken, zoals: de gereedschapwisselaar, de werkstuk, de lade voor de tools en de besturingskast.
7. De spanenbak is goed bereikbaar maar een oliefilter voor de koel emulsie is een optie bij deze machine.
8. Het gewicht van deze machine is 3200 kg en hij is dus lichter dan de Mikron van 6400 kg.
9. Een draadloze verbinding met het werkstuk meetsysteem.
10. Een lasermeetsysteem voor het meten van de gereedschappen (tools).



5.4 Maten van de Freesmachines

Ik een lijstje gemaakt van de belangrijkste maten om de bestaande en de eventueel te kopen machines te kunnen vergelijken.

De Deckel FP3NC en de Mikron UM 600 zijn bestaande machines.

Deze machines staan hierbij om een goed vergelijk te krijgen van de mogelijkheden die er al zijn in de instrumentmakerij. En dat de nieuw aan te schaffen machine een aanvulling is op de bestaande Freesmachines.

	Deckel FP3NC	Mikron UM 600	Mikron UCP 600	Fehlmann Picomax 60
X mm	404	600	530	500
Y mm	404	500	450	350
Z mm	404	450	450	610
B as graden	-	360	360	360
C as graden	-	-	+122/-15	-18 / +95
Max. toerental	4000	5000	12000/20000	20000
Opspanplaat mm	700 x 460	900 x 530	Ø 400	920 x 380
Koppel (Nm)				65
Besturing	Dialog 11	TNC 426	iTNC 530	iTNC 530 +
Gewicht (kg)	2000	3300	6400	3200
Vloer oppervlak(m)	2200 x 2700	2400 x 2600	1600 x 2662	1940 x 2300
Max. Oppervlak(m)	2800 x 4000	4400 x 3500	3140 x 3800	2470 x 3460
Max. hoogte	1900	2100	2750	2565
Aanschaf jaar	1989	1999	2004	2004



Bestaande Deckel FP3NC

6 Resultaten

6.1 Bezoek

Ons bezoek aan de firma Mikron in Nidau Zwitserland en de firma Fehlmann in Seon ook in Zwitserland heeft ons een duidelijk beeld gegeven van de mogelijkheden en beperkingen van beide machines. Het bezoek aan Fehlmann heeft ons zeer geboeid en sprak ons sterk aan.

6.2 Software

Om de 4/5 de as optimaal te kunnen besturen is het nodig om ons bestaande Open mind cad-cam pakket uit te breiden met de optie voor het besturen van de 5 assige simultaan software.

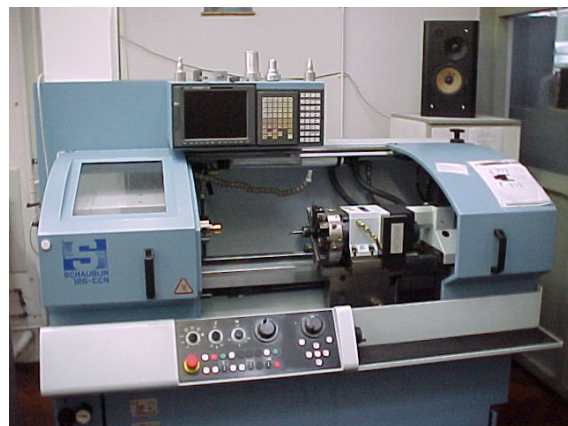
Deze kan als uitbreiding op het bestaande pakket worden gekocht.

De Fehlmann Picomax 60 heeft ook zonder een apart cad-cam pakket een prima besturing van de vijfde as. Deze is op de machine goed te programmeren.

6.3 Schaublin 125 CCN

De handboeken voor de Schaublin 125 CCN kunnen door de vertegenwoordiger in het Nederlands geleverd worden. Hierdoor wordt deze draaibank nog toegankelijker voor de mensen die er mee willen werken.

Dit is een extraatje dat we van de vertegenwoordiger kregen.



6.4 Weegfactoren

Om tot een afweging te komen, welke machine voor ons de geschiktste is heb ik een tabelgemaakt met belangrijke criteria.

Ik hanteer de waardes 1 t/m 5 waar 1 slecht en 5 goed is.

Weegfactor	Mikron UCP 600	Fehlmann Picomax 60
Slag van de X-as	4	4
Slag van de Y-as	4	3
Slag van de Z-as	3	4
Grootte van opspantafel	3	4
Toerental	5	5
Besturing	4	5
Gewicht van de machine	4	5
Bediening werkstuk	3	4
Bediening tool wisselaar	3	4
Totale ergonomie	3	5
Maatvoering	5	5
Plaatsnauwkeurigheid	5	5
Oppervlakte ruwheid	5	5
Dynamisch gedrag	5	4
Vloeroppervlak machine	4	3
Totale vloeroppervlak	3	4
Passend in de Instrumentmakerij	3	4
Prijs	3	3
Totaal	69	76

6.5 Prijzen van de offerte van Esmeijer

Hoogprecisie 5-assige bewerkingscentrum Type UCP 600	
Basismachine UCP 600	197900
Besturing voor spil 20.000 /min, 5-assen	1670
Gereedschapwisselaar TCD 30	590
Veiligheidsglas ivm 20.000 /min	3430
Tafel-uitrichtapparaat TS27	2360
Vorbereiding uitrichttaster MP 12	3110
Handwiel	2220
Handwasinrichting	1310
Tafelblad rond 400 mm	1940
Basisprogrameercursus	2350
Toebehoren, opspanmiddelen en spangereedschap	3000
Totaal	€ 219.880
Verticaal precisie bewerkingscentrum Type Picomax 60-M	
Basis machine met 30-20.000 /min	125200
extra software optie 1 voor iTNC 530	1320
extra software optie 2 voor iTNC 530	2190
Grafeerprogramma	1520
3D- Tastsysteem infrarood	6180
Meettaster TT130 opo de tafel	3310
Lasermeetsysyeem	8990
De ATS 160CNC 5de as	35650
aanbouw arm voor verdeelapparaat	9850
Basisprogrameercursus	2500
Cursus voor 5-assige bewerkingen	390
Toebehoren, opspanmiddelen en spangereedschap	3000
Totaal	€ 200.100

7 Conclusies en aanbevelingen

Beide machines zijn zeer geschikt voor ons in de werkplaats.

Ze doen voor elkaar niet veel onder en een keuze is dus niet gemakkelijk.

Uit de weegfactoren blijkt dat de Fehlmann Picomax 60-M Freesmachine de meeste punten heeft en voor ons een geschikte machine is.

De hoofdreden is hiervoor:

- Een ergonomische machine.
- Toerental van 20.000 omw/min (dit is standaard).
- Complete en compacte machine.

De machine is een aanvulling op het huidige machine park. Met deze machine kunnen kleinere en vijf assige producten gemaakt worden. De grotere producten kunnen op de bestaande Mikron UM 600 gemaakt worden.

Een update van de bestaande Mikron UM 600 is een aanbeveling met als aandachtspunten:

- Een netwerkkaart in de besturing plaatsen.
- Op de betonnen vloer plaatsen
- Goede afzuiging monteren

8 Bijlagen

8.1 Artikel over een vijfde as

Uit Constructeur mei 5 -2004

Het vaktijdschrift voor werktuigbouwkundige constructeurs en ontwerpers.

8.2 Artikel over het dynamisch gedrag

Uit Constructeur mei 5 -2004

Het vaktijdschrift voor werktuigbouwkundige constructeurs en ontwerpers.

8.3 Artikel over hogesnelheidsfrezen

Van het Internet (bron zie artikel)

8.4 Artikel over polymeerbeton

Van het Internet (bron zie artikel)

8.5 Snij snelheden van vol hardmetaalfrezen

Bron Mirric Special Tools

8.6 Foto's en korte filmpjes van het bezoek

Zie Internet pagina: <http://www.science.uva.nl/~hellerm/werk/Freesbank/frees.html>

8.1 Artikel over een vijfde as

De vijfde as

Tot nu toe hebben vijfassige bewerkingsmachines hoofdzakelijk in grotere ondernemingen een toepassing gevonden. Echter, nieuwe ontwikkelingen in de software voor de programmering van de vijfassige bewerkingsapparatuur, de beschikbaarheid van simulatiesoftware waarmee de besturingsprogramma's op computers kunnen worden getest, en de voortdurende daling van kosten die gepaard gaan met de aanschaf van deze apparatuur, heeft de introductie ervan in kleinere ondernemingen versneld. De twee meest herkenbare types van deze werktuigen zijn die waarbij alle vijf bewegingsassen worden bestuurd door het wijzigen van de oriëntatie van de kop (met de gereedschaps houder) van het werktuig, en die waarbij de kop van het werktuig een vaste oriëntatie heeft en de extra twee assen worden verzorgd door de rotatie en/of het kantelen

van de tafel waarop het werkstuk is geplaatst. De voordelen van het gebruik van vijfassige machines zijn onder andere de kortere gereedschappen die kunnen worden gebruikt, de mogelijkheid complexe vormen in één enkele opspanning van het werkstuk te kunnen maken, en de tijdsbesparingen die kunnen worden gerealiseerd bij het boren van gaten die verschillende ruimtelijke hoeken met het werkstuk maken (aparte instellingen behoeven niet voor elk afzonderlijk gat te worden gemaakt). De eisen die CAD aan het werken met deze apparatuur stelt, zijn praktisch dezelfde als die aan het werken met drieassige gereedschapswerktuigen worden gesteld. De praktijk- en fabricagevoorschriften dienen echter zeer rigoreus te worden opgevolgd, aangezien de mogelijkheid dat zich problemen met het CAD-model voordoen groter is en tot moeilijk-

heden bij de bewerkingen kan leiden. Het meest kritische aspect is de tolerantie die in het model is gebruikt. Die modelleringstolerantie moet op een nauwkeuriger niveau worden ingesteld dan de geplande bewerkingstolerantie. Het moeten bijstellen van de bewerkingstolerantie van een kwalitatief slecht model betekent dat de fouten van dat model ook bij de fabricage van dat model tot uitdrukking komen. Een ander belangrijk aspect bestaat uit het bijstellen van de verschillende oppervlakken die het model vormen. Overlappingsen van of openingen tussen die oppervlakken leveren problemen op bij het gebruik van drieassige machines, maar zijn ernstiger bij het gebruik van vijfassige apparatuur omdat het verspannende gereedschap (frees of boor) zodanig kan worden georiënteerd dat het tussen de niet aaneensluitende oppervlakken kan worden

gemanoeuvreed. Een raad die bij alle bewerkingsoperaties moet worden opgevolgd is, dat je ervoor moet zorgen dat het CAD-model alle features bevat die moeten worden bewerkt. In het verleden werden vloeilijnen (fillets) niet in het CAD-model opgenomen, maar afzonderlijk tijdens de bewerkingsgangen geproduceerd. In moderne CAD-systemen zijn fillets in het model opgenomen. Hiermee kan extra slijtage (en het breken) van het gereedschap worden voorkomen.

Bron: MCAD, jan. 2004,
The fifth element, pag. 42 en 43.

8.2 Artikel over het dynamische gedrag

Modaal analyse freesmachine leidt tot verbetering dynamisch gedrag

Trillingen blijken in de praktijk een van de meest voorkomende problemen bij verspanende gereedschapmachines. Het gevolg is een verminderde capaciteit van de machine en kwaliteitsproblemen. In extreme gevallen kan de machine beschadigen. Zowel de machinebouwer als de gebruiker hebben echter de mogelijkheid om deze trillingen te beperken. In dit artikel richten we ons op de machinebouwer. Deze kan met behulp van modaal analyse het dynamische gedrag van een machine onderzoeken. Ook wordt de analyse van een gereedschapmachine besproken aan de hand van een door de vakgroep Productietechniek van de TU Delft uitgevoerde case study aan een freesmachine van Unisign. Tevens worden aanbevelingen gedaan om het dynamische gedrag van de machine te verbeteren.

28 Ir. J. Derks,
prof. dr. -ing. habil. B.
Karpuschewski,
fac. OCP, vakgroep
Productietechniek, TU Delft

Aanleiding voor deze case study was de behoefte van machinebouwer Unisign uit Panningen om haar machines verder te verbeteren wat betreft het dynamische gedrag, met als uiteindelijk doel een hogere verspaningscapaciteit en productkwaliteit voor de klant te realiseren. Contact werd gezocht met onderzoekers van de vakgroep Productietechniek van de TU Delft. In samenspraak met Unisign werd ervoor gekozen om een recent machineontwerp door te lichten. Het ging hierbij om de Unifers 4000, een freescentrum (zie kaderstuk 'De onderzochte machine'). Doel was om ervaring op te doen met de 'tools' die ter beschikking staan om de dynamica van een machine te analyseren. De resultaten van dit onderzoek konden dan vervolgens worden vertaald naar gelijkvormige machines. In de samenwerking tussen Unisign en de TU Delft is gekozen voor een tweeledige aanpak: aan de ene kant is het dynamische gedrag van een bestaande machine onderzocht. Aan de andere kant is van dezelfde machine een eindige elementen model (EEM) ontwikkeld, waarmee ook het dynamische gedrag is bepaald. Voordeel van deze aanpak is, dat het mogelijk wordt om model en werkelijkheid aan elkaar te toetsen. De resultaten van deze twee analyses zijn gebruikt om verbeteringen aan het ontwerp voor te stellen. Als laatste stap zijn deze verbeteringen gesimuleerd en beoordeeld op hun effectiviteit.

Regeneratieve trillingen

Het trillingsgedrag van een bewerkingsmachine heeft grote invloed op de uiteindelijke productkwaliteit. Een trilling is echter alleen dan schadelijk als die leidt tot een relatieve verplaatsing tussen het werkstuk en het gereedschap. Er bestaan verschillende manieren waarop trillingen het bewerkingsproces kunnen beïnvloeden. Bijvoorbeeld onbalanstrillingen en trillingen van buitenaf die via het fundament worden ingeleid. Bij freesmachines zijn vooral de zogenoemde regeneratieve trillingen van groot belang (zie kaderstuk 'Regeneratieve trillingen'). Een regeneratieve trilling treedt altijd op in de buurt van een eigenfrequentie van de constructie. De trilvorm waarmee de constructie dan trilt komt dan ook overeen met de trilvorm die specifiek is voor die eigenfrequentie. Het onderdrukken van deze eigenfrequenties door het wijzigen van het dynamische gedrag van de machine zorgt ervoor dat ook de regeneratieve trilling wordt onderdrukt. In de praktijk betekent dit dat de maximale snediediepte die trillingsvrij kan worden gehaald, toeneemt. Op deze manier kan de verspaningscapaciteit van de machine worden verhoogd. Elke constructie kent (oneindig veel) eigenfrequenties. Voor dit onderzoek zijn echter slechts die frequenties van belang die in de praktijk kunnen worden aangestoten.

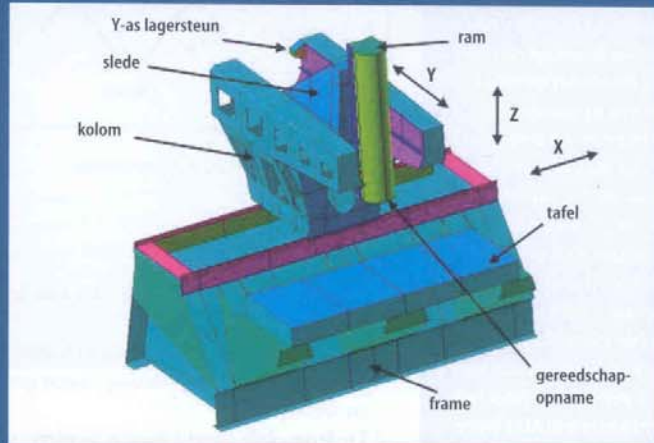
De onderzochte machine

Het onderzoek werd verricht aan een driessig freescentrum met een bewegende kolom (afbeelding 1). Deze machine is opgebouwd uit gietijzer, het frame is echter uit plaatstaal gelast. De totale machine is ongeveer drie meter hoog. Aan het stalen frame zijn de tafels bevestigd waarop het product wordt opgespannen. De noodzakelijke bewegingen (drie translaties) worden uitgevoerd door het gereedschap. De kolom rijdt over het frame (x-richting), de slede beweegt tussen de armen van de kolom (y-richting) en de ram



Afbeelding 1. Univers 4000 freescentrum.

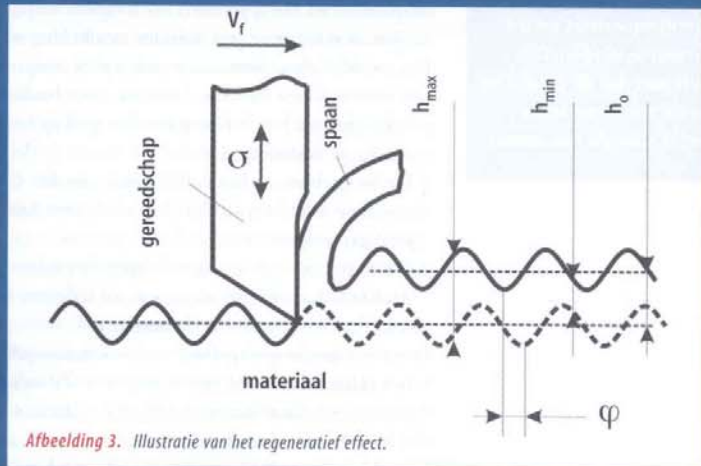
beweegt verticaal langs de slede (z-richting). In de ram bevindt zich de hoofdspil, die direct het gereedschap onderaan de ram aandrijft (afbeelding 2). De hoofdspil heeft een vermogen van 26 kW en de machine een werkberaam van 1600 (X) bij 600 (Y) bij 500 (Z). De gereedschapwisselaar biedt plaats aan 51 gereedschappen.



Afbeelding 2. Definitie machineonderdelen van de Univers 4000.

Regeneratieve trillingen

Een regeneratieve trilling is een trilling die in staat is om zichzelf in stand te houden. Dit effect ontstaat door een bepaalde wisselwerking tussen de machinedynamica en het verspaningsproces, waardoor energie wordt toegevoerd aan de trilling. Een regeneratieve trilling kenmerkt zich door instabiliteit; tot een bepaalde snediediepte is de trilling nauwelijks aanwezig, om dan met toenemende snediediepte ineens onacceptabel hoog te worden. In afbeelding 3 wordt het regeneratieve karakter van een trilling geïllustreerd. Afgebeeld is een gereedschap dat met de snijsnelheid v_f van links naar rechts beweegt. Aangenomen wordt dat het gereedschap een trilling δ uitvoert (deze kan ontstaan zijn door bijvoorbeeld een inhomogeniteit in het materiaal). Deze trilling wordt afgebeeld op het oppervlak van het werkstuk.

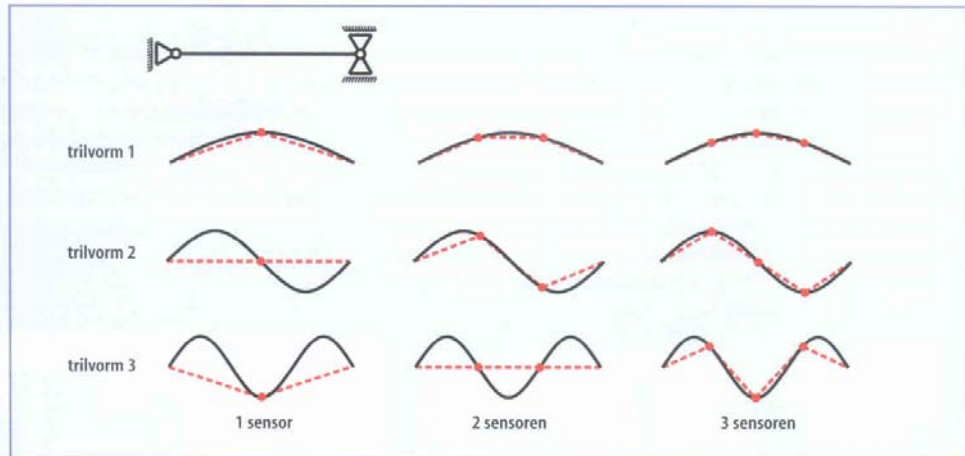


Afbeelding 3. Illustratie van het regeneratief effect.

Bij de volgende omwenteling (bij draaien) of de volgende tand (bij frezen) wordt het gegolfde oppervlak verspaand. Wanneer er nu een faseverschuiving (φ) tussen deze twee patronen bestaat, ontstaat er een wisselende spaandikte. In de afbeelding is dit aangegeven door de ingestelde spaandikte h_0 en de optredende maximale (h_{max}) en minimale (h_{min}) spaandiktes. Dit leidt tot een wisselende kracht op het gereedschap, precies in de frequentie waarin deze al trilt. Hierdoor kan de trilling weer in amplitude toenemen; ook het geluid van het proces neemt sterk toe. Opmerking: een mogelijkheid om de trilling te beperken is om deze faseverschuiving nul te maken, dit is wat in de praktijk gebeurt door met het toerental te 'spelen'. Ook bestaan er monitoringsystemen die via een microfoon naar het proces 'luisteren' en daarop het toerental aanpassen.

Trilvormen en plaatsing sensoren

In afbeelding 4 is een eenvoudige balk weergegeven. De trilvormen (elk behorend bij een eigenfrequentie) zijn weergegeven in het zwart. Met rode stippen zijn enkele mogelijkheden weergegeven om sensoren te plaatsen. De rode onderbroken lijnen geven aan hoe de in een modaal analyse gevonden trilvorm eruit zal zien. Merk op dat met één sensor alleen de frequenties 1 en 3 worden gevonden. 2 is helemaal niet te detecteren doordat de sensor is geplaatst op een knoop van de betreffende trilvorm. De trilvormen van 1 en 3 zullen er echter hetzelfde uitzien! Met twee sensoren kan trilvorm 3 niet worden gevonden (weer liggen de sensoren op knopen van de beweging). Slechts met drie sensoren zijn alledrie de eigenfrequenties en trilvormen te vinden. Dit geeft aan dat de plaatsing van de sensoren bepalend is voor de resultaten.



Afbeelding 4. Trilvorming en sensorplaatsing.

Dit betekent dat ze aan twee voorwaarden moeten voldoen:

- 1 De bijbehorende trilvorm moet leiden tot een relatieve verplaatsing tussen gereedschap en werkstuk.
- 2 De frequentie moet kunnen worden aangestoten door het bewerkingsproces.

Wat betreft het laatste punt geldt bijvoorbeeld dat het moeilijk is om een eigenfrequentie aan te stoten die lager ligt dan de tandingrijpfrequentie van de frees. Aan de andere kant leiden zeer hoge frequenties in het algemeen tot kleinere verplaatsingen, waardoor ze ook minder van belang zijn. Het onderzoek concentreert zich op de frequenties tussen 20 en 200 Hz. Er staan twee basismogelijkheden ter beschikking om het gedrag van de machine te verbeteren:

- 1 De frequentie uit het werkgebied van de machine schuiven (zodat deze niet meer kan worden aangestoten).
- 2 De responsie van de eigenfrequentie onderdrukken door het wijzigen van de trilvorm of door het verhogen van de demping.

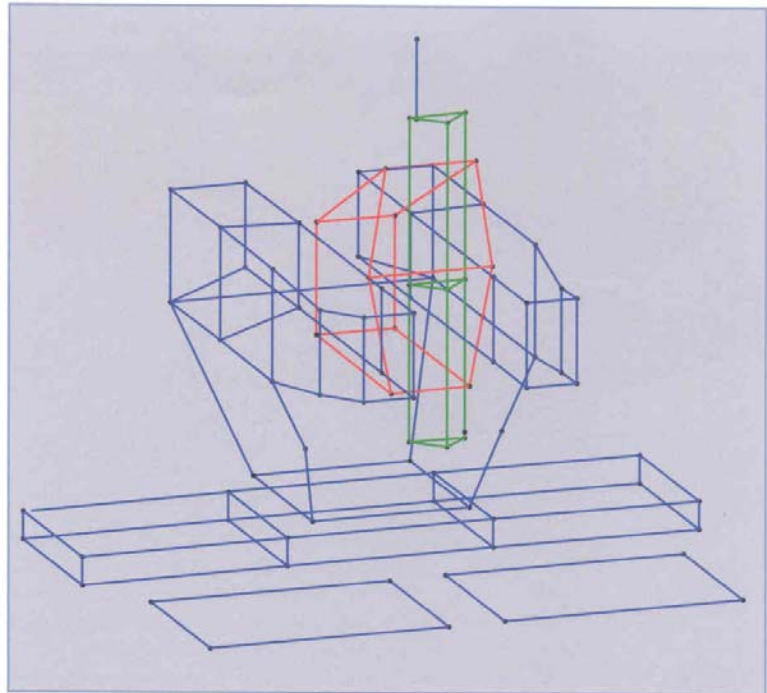
Door het brede werkgebied van een freesmachine is het echter nagenoeg onmogelijk om de eigenfrequenties buiten het werkgebied te schuiven. Dit komt mede doordat de orde van grootte al bepaald is door de dimensies van de machine en de stijfheden van de standaardonderdelen. Ook het verhogen van de demping, zonder afbreuk te doen aan de stijfheid van de machine, is erg moeilijk (wanneer mogelijk vaak erg kostbaar). De meest haalbare mogelijkheid is dan het beïnvloeden van de trilvormen op een zodanige wijze dat de relatieve beweging tussen werkstuk en gereedschap wordt beperkt.

Experimentele modaal analyse

Experimentele modaal analyse is een methode om experimenteel het dynamische gedrag van een constructie te bepalen. Dit gedrag wordt gekenmerkt door eigenfrequenties, met bijbehorende trilvormen (Engels: mode shapes) en demping. Trilvorm en eigenfrequentie vormen een unieke combinatie. In het kaderstuk 'Trilvormen en plaatsing sensoren' worden drie eigenfrequenties met trilvormen besproken voor een eenvoudige constructie.

Door een constructie bewust in trilling te brengen kan het dynamische gedrag worden gemeten. Hierbij moet er zorg voor worden gedragen dat alle eigenfrequenties die van belang zijn, ook daadwerkelijk worden aangestoten. Enerzijds moeten we daarom dus alle frequenties die van belang zijn aanbieden aan de constructie (in dit geval 20-200 Hz). Anderzijds moet de machine op een zodanige positie worden aangestoten dat de gezochte eigenfrequenties kunnen worden aangestoten. Om de trilvormen die voor het frezen van belang zijn aan te stoten wordt de machine ter plekke van de opname van het gereedschap in trilling gebracht. Dit aanstoten gebeurt met een hamer die voorzien is van een krachtsensor, waardoor het aan de constructie toegevoerde signaal wordt geregistreerd. Het puls-vormige krachtsignaal van de hamer bevat theoretisch alle frequenties (praktisch ongeveer 0-400 Hz), waardoor de machine wordt aangestoten in alle trilvormen. Om de trilvormen zichtbaar te kunnen maken, moeten de trillingen op meerdere plaatsen op de machine worden gemeten. De keuze van de punten bepaalt of een trilvorm zichtbaar kan worden gemaakt. In het

Afbeelding 5. Draadmodel van de machine met de 87 meetpunten.



kaderstuk 'Trilvormen en plaatsing sensoren' werd dit al geïllustreerd. Een te klein aantal punten kan er namelijk toe leiden dat verschillende trilvormen niet uit elkaar kunnen worden gehouden. Te veel punten leveren weer onnodig veel werk op en lange rekentijden tijdens de analyse. Voor het meten van de trillingen werden driessige versnellingsopnemers gebruikt; via dubbele integratie levert dit de verplaatsingen op.

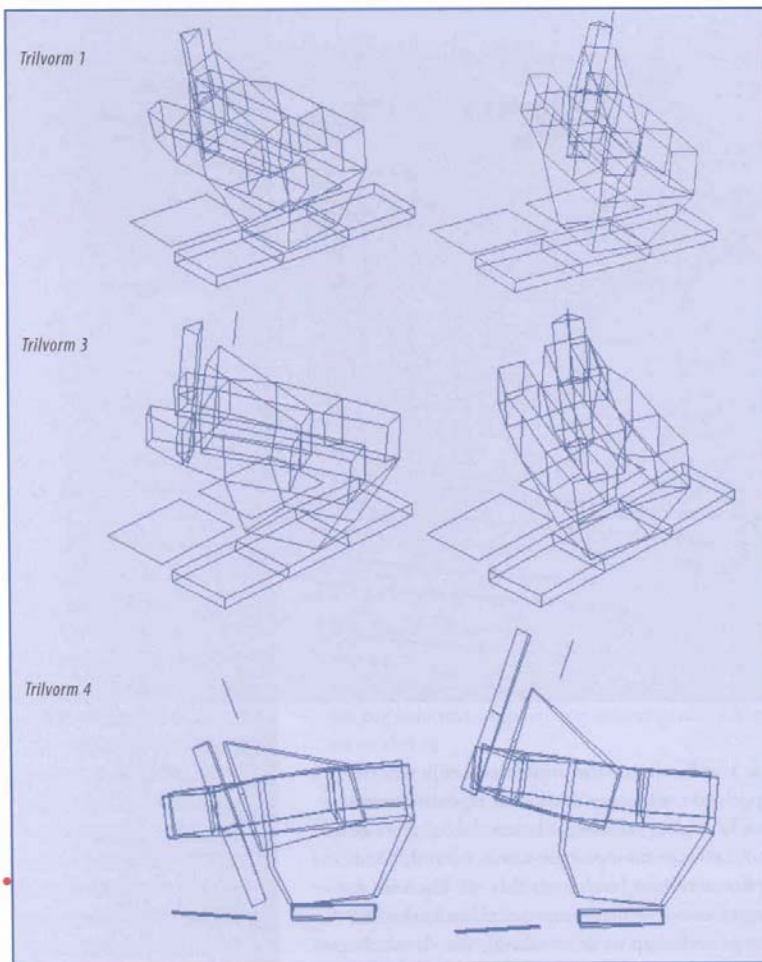
In afbeelding 5 is weergegeven hoe de machine opgedeeld is in 87 meetpunten. Deze punten vormen samen een draadmodel van de machine. Elk snijpunt van de getekende lijnen is een meetpunt. Met de gemeten signalen (invoer en uitvoer) kunnen zogenaamde overdrachtsfuncties worden berekend. Hieruit kunnen vervolgens de eigenfrequenties met bijbehorende demping en trilvorm worden bepaald met behulp van geavanceerde software (in dit geval: LMS CADA-X). Daarbij wordt ervan uitgegaan dat de constructie zich lineair gedraagt. Deze aanname is voor gereedschapsmachines gerechtvaardigd. Uitgangspunt voor dit rekenwerk was verder de gedachte dat het gedrag van een constructie kan worden beschreven als een combinatie van de responsies in de afzonderlijke eigenfrequenties. In dit artikel gaan we niet verder in op de achterliggende theorie.

Na het uitvoeren van de metingen zijn de eigenfrequenties en trilvormen met het computersysteem berekend. In tabel 1 zijn de gevonden eigenfrequenties weergegeven. De data zijn voor de overzichtelijkheid beperkt tot de eerste vijf eigenfrequenties. In afbeelding 6 zijn de bijbehorende trilvormen geïllustreerd. Afgebeeld zijn voor elke trilvorm de uiterste posities. Natuurlijk zijn de vervormingen in de figuren extreem opgeschaald. In de praktijk moet men denken aan amplitudes in de orde van grootte van micrometers

(de amplitude is natuurlijk afhankelijk van de opgelegde belasting). De eerste eigenfrequentie is een beweging waarbij de hele kolom met slede en ram beweegt ten opzichte van het frame. De hele opbouw roteert hierbij om de y-as. Dit leidt tot een relatieve verplaatsing tussen het werkstuk en het gereedschap in de x-richting van de machine. De tweede trilvorm is niet afgebeeld. De derde eigenfrequentie toont een rotatie van de hele bovenbouw ten opzichte van het frame om de z-as. Ook hier is het effect een verplaatsing in x-richting tussen werkstuk en gereedschap. In de vierde trilvorm roteert de kolom om de x-as en transleert de slede in y-richting. Ook transleert de ram in z-richting. Dit betekent dat de frees ten opzichte van het werkstuk een beweging maakt in het y-z vlak. Hoe hoger de eigenfrequenties hoe complexer de trilvormen worden. Vandaar dat we ons beperken tot de eerste vijf eigenfrequenties. Wat duidelijk wordt is, dat de machine zich verschillend gedraagt in verschillende richtingen. Wanneer de bewegingen van de machine goed

Eigenfrequentie	Gemeten frequentie	Berekende frequentie	Afwijking (%)
1	24.7	26.2	6
2	31.6	36.6	16
3	50.0	52.4	5
4	68.4	67.1	-2
5	85.9	80.5	-6

Tabel 1. Gevonden eigenfrequenties.



Afbeelding 6. Gemeten trilvormen.

worden bekeken ontstaat de indruk dat de meeste vervorming plaatsvindt in de verbinding tussen de kolom en het frame. Deze verbinding bestaat uit kogelrailgeleidingen. Om met zekerheid te kunnen zeggen of de geleidingen hier de zwakke schakel zijn, moeten of meer punten worden toegevoegd in de buurt van de geleidingschoenen, of met een computermodel de werkelijke verplaatsingen worden bepaald. In dit geval is gekozen om een EEM (eindige elementen methode) model te maken.

Theoretische modaal analyse

Parallel aan de experimenten is een computermodel van de machine gebouwd in een eindige elementen (EEM) software pakket, in dit geval Ansys. Net als bij de experimentele analyse worden ook hier weer aannames gedaan. Lineariteit en omkeerbaarheid (geen hysteresis) zijn de belangrijkste hiervan (deze aannames zijn in het experimentele gedeelte ook

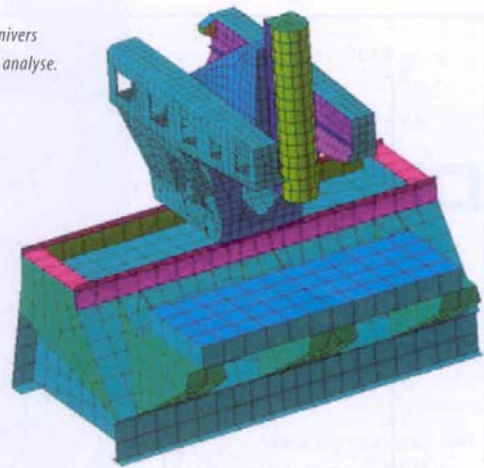
gedaan en voor gereedschapmachines bruikbaar). Voor het dynamische gedrag is het van groot belang dat alle verbindingen tussen machineonderdelen juist worden gemodelleerd. Voor een gereedschapmachine zijn in dit verband van belang: de lineaire geleidingen, aandrijvingen, boutverbindingen en lagers. Daarnaast is de verbinding van de machine naar de 'vaste' wereld van belang. Zowel de stelelementen waarop de machine staat als de vloer zelf gedragen zich als veren en hebben invloed op het gedrag. In afbeelding 7 is het gemaakte model afgebeeld. Er is gebruikgemaakt van schaal-elementen om de verschillende onderdelen te modelleren. Er is voor schaal-elementen gekozen, omdat de gietdelen allemaal dunwandig zijn opgebouwd. Het frame is samengesteld uit plaatmateriaal dus ook hier zijn schaal-elementen een logische keuze. De verbindingen zijn gemodelleerd met lineaire veerelementen. Voor het bepalen van de stijfheden van deze elementen is alleen gebruikgemaakt van gegevens van fabrikanten van lagers en geleidingen e.d., en eigen berekeningen. Omdat alle verbindingen voorgespannen zijn is lineair gedrag aannemelijk. Wanneer er speling in verbindingen aanwezig is, wordt het modelleren een stuk complexer. De eerder gepresenteerde meetresultaten zijn niet gebruikt om het computermodel te optimaliseren, omdat dit in de toekomst bij nieuwe ontwerpen ook niet mogelijk is. Doel is om inzicht te krijgen in hoeverre het mogelijk is om het dynamische gedrag van een complete machine te voorspellen. Het computerprogramma maakt gebruik van de dezelfde theorie als gebruikt is voor de metingen. Daarom spreken we van een theoretische modaal analyse. Het enige verschil is dat hier niet als uitgangspunt metingen worden gebruikt maar een wiskundig model. Tevens is het aantal punten waarin de machine is opgedeeld veel groter in het computermodel. Voor de modaal analyse kan in principe een relatief grove elementenverdeling worden gebruikt, omdat we geïnteresseerd zijn in het globale gedrag van de constructie. In dit geval is daarom gebruikgemaakt van vijfduizend elementen, dat leidt tot een rekentijd van enkele seconden tot een minuut op een standaard desktopcomputer. Omdat deze rekentijd zeer acceptabel is, is niet verder geprobeerd dit aantal te reduceren. In tabel 1 zijn de gevonden eigenfrequenties weergegeven en in afbeelding 8 enkele van de bijbehorende trilvormen. De eigenfrequenties komen aardig overeen met de metingen, maar nog duidelijker is de overeenkomst wanneer de trilvormen worden vergeleken (vergelijk afbeelding 6). De relatief grote afwijking van trilvorm 2 is te wijten aan onnauwkeurigheden in de gemeten resultaten; het computerprogramma heeft moeite om de trilvorm te onderscheiden van vorm 1 en 3. Door

het brede werkgebied van een freesmachine is de exacte frequentie van een eigenfrequentie van ondergeschikt belang. Het verspaningsproces zoekt als het ware de eigenfrequentie op. Voor de ontwerper is daarom de trilvorm het belangrijkste. Deze geeft inzicht in de zwakke punten van de machine en biedt daarmee een uitgangspunt voor wijzigingen.

Discussie resultaten

Uit de analyses valt in eerste instantie op dat de kolom veel relatieve beweging vertoont ten opzichte van het frame. Dit leidt tot verplaatsingen tussen het gereedschap en het werkstuk en vraagt daarom aandacht. Op basis van de metingen ontstond de indruk dat de geleidingschoenen hiervoor verantwoordelijk waren. Uit het computermodel blijkt echter dat de schoenen niet als enige verantwoordelijk zijn; ook vervormingen in de kolom spelen een belangrijke rol. Door de verdeling van de meetpunten was dit niet direct uit de metingen te herleiden. Het vervangen van de geleidingschoenen door een duidelijk stijvere variant levert minder voordeel op dan verwacht. Dit geeft aan dat de trilvormen niet door een enkele zwakke schakel worden bepaald. Het ontbreken van een zwakke schakel is een teken van een 'evenwichtig' ontwerp. Het concept is goed geconstrueerd. Voor verdere verbeteringen moet naar het totale concept worden gekeken. In de vierde trilvorm speelt translatie van de slede een vrij grote rol, naast de beweging van de kolom. Het blijkt dat vooral de lagersteun van de y-as schroefspil hiervoor verantwoordelijk is. Hier kan dus wel worden gesproken van een zwakke schakel, en verbetering van het dynamische gedrag is met relatief kleine ingrepen mogelijk. Op basis van de resultaten zijn enkele wijzigingen aan de machine voorgesteld en door-

Afbeelding 7. Elementenmodel van de Unifers 4000 met mesh voor theoretische modaal analyse.

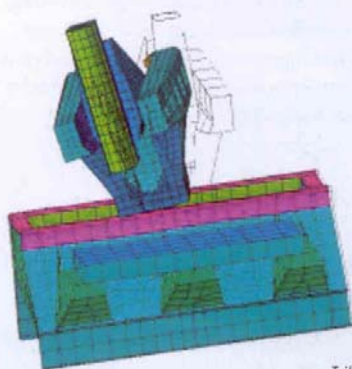


gerekend. Hiervoor werden verbeteringen bedacht die gesimuleerd zijn in het EEM model. Twee wijzigingen worden hier besproken:

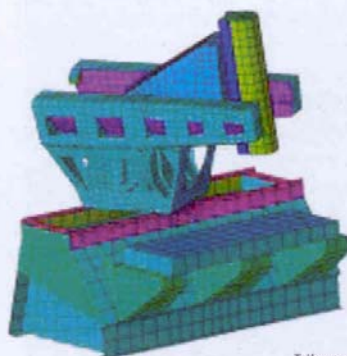
- 1 Verbreding van de basis van de kolom.
- 2 Herontwerp van de lagersteun van de y-as.

Een belangrijke wijziging betreft de basis van de kolom van de machine. Uit dynamisch oogpunt is deze erg smal (zie kaderstuk 'Argumentatie van de ontwerper'). Simulatie heeft aangetoond dat het verbreden van de kolom een zeer sterke invloed heeft op het gedrag van de machine. In afbeelding 9 is dit geïllustreerd. Afgebeeld is een zogenaamde overdrachtsfunctie, die de responsie van de machine toont wanneer deze wordt aangestoten met een bepaalde frequentie. De weergegeven verplaatsing is de relatieve verplaatsing tussen gereedschap en werkstuk. Met de onderbroken lijnen is de huidige situatie aangegeven. De dikke lijnen geven de verbeterde situatie aan. De kolom is verbreed in de x-richting. Daardoor dalen de responsies van de eerste en derde eigenfrequentie

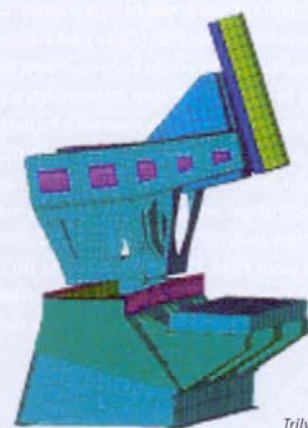
Afbeelding 8. Berekende trilvormen.



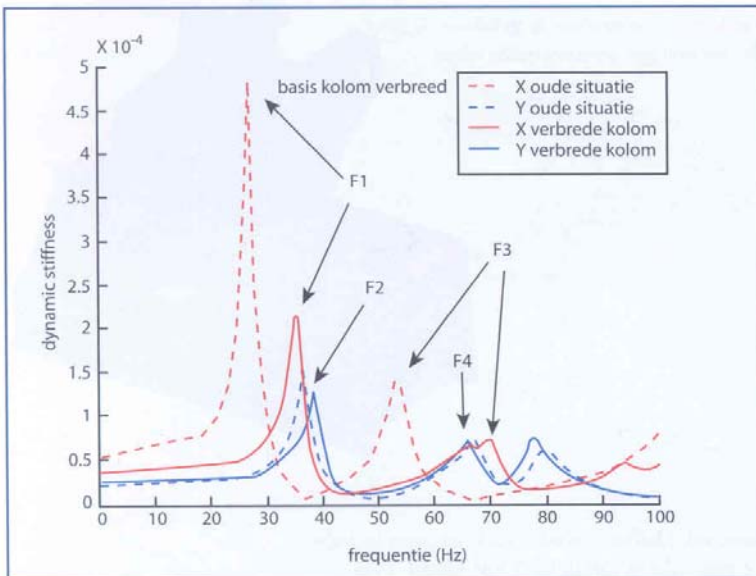
Trilvorm 1



Trilvorm 3



Trilvorm 4



Afbeelding 9. Berekende overdrachtsfunctie verbrede kolom.

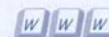
Argumentatie van de ontwerper

Bij het ontwikkelen van een nieuw type freesmachine moet met tal van aspecten rekening worden gehouden. De gewenste verspaningscapaciteit is een van die aspecten en een niet onbelangrijke. Tot op heden was dit tot aan het prototype een onzekere grootte. Ervaring en een goede duim van de constructeur speelden hierbij een grote rol. In een streven het de eerste keer goed te doen zijn we op zoek gegaan naar een meer theoretische benadering. Zodoende kwamen we in aanraking met de TU Delft. Samen hebben we een traject opgezet om een experimentele modaal analyse aan een bestaand type te doen, en aansluitend dezelfde machine met de eindige elementen methode (EEM) te simuleren. Het doel hiervan was enerzijds zwakke punten in de onderzochte machine naar boven te halen en anderzijds Unisign inzicht te geven hoe met EEM het dynamische gedrag vooraf, in de ontwerpfase kan worden voorspeld. Gaandeweg het onderzoek is gekeken naar verbeteringen aan het bestaande model. De in het artikel aangehaalde verbetering van de lagersteun van de y-as hebben we ter hand genomen. Hier liggen ook wat problemen bij de maakbaarheid, dus zo slaan we twee vliegen in een klap. Hoewel het EEM model een significante verbetering laat zien, zijn onze verwachtingen lager. De theoretische oplossing en praktische uitvoering wijken toch iets van elkaar af. Het tweede verbeteringsvoorstel, het verbreden van de kolom, is een grote aanpassing te noemen. Om deze door te voeren moeten concessies worden gedaan aan andere machine-eigenschappen, zoals gereedschapwisselaar, benodigd vloeroppervlak en niet als laatste prijs. Aangezien dit nu juist de sterke punten van deze machine zijn, hebben we ervoor gekozen om deze wijziging niet door te voeren. Bij toekomstige ontwikkeling van het verticale machineconcept zal rekening worden gehouden met de conclusies van het rapport. Hier is een rol weggelegd voor EEM. Doordat voor ons nu is aangetoond dat de gemeten en berekende resultaten voldoende met elkaar overeenstemmen, kan in de toekomst meer worden gebruikgemaakt van simulatie.

(F1 en F3) sterk. Dit is te verwachten omdat deze trilvormen een beweging in x-richting maken. Trilvormen 2 en 4 betreffen een rotatie van de kolom om de x-as en de verbreding van de kolom heeft daar geen invloed op. Trilvorm 5 heeft te maken met interne vervormingen in de kolom en wordt daarom slechts weinig beïnvloed. Een vergelijkbare simulatie is uitgevoerd voor de versteviging van de lagersteun voor de y-as. Hiermee bleek het mogelijk om de responsie van eigenfrequentie twee en vier (F2 en F4) te onderdrukken. Tijdens de simulaties werd ook duidelijk dat de bevestiging van de machine aan de vaste wereld een zeer grote invloed heeft op de resultaten. Dit is een bekend probleem bij modaal analyse. De stijfheid van deze verbinding wordt bepaald door de stijfheid van de stelschoenen maar ook door de stijfheid van de vloer. Vooral deze laatste is moeilijk mee te nemen in een model. Bij gebruik van een model is het daarom altijd nodig om de invloed van dit soort randvoorwaarden te onderzoeken.

Conclusie

Zoals het onderzoek laat zien zijn experimentele en theoretische modaal analyses een waardevol hulpmiddel in het ontwikkelingstraject van bewerkingsmachines. Theoretische modaal analyse is vooral bruikbaar om tijdens het ontwerpproces het dynamische gedrag van de machine te voorspellen en ontwerp wijzigingen te testen op hun effect op de machinedynamica. Op deze manier kan het dynamische gedrag van de machine in de ontwerpfase worden geoptimaliseerd. Dit bespaart het bouwen van prototypes of het achteraf wijzigen bij enkele serebouw. Experimentele modaal analyse is met name geschikt om bestaande machines te analyseren wat betreft het dynamische gedrag. Dit kan nodig zijn om bestaande problemen op te lossen (troubleshooting), maar de resultaten kunnen ook worden gebruikt om bestaande computermodellen te valideren om zo in de toekomst betere voorspellingen te kunnen doen. In het gepresenteerde onderzoek is dit laatste gedaan. Er is gebleken dat met relatief eenvoudige en in de ontwerpfase aanwezige informatie, een bruikbaar dynamisch computermodel te maken is dat de ontwerper inzicht geeft in het dynamische gedrag van het ontwerp.



j.m.derckx@wbmt.tudelft.nl

8.3 Artikel over hogesnelheidsfrezes

Techniwatch



Hogesnelheidsfrezes, waarom?

Mei 2001

Erfahrungsforum Werkzeug- und Formenbau
Darmstadt, 01 03 01 – 02 03 01

Reeds jaren verricht men in de Technische Universiteit Darmstadt (Duitsland) onderzoek naar het hogesnelheidsfrezes. Naar aanleiding van het op pensioen gaan van Dr.-Ing. Herbert Schulz, het hoofd van de onderzoeks-afdeling, organiseerde men dit jaar een tweedaags seminarie voor de werktuig- en matrijzenbouw. Gedurende deze twee dagen hebben bedrijven zoals BMW, Mitsubishi en Lego getracht om een antwoord te geven op de vraag: “Welke concurrentiële voordelen biedt het toepassen van hogesnelheidsfrezes”? Alle antwoorden bevatten twee steeds wederkerende kernwoorden, namelijk flexibiliteit en oppervlaktekwaliteit.

Flexibiliteit

Om een order binnen te halen, zal een bedrijf zich flexibel moeten opstellen om aan de eisen van de klant te voldoen en toch de vaak krappe levertermijn te halen. Het toepassen van hogesnelheidsfrezes kan het bedrijf juist die concurrentiële voordelen bieden. Snijsnelheden 3 tot 5 maal zo groot als de snijsnelheden bij het conventioneel frezen resulteren immers in een afname van de effectieve verspaningstijd. Dit heeft als gevolg een sterke daling in de doorlooptijd van het product. Hierdoor wordt het mogelijk om sneller op de eisen van de klant in te spelen en toch de beoogde levertermijn te behalen. Hogesnelheidsfrezes kan dus leiden tot een verhoogde productiviteit en winst. Een goed voorbeeld hiervan werd voorgesteld door Lego GmbH waar men door het overschakelen op hogesnelheidsfrezes de doorlooptijd van een complexe spuitgietmatrijs heeft kunnen terugbrengen van 410 uren tot 78 uren.

Oppervlaktekwaliteit

Een ander voordeel dat het hogesnelheidsfrezes kan bieden, is een betere afwerking van het gefreesde oppervlak ten opzichte van de oppervlakte-kwaliteit bereikt met behulp van het conventioneel frezen. Vaak is het hierdoor mogelijk om een bijkomende nabewerking te elimineren. Deze betere oppervlaktekwaliteit resulteert dus in een kleinere doorlooptijd en een besparing in de bewerkingskosten.

Reorganisatie

Alle bedrijven die tijdens het tweedaagse seminarie aan bod kwamen, waren het er ook over eens dat het toepassen van enkel het hogesnelheidsfrezes niet zal leiden tot de verwachte kortere doorlooptijden en verhoogde winsten. Bij het invoeren van het hogesnelheidsfrezes moet immers de gehele onderneming geanalyseerd en geoptimaliseerd worden. Dit moet op zulke wijze gebeuren dat de beschikbare capaciteit ten volle benut kan worden. In dit verband werden dan ook recente ontwikkelingen op gebied van gereedschappen, o.a. volhardmetalen frezen, en CAD/CAM-

systemen met simulatiemogelijkheden, o.a. eFactory, kort voorgesteld.

TECHNIWATCH: INFORMATIE OVER TECHNOLOGIEWACHT VOOR DE SECTOREN "METAAL- EN KUNSTSTOFPRODUCTEN", "MACHINEBOUW",
"ELEKTRONICA & INFORMATIE- EN COMMUNICATIETECHNOLOGIEËN", "TRANSPORTMIDDELEN"
AFDELING "TECHNOLOGIEWACHT": DIRK DE MOOR, TEL. 02/706.79.84, FAX 02/706.79.88, E-MAIL: dirk.demoor@wtcm.be

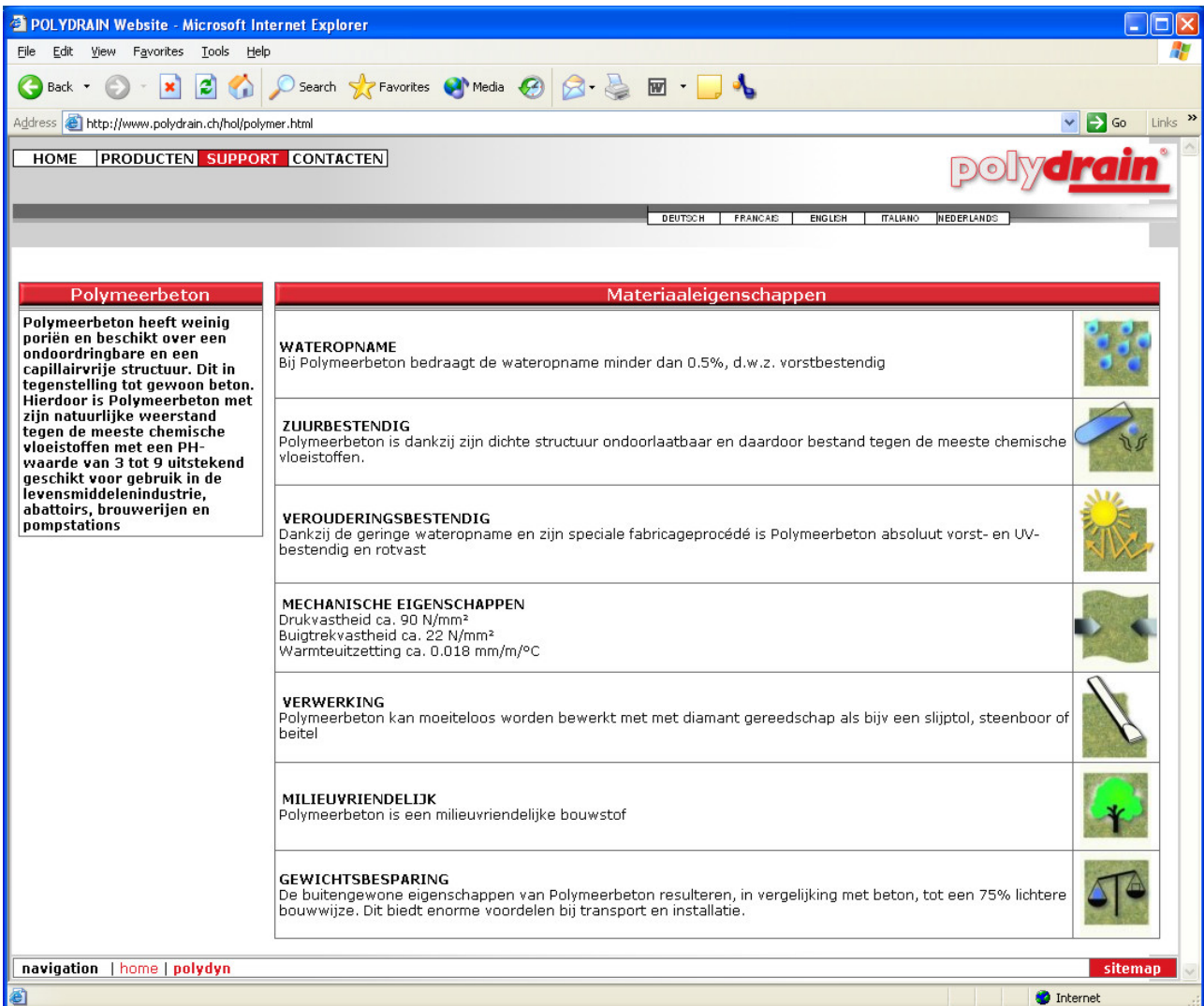
Techniwatch










Toepassingsdomein	Werktuig- en matrijzenbouw
Industriële bruikbaarheid	State-of-the-art
Relevante octrooien	
Trefwoorden in het Nederlands	Hogesnelheidsverspanen, HSV
Trefwoorden in het Frans	Usinage à grande vitesse, UGS

Bijkomende inlichtingen: Peter ten Haaf, tel. 011/85.91.82, fax 011/22.92.90, e-mail: peter.tenhaaf@wtcm.be

8.4 Artikel over polymeerbeton



The screenshot displays the Polydrain website in a Microsoft Internet Explorer browser window. The address bar shows the URL <http://www.polydrain.ch/hol/polymer.html>. The website features a navigation menu with 'HOME', 'PRODUCTEN', 'SUPPORT', and 'CONTACTEN'. The main content area is titled 'Materiaaleigenschappen' (Material Properties) and is organized into two columns. The left column, 'Polymeerbeton', describes its impermeable structure and resistance to acids. The right column, 'Materiaaleigenschappen', lists various properties: 'WATEROPNAME' (water absorption), 'ZUURBESTENDIG' (acid resistant), 'VEROUDERINGSBESTENDIG' (weather resistant), 'MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN' (mechanical properties), 'VERWERKING' (processing), 'MILIEUVRIENDELIJK' (environmentally friendly), and 'GEWICHTSBESPARING' (weight saving). Each property is accompanied by a small illustrative icon.

Polymeerbeton	Materiaaleigenschappen
<p>Polymeerbeton heeft weinig poriën en beschikt over een ondoordringbare en een capillairvrije structuur. Dit in tegenstelling tot gewoon beton. Hierdoor is Polymeerbeton met zijn natuurlijke weerstand tegen de meeste chemische vloeistoffen met een PH-waarde van 3 tot 9 uitstekend geschikt voor gebruik in de levensmiddelenindustrie, abattoirs, brouwerijen en pompstations</p>	<p>WATEROPNAME Bij Polymeerbeton bedraagt de wateropname minder dan 0.5%, d.w.z. vorstbestendig</p> 
	<p>ZUURBESTENDIG Polymeerbeton is dankzij zijn dichte structuur ondoorlaatbaar en daardoor bestand tegen de meeste chemische vloeistoffen.</p> 
	<p>VEROUDERINGSBESTENDIG Dankzij de geringe wateropname en zijn speciale fabricageprocedé is Polymeerbeton absoluut vorst- en UV-bestendig en rotvast</p> 
	<p>MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN Drukvastheid ca. 90 N/mm² Buigtrekvastheid ca. 22 N/mm² Warmteuitzetting ca. 0.018 mm/m/°C</p> 
	<p>VERWERKING Polymeerbeton kan moeiteloos worden bewerkt met met diamant gereedschap als bijv een slijptol, steenboor of beitel</p> 
	<p>MILIEUVRIENDELIJK Polymeerbeton is een milieuvriendelijke bouwstof</p> 
	<p>GEWICHTSBESPARING De buitengewone eigenschappen van Polymeerbeton resulteren, in vergelijking met beton, tot een 75% lichtere bouwwijze. Dit biedt enorme voordelen bij transport en installatie.</p> 

navigation | home | polydyn [sitemap](#)

8.5 Snij snelheden van vol hardmetaalfrezen

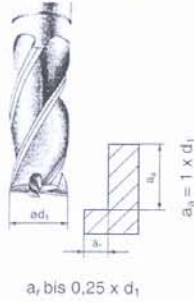


MIRRIC Special Tools-Technische Plastics

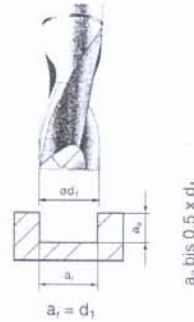
Postbus 228
7550 AE HENGELO
Tel: (074) 291 23 53

Richtwerte für die Schnittgeschwindigkeit V_C in m/min und für den Vorschub pro Zahn f_Z in mm bei

VHM-Schafffräsern



$a, \text{ bis } 0,25 \times d_1$



$a_0 \text{ bis } 0,5 \times d_1$

Einsatzgebiete	Schnittgeschwindigkeit V_C in m/min	Kühlung	Vorschub pro Zahn f_Z in mm bei Fräser ϕd_1										
			2	3	4	5	6	8	10	12	16	20	
Automatenstähle, allgemeine Baustähle	bis 600 N/mm^2	E/S	0,003	0,005	0,006	0,012	0,015	0,019	0,025	0,032	0,037	0,051	0,063
Automatenstähle, allgemeine Baustähle, Stahlguß unlegiert, Stahlguß niedrig legiert	bis 850 N/mm^2	E/S	0,003	0,006	0,012	0,015	0,019	0,024	0,029	0,034	0,046	0,057	
kerzhähe Baustähle, warmfeste Baustähle, Stahlguß höher legiert	bis 1100 N/mm^2	E/S	0,003	0,007	0,011	0,014	0,017	0,023	0,029	0,034	0,046	0,057	
Einstanzstähle, Nitrierstähle, Vergütungsstähle, Werkzeugstähle für Kaltarbeit	bis 900 N/mm^2	E/S	0,003	0,007	0,011	0,014	0,017	0,023	0,029	0,034	0,046	0,057	
Nitrierstähle, Vergütungsstähle, Werkzeugstähle für Warmarbeit, Schnellarbeitssähle	bis 1100 N/mm^2	E/S	0,006	0,007	0,011	0,014	0,017	0,023	0,029	0,034	0,046	0,057	
Nitrierstähle, Vergütungsstähle, Werkzeugstähle für Warmarbeit	über 1100 N/mm^2	E/S	0,006	0,006	0,010	0,013	0,015	0,021	0,026	0,031	0,041	0,051	
Weißer Temperguß, schwarzer Temperguß, Gußeisen mit Lamellengraphit	bis 240 HB	E/T	0,003	0,011	0,014	0,018	0,022	0,030	0,039	0,044	0,060	0,074	
Gußeisen mit Lamellengraphit, Gußeisen mit Kugelgraphit	über 240 HB	E/T	0,003	0,011	0,014	0,018	0,022	0,030	0,039	0,044	0,060	0,074	
Rost- und säurebeständige Stähle, hitzebeständige Stähle	bis 850 N/mm^2	E/S	0,003	0,005	0,008	0,010	0,012	0,016	0,020	0,024	0,032	0,040	
Titan unlegiert gegläht, Titanlegierungen gegläht	bis 850 N/mm^2	E/S	0,003	0,007	0,011	0,014	0,017	0,023	0,029	0,034	0,046	0,057	
Titanlegierungen ausgehärtet, Titanlegierungen gegläht	bis 1200 N/mm^2	E/S	0,003	0,005	0,008	0,010	0,012	0,016	0,020	0,024	0,032	0,040	
Chrom-Nickellegierungen warmfest	bis 850 N/mm^2	E/S	0,003	0,005	0,008	0,010	0,012	0,016	0,020	0,024	0,032	0,040	
Chrom-Nickellegierungen hochwarmfest	bis 1200 N/mm^2	E/S	0,003	0,005	0,008	0,010	0,012	0,016	0,020	0,024	0,032	0,040	
Kupfer unlegiert, Kupfer niedrig legiert	bis 500 N/mm^2	E	0,003	0,007	0,011	0,014	0,017	0,023	0,029	0,034	0,046	0,057	
Kupfer-Zinn-Legierungen, Kupfer-Zinn-Legierungen	bis 800 N/mm^2	E	0,003	0,007	0,011	0,014	0,017	0,023	0,029	0,034	0,046	0,057	
Aluminium rein, Alu.-Gußlegierungen Si<10%, Aluminium-Knetlegierungen nicht ausgehärtet	bis 400 N/mm^2	E	0,006	0,011	0,014	0,018	0,022	0,030	0,038	0,044	0,060	0,074	
Aluminium-Knetlegierungen ausgehärtet, Alu.-Gußlegierungen Si>10%, Magnesium-Gußleg.	über 400 N/mm^2	E	0,003	0,007	0,011	0,014	0,017	0,023	0,029	0,034	0,046	0,057	

E = Emulsion
S = Schneidöl
T = Trocken

Für das Bohren mit 2-Schneidern oder 3-Schneidern sind die Vorschübe auf 40 % der Tabellenwerte zu reduzieren!