

DOOR: PAUL QUAEDVLIEG

Tandwielproductie in hogere versnelling

Van Eijk Transmissie uit het Brabantse Asten heeft een proces ontwikkeld voor het snel en flexibel produceren van prototype tandwielsets en kleine series. Ze zijn hiermee genomineerd voor de ESEF-award. Het is een bijzondere variant op het maken van tandwielen. De bekende technieken zoals afwikkelfrezen, steken en sinds enkele jaren het vijfassig frezen zijn de afgelopen tijd verder verfijnd en verbeterd. Ook nieuwe technieken doen hun intrede en machineleveranciers komen met nieuwe productieconcepten. Tijd voor een update op het gebied van tandwiel fabricage.



Figuur 1. Het slijpen van tandwielen uit volmateriaal zoals bij Van Eijk Transmissie is prima geschikt voor het snel leveren van prototype tandwielsets (foto: Van Eijk Transmissie)

Het proces van Van Eijk Transmissie is met name geschikt voor tandwielen vanaf moduul 1 tot en met moduul 8. "Met het nieuwe proces kunnen we onze klanten veel sneller helpen met het aanleveren van prototypes", legt Godfried Rovers, directeur van Van Eijk Transmissie uit. "Normaal gesproken maak je tandwielen met behulp van afwikkelfrezen. Dat kan snel gaan als je de afwikkelfrezen met het juiste moduul en afmetingen in huis hebt. Maar als de klant met een nieuwe tandvorm komt, moet de afwikkelfrees op maat gemaakt worden. Dat kost al gauw zo'n acht weken. Samen met de productietijd praat je al gauw over twaalf tot zestien weken levertijd, afhankelijk van het type afwikkelfrees. Dat soort levertijden wil je juist bij prototypes vermijden."

Balligheid

De technici van Van Eijk Transmissie hebben nu een nieuw proces bedacht: het slijpen van tandwielen uit volmateriaal (figuur 1). Rovers legt dit uit: "Van de klant krijgen we een tekening van de tandwielen met de specifieke tandvorm en moduul. Aan de hand van deze tekening gaan we de slijpschijf dresen naar de gewenste tandvorm (figuur 2). Daarna wordt deze slijpschijf gebruikt om tand voor tand te gaan slijpen uit het volmateriaal. Tussendoor is een aantal 'dressmomenten' om de tandvorm zo nauwkeurig mogelijk te houden".

Na het slijpen van het complete tandwiel worden alle tanden gemeten. De slijpsteen wordt eventueel gecorrigeerd door middel van dresen. "Hierna wordt het tandwiel gehard, net

zoals de meeste andere tandwielen", legt Rovers uit. "Na het harden wordt het tandwiel nageslepen. Dit naslijpen kan in het microbereik nauwkeurig en we kunnen in de tandwielvorm nog bepaalde eigenschappen slijpen zoals de balligheid of een torsievrije loop, het zogenaamde 'Verschränkungs frei' slijpen. Ook kunnen nog bijna alle denkbare tandcorrecties worden uitgevoerd."

Het slijpen uit volmateriaal zoals Van Eijk Transmissie dit toepast is alleen geschikt voor rechte en schuine vertandingen. Het slijpen in volmateriaal is wel een arbeidsintensief proces. Rovers legt dat uit: "Deze manier van tandwielen maken passen we alleen toe bij kleine series en enkelstuks. Dat betekent dat de slijpmachine meerdere keren per dag wordt omgesteld. Ook



wordt een aantal parameters van de software aangepast". Het bedrijf kreeg bovendien hulp van Liebherr. Voor het slijpen in volmateriaal werd speciale besturingssoftware op de machine, een Liebherr LCS 380, geïnstalleerd.

Automatisering

Daarmee zijn we meteen beland bij een andere trend binnen de tandwielfabricage: automatisering. De Liebherr LCS 380 zoals we die bij Van Eijk zien, beschikt over een palletsysteem met robot. "Bij seriewerk ontcom je bijna niet meer aan automatisering", legt Rovers uit. "Op deze machine kunnen we overdag het maatwerk slijpen, 's nachts bewerkt deze machine kleine series volautomatisch." Verderop zien we een Liebherr LFS 380, een volautomatische steekmachine, die volop in productie is om kleine tandwielen te steken uit een as met flens. Rovers: "Alleen op deze manier kun je deze tandwielen maken. De flens zit namelijk in de weg als je dit product wilt afwikkelfrezen". De productietijden bij het steken van deze tandwielen zijn kort. De robot pakt een onbewerkt product uit het magazijn en plaatst dit in de productwisseelaar van de steekmachine. Als de machine klaar is met het steken van het voorgaande product, draait het gereede product. De robot pakt het product op en houdt dit geruime tijd schuin, zodat alle snij-olie er af kan lopen. Daarna wordt het product in het magazijn geplaatst. Volautomatisch, 24 uur per dag.

'Wälzschälén'

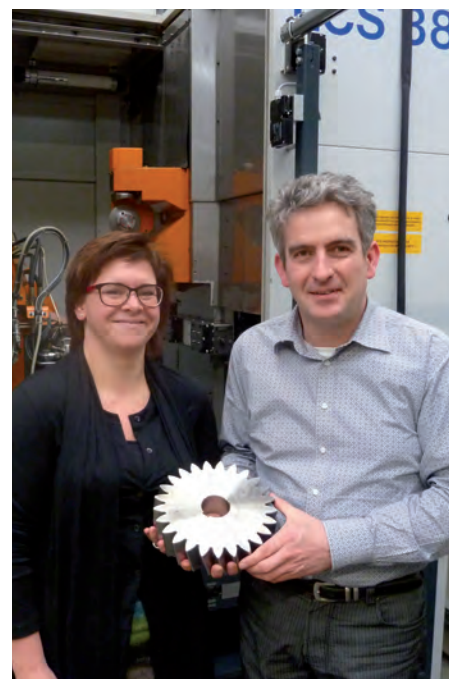
Een volledig nieuwe manier om binnenvertandingen te steken liet Klingelberg vorig jaar

zien op de EMO 2011 in Hannover. Dit zogenaamde Wälzschälén (vertaald als rolsteken) is gebaseerd op een patent uit 1910. Hiermee wilde destijds Wilhelm von Pittler een revolutie teweegbrengen op het gebied van tandwielproductie. Hetgeen toen, door gebrek aan goed gereedschap en nauwkeurige machines, niet lukte. Over het rolsteken op zich is al een artikel vol te schrijven. Wij beperken ons hier echter tot het principe.

Het principe van het rolsteken (figuur 4 en figuur 5) is als volgt: als gereedschap dient een gereedschap met kopse snijkanten. In tegenstelling tot het steken wordt de snijbeweging niet door een oscillerende slagbeweging gegenereerd. Door de gekruiste as van het gereedschap en het werkstuk wordt een axiale relatieve snelheid gegenereerd, die de snijbeweging mogelijk maakt. Tijdens de verdraaiing van het gereedschap gaat elke snijkant door verschillende hoogtes van de tanden van het werkstuk – dat is de beweging die het snijproces nodig heeft. De kruising van de assen vereist dat de hoek van het gereedschap en de spiraalhoek van het geproduceerde tandwiel rond de hoek van de kruisende assen verschillen.

Kinematica

Figuur 6 toont de vrijheidsgraden van de kinematica bij het rolsteken. Naast de buiging voor de hoek van het assenkruis is er een kantelhoek, waarvan de buiging loodrecht op de draaiingsas van het gereedschap en loodrecht op de buiging van de gekruiste assen staat. Met deze kanteling wordt een vrijloophoek bereikt tussen de tandflanken van het gereedschap en de



Nicol van Hoof (Van Hoof Groep) en Godfried Rovers (Van Eijk Transmissie) zijn blij met de ESEF-nominatie (foto: Paul Quaedvlieg)

tandflanken van het werkstuk. Dit wordt de kinematische vrijloophoek genoemd.

Daarnaast zijn twee lineaire verplaatsingen nodig. Aan de ene kant moet de afstand tussen de assen van het werkstuk en het gereedschap ingesteld worden. Aan de andere kant moet het gereedschap langs de as van het werkstuk verplaatst worden. Dit proces van het gereedschap langs de as van het werkstuk verplaatsen vereist een verdraaiing van het gereedschap of het werkstuk, die afhangt van het assenkruis tussen gereedschap en werkstuk. Het wordt meestal aangeduid met differentiële snelheid.

Hoewel de kinematica van het rolsteekproces op het eerste gezicht eenvoudig lijkt, is de >>>



Figuur 2. De slijpstenen krijgen middels dressen de vorm van de tanden (foto: Paul Quaedvlieg)

Van Hoof Groep

Van Eijk Transmissie maakt onderdeel uit van de Van Hoof Groep. Deze groep, opgericht in 1988, is een keten van bedrijven binnen de metaalsector. De keten van bedrijven heeft als doel hun gezamenlijke klanten totaaloplossingen te bieden in de productie van onderdelen, subsamensellingen tot complete speciaal machines. Naast Van Eijk Transmissie (tandwielen en andere overbrengingen) maken ook de bedrijven HMF Nederland (plaatbewerking en klein constructiewerk), Nima Speciaalwerk (fijnmechanisch verspanen en slijpen) en Nima Innovations (ontwikkeling en productie van speciaal machines en subsamensellingen) deel uit van de Van Hoof Groep.





spaanopbouw juist heel complex. De spaan- en vrijloophoek veranderen tijdens het snijden bij klassieke steekwielen (conisch of cilindrisch maakt niet uit), hetgeen tot slechte spaaneigenschappen leidt. De succesfactor voor het rolsteken zit hem in een steekgereedschapssysteem, met een vrij instelbare vrijloophoek en spaanhoek. Dit soort gereedschappen zijn nu een aantal jaren succesvol in gebruik bij het droogfrezelen van spiraalkegeltandwielen en worden nu ook gebruikt bij het rolsteken.

Automatisering tandwielen

Automatisering bij de productie van tandwielen wordt steeds meer toegepast, zeker bij middelgrote tot grote series. Zuidberg Transmissions heeft onlangs een compleet nieuwe fabriekshal gebouwd voor de productie van tandwielen. Bij Van Eijk Transmissie staan inmiddels ook twee Liebherr machines met robotcel. Maar het blijft niet bij pick&place-systemen alleen. Zo bouwde Romias uit Hengelo (O) voor het bedrijf Norma een robotcel voor kroonwielen en koppelde deze aan een bestaande Liebherr LC 502 tandwielreesmachine. Het bedrijf ontwikkelde een concept van een robot op een frame, voorzien van een grijper met een grote slag waarmee de handling van een grote range van kroonwielen verzorgd kan worden. De robot bij Norma verzorgt ook taken als afbramen, reinigen en schoonblazen en conserveren. Volgens Romias is de heldere en eenvoudige celbesturing een bijzonder aspect van deze robotcel: de besturing Romias-MI. Door gebruik te maken van de intelligentie in de besturing worden de uiteindelijke programma's door de robot zelf gegenereerd. Voordeel is dat de operator geen specifieke programmeerkennis nodig heeft om de cel te kunnen bedienen. Door gebruik van Romias-MI kunnen de meer dan duizend verschillende typen kroonwielen bij Norma met opgave van slechts enkele kenmerken worden geprogrammeerd (foto: Reinold Tomberg).



Ontwikkelingen afwikkelfrezen

Ook de gereedschapfabrikanten staan niet stil qua ontwikkeling. Er zijn gereedschappleveranciers die juist nu pas inzetten op tandwieltechnologie. Begin 2009 werd bij Sandvik Coromant de strategische beslissing genomen om actief in de tandwielmarkt te gaan investeren. De focus van Sandvik ligt echter wel bij tandwielen met moduul 4 en hoger. Het bedrijf wil zelfs binnen vijf jaar een marktleidende positie veroveren op dit gebied, een ambitieus streven.

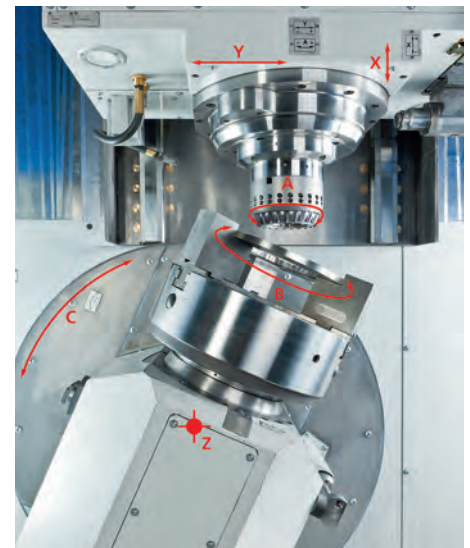
Afgelopen zomer toonde Sandvik Coromant tijdens een presentatie 'gear milling' op het hoofdkantoor in Sandviken, Zweden, nieuwe tandwielgereedschappen, maar ook nieuwe methodes. Metaal Magazine was daar ook bij. Sandvik Coromant liet afwikkelfrezen zien, maar niet als normale massieve 'solid' frees. Solid HSS afwikkelfrezen hebben als nadeel hoge aanschafkosten, een lange levertijd en een gelimiteerde levensduur. Sandvik toonde een voorbeeld van de besparingen die met een indexeerbare afwikkelfrees met wisselplaten behaald kunnen worden. Er werd een batch gefreesd van 3.800 planeettandwielen van het materiaal 17CrNiMo6 met moduul 7. De wisselplaten van de indexeerbare afwikkelfrees bestonden uit de hardmetaalsoort GC1030. In vergelijking met een HSS afwikkelfrees liep hierbij de besparing op tot 165.000 euro op het gebied van gereedschapskosten en tot 7.000 uur qua bewerkingstijd. Dat zijn natuurlijk wel bedragen waarvoor klanten warmlopen.

Praktijk

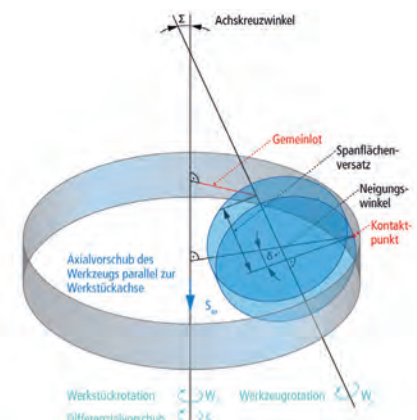
Daarna konden we het verspanen met de indexeerbare afwikkelfrees zelf zien. In het laboratorium van Sandvik stond een Höfler HF600 verandingsmachine met de nieuwste telg afwikkelfrees Coromill 176 (figuur 7). Deze afwikkelfrees is geschikt voor voorfrezelen, semi-nafrezelen en nafrezelen van tandwielprofielen tussen moduul 4 en 6. De snijkanten bestaan uit verwisselbare en indexeerbare hardmetalen wisselplaten voor tandprofielen volgens DIN3972-2, die via de iLock interface nauwkeurig in de gereedschapzitting passen. Deze iLock interface zorgt ervoor dat het vervangen snel en eenvoudig gaat en dat de wisselplaten altijd weer op dezelfde positie vastgezet worden. Op de Höfler zat een onbewerkt stuk materiaal S52541 ingespannen met een hardheid van 280 HB. De buitendiameter van het product was 160 mm, de breedte was 50 mm. Eerst werd er voorgefreesd, daarna werd nagefreesd voor een moduul 5. De snijsnelheid bedroeg 180 m/min, waardoor het voorfrezelen binnen 1 minuut klaar was. Een indrukwekkende prestatie.



Figuur 4. Het rolsteken is een nieuw proces op het gebied van binnenvertandingen (foto: Klingelberg)



Figuur 5. Het rolsteken op een Oerlikon C29 kroonwielafwikkelfreesmachine. De machineassen zijn rood aangegeven (foto: Klingelberg)



Figuur 6. Deze figuur toont de vrijheidsgraden van de kinematica bij het rolsteken (bron: Klingelberg)

uP-Gear technologie

Bij het frezen van kroonwielen met gekromde tanden begaat Sandvik een andere strategie. Bekend is het frezen met vingerfrezen >>>





Figuur 7. De afwikkelfrees Coromill 176 freest efficiënt en snel vertandingen volgens DIN3972-2 (foto: Sandvik)



Figuur 8. Het maken van tandwielen via de uP-Gear technologie gaat vooral sneller ten opzichte van het vijfassig frezen met vingerfrezen (foto: Heller)

op vijf-assige machines, waarbij de vijfassige simultane beweging voor de tandvorm zorgt, zoals we al vaker hebben gezien bij Hermle en DMG. Complexe software zorgt voor de speciale banen die de vingerfrezen moeten maken. Echter zet Sandvik geen vingerfrezen in, maar bepaalde schijffrezen met wisselplaten. Dit onder de naam uP-Gear technologie. Het bedrijf werkt op dit gebied nauw samen met machinefabri-

kant Heller (figuur 8). Bij het verspanen met de uP-Gear technologie wordt er eerst ruw voorgefreed met standaard gereedschap. Daarna wordt gewisseld van gereedschap en worden met speciaal gereedschap de tandflanken aan de ene zijde voor- en nagefreed. Voor de tandflanken aan de andere zijde wordt ook weer speciaal gereedschap gekozen. Het Sandvik gereedschap beschikt over indexeerbare wisselplaten. Dit zorgt voor lagere gereedschapskosten. Het voordeel ten opzichte van het vijfassig frezen met vingerfrezen zit hem vooral in de snij-snelheid. Heller claimt bij het voorfrezen tot drie maal zo veel te verspanen als bij het vijfassige vingerfrezen. Maar ook het nafrezen duurt minder lang.

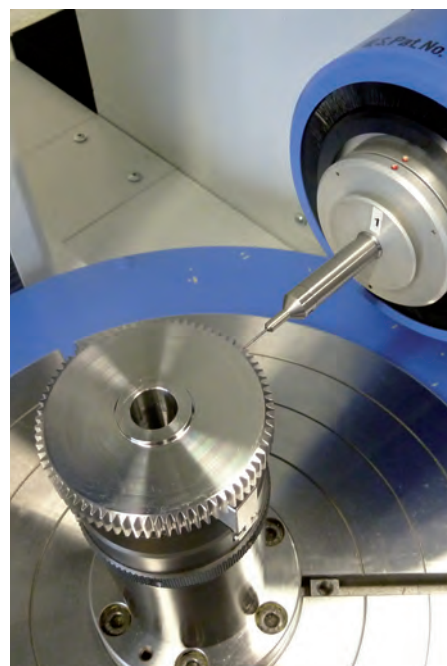
Conclusie

Het is duidelijk dat het produceren van tandwielen nog lang niet is uitontwikkeld. Onder druk van levertijden, hogere nauwkeurigheden en een lagere kostprijs zien we dat automatisering en bepaalde nieuwe productieprocessen steeds vaker hun intrede doen. Zowel machinefabrikanten, gereedschapfabrikanten als tandwiel-

Strategische samenwerking

Op 19 september 2011 sloten Gleason Corporation en Heller Maschinenfabrik een strategische overeenkomst om wereldwijd de tandwielmarkt te bedienen. Beide bedrijven gaan samenwerken op het gebied van de ontwikkeling en de verkoop van vijfassige bewerkingscentra, specifiek voor tandwielapplicaties. Heller's innovatieve oplossingen, waaronder het uP-Gear principe, zijn met name interessant voor het flexibel en met name hoog productief verspanen van tandwielen in kleine tot middelgrote series. Gleason zal optreden als exclusieve distributeur van bewerkingscentra voorzien van Heller's bestaande tandwieloplossingen en ziet het als een uitbreiding op de oplossingen die Gleason zelf biedt.

producenten gebruiken hun innovatiekracht om te voldoen aan de hoge eisen van de klant. Daarin blijft het meten van de tandwielen (figuur 9) heel belangrijk. Na het verspanen en het harden krijgen de tandwielen middels slijpen pas hun eigenschappen mee. Gelukkig blijven tandwielen ook de komende jaren nog steeds nodig, van compacte hightech aandrijvingen in de automobiellindustrie en de machinebouw tot grote nauwkeurige tandwielen in windmolens, treinen en de zware industrie. <<<



Figuur 9. Meten is weten, tandwielen kunnen vaak middels naslijpen nog bepaalde eigenschappen meekrijgen (foto: Paul Quaedvlieg)

Diverse tandwielproductietechnieken met elkaar vergeleken

	Afwikkel- frezen	Vijfassig vingerfrezen	uP-Gear technologie	Slijpen in volmateriaal
Flexibiliteit:	laag	hoog	hoog	hoog
Productiviteit:	hoog	laag	hoog	laag
Machinekosten:	hoog	laag	laag	hoog
Gereedschapskosten:	hoog	laag	laag	laag

