

Succes freesbewerking

bepaald door gereedschap en snijvoorwaarden

Als we ervan uitgaan dat een metaalbewerker de neventijden al tot een minimum beperkt heeft, dan komt het verhogen van de productiviteit van het frezen neer op het optimaliseren van de eigenlijke freesbewerking. Productiviteit is dan het verspande volume materiaal per tijdseenheid (verspaningsdebiet). Hoe hoger het verspaningsdebiet, des te hoger de productiviteit van het frezen zal zijn.

De productiviteit in de werkplaats is het aantal correct afgewerkte werkstukken per tijdseenheid. De totale afwerkingstijd van een werkstuk is de som van de effectieve verspaningstijd en de neventijden. De neventijden zijn de som van onder andere de werkstukmanipulatie-tijden, de insteltijden voor de machine en de gereedschappen en de probleembehandelingstijd. In dit artikel is verondersteld dat de neventijden al onder de loep genomen zijn en tot een minimum zijn beperkt. Zo gesteld is verhogen van de productiviteit dan gelijk aan verhogen van de productiviteit van de freesbewerking zelf, hoe hoger het verspaningsdebiet, des te hoger de productiviteit zal zijn.

Het verspaningsdebiet is $(a_e \times a_p \times f_z \times v_c \times C_t)$, (snededieptes \times voeding per tand \times snijsnelheid \times omrekeningsconstante). Als we één of meer snijvoorwaarden verhogen zal het verspaningsdebiet verhogen, dus de productiviteit van de freesbewerking en uiteindelijk ook de totale productiviteit in de werkplaats. Hierbij moet met twee extra ele-



Met de HPM-frezen zijn we volgens Seco Tools teruggekeerd naar het basisobjectief van het frezen, namelijk tegen de laagst mogelijke kosten een maximum productiviteit (foto's: Seco Tools)

menten rekening worden gehouden: de freesmachine (vermogen, stabiliteit, nauwkeurigheid, toerentallen, voedingssnelheden en dergelijke) en de kostprijs (gereedschaps- en machinekosten) van de bewerking.

Het verhogen van de snediedieptes of de snijsnelheid zal een rechtstreeks en evenredig groot effect op het machinevermogen hebben. Optimaliseren met snijsnelheid of snediedieptes vraagt dus een machine met een voldoende groot relatief vermogen. Werken met hogere snijsnelheden vraagt zelfs een machine die een groot vermogen blijft behouden bij hogere toerentallen (effectief rendement van de machine). Optimaliseren met grotere voedingen is een interessanter alternatief. Hogere voedingen hebben niet recht evenredig grotere vermogens tot gevolg. Bovendien geeft de voeding de mogelijkheid op een continue manier bij te stellen, een voordeel dat we niet hebben als we bijvoorbeeld met snediedieptes zouden werken.

Het andere aspect is de kostprijs van de freesbewerking. Verhogen van de snijvoorwaarden (verspaningsdebiet) betekent dat de machinekosten per bewerking zullen dalen maar dat tegelijkertijd de gereedschapskosten zullen stijgen omdat de standtijd van het gereedschap daalt en we dus meer gereedschappen nodig zullen hebben per tijdseenheid snijtijd.

Één en ander leidt tot de gevolgtrekking dat een optimale combinatie van snijvoorwaarden bepaald wordt als:

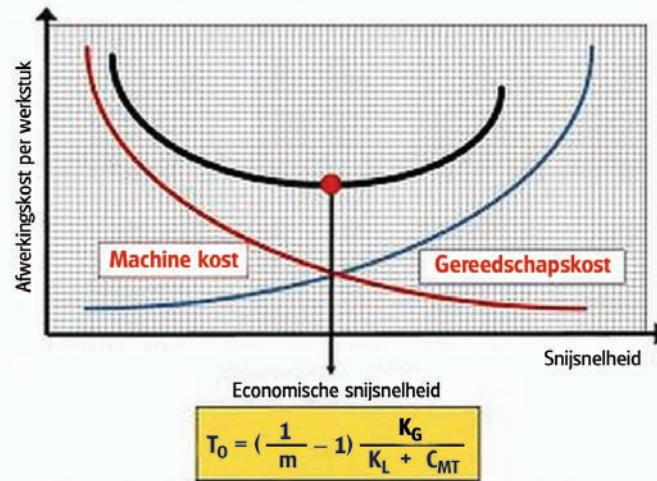
- eerst de snediedieptes (zowel axiaal als radiaal) maximaal kiezen (maximum verspaningsdebiet of productiviteit);
- vervolgens de voeding maximaliseren (maximum verspaningsdebiet of productiviteit); en

tenslotte de snijsnelheid zodanig kiezen dat de afwerkingskosten minimaal zijn.

Freesstrategie

Het begrip freesstrategie is breed gedefinieerd en vatbaar voor veel verschillende interpretaties. In dit artikel beperken we ons tot de geometrische en technologische strategie. Een voorbeeld verduidelijkt wat het verschil is tussen deze beide. Als men zich wil verplaatsen van punt A naar punt B, kan men zich de vraag stellen hoe we dat zouden willen doen (welke strategie willen we gebruiken om van A naar B te komen). Een eerste antwoord op die vraag heeft betrekking op de te volgen weg (de

Productiviteit en kostprijs



geometrische strategie). Is dat bepaald, dan kunnen we de vraag stellen met welk vervoermiddel we die weg willen afleggen (het te gebruiken gereedschap, technologische strategie). En een laatste overweging heeft te maken met hoe we dat vervoermiddel willen gebruiken (de snijvoorwaarden, technologische strategie). Het is evident dat deze drie elementen elkaar onderling beïnvloeden (opteren voor de geometrische oplossing 'autosnelweg' sluit het vervoermiddel 'fiets' uit, ongeacht hoe hard we ook trappen!). De freesstrategie is dus geometrie (welke weg volgen we) en technologie (welk gereedschap met welke combinatie van snijvoorwaarden).

Het afgelopen decennium is er heel wat te doen geweest rond het begrip freesstrategie. Allerlei nieuwe strategieën, zowel geometrische als technologische, zijn gepresenteerd. Denken we onder andere maar aan lineair en niet-lineair frezen, axiaal en radiaal frezen, circulair, helicoidaal en cycloïdaal frezen, als voorbeelden van geometrische strategieën. Hogesnelheidsfrezen, hoogtoerentalfrezen, hardfrezen, hoogvoedingfrezen en hoogvolumefrezen zijn voorbeelden van technologische freesstrategieën.

In het kader van dit artikel zullen we ons beperken tot een bespreking van de verschillende technologische freesstrategieën maar het is evident dat er een wisselwerking bestaat tussen geometrische en technologische strategieën. Daarbij mogen we niet uit het oog verliezen dat het uiteindelijke succes van ▶

De afwerkingskost van een werkstuk is de som van de gereedschapskost en de machinekost

Compensatieprincipe uitgangspunt voor freesstrategieën

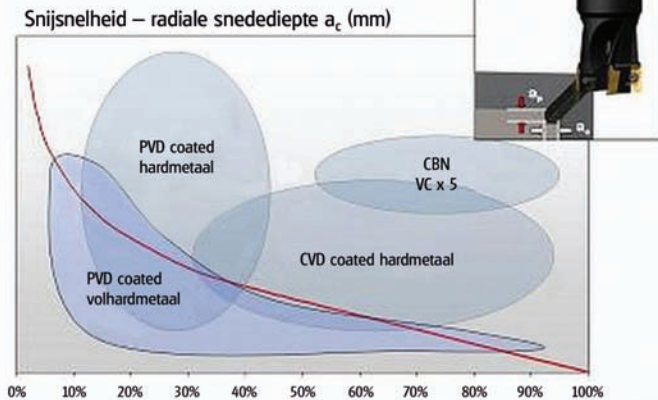
De meeste technologische strategieën stelen op de praktische toepassing van het compensatieprincipe bij frezen. Dit compensatieprincipe stelt dat opdat een freesgereedschap goed zou functioneren, de belasting (zowel mechanisch (snijkrachten) als thermisch (snijtemperaturen)) binnen bepaalde grenzen moet blijven. Als de snijkrachten te hoog zijn (mechanische belasting) zullen de snijkanten breken. Als de snijtemperatuur te laag is (thermische belasting), zullen spanen blijven kleven op de snijkant (opbouwspanen). Tevens zal de snijkant onvoldoende effectieve taaierheid hebben (taaiheid door het plastisch worden van het bindmiddel in de hardmetaalmatrix). Het resultaat is terug gebroken snijkanten. Compenseren is de keuze van de verschillende snijvoorwaarden op elkaar afstemmen zodat voortdurend aan alle voorwaarden voor een goed functioneren van de snijkanten voldaan wordt.

Grote warmtegeneratie bij hardfrezen

Hardfrezen kent eenzelfde benadering als bij hogesnelheidsfrezen. Specifiek is dat de hogesnelheidsprincipes nu toegepast worden in harde werkstukmaterialen (conform de ISO-definitie zijn dit materialen met hardheden boven 35 HRC). Een snijsnelheid van 350 m/min toepassen in staal met een hardheid van 52 HRC is hardfrezen. Of hogesnelheidsfrezen (dit is een hoge snijsnelheid in dit materiaal)?

Typisch bij hardfrezen is de zeer grote warmtegeneratie tijdens de bewerking. Dit geeft aanleiding tot zeer hoge temperaturen. Dit moet gecompenseerd worden door de (vooral radiale) snediediepte te verkleinen en dat op zijn beurt geeft de kans om de snijsnelheid te verhogen.

Compensatieprincipe



Compenseren is de keuze van de verschillende snijvoorwaarden op elkaar afstemmen zodat voortdurend aan alle voorwaarden voor een goed functioneren van de snijkanten voldaan wordt

► de gekozen strategie bepaald wordt door het gereedschap en de gekozen combinatie van snijvoorwaarden. Het is zelfs zo dat veel strategieën (zowel geometrisch als technologisch) jarenlang op de ontwerptafel gelegen hebben, maar niet konden worden toegepast door het ontbreken van de geschikte gereedschappen.

Hogesnelheidsfrezes

Hogesnelheidsfrezes is een technologische strategie waarbij hogere spaandebieten gerealiseerd worden door hogere snijsnelheden toe te passen. Dit is een strategie waar – als sneddieptes en voedingen klein zijn – de snijsnelheid als compensatiefactor gebruikt wordt (de zogenaamde snijsnelheidsfactor). We gaan met andere woorden de snijsnelheid gebruiken om er voor te zorgen dat de snijtemperatuur binnen de correcte grenzen blijft. Er zijn twee interessante toepassingsgebieden voor hogesnelheidsfrezes. Enerzijds freestoeppassingen in zachtere materialen (kleinere snijkrachten en relatief lage snijtemperaturen) waar grote volumes weggefreest worden (deze toepassingen vinden we vooral terug bij het verspanen van aluminium). In dit type toepassingen kan een hoge snijsnelheid zelfs gecombineerd worden met relatief grote sneddieptes en voedingen omdat deze werkstukmaterialen een relatief kleine specifieke snijdruk hebben. Een ander interessant toepassingsgebied is nafrezes van harde werkstukmaterialen waar hogere snijsnelheden vooral veel tijdswinst (en kostenbesparingen) met zich meebrengen, zeker in 3D-toepassingen. Hogesnelheidsfrezes heeft het afgelopen decennium zijn degelijkheid

bewezen. Productiviteitsstijging en kostendaling (machiniekosten) zijn de evidente voordelen. Hogesnelheidsfrezes heeft echter ook beperkingen. De meest voor de hand liggende is de beschikbare machine. De machine moet ofwel zeer grote toerentallen aankunnen en relatief hoog vermogen hebben (toepassingen in aluminium) ofwel zeer stabiel en nauwkeurig zijn (nabewerken van gehard staal). Investeren in een machine waarop deze strategie succesvol kan toegepast worden is kostbaar. Voor klassieke freestoeppassingen misschien onverantwoord duur?

De laatste jaren is hogesnelheidsfrezes zijn oorspronkelijk objectief voorbijgeschoten en verwacht men oorzaak en gevolg. Volhardmetaalfrezes voor hogesnelheidstoepassingen hebben een zeer sterke ontwikkeling gekend maar tegenwoordig worden de zaken dikwijls verkeerd voorgesteld en wordt gesteld dat volhardmetaalfrezes enkel met de hogesnelheidsstrategie kunnen toegepast worden. Betreffende snijvoorwaarden is het zo dat hogesnelheidsfrezes volgens het compensatieprincipe voor frezen tot stand is gekomen vanuit de gedachte “indien de sneddieptes en voedingen klein zijn, kan, mag, of moet de snijsnelheid verhoogd worden om het gereedschap goed te laten functioneren en de productiviteit te laten stijgen.” Tegenwoordig wordt vaak de kar voor het paard gespannen en wordt gesteld dat “om de productiviteit te laten stijgen de snijsnelheid moet worden verhoogd maar dat dit enkel kan door de sneddieptes en de voedingen te verlagen.” Hoe fout kan men zijn!

Hoogvoedingfrezes

Voor zachte werkstukmaterialen (aluminium) of kleine sneddieptes en voedingen (nafrezes) of extreem harde werkstukmaterialen kan de snijsnelheid gebruikt worden als optimaliseringsvoorwaarde (productiviteit en kostprijs) op voorwaarde dat de sneddieptes en de voeding klein blijven. Maar wat met ‘normale’ freestoeppassingen? Hoe kunnen we daar het beste optimaliseren? Conform de fundamentele wet “optimaal verspanen gebeurt met de grootst mogelijke sneddiepte en voeding en een aangepaste snijsnelheid (kostprijs)” is dan de te volgen weg kiezen voor hoge sneddieptes of voedingen.

Hoogvoedingfrezes is een technologische strategie waarbij hogere spaandebieten (productiviteit) gerealiseerd worden door grote tot zeer grote voedingen per tand toe te passen tijdens de bewerking. Hoogvoeding frezen is dus niet meer of minder dan een creatieve benadering voor het aloude vraagstuk naar productiviteit. Hoogvoedingfrezes heeft tevens een aantal interessante verspaningstechnische voordelen:

- De snijkrachten en het snijvermogen zijn relatief lager dan bij andere benaderingen (hoge snijsnelheid of grote sneddiepte);
- De richting volgens welke snijkrachten inwerken op het gereedschap is veel interessanter. Het gereedschap wordt veel minder op buiging belast waardoor het risico op trillingen ten opzichte van andere methodes sterk daalt. Dit geeft tevens de kans om met slankere gereedschappen (grotere uitsteeklengte of kleinere diameter) toch hoge productiviteit te halen. Op die manier benadert hoogvoedingfrezes zeer sterk de voordelen van axiaal frezen (geometrische strategie); en
- Voor een aantal ‘problematische’ materialen (zelfhardende of oppervlaktehardende materialen) is de hoogvoedingstrategie technisch een zeer goede oplossing. Snijkanten zullen minder snel verslijten en de standtijd van de gereedschappen zal stijgen. Hierdoor is hoogvoedingfrezes een heel interessante methode om een goede verhouding productiviteit vs kostprijs te realiseren. ■

Dit artikel is de eerste aflevering van een serie van twee artikelen over ‘High Performance Machining’. In het tweede deel dat binnenkort verschijnt volgt meer informatie over de eigenlijke gereedschappen.

Hoogvoeding frezen



Hoogvoedingfrezes is een technologische strategie waarbij hogere spaandebieten (productiviteit) gerealiseerd worden door grote tot zeer grote voedingen per tand toe te passen tijdens de bewerking