

Optimalisatie van

Het proces van hogesnelheidsfrezes wordt in de industrie veelvuldig toegepast om werkstukken te maken. Een voordeel van een hoge snelheid van de spil is de reductie van de bewerkingstijd. Een ander voordeel is dat de verspaningskrachten relatief laag zijn, waardoor met hogere nauwkeurigheden gefreesd kan worden. Deze voordelen worden echter pas goed benut als het freesproces goed onder controle is en met optimale verspaningscondities gewerkt kan worden.

• Ir. J.A.J. Oosterling •

Eén van de manieren om productkosten te reduceren is het omlaag brengen van de productiekosten. Dit kan gerealiseerd worden door het aantal onderdelen van een product terug te brengen of door de bewerkingskosten omlaag te brengen. Dit laatste kan op de volgende manieren:

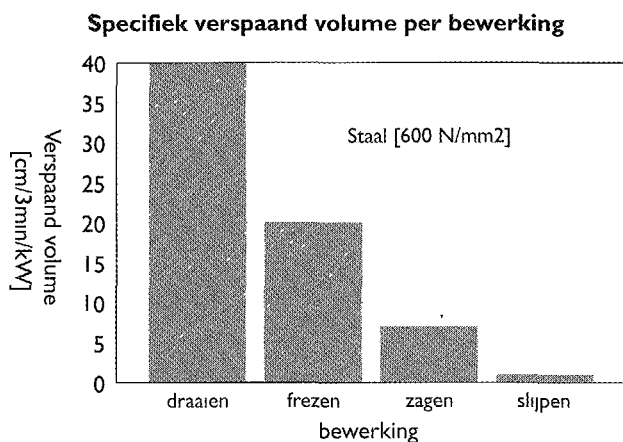
- De bewerkingstijd kan goedkoper, door onbemand te werken
- De bewerkingstijd kan korter. Enerzijds is dit mogelijk door reductie van het aantal storingen, bijvoorbeeld door een betere werkvoorbereiding of betere NC programma's. Anderzijds is dit mogelijk door met hogere effi-

ciëntie te bewerken. Over dit laatste punt zal dit artikel gaan.

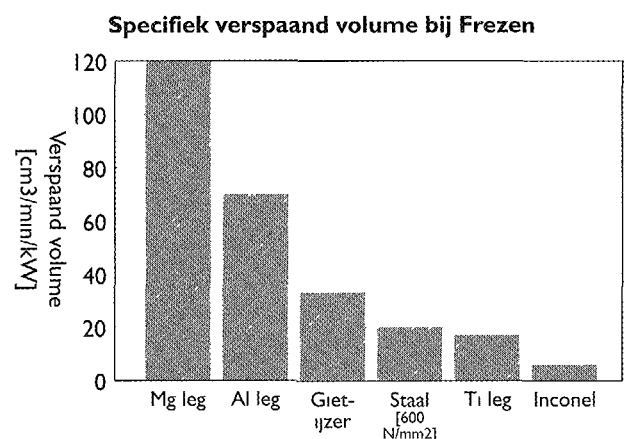
Het specifiek verspaand volume dat behaald kan worden bij verschillende bewerkingsprocessen is te zien in afbeelding 1.

In het geval van frezen zijn de specifiek verspaande volumes van verschillende materialen te zien in afbeelding 2.

Om optimaal te kunnen produceren is het noodzaak om het beschikbare vermogen aan de spindel maximaal te benutten. Helaas wordt dit beperkt door slijtage van het gereedschap en het optreden van het verschijnsel chatter.

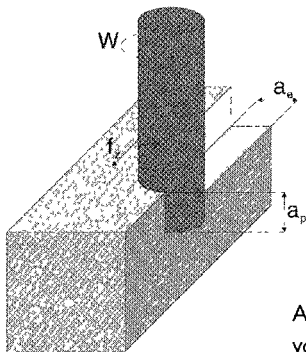


Afbeelding 1. Specifiek verspaand volume per bewerking



Afbeelding 2. Specifiek verspaand volume bij Frezen

het freesproces

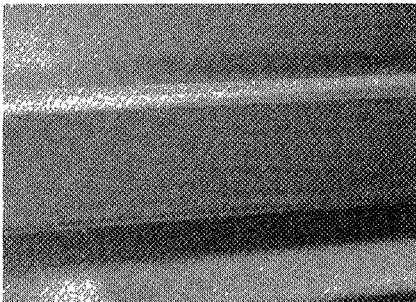


Afbeelding 3 Een schematische voorstelling van het freesproces

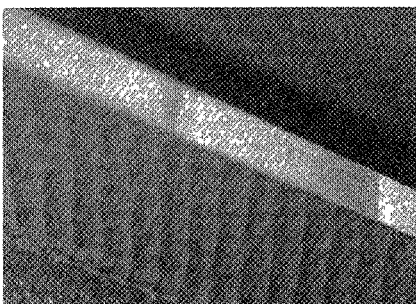
Chatter

Een schematische voorstelling van het freesproces is te zien in afbeelding 3.

Het fenomeen chatter is het optreden van ongewenste trillingen bij bepaalde combinaties van axiale snedediepte en toerental. Dit heeft tot gevolg dat het werkstukoppervlak kwalitatief slecht wordt en dat het gereedschap snel slijt. Bovendien gaat het gepaard met veel herrie. In afbeelding 4a is het oppervlak van een werkstuk te zien waarbij geen chatter is opgetreden. In afbeelding 4b is hetzelfde werkstuk te zien waarbij wel chatter is opgetreden.

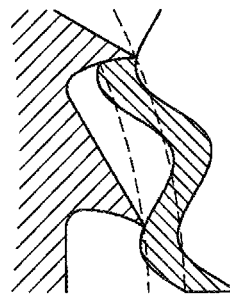


Afbeelding 4a. Werkstuk waarbij geen chatter is opgetreden

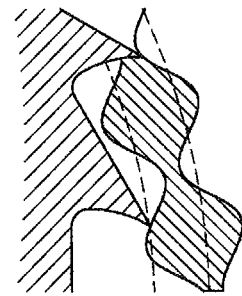


Afbeelding 4b. Werkstuk waarbij wel chatter is opgetreden

Hoe ontstaat nu chatter? Het freesproces is een interactie tussen de machine en het werkstuk. Een verplaatsing van de spil wordt opgelegd aan de spil, bijvoorbeeld door de NC-programmatuur. Als het gereedschap zich in het werkstuk bevindt, ondervindt de spil een weerstandskracht als deze verplaatsing gerealiseerd wordt. Deze weerstandskracht resulteert in een kleine verplaatsing, als gevolg van de machine- en freesdynamica. Dit betekent dat de daadwerkelijke verplaatsing van de frees een beetje afwijkt van de opgelegde verplaatsing van de frees. Dit resulteert in een golvend oppervlak op het werkstuk. De volgende tand van de frees ondervindt dit golvende oppervlak en genereert op zijn beurt ook weer een golvend oppervlak. Bij bepaalde combinaties van toerental en snedediepte is het faseverschil tussen deze golven dusdanig dat de spaandikte sterk fluctueert, zie afbeelding 5. Dit heeft tot gevolg dat de frees hevig gaat trillen en dat deze trilling zichzelf in stand houdt. In dat geval wordt gesproken over chatter.



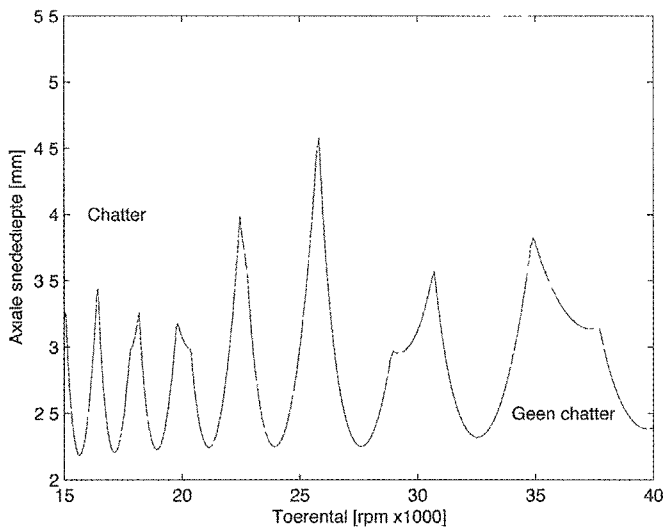
Afbeelding 5a. Stabiel



Afbeelding 5b. Instabiel

De grens tussen een stabiele verspaning (zonder chatter) en een instabiele verspaning (met chatter) kan worden gevisualiseerd als functie van toerental van de spil en de axiale snedediepte. Dit wordt gedaan in een zogenaamd stabiliteitslobbendiagram (SLD). Een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 6. Bij alle combinaties van toerental en snedediepte boven de lijn treedt chatter op, terwijl alle punten onder de lijn stabiel zijn.

Verder is in dit diagram te zien dat de lobben steeds verder uit elkaar komen te liggen, naarmate het toerental toeneemt. Daardoor is het mogelijk om bij hoge snelheidsfreesen 'in' een lobbe te gaan en hierdoor een maximale snedediepte bij een gunstig toerental te kiezen (het rondje in afbeelding 6).



Afbeelding 6 Stabiliteitslobbendiagram

Bij conventioneel frezen liggen de lobben vaak te dicht op elkaar om nauwkeurig 'in' een lobbe te gaan zitten en moet een snedediepte gekozen worden die op het minimum van de lobben ligt (het kruisje in figuur 6).

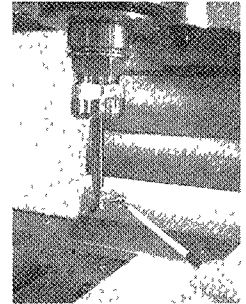
Inmiddels zijn er verschillende hulpmiddelen op de markt om een stabiele snede te garanderen. Dit kan door het meten van de trillingen tijdens het frezen, zoals b.v. wordt gedaan door het programma Harmonizer, of door het vooraf voorspellen van de stabiliteitslobben, zoals bijvoorbeeld wordt gedaan door het programma CutPro. Het programma Harmonizer meet het geluid dat ontstaat tijdens het frezen en analyseert dit. Indien de geluidsintensiteit bij een bepaalde frequentie boven een vooraf ingesteld maximum komt, wordt de snede aangemerkt als instabiel en wordt een nieuw toerental geadviseerd. Op deze manier is het met een paar sneden mogelijk op het juiste toerental en de juiste axiale snedediepte te vinden. Bij de tweede methode wordt aan de hand van diverse eigenschappen van de machine, het gereedschap en het werkstuk vooraf de stabiliteitsgrens berekend. Hiervoor moeten experimenten worden uitgevoerd om de machinedynamica te berekenen. Deze experimenten zijn zogenaamde impulstesten. Met een hamertje wordt tegen de frees aangetikt waarbij de kracht wordt gemeten. Tegelijk wordt de respons van de frees gemeten. Dit kan met behulp van een verplaatsingssensor (laser) of een versnellingsmeter. Dit is te zien in afbeelding 7.

Verder moeten nog experimenten worden uitgevoerd om de eigenschappen van het werkstukmateriaal te bepalen. Hiervoor worden enkele (stabiele) sneden gemaakt bij verschillende voedingssnelheden. De krachten in x, y en z richting worden gemeten met behulp van een dynamometer, zie afbeelding 8. Met behulp van deze gegevens zijn materiaal-

parameters te berekenen. De combinatie van freesdynamica en werkstukparameters kunnen gebruikt worden in het programma CutPro, hetgeen resulteert in een stabiliteitslobbendiagram.

Beide methodes kunnen gebruikt worden om vooraf de stabiliteitsgrens te bepalen of in kaart te brengen. Ze kunnen echter niet gebruikt worden om tijdens het frezen van het uiteindelijke werkstuk aanpassingen te doen om een stabiele snede te garanderen en toch de maximale volume verspaand materiaal te halen.

Daarom zal in april 2003 bij TNO Industrie een project worden gestart om tijdens het proces chatter te beheersen. Dit project zal vier jaar duren en er zal in de eerste fase worden samengewerkt met de Technische Universiteit Eindhoven en met Philips ETG, Jabro tools, Plasdanmetaco en Somatech. Voor de tweede en derde fase kunnen nog bedrijven meedoen. Het doel van dit project is om de efficiëntie van het freesproces te verhogen met tenminste 200%, de betrouwbaarheid van het freesproces te verhogen en om meer inzicht te krijgen in het chatter proces.



Afbeelding 7



Afbeelding 8