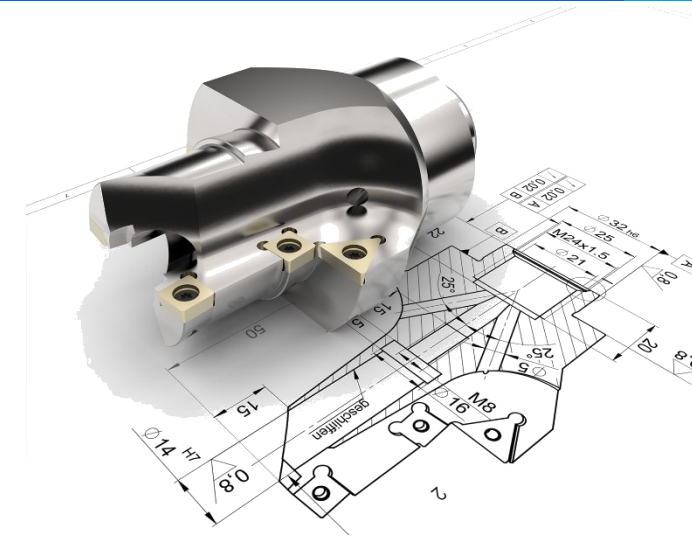


CNC Verspanners GIDS



Snij snelheden en voedingen **in de CNC-machinepraktijk**

Titel

CNC Verspaners GIDS

Ondertitel

Snijssnelheden en voedingen
in de CNC-machinepraktijk

Uitgave

CNC Instructie Buro

Uitgeverij

www.cncinstructieburo.nl

Auteur

ing. P.J.F. Schuurbiers

Copyright tekst en afbeeldingen

De Auteur

Contact

info@cncinstructieburo.nl

Website

www.cncinstructieburo.nl

Voorbehoud

Deze documentatie kan als een aanvulling dienen op de catalogi of handleidingen van de gereedschapsfabrikanten. Het gebruik en de toepassing van deze informatie op uw machine(s) is geheel voor uw verantwoording.

Document Versie 1.3 / 2022

Inhoud

Heeft u een aanvulling op de inhoud geef dit dan door!	3
Inleiding GIDS	4
Werkvoorbereiding	5
Hoe gaan we nu te werk?	6
Werkstukmateriaal ISO-indeling	7
Werkstukmateriaal ISO-hoofdgroepen	8
Werkstukmateriaal ISO-subgroepen	9
Werkstukmateriaal ISO classificatie	10
Werkstukmateriaal hardheid en treksterkte vergelijk	11
Opgave snijgegevens door leveranciers (draaien)	12
Opgave snijgegevens door leveranciers (frezen)	14
Beoordeling snijgegevens van leveranciers	17
Snijgegevens voor economisch en productief verspanen	18
Spaanvolume relateren aan productief frezen	19
Bijlage A: Spaanverdunding met verhouding $a_e/D_c < 0.5$	20
Bijlage B: Spaanverdunding met instelhoek $\gamma_f < 90^\circ$	21
Bijlage C: Snijgegevens van leveranciers corrigeren met tabelfactoren	23
Bijlage D: Het aanpassen van de voeding bij circulair frezen	24
Bijlage E: Overzicht Tool typen	25
Bijlage E: Overzicht Snijmaterialen	31
Bijlage F: Overzicht Coatings	32
Bijlage G: Formules Frezen	33
Bijlage H: Formules Draaien	34
Bijlage K: Gratis kennis en training	35
Bijlage L: Snijwaarden formuleren DRAAIEN	36
Bijlage L: Snijwaarden formuleren FREZEN	37
Aanvullingen	38
Leveranciersvermeldingen	39

Heeft u een aanvulling op de inhoud geef dit dan door!

Elke bijdrage van u als aanvulling of uitbreiding van de onderwerpen in deze gids zijn welkom. Mail deze aan ons voor overname onder voorbehoud en zonder enige verplichting: info@cncinstructieburo.nl

Bedenk hierbij ook dat het helpt om de weg te wijzen naar de juiste informatie voor nieuwkomers in het vak.

Inleiding GIDS

Deze gids is bedoeld om meer te weten te komen, over de toepassing van de snijgegevens in de CNC-machinepraktijk. Een snijsnelheid, voeding, aanzet of spaandoorsnede kiezen, is uw dagelijkse werk als CNC-verspaner. De snijwaarden moeten dan wel correct zijn gekozen. In deze gids kijken we naar de informatie van o.a. Sandvik Coromant AB, Seco Tools AB en Walter AG, om inzicht te krijgen over hoe we deze moeten gebruiken. Deze firma's vormen samen de marktleider: Sandvik Machining Solutions AB en zijn voor de industrie de belangrijkste partners voor de ontwikkelingen in ons vakgebied van de metaalbewerking.

De verschillende begrippen worden besproken aan de hand van voorbeelden voor draaien of frezen. Dit is de basis voor uw verspaningskennis en voor andere metaalverspaningen zoals boren en kotteren.

Onze gids is ook bedoeld om u bewust te maken van het belang om snijgegevens goed toe te passen, maar daarmee hebben wij niet de illusie dat dit de enige leidraad vormt in de verspaningsindustrie.

Niettemin is ons advies om bij inkoop van nieuwe soorten snijmateriaal, deze goed te testen en altijd te controleren of de snijsnelheid eerst moet worden aangepast aan de werkelijke hardheid van je werkstuk of de treksterkte. Dit kan namelijk verschillen met de opgave van de leverancier. In de opgaven van aanzet/voeding zal ook de spaanverdunding moet worden verrekend. Het doel is om een goed resultaat te behalen met de bewerkingen op uw eigen CNC-machines en die ook de kosten voor het snijmateriaal kunnen rechtvaardigen.

In de werkplaats is het simpel, je neemt gewoon de snijgegevens over die op het wisselplaatdoosje staan of die in de tabel van de leverancier is te vinden voor het te bewerken materiaal. Hierbij gaat u uit van de indeling van uw werkstuk in één van de ISO-materiaalgroepen P-M-K-N-S-H.

De snijgegevens zijn voor draaien gebaseerd op een aanvaardbare standtijd van bijv. 15-20 minuten en voor frezen bijv. 30-40-50 minuten (of snijlengte in meters). Heel precies weten we dit echter niet te bepalen.

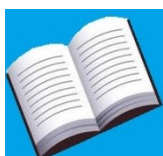
De praktijk is echter dat we een serie producten willen vervaardigen zonder al te veel snijkanten te hoeven wisselen (met te veel gereedschapswisseltijd). Het streven is ook om productief te zijn door een zo hoog mogelijk spaanvolume te behalen in cm³/min bij voorbewerkingen. Ook het zo lang mogelijk kunnen behouden van de maatvastheid (toleranties) met eventuele offset correcties bij nabewerkingen, bepaald hierbij de standtijd. Het is niet werkbaar als de slijtage te snel optreedt of er een slechte finish ontstaat (oppervlakte ruwheid). We gaan dan op zoek naar een beter snijmateriaal (wisselplaat, coating of frees, boor enz.). Als we snijsnelheid verlagen voor het verlengen van de standtijd, moeten we erop letten dat door de geringere warmteontwikkeling aan de snijkant er geen "kleven" (plakken of smelten) van de spaan optreedt, omdat dit juist nadelig werkt. Met een hogere snijsnelheid bereiken we soms weer meer, als de verspaningswarmte daardoor juist sneller met de spanen wordt afgevoerd, zoals met de hoge snelheid freestechniek.

In deze gids gaan we op zoek naar de beste start voorwaarden om met onze snijgegevens te verspanen.

Wij wensen u veel succes!

CNC Instructie Buro

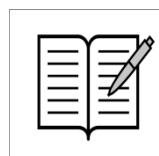
Verwijzing



Notitie



Opgave



Werkvoorbereiding

Als woord vooraf mogen we stellen dat het samenstellen van gereedschap en een werkstuk opspanning, soms ook veel tijd kost en dit zo min mogelijk tot machinestilstand moet leiden. Zorg er dus voor dat het gereedschappen- en opspanmiddelen assortiment goed is georganiseerd. Aan het CNC programmeren gaat daarom eerst enige werkvoorbereiding vooraf. De CNC Verspaner zal zich hier kunnen onderscheiden in vakkennis en ervaring. Het gaat er om of de aanmaak van het product dan wel of niet kan slagen. Dit vraagt om de juiste beoordeling en uitwerking van criteria. In deze gids tonen wij de mogelijkheden om uw snijgegevens te kiezen en deze toe te passen.

In de werkvoorbereiding gaat het om de volgende stappen:

1. Het bepalen van de afmeting van het ruwe/schone uitgangsmateriaal
(incl. tekening lezen, kritische toleranties signaleren, normen en materiaal soort vaststellen)
2. Het bepalen van het bewerkingstraject (hoe voor- en nabewerken op welke machines)
(incl. routing van de bewerkingen, planning machinecapaciteit en beschikbaarheid)
3. Het bepalen van de manier van opspannen en aantal omspanningen
(incl. welke spanmethode geschikt is en welke spanmiddelen beschikbaar zijn)
4. Het bepalen van de indeling van de werkstuknulpunten per aanzicht/opspanning
(Dit is handig bij meervoudige opspanningen op een machine)
5. Het bepalen van de maatvoering van het product vanuit het werkstuknulpunt(en)
(Het werkt handig om ook een CAD-tekening met dit nulpunt op te slaan als DXF-formaat)
6. Het bepalen van de gereedschappenlijst (keuze van houders, frezen, boren.)
(u kunt dit vereenvoudigen tijdens het werken met een CAM programma bijv. SimpleCAM)
7. Het bepalen van de bewerkingsvolgorde (omschrijving, voeding, toerental)
(u kunt dit vereenvoudigen tijdens het werken met een CAM programma bijv. SimpleCAM)
8. Het bepalen van de aanmaak van mallen, inkoop van gereedschap en materiaal
(incl. backward planning van deze materialen zodat deze benodigdheden op tijd binnen zijn)
9. Maken van een instelblad met opspanschets
(incl. vastleggen opspanwijze of later een foto hiervan, nulpunten en opmerkingen)
10. Programmeren van het werkstuk, grafisch controleren en simuleren op fouten.
(u kunt dit vereenvoudigen tijdens het werken met een CAM programma bijv. SimpleCAM)

Als er over deze zaken met een dosis praktijkervaring is nagedacht, kunnen we beginnen met programmeren. Hierna stellen we de opspanning en gereedschappen samen en na het inrichten van de machine, starten we met de eerste verspaningsproef. De snede instellingen, snijsnelheden en voedingen worden in de praktijk nog geoptimaliseerd, waarna de productie pas kan beginnen.

Hoe gaan we nu te werk?

Het is heel interessant om deze gids door te nemen, ook om te begrijpen wat erbij komt kijken voordat u met uw snijgegevens een spaan kunt maken. Maar het zou ook fijn zijn als u direct betrouwbare snijgegevens kunt kiezen voor het bewerken van een nieuw werkstukmateriaal op uw machine.

Later kunt u ook nog de inhoud van deze gids raadplegen om te zien of de toepassing van snijgegevens goed verloopt met de gegeven achtergronden. Met CAM programmering zullen onze snijgegevens wel verwerkt kunnen worden in de software voor een volgende keer. Met ons Simple-CAM programma is dit bijvoorbeeld heel eenvoudig opgezet.

Werkt u zelfstandig aan een CNC-machine, dan bent u ook verantwoordelijk voor het juiste gebruik van de gereedschappen en de kosten voor de aanschaf en verbruik van snijmateriaal. Een doosje wisselplaten kost al gauw EURO 100,- en dan wil je er wel profijt van hebben. Maar misschien doen we te moeilijk over de keuze van een snijsnelheid en voeding in de komende hoofdstukken. In plaats daarvan heb je meer aandacht nodig bij het maken van een goede en veilige opspanning. Of hoe krijg ik dit eenmalige product binnen de toleranties gemaakt of op tijd klaar. Het wordt wel anders als je grote series hebt, dan kun je ook beter de perfecte snijgegevens met optimale tools nastreven, dat loont natuurlijk wel. Niet te min zouden we onze snijwaarden zonder moeite moeten kunnen kiezen.

Dit leggen we daarom uit in deze gids, door een paar hoofdzaken die van belang zijn te behandelen of de weg te wijzen naar de juiste informatie.

Zo noemen we de voorwaarden om snijgegevens te kunnen bepalen:

- Is het duidelijk welk materiaal u moet gaan bewerken?
- Is dit materiaal in te delen volgens een W.-nr./DIN norm?
- In welke ISO-verspaningsgroep is dit dan te plaatsen?
- Wat is de hardheid of treksterkte verschil met deze groep?
- Heeft u het snijmateriaal voor de verspaning al beschikbaar?
- Zo ja, kunt u hiervoor de snijgegevens dan direct bepalen?
- Zijn hiervoor tabellen beschikbaar in docs, apps of online?

Indien de snijgegevens zijn gekozen controleer dan het volgende:

- Houden deze rekening met de CNC-machine capaciteit?
- Houden deze rekening met de hardheid van het werkstuk?
- Houden deze rekening met de spaanverdunning?
- Houden deze rekening met de instelhoek van de snijkant?
- Kent u de correcties op $V_c / f_z / f_n / a_p / a_e$ bij een verschil?
- Heeft u direct toegang tot de online adviesprogramma's?

Als voor u uit het voorgaande bevredigende antwoorden volgen dan is dit prima in orde.

Als u twijfelt n.a.v. deze opsomming, ga dan na of u uw snijgegevens goed hebt georganiseerd.

Voor nieuwe instromers in de CNC-verspaning adviseren wij ons HSM Advisor Pro programma waarmee u direct snijgegevens kunt opvragen. Deze zijn aan de veilige kant zodat u geen gereedschapsbreuk gaat zien.



Voor professionals is het goed om verspaningscursussen te blijven volgen en onze video's te bekijken over hoe u bekende online adviesprogramma's kunt gebruiken (incl. bij deze gids). Ga ook eens na of u hiermee kunt vaststellen of u niet moet overstappen op een ander gereedschap met meer rendement. In de uitkomsten van onze voorbeelden treft u de verschillen aan in de gevonden uitkomsten (Bijlagen L).

Werkstukmateriaal ISO-indeling

Zoals in ons Simple-CAM pakket, kunnen uw snijgegevens vanuit een eigen database worden toegepast. Deze moeten dan wel hierin zijn overgenomen of aangevuld. De wijze waarop dit gebeurt kan per werkplek verschillen. Vaak zijn er alleen snijtabellen in omloop die CNC-frezers of CNC-draaiers hebben gekregen.

In deze gids beginnen we eerst met de bespreking van de juiste aanduiding en indeling van het werkstukmateriaal voordat nieuwe snijgegevens kunnen worden gekozen.

Om te beginnen bepaal je de materiaalomschrijving (bijv. Ongelegeerd staal % koolstof) en specificatie van de norm (bijv. DIN, of Werkstofnummer). Hiermee kunnen we het te bewerken werkstukmateriaal aanduiden (bijv. C45 of Wst.nr. 1.0503). In de aan u geleverde informatie van de klant of op de werktekening is dit niet altijd eenduidig opgegeven. Alternatief kiezen wij de materiaalsoort, die zo dicht mogelijk bij de leveringsconditie ligt.

Voor de verspaning kiezen we het gereedschap met de juiste geometrie en vaak een hardmetaalsoort, coating of zelfs het type spaanbreker, zoals met wisselplaten. Hierin onderscheid zich het aanbod van de gereedschapsfabrikanten. Zij verdringen zich om hiervoor het beste advies te geven met eigen aanduidingen en coderingen.

Deze leveranciers hanteren allemaal wel het standaard ISO-stelsel om voor hun snijmateriaal het toepassingsgebied aan te geven. Hierin vindt u de materiaalsoorten terug, die ermee kunnen worden bewerkt. Omgekeerd moet u uw werkstukmateriaal dus ook kunnen plaatsen in dit stelsel, om het snijmateriaal of de coating te kunnen vinden volgens de codering van deze leveranciers. De commerciële naam van coatings verschilt namelijk altijd per leverancier.

Met 6 verschillende en gekleurde hoofdgroepen, wordt volgens de norm "**ISO 513**" de materiaalsoorten ingedeeld. De hoofdgroepen worden weer in subgroepen of materiaalklassen onderverdeeld om het snijmateriaal (wisselplaten) volgens de slijtageweerstand en taaiheid in te delen. Hieraan geven de leveranciers een eigen code om de zogenaamde hardmetaalkwaliteit aan te geven.

De ISO-norm indeling met een letter en kleur

P	Staal
M	Roestvaststaal
K	Gietijzer
N	Aluminium
S	Hittebestendige legeringen
H	Gehard staal



Op diverse werkstuk tekeningen staan soms oude materiaalcoderingen. Je moet dan toch zien vast te stellen in welke hoofdgroep het wel kan worden ingedeeld. Daarna kun je het rangschikken op basis van een vergelijkbare (gemeten) hardheid, of je gaat uit van de treksterkte R_m N/mm².

Werkstukmateriaal ISO-hoofdgroepen

Voorbeeld: Seco hoofdgroep **ISO-P** met omschrijving van de staalsoorten

Staal, ferritisch en martensitisch roestvrij staal

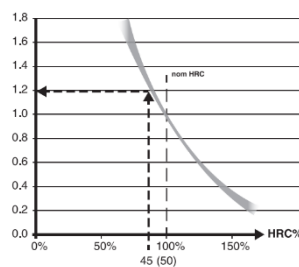
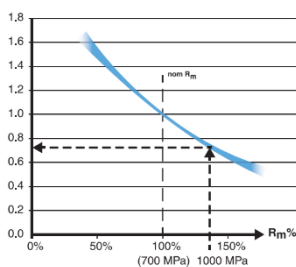
SMG	Omschrijving	Eigenschappen	Referentiemateriaal	$k_{c1.1}$	m_c
P1	Automatenstaal	$360 < R_m < 880$	11 SMn30 $R_m = 385 \text{ N/mm}^2$	1500	0,14
P2	Laaggelegeerd ferritisch staal, C < 0,25%wt Laaggelegeerd lasbaar constructiestaal	$320 < R_m < 600$	S235JRG2 $R_m = 420 \text{ N/mm}^2$	1600	0,23
P3	Ferritisch & ferritisch/perlitisch staal, C < 0,25%wt Lasbaar constructiestaal Cementeerstaal	$430 < R_m < 610$	16 MnCr 5 $R_m = 550 \text{ N/mm}^2$	1800	0,14
P4	Laaggelegeerd constructiestaal, 0,25% < C < 0,67%wt Laaggelegeerd hardbaar staal	$520 < R_m < 1200$	C 45E $R_m = 660 \text{ N/mm}^2$	2000	0,15
P5	Constructiestaal, 0,25% < C < 0,67%wt Hardbaar staal	$550 < R_m < 1200$	42 CrMo 4 $R_m = 700 \text{ N/mm}^2$	2020	0,18
P6	Laaggelegeerd hardbaar staal, C > 0,67%wt Laaggelegeerd veren- en kogellagerstaal	$520 < R_m < 1200$	C 100S $R_m = 600 \text{ N/mm}^2$	2100	0,17
P7	Volledig doorhardbaar staal, C > 0,67%wt Veren- en kogellagerstaal	$600 < R_m < 1200$	100 Cr 6 $R_m = 650 \text{ N/mm}^2$	2160	0,17
P8	Gereedschapsstaal Snelstaal (HSS)	$600 < R_m < 1200$	X 40 CrMoV 5 1 $R_m = 700 \text{ N/mm}^2$	2400	0,20
P11	Ferritisch & martensitisch roestvrij staal	$415 < R_m < 1200$	X 20 Cr 13 $R_m = 675 \text{ N/mm}^2$	2000	0,15
P12	Maraging en precipitatie geharde roestvrij staal	$500 < R_m < 1200$	X 5 CrNiCuNb 16 4 $R_m = 1100 \text{ N/mm}^2$	2100	0,17

Elke kleur of hoofdgroep (bijv. ISO-P) kent een aantal niveaus of subgroepen voor de indeling van werkstukmaterialen. Een omschrijving met een precies kengetal voor de verspaanbaarheid is namelijk niet te definiëren, omdat we dan ook van het onbewerkte materiaal de warmtebehandeling moeten kennen en of het smeed- of gietwerk betreft e.d. Bij de indelingen zien we dat de hardheid (HB) of zoals hier de treksterkte (R_m) een belangrijke rol spelen. We zien in het voorbeeld hiernaast, ook dat de specifieke snijkracht per mm^2 een kenmerk is ($k_{c1.1}$).

Seco vermeld hier eigen subgroep codes: **SMG P1-P12**, met omschrijvingen en een **referentiemateriaal**. Hiermee zijn verspaningstesten uitgevoerd om de nominale snijsnelheid V_c te bepalen, afhankelijk van de snijkracht effecten, de optredende spaanvorming en slijtage. Deze V_c moet een acceptabele levensduur opleveren, de z.g. standtijd van bijv. 15 minuten bij CNC-draaien (som van de opgetelde of werkelijke snijtijden). Criterium is hierbij de grens in de slijtage ontwikkeling zoals tot bijv. max. 0.4-0.5 mm vrijloopvlaksluitage bij voorbewerken of 0.25-0.4 mm bij nabewerken.

Voor hetzelfde materiaal in een andere conditie, zoals staal 42CrMo4 gegloeid of gehard en ontlaten, past men hierop correcties toe. De snijsnelheid V_c mag dan hoger (zachter staal) of moet lager zijn (harder staal), dan de nominale waarde die voor het referentiemateriaal geldt voor het behouden van dezelfde standtijd.

SMG	EN	W.Nr	AFNOR	BS	UNI	JIS	AISI / ASTM	GOST	Omstandigheid	$R_{m, nom}$	HRC _{nom}
P5	Constructiestaal, 0,25% < C < 0,67%wt Hardbaar staal										
	42CrMo4	1.1201	42CD4	708M40	42CrMo4	SCM 440 (H)	4142, 4140	38HM	Gegloeid	700	
H5	Hardbaar staal										
	42CrMo4	1.1201	42CD4	708M40	42CrMo4	SCM 440 (H)	4142, 4140	38HM	Hardbaar	1000	
	42CrMo4	1.1201	42CD4	708M40	42CrMo4	SCM 440 (H)	4142, 4140	38HM	Hardbaar		45
	42CrMo4	1.1201	42CD4	708 M 40	42CrMo4	SCM 440 (H)	4142, 4140	38HM	Hardbaar		50



Hiernaast staan twee grafieken om de factoren te bepalen voor het corrigeren van de nominale snijsnelheid op basis van het verschil in hardheid met het referentie materiaal.

De linker grafiek geldt voor de ISO-P staalsoorten en de rechter grafiek voor de ISO-H (ge)harde materialen.

Bron: Seco

Voorbeeld: Referentiemateriaal 42CrMo4

Het referentiemateriaal **42CrMo4** is gegloeid en ingedeeld in de ISO-P5 staalgroep. Hiervoor geldt in de separate snijwaardentabel de V_c voor de materiaaltreksterkte van **700** N/mm² (=700 Megapascal MPa). Heeft ons materiaal echter een treksterkte van **1000** N/mm² dan moeten we V_c verlagen met **-25%** ($V_c * 0.75$). Als het materiaal een hardheid heeft van **HRC45**, dan vinden we dit terug in de ISO-H5 groep, met een referentiehardheid van **HRC50**. Omdat ons materiaal een zachtere variant betreft met een hardheid van **HRC45**, verhogen we de geadviseerde V_c met **+20%** ($V_c * 1.2$). Dit zijn best forse verschillen in de snijsnelheid, waarmee we dus meer of minder producten produceren.

Werkstukmateriaal ISO-subgroepen

Voorbeeld: Seco subgroep **SMG P11** met ferritisch/martensitisch roestvaste staalsoorten

SMG	EN	EN-AN	W-Nr	DIN	AFNOR	BS	UNI	JIS	SS	UNS
P8	X 210 Cr 12		1.2080	X 210 Cr 12	Z 200 C 12	BD 3	X 210 Cr 13 KU	SKD 1		T30403
			1.2343	X 38 CrMoV 5 1	Z 38 CDV 5	BH 11	X 37 CrMoV 5 1 KU	SKD 6		T20811
	X 40 CrMoV 5 1		1.2344	X 40 CrMoV 5 1	Z 40 CDV 5	BH 13	X 40 CrMoV 5 1 KU	SKD 61	2242	T20813
	X 100 CrMoV 5		1.2363	X 100 CrMoV 5 1	Z 100 CDV 5	BA 2	X 100 CrMoV 5 1 KU	SKD 12	2260	T30102
			1.2365	X 32 CrMoV 3 3	Z 32 DCV 28	BH 10	30 CrMoV 12 27 KU	SKD 7		T20810
			1.2436	X 210 CrW 12			X 215 CrW 12 1 KU	SKD 2	2312	
			1.2601	X 165 CrMoV 12			X 165 CrMoV 12 KU		2310	
			1.2713	55 NiCrMoV 6	55 NiCrMoV 7			SKT 4		T61206
	HS 6-5-2-9		1.3243	S 6-5-2-9	Z 85 WDCV 06-05-04-02		HS 6-5-2-9	SKH 55	2723	
	HS 2-10-1-8		1.3247	S 2-10-1-8	Z 110 DKCV 09-08-04	BM 42	HS 2-9-1-8	SKH 51		T11342
P11	HS 18-1-2-5		1.3256	S 18-1-2-5	Z 80 WDCV 18-05-04-01	BT 4	HS 18-1-1-5	SKH 3		T12004
	HS 6-5-2		1.3343	S 6-5-2	Z 85 WDCV 06-05-04-02	BM 2	HS 6-5-2	SKH 9, SKH 51	2722	T11302
	HS 2-9-2		1.3348	S 2-9-2	Z 100 DCV 09-04-02-02		HS 2-9-2	SKH 58	2782	T11307
	HS 18-0-1		1.3355	S 18-0-1	Z 80 WCV 18-04-01	BT 1	HS 18-0-1	SKH 2		T12001
	X 6 Cr 13	1.4000	1.4000	X 6 Cr 13	Z 6 C 12	403 S 17	X 6 Cr 13	SUS 403	2301	S41008
	X 12 Cr 13	1.4006	1.4006	X 10 Cr 13	Z 10 C 13	410 S 21	X 12 Cr 13	SUS 410	2302	S41000
	X 6 Cr 17	1.4016	1.4016	X 6 Cr 17	Z 6 C 17	430 S 15	X 6 Cr 17	SUS 430	2320	S43000
	X 20 Cr 13	1.4021	1.4021	X 20 Cr 13	Z 20 C 13	420 S 37	X 20 Cr 13	SUS 420 J 1	2303	S42000
	X 39 Cr 13	1.4031	1.4031	X 40 Cr 13	Z 40 C 14	420 S 45	X 40 Cr 14	SUS 420	2304	S42080
	X 70 CrMo 15	1.4109	1.4109	X 65 CrMo 14	Z 70 D 14			SUS 440 A		S44002
P11	X 90 CrMo 18	1.4112	1.4112	X 90 CrMo 18	Z 2 CHD 18 08	409 S 19	X CrTi 12	SUS 440 B	2327	S44003
	X 105 CrMo 17	1.4125	1.4125	X 105 CrMo 17	Z 100 CD 17		X 105 CrMo 17	SUS 440 C		S44004
	X 3 CrNiMo 13 3	1.4313	1.4313	X 5 CrNi 13 4	Z 5 CrNi 13 4	425 C 11	X 6 CrNi 13 04	SCS 5	2385	S41500
	X 18 CrNi 28	1.4749	1.4749	X 18 CrNi 28	Z 18 C 25				2322	S44600

Bron: Seco materiaal subgroep SMG P8 en P11 (geen toepassing nr. 9 en 10)

Als voorbeeld bekijken we in de hoofdgroep **P** (Staal), de Seco subgroep **SMG P11**. Hierin kun je de equivalente normaanduidingen (per land) horizontaal vergelijken. Zo kun je de materiaalcode op je werktekening ook tegenkomen bijv. voor X6Cr13 als 403S17. Het valt op dat deze roestvaste staalsoorten, zoals omschreven in de ISO-M groep, hier in de ISO-P groep zijn ingedeeld op basis van de bewerkbaarheid. Dit is goed om te weten als je dit materiaal moet bewerken.

Vervolgens heeft de leverancier in een aparte snijwaardentabel de snijgegevens opgegeven voor het bewerken van deze werkstukmaterialen. De tabel hieronder geldt voor het voordraaien met de vermelde wisselplaat (CNMG) en het type spaanbreker (M3). De standtijd van 15 minuten is dan haalbaar bij een snedediepte $a_p=2,5$ mm. Voor andere bewerkingen zijn dergelijke tabellen ook beschikbaar bijv. voordraaien met $a_p=6$ mm of die voor het nadraaien. Alle V_c waarden zijn nominaal op basis van het referentiemateriaal en houden rekening met de aanzet.

Voorbeeld: Seco snijwaardentabel voor hoofdgroep ISO-P

Universele snijplaat: CNMG120408-M3					Standtijd = 15 min					a _p = 2,5 mm					Houder: DCLNR2525M12-M					
SMG	TP0501				TP1501				TP2501				TP3501				TP200			
	f				f				f				f				f			
	0,2	0,3	0,4		0,2	0,3	0,4		0,2	0,3	0,4		0,2	0,3	0,4		0,2	0,3	0,4	
P1	780	690	610		690	590	510		590	510	450		510	405	335		335	290	255	
P2	760	670	590		680	570	495		560	520	460		495	400	330		330	280	250	
P3	620	590	510		500	450	400		570	530	465		360	300	250		280	240	215	
P4	580	510	450		510	435	375		435	375	330		380	310	250		250	210	190	
P5	520	495	435		420	380	335		405	375	330		300	250	220		235	205	180	
P6	620	550	480		550	465	405		465	405	355		410	335	270		265	230	200	
P7	550	520	460		445	405	355		390	380	350		285	240	210		250	215	190	
P8	520	495	435		420	380	335		405	375	330		270	220	180		235	205	180	
P11	540	510	445		435	390	345		300	295	270		250	160	130		195	165	145	
P12	315	300	265		255	230	205		175	175	160		150	100	75		115	95	85	

Seco heeft hier 5 verschillende snijplaat kwaliteiten (TP0501, TP1501 enz.) vermeld om in de **P11** subgroep de materialen te kunnen bewerken. De keuze van de snijplaat hangt samen met de prijs en of deze geschikt is voor toepassing in meer ISO-Hoofdgroepen.

Al met al moeten we de documentatie van de leverancier goed doornemen, om de juiste V_c waarde af te lezen en te controleren of we deze nog moeten corrigeren voor de hardheid/treksterkte van ons werkstukmateriaal. Gereedschapsfabrikanten adviseren je daarom naar hun website te gaan of hun app te installeren om snijgegevens eenvoudiger te kunnen vinden met een adviesprogramma (zie [Bijlage K](#): Gratis kennis en training). De adviezen zijn hiermee natuurlijk wel commercieel gekleurd, omdat deze gelden voor het bij hen aan te schaffen gereedschap, specifieke snijmateriaal en coatings van het betreffende merk. Echter er zijn nog een aantal factoren van invloed op het te verwachte resultaat tijdens de verspaning, zoals het machine gedrag en beschikbaar vermogen, de stabiliteit van de opspanning en de opbouw van de gereedschapsopname.



Met ons HSM Advisor Pro NL softwareprogramma vindt u direct de snijgegevens voor het bewerken van het werkstukmateriaal. Meer hierover op www.cncinstructiebureau.nl

Werkstukmateriaal ISO classificatie

De firma Sandvik Coromant gaat nog dieper in op het selectieproces van snijmateriaal en de opgave van de snijgegevens. De eigen Sandvik **MC-code** materiaalclassificatie, kent een gedetailleerdere structuur, omvat meer subgroepen en biedt aparte informatie over het materiaal productieproces, warmtebehandeling, hardheid en treksterkte. Door nu niet alleen van de materiaal normaanduiding uit te gaan maar ook van deze factoren, is een directere indeling van de bewerkbaarheid mogelijk. Dit leidt naar een beter advies over de keuze van het gereedschap van deze leverancier en de toepassing van de snijgegevens. De prestaties hiermee zijn ook weer merk gebonden en hierdoor is een theoretische vergelijking met prestaties van anderen merken weer lastiger.

Voorbeeld: Sandvik MC-codes voor omschrijving van roestvaststaal in de subgroep ISO-M

MC-code	Materiaalgroep	Materiaal sub-groep	Productieproces	Hittebehandeling	nom	specifieke snijkracht, k_{c1} (N/mm2)	m_c
P5.0.Z.AN	5	0	z	AN gegloeid	200 HB	1800	0.21
P5.0.Z.HT	5	0	Z gesmeed/gewalst/koud	HT gehard+ontlaten	330 HB	2300	0.21
P5.0.Z.PH	5	0	Z	PH neerslag-gehard	330 HB	2800	0.21
P5.0.C.UT	5	0	C	UT onbehandeld	250 HB	1900	0.25
P5.0.C.HT	5	0	C	HT gehard + ontlaten	330 HB	2100	.025
P5.1.Z.AN	5	1	automatenstaal z	AN gegloeid	200 HB	1650	0.21

Voorbeeld: Sandvik subgroep MC **P5.0.Z** voor ferritisch/martensitisch roestvaststaal

ISO	MC	CMC	Country	Europe	Germany	Great Britain	Sweden	USA	France	Italy	Spain	Japan
Standard												
DIN EN			W-nr.	BS	EN	SS	AISI/SAE/ASTM	AFNOR	UNI	UNE	JIS	
Ferritic/martensitic stainless steel												
Steel	P5.0.Z.AN	05.11/15.11	X10CrAl13	1.4724	403S17	-	-	405	Z10C13	X10CrAl12	F311	SUS405
	P5.0.Z.AN	05.11/15.11	X10CrAl18	1.4742	430S15	60	-	430	Z10CAS18	X8Cr17	F3113	SUS430
	P5.0.Z.AN	05.11/15.11	X10CrAl2-4	1.4762	-	-	2322	446	Z10CAS24	X16Cr26	-	SUH446
	P5.0.Z.AN	05.11/15.11	X1CrMoTi18-2	1.4521	-	-	2326	S44400	-	-	-	-
	P5.0.Z.AN/P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X6Cr13	1.4000	403S17	-	2301	403	Z6C13	X6Cr13	F3110	SUS403
	P5.0.Z.AN/P5.0.Z.HT	-	X7Cr14	1.4001	-	-	-	-	-	-	F8401	-
	P5.0.Z.AN/P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X10Cr13	1.4006	410S21	56A	2302	410	Z10C14	X12Cr13	F3401	SUS410
	P5.0.Z.AN/P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X6Cr17	1.4016	430S15	960	2320	430	Z8C17	X8Cr17	F3113	SUS430
	P5.0.Z.AN/P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X6CrAl13	1.4002	405S17	-	-	405	Z8CA12	X6CrAl13	-	-
	P5.0.Z.AN/P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X20Cr13	1.4021	420S37	-	2303	420	Z20C13	X20Cr13	-	-
	P5.0.Z.AN/P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X6CrMo17-1	1.4113	434S17	-	2325	434	Z8CD17.01	X8CrMo17	-	SUS434
	P5.0.Z.HT	03.11	X45CrS9-3-1	1.4718	401S45	52	-	HW3	Z45CS9	X45CrSi8	F322	SUH1
	P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X85CrMoV18-2	1.4748	443S65	59	-	HNv6	Z80CSN20.02	X80CrSiNi20	F320B	SUH4
	P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X20CrMoV12-1	1.4922	-	-	2317	-	-	X20CrMoNi 12 01	-	-
	P5.0.Z.PH	05.11/15.11	X12CrS13	1.4005	416 S 21	-	2380	416	Z11CF13	X12 CrS 13	F-3411	SUS 416
	P5.0.Z.PH	05.11/15.11	X46Cr13	1.4034	420S45	56D	2304	-	Z40CM	X40Cr14	F3405	SUS420J2
	P5.0.Z.PH	05.11/15.11	X19CrNi17-2	1.4057	431S29	57	2321	431	Z15CNi6.02	X16CrNi16	F3427	SUS431
	P5.0.Z.PH	05.12/15.12	X5CrNiCuNb16-4	1.4542 1.4548	-	-	-	630	Z7CNU17-04	-	-	-
	P5.0.Z.PH	15.21	X4 CrNiMo16-5	1.4418	-	-	2387	-	Z6CND16-04-01	-	-	-
	P5.1.Z.AN/P5.0.Z.HT	05.11/15.11	X14CrMoS17	1.4104	-	-	2383	430F	Z10CF17	X10CrS17	F3117	SUS430F

Zoals je ziet zijn deze roestvaste materiaalsoorten ook weer ingedeeld bij de verspaanbaarheid van hoog gelegerde staalsoorten in een ISO-P subgroep.

Op basis van deze indeling geeft de leverancier ook weer adviezen voor de keuze van het snijmateriaal en de snijgegevens.



Als de hardheid of treksterkte van uw werkstukmateriaal verschilt met de op basis hiervan nominaal opgegeven waarde voor de snij snelheid, dan moet u deze corrigeren. De werkelijke hardheid of treksterkte van het werkstukmateriaal is dan bepalend voor de juiste snij snelheid waarbij ook de standtijd wordt behouden (bijv. 15 minuten bij draaien).

Werkstukmateriaal hardheid en treksterkte vergelijk

Trekvastheid R_m N/mm ²	Vickers-hardheid HV	Brinell-hardheid HB	Rockwell-hardheid HRC
255	80	76.0	
270	85	80.7	
285	90	85.5	
305	95	90.2	
320	100	95.0	
335	105	99.8	
350	110	105	
370	115	109	
385	120	114	
400	125	119	
415	130	124	
430	135	128	
450	140	133	
465	145	138	
480	150	143	
495	155	147	
510	160	152	
530	165	156	
545	170	162	
560	175	166	
575	180	171	
595	185	176	
610	190	181	
625	195	185	
640	200	190	
660	205	195	
675	210	199	
690	215	204	
705	220	209	
720	225	214	
740	230	219	
755	235	223	
770	240	228	20.3
785	245	233	21.3
800	250	238	22.2
820	255	242	23.1
835	260	247	24.0
850	265	252	24.8
865	270	257	25.6
880	275	261	26.4
900	280	266	27.1
915	285	271	27.8
930	290	276	28.5
950	295	280	29.2
965	300	285	29.8
995	310	295	31.0
1030	320	304	32.2
1060	330	314	33.3
1095	340	323	34.4
1125	350	333	35.5
1155	360	342	36.6
1190	370	352	37.7
1220	380	361	38.8
1255	390	371	39.8
1290	400	380	40.8
1320	410	390	41.8
1350	420	399	42.7
1385	430	409	43.6

Trekvastheid R_m N/mm ²	Vickers-hardheid HV	Brinell-hardheid HB	Rockwell-hardheid HRC
1420	440	418	44.5
1455	450	428	45.3
1485	460	437	46.1
1520	470	447	46.9
1555	480	456	47.7
1595	490	466	48.4
1630	500	475	49.1
1665	510	485	49.8
1700	520	494	50.5
1740	530	504	51.1
1775	540	513	51.7
1810	550	523	52.3
1845	560	532	53.0
1880	570	542	53.6
1920	580	551	54.1
1955	590	561	54.7
1995	600	570	55.2
2030	610	580	55.7
2070	620	589	56.3
2105	630	599	56.8
2145	640	608	57.3
2180	650	618	57.8
	660		58.3
	670		58.8
	680		59.2
	690		59.7
	700		60.1
	720		61.0
	740		61.8
	760		62.5
	780		63.3
	800		64.0
	820		64.7
	840		65.3
	860		65.9
	880		66.4
	900		67.0
	920		67.5
	940		68.0

Omrekeningen van hardheidswaarden volgens deze omrekeningstabel zijn slechts bij benadering juist. Zie DIN 50150.
Waarden tussen haakjes zijn theoretisch berekende waarden.

Materiaaleigenschap	Eenheid / testmethode	Formuleteken
Trekvastheid	N/mm ²	R_m
Vickers-hardheid	Diamantpiramide 136° Testkracht $F \geq 98$ N	HV
Brinell-hardheid Berekend uit: $HB = 0.95 \times HV$	$0.102 \times F/D^2 = 30$ N/mm ² F = testkracht in N D = kogeldiameter in mm	HB
Rockwell-hardheid C	Diamantkegel 120° Totale testkracht 1471 ± 9 N	HRC

We zagen al in het voorgaande dat de hardheid en treksterkte van materialen verband houden met de mechanische eigenschappen in relatie tot de verspaanbaarheid. De materiaal hardheid wordt vaak in Vickers (HV), Brinell (HB) of Rockwell (HRC) aangeduid. Een vergelijking van hardheden in Brinell, Vickers of Rockwell, is te vinden in deze tabel. Mogelijk help dit om voor jouw werkstuk de overeenkomst te vinden die leidt naar de indeling in het ISO-stelsel op basis van de hardheid of treksterkte.

Voorbeeld: Sandvik compensatietabel voor correcties op basis van materiaal hardheid verschillen.

ISO/ ANSI	HB	Lagere hardheid				Hogere hardheid				
		-60	-40	-20	0	+20	+40	+60	+80	+100
P	HB 180	1.44	1.25	1.11	1.0	0.91	0.84	0.77	0.72	0.67
M	HB 180	1.42	1.24	1.11	1.0	0.91	0.84	0.78	0.73	0.68
K	HB 220	1.21	1.13	1.06	1.0	0.95	0.90	0.86	0.82	0.79
	HB 250	1.33	1.21	1.09	1.0	0.91	0.84	0.75	0.70	0.65
N	HB 75			1.05	1.0	0.95				
S	HB 350			1.12	1.0	0.89				
H	HRC 60			1.07	1.0	0.97				

In deze tabel staan de factoren waarmee u de snijsnelheid van Sandvik moet aanpassen voor een verschil in hardheid Brinell.

Voorbeeld: ISO-P

Opgave referentiemateriaal:

$V_c = 300$ m/min bij een HB180

(Standtijd ca. 15 min.)

Ons werkstukmateriaal HB240

Verskil = $240 - 180 = HB+60$

Tabel factor = 0.77 (-23%)

$V_c = 300 \times 0.77 = 231$ m/min

(Standtijd ca. 15 min.)

Sandvik corrigeert hier op hardheid HB en eerder Seco op de treksterkte of HRC voor gehard materiaal.

Opgave snijgegevens door leveranciers (draaien)

In de tabellen met snijwaarden van leveranciers, moeten betrouwbare gegevens staan. Dit wil zeggen dat we bij de keuze van het snijmateriaal, de opgegeven snijsnelheid en voeding/aanzet kunnen toepassen en een redelijke standtijd mogen verwachten. Hierbij moeten we het verschil in de hardheid van ons werkstuk verrekenen zoals we in het voorgaande hoofdstuk hebben gezien.

De standtijd wordt dan vooral bepaald door de werkelijk toegepaste snijsnelheid en daarna door de aanzet/omw. (f_n draaien) of voeding/tand (f_z frezen). De gekozen snedediepte heeft hierop veel minder effect.

Bron: Sandvik

Tool life (min)	10	15	20	25	30	45	60
Correction factor	1.11	1.0	0.93	0.88	0.84	0.75	0.70

Indien we een hoger verspaningsvolume ofwel meer willen produceren, dan kunnen we de snijsnelheid opvoeren. Daarbij verlaten we de opgegeven standtijd omdat deze zal dalen. Om het verschil te bepalen kunnen we de tabel hiernaast gebruiken als een indicatie bij draaiwerk.

Voorbeeld: Spaanvolume ($Q \text{ cm}^3$) opvoeren met V_c

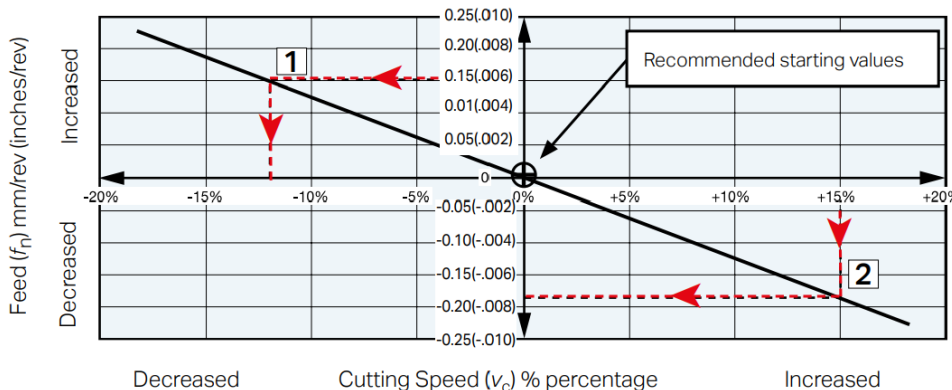
Onze huidige snijsnelheid is $V_c = 231 \text{ m/min}$ voor een standtijd bij draaien van **15** min.

Als we **+10%** meer spaanvolume willen produceren dan zoeken we de correctie factor op die hiermee overeenstemt. In de tabel geldt voor een kortere standtijd van **10** min (Tool life). een correctiefactor van **1.11** of wel een **11%** hogere snijsnelheid.

De nieuwe snijsnelheid wordt $V_c = 231 * 1.11 = 256 \text{ m/min}$ om **11%** meer spaanvolume te produceren.

Voorbeeld: Spaanvolume ($Q \text{ cm}^3$) opvoeren met f_n

Als we de aanzet f_n willen aanpassen voor dit doel en daarbij de standtijd willen behouden, dan staat ons de volgende grafiek ter beschikking (draaiwerk). Het midden van de grafiek (0%) geldt voor V_c en f_n nominaal.



Bron: Sandvik

Voorbeeld 1: Meer volume met hogere f_z

Startwaarden voor het referentiemateriaal met HB180 zijn: $V_c = 300 \text{ m/min}$ met $a_p = 3 \text{ mm}$ en $f_z = 0.3 \text{ mm}$

Als we de aanzet verhogen met **0.15 mm** tot **0.45 mm** ofwel **+50%**, dan moet V_c met **-12%** omlaag volgens de grafiek. Nieuwe waarde voor $V_c = 264 \text{ m/min}$ ($300 * 0.88$). Per saldo levert dit **+38%** productie verhoging op met behoud van de standtijd van 15 min (theoretisch).

Het vermogen van onze machine en de stabiliteit, moeten wel op deze zwaardere belasting zijn berekend.

Voorbeeld 2: Betere finish met hogere V_c

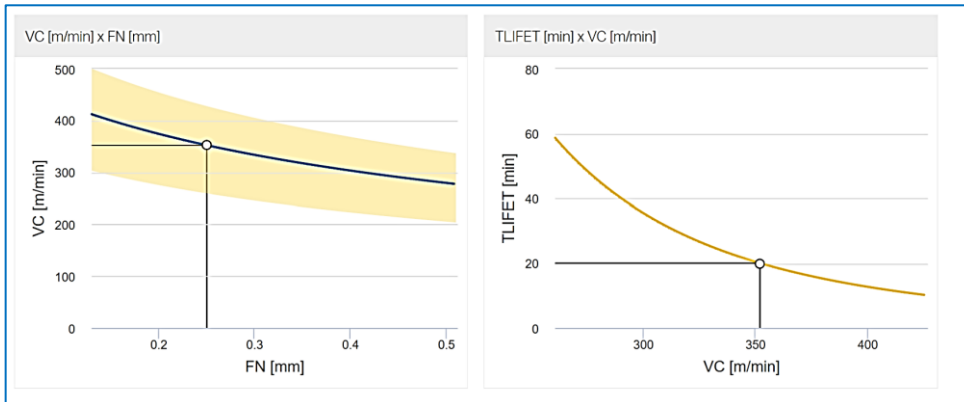
Startwaarden voor het referentiemateriaal met HB180 zijn: $V_c = 300 \text{ m/min}$ met $a_p = 3 \text{ mm}$ en $f_z = 0.3 \text{ mm}$.

Hiervoor kiezen we een **+15%** hogere snijsnelheid: $V_c = 345 \text{ m/min}$. Uit de tabel volgt een aanzet correctie van **-0.175** zodat deze $0.3 - 0.175 = 0.125 \text{ mm/omw.}$ moet bedragen om het finish resultaat te verbeteren met behoud van de standtijd van 15 min. Kies de snedediepte overigens niet kleiner als de radius v.d. wisselplaat.

Opgave snijgegevens door leveranciers (draaien)

Een standtijd bepalen hangt ook samen met de unieke eigenschappen van de wisselplaat, zoals de combinatie van het soort snijmateriaal, de vorm, het type spaanbreker en de eventuele coating. Zowel Sandvik als Seco en anderen hebben daarom online adviesprogramma's ontwikkeld die houden rekening met deze factoren.

Hieronder de Sandvik correctie grafieken waarmee van de geadviseerde aanzet, snijsnelheid of standtijd kan worden afgeweken. De opbouw is doordacht en wordt niet meer in een tabel met aparte correctie factoren aangeboden.

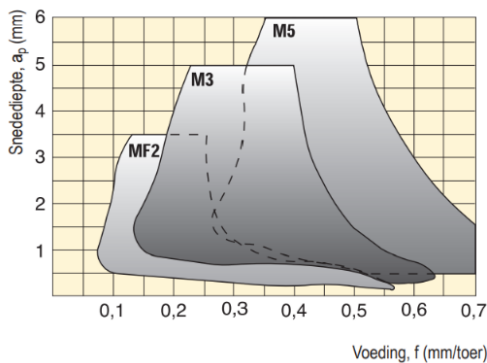


In deze grafieken kunnen we nu zelf het punt verschuiven voor een combinatie van de parameters, om het resultaat direct te zien.

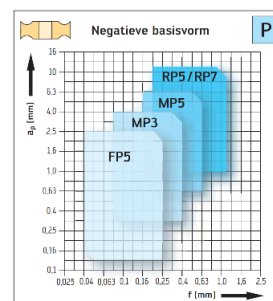
Bron: CoroPlus® Tool Guide

In weer een ander diagram, zoals hieronder, zien we de velden waarbinnen het type spaanbreker goed werkt en waarmee de resultaten samenhangen. Hierin wordt de spaanbreker eigenschap vastgelegd voor verschillende verhoudingen in sneddiepte en aanzet. Ook deze effecten wegen natuurlijk mee in een goed online advies.

Spaanbrekerdiagrammen



Bron: Seco



Bron: Walter

De tabel hieronder met snijsnelheden uit een catalogus, houdt ook heel specifiek rekening met het type wisselplaat, spaanbreker en hardmetaalkwaliteit. In een goed online adviesprogramma is dit ook zichtbaar.

Universele snijplaat: CNMG120408-M3

Standtijd = 15 min

$a_p = 2,5$ mm

Houder: DCLNR2525M12-M

SMG	TP0501			TP1501			TP2501			TP3501			TP200		
	f			f			f			f			f		
	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
P1	780	690	610	690	590	510	590	510	450	510	405	335	335	290	255
P2	760	670	590	680	570	495	560	520	460	495	400	330	330	280	250
P3	620	590	510	500	450	400	570	530	465	360	300	250	280	240	215
P4	580	510	450	510	435	375	435	375	330	380	310	250	250	210	190
P5	520	495	435	420	380	335	405	375	330	300	250	220	235	205	180
P6	620	550	480	550	465	405	465	405	355	410	335	270	265	230	200
P7	550	520	460	445	405	355	390	380	350	285	240	210	250	215	190
P8	520	495	435	420	380	335	405	375	330	270	220	180	235	205	180
P11	540	510	445	435	390	345	300	295	270	250	160	130	195	165	145
P12	315	300	265	255	230	205	175	175	160	150	100	75	115	95	85

Opgave snijgegevens door leveranciers (frezen)

In een tabel met snijgegevens of op de verpakking, geeft de leverancier meer snijsnelheden op, voor het te bewerken materiaal en de daarbij toe te passen aanzet. Zo geldt de opgave van een lage snijnsnelheid voor zwaarder verspanen en voorbereiden en de hoge snijnsnelheid voor nabewerken. Een waarde er tussen in betreft het advies voor een middelmatige verspaning (voorbewerken/semi nabewerken).

Men zal dan wel moeten werken met het type frees en het aanbevolen snijmateriaal uit het assortiment van de fabrikant. De opzet van de tabellen is in de praktijk verschillend en ook de gegevens zijn niet geheel vergelijkbaar.

In de onderstaande tabel worden de snijsnelheden opgegeven voor vlak- en hoekfrezen van fabrikant Walter. Hiervoor gelden de waarden voor toepassing van de gecoate wisselplaten WKP35S en WKP25S die samen het hele ISO-P gebied overlopen (P15-P45). Het zijn de startwaarden voor droog verspanen (V_c met koeling -30% lager).

Voorbeeld: Tabel met snijsnelheden voor vlak- en hoekfrezen met wisselplaten.

Materiaalgroep	Indeling van de materiaalhoofdgroepen en kenletters			Brinell-hardheid HB	Treksterkte R_m N/mm ²	Verspaningsgroep ¹			Soorten snijmaterialen									
									Startwaarden voor snijnsnelheid v_c [m/min]									
									HC									
									WKP35S		WKP25S		WAK15					
a_e / D_c^*		a_e / D_c^*		a_e / D_c^*		1/1 1/2		1/5		1/1 1/2		1/5						
P	Niet-gelegeerd staal	C ≤ 0,25 %	gegloeid	125	430	P1	●	●●	250	300	290	320						
		C > 0,25 ... ≤ 0,55 %	gegloeid	190	640	P2	●	●●	220	260	260	330						
		C > 0,25 ... ≤ 0,55 %	veredeld	210	710	P3	●	●●	215	250	255	320						
		C > 0,55 %	gegloeid	190	640	P4	●	●●	220	260	260	330						
		C > 0,55 %	veredeld	300	1010	P5	●	●●	160	180	220	260						
	Laaggelegeerd staal	Automatenstaal (kortverspanend)	gegloeid	220	750	P6	●	●●	210	240	250	315						
		gegloeid		175	590	P7	●	●●	220	270	260	320						
		veredeld		285	960	P8	●	●●	170	190	210	250						
		veredeld		380	1280	P9	●	●●	130	150	170	190						
	veredeld		430	1480	P10	●	●●	110	130	150	170							
	Hooggelegeerd staal en gereedschapsstaal	gegloeid		200	680	P11	●	●●	130	160	140	170						
		gehard en getemperd		300	1010	P12	●	●●	80	90	110	130						
		gehard en getemperd		380	1280	P13	●	●●	70	80	90	110						
	Roestvrij staal	ferritisch/martensitisch, gegloeid		200	680	P14	●	●●	140	160								
		martensitisch, getemperd		330	1110	P15	●	●●	90	110								

Bron: Walter

¹⁾ Voor wat betreft het werkstukmateriaal is dit goed in te delen met de opgeven verspaningsgroep P1-P15.

De werkelijke snijnsnelheid blijft afhankelijk van de goede werking van de snijkant onder de verschillende bewerkingcondities en toestand van het werkstukmateriaal. In deze tabel zien we ook de verschillende begrippen terug die we hiervoor al tegenkwamen. Om deze tabel indeling te kunnen lezen, moeten we nog ingaan op het begrip a_e/D_c zoals vermeld boven de kolommen met de opgegeven snijnsnelheden.

(Bijlage A: Spaanverdünnung met verhouding $a_e/D_c < 0.5$).



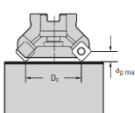
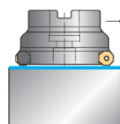
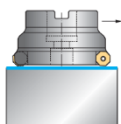
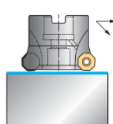
Wat we wel vaker zien is een werkstukmateriaal aanduiding die net weer even anders is opgegeven als waarop we rekenen. Ook de gradatie in hardheid of treksterkte wordt er niet goed bij vermeld. Dit is vaak een lastig moment, om dan zelf te moeten vertrouwen op de eigen aanname, zeker als je eerst gereedschap prestaties uit documentatie van leveranciers wilt vergelijken of commerciële presentaties van toepassingen die men op YouTube laat zien.

Opgave snijgegevens door leveranciers (frezen)

Bij frezen bepaalt de gesneden spaandikte door de aanzet per tand de freessnelheid (voeding). Er moet hier een verschil worden gemaakt in de geprogrammeerde **aanzet per tand**, de **maximale spaandikte** en de **gemiddelde spaandikte**. De laatste factor is van belang als maatstaf, om het benodigde vermogen aan de spil te kunnen berekenen. In de praktijk heeft niet elke fabrikant hetzelfde uitgangspunt om deze gegevens te publiceren. Het dikte verloop in de spaanvorm leidt ons naar het begrip spaanverduunning (zie voor dit begrip **Bijlage A**: Spaanverduunning met verhouding $a_e/D_c < 0.5$ en **Bijlage B**: Spaanverduunning met instelhoek $K_f < 90^\circ$).

In de onderstaande tabel geldt bijvoorbeeld de aanzet $f_{z0} = 0.45$ mm voor de Walter vlakfrees serie F2010 met een instelhoek van 43° . De snedediepte mag maximaal $a_p = a_{pmax} = 4$ mm bedragen (Opgave snijlengte $L_c = 4$ mm). Met de instelhoek van 43° wordt ook rekening gehouden i.v.m. met het spaanverduunningseffect. Voor een snedebreedte verhouding a_e/D_c moet deze aanzet nogmaals worden gecorrigeerd met factor K_{a_e} om reden dat ook hierdoor spaanverduunning kan optreden (**Bijlage C**: Snijgegevens van leveranciers corrigeren met tabelfactoren).

Voorbeeld: Tabel met aanzet per tand voor vlakfrezen.

Freestype	M2025	M2026	F2010 / F4080	
				
Tandvoeding f_{z0} voor $a_e = D_c$ $a_p = a_{pmax} = L_c$			Xtra-tec®	
Instelhoek κ	42°	42°	43°	
	f_{z0} (mm)	f_{z0} (mm)	f_{z0} (mm)	
Gereedschaps-Ø resp. Ø-bereik (mm)	80–160	200–250	F4080 32–125	F2010 50–315
Maximale snijwaarden $a_{pmax} = L_c$ (mm)	3.0	3.0	3 / 8	4 / 10
P Niet-gelegeerd staal ¹			0.45	0.50
Laaggelegeerd staal			0.40	0.45
Hooggelegeerd staal en gereedschapsstaal			0.30	0.35
Roestvrij staal			0.20	0.25
M Roestvast staal ²			0.15	0.15
K Tempergietijzer	0.30	0.30	0.40	0.45
Grijs gietijzer	0.35	0.35	0.50	0.55
Gietijzer met kogelgrafiet	0.30	0.30	0.40	0.45
GGV (CGI)	0.20	0.20	0.25	0.25
N Aluminiumkneedlegeringen			0.25	0.25
Aluminiumgietlegeringen			0.20	0.20
Magnesiumlegeringen ³			0.15	0.15
Koper en koperlegeringen (brons/messing)			0.15	0.15
S Hittebestendige legeringen			0.15	0.15
Titaanlegeringen			0.15	0.15
Wolframlegeringen			0.15	0.15
Molybdeenlegeringen			0.15	0.15
H Gehard staal	0.15	0.15	0.15	0.15
Gehard gietijzer	0.17	0.17	0.17	0.17
O Thermoplasten			0.20	0.20
Kunststof, koolvezelversterkt				
Grafiet (technisch)			0.15	0.15
Wisselplaattypen	ON . 0504 . P45424-1	ON . 0504 . P45424-2	OD . 0504 .	OD . 0605 .
Correctiefactor K_{a_e}	$a_e / D_c = 1/1 - 1/2$			
	1.0	1.0	1.0	1.0
	1/5	1.1	1.1	1.1
Voor de tandvoeding afhankelijk van de verhouding snijbreedte a_e tot freesdiameter D_c	1/10	1.2	1.2	1.2
	1/20	1.3	1.3	1.3
	1/50			
Correctiefactor K_{a_p}	$a_p = 1$		1.0	1.0
	2		1.0	1.0
Voor de tandvoeding afhankelijk van de snijdiepte a_p	3		1.0	1.0
	4		0.6	0.6
	6		0.6	0.6
	8		0.6	0.6
$f_z = f_{z0} \cdot K_{a_e} \cdot K_{a_p}$			0.6	0.6
$a_{pmax} = L_c$				

¹ en gietstaal

² en austenitisch / ferritisch

³ Bij de bewerking van magnesiumlegeringen geen met water vermengbare koelmeermiddelen gebruiken

De tabel van leverancier Walter is dus een correcte opgave van de snijgegevens voor deze universele vlakfrees.

Met vlakfrezen ligt het overigens niet voor de hand om een smalle snede te kiezen van $1/10 \cdot D_c$ om dan de aanzet met factor 1.2 te kunnen verhogen (+20%).

Om een machine trilling te onderdrukken of de spaanvorming gelijk te houden (afloop van de spaan), is soms nog een aanpassing van de voeding nodig aan de machine (F%-knop).

Indien u a_p meer als 4 mm neemt, dan moet de aanzet met factor K_{a_p} worden aangepast tot een lagere aanzet. Ook dit zal niet snel het geval zijn i.v.m. de beperking van spilvermogens in de praktijk.

Bron: Walter

Opgave snijgegevens door leveranciers (frezen)

In de volgende tabel geldt de opgave voor de startwaarde van de aanzet f_z van bijv. **0.10** mm voor de hoek- of sleuffrees met wisselplaten van Seco Type: R217/R220.69-10 Deze heeft een instelhoek van **90°** zodat geen rekening hoeft te worden gehouden met het spaanverdundingseffect met deze instelhoek. De snedediepte kan maximaal $a_p=4.5$ mm bedragen volgens de opgave in de documentatie. Voor een snedebreedte verhouding $a_e/D_c=30\%$ is de aanzet gecorrigeerd voor de hiermee optredende belasting. Dit is dus een correcte opgave voor het bewerken van werkstukmateriaal in de SMG P3 groep met de geadviseerde snijplaat (XOMX10..).

Voorbeeld: Tabel met aanzet per tand voor hoek- en sleuffrezen voor omtrekfreeswerk (Bron: Seco)

SMG		a_p	f_z		
			100%	30%	10%
P1	XOMX10T308TR-ME07 F40M	4,5	0,10	0,11	0,17
P2	XOMX10T308TR-ME07 F40M	4,5	0,10	0,11	0,17
P3	XOMX10T308TR-ME07 MP2501	4,5	0,095	0,10	0,16
P4	XOMX10T308TR-ME07 MP2501	4,5	0,095	0,10	0,16
P5	XOMX10T308TR-M09 MP2501	4,5	0,12	0,13	0,20
P6	XOMX10T308TR-M09 MP2501	4,5	0,12	0,13	0,20
P7	XOMX10T308TR-M09 MP2501	4,5	0,12	0,13	0,20
P8	XOMX10T308TR-M09 MP2501	4,5	0,12	0,13	0,20
P11	XOMX10T308TR-M09 T350M	4,5	0,12	0,13	0,20
P12	XOEX10T308R-M06 MS2500	3,5	0,055	0,060	0,090

In de volgende tabel met snijsnelheden, voor dezelfde hoek- en sleuffrezen, geeft Seco drie snijsnelheden per snijmateriaal op, bijvoorbeeld voor **MP2501**, in verband met de a_e/D_c verhouding 100%, 30% en 10%.

SMG	MP1501			MP2050			MP2501			MP3000			MM4500			MK1500			MK2050		
	100%	30%	10%	100%	30%	10%	100%	30%	10%	100%	30%	10%	100%	30%	10%	100%	30%	10%	100%	30%	10%
P1	380	500	590	330	435	510	340	445	520	320	420	495	205	275	320	—	—	—	295	390	460
P2	370	490	570	325	425	500	330	435	510	310	410	480	200	265	310	—	—	—	290	380	445
P3	325	430	500	280	375	435	285	380	445	270	360	420	175	235	270	—	—	—	255	335	395
P4	285	380	440	250	330	385	250	335	390	240	320	370	155	205	240	—	—	—	225	295	345
P5	275	360	425	240	315	370	245	320	380	230	305	360	150	195	230	—	—	—	215	280	330
P6	310	405	480	270	355	415	275	360	425	260	340	405	170	220	260	—	—	—	240	315	370
P7	290	385	455	255	335	395	260	340	400	245	320	380	160	210	245	—	—	—	225	300	350
P8	270	360	420	235	315	365	240	320	375	230	305	355	150	195	230	—	—	—	215	280	330
P11	285	370	440	245	325	385	250	330	390	240	310	370	155	200	240	—	—	—	220	290	340
P12	185	240	285	160	210	245	160	215	250	155	200	240	100	130	155	—	—	—	145	190	225

De lage snijsnelheid geldt voor zwaarder verspanen en voorbereiden met volle diameter ($a_e/D_c = 100\%$) en de hoge snijsnelheid voor kantfrezen en nabewerken ($a_e/D_c = 10\%$). De middelste waarde is het advies voor een middelmatige verspaning (voorbewerken/semi nabewerken). Uit de verschillende mogelijkheden wordt snijplaat **MP2501** in de documentatie geadviseerd als 1^e keuze voor staalbewerking in de P3 groep.

Uit beide tabellen volgt $V_c=380$ m/min en $f_z=0.1$ voor de freesbewerking met $a_e/D_c=30\%$ aan een werkstuk in de P3 materiaal groep. De diameters die bij deze Seco wisselplaatfrezen mogelijk zijn, beginnen bij 16mm tot 84mm, terwijl in de Gühring tabel hieronder, V_c en f_z specifiek gelden voor de kleinere VHM-schachtfrezen in de diameters 3mm tot 20mm.

Voorbeeld: Tabel voor een schachtfrees $D_c=12$ mm met $z_n=3$ tanden voor AlMg1SiCu bewerking

ISO	Härte	vc	fz (mm/z) / Ø								vc	fz (mm/z) / Ø											
			3	6	8	10	12	16	20	3		6	8	10	12	16	20						
			ap = 1,0 x D									ap = 1,0 x D				ap = 12							
N	≤ 5% Si	500	0,020	0,039	0,052	0,080	0,10	0,13	0,16	750	0,025	0,051	0,068	0,104	0,12	0,17	0,21						
	≥ 5% Si	230	0,017	0,033	0,044	0,060	0,07	0,10	0,12	345	0,021	0,043	0,057	0,078	0,09	0,12	0,16						
NE	≤ 850 N/mm²	250	0,017	0,033	0,044	0,060	0,07	0,10	0,12	375	0,021	0,043	0,057	0,078	0,09	0,12	0,16						

Bron: Gühring

Beoordeling snijgegevens van leveranciers

De leveranciers van snijgereedschappen geven prima informatie over het verspanen van metaalsoorten. Daarbij behoort natuurlijk de toepassing van het eigen merk met de vermelde codering van het gereedschap.

Wel zijn er randvoorwaarden om de geadviseerde snijgegevens toe te passen om het gewenste resultaat te bereiken. Dit betreft dan hoofdzakelijk de opgegeven snij snelheid die moet worden gecorrigeerd als de hardheid of treksterkte van het werkstuk verschilt met het referentiemateriaal. Ook de aanzet (per omw./tand) heeft aandacht nodig om spaanverdunding te voorkomen ([Bijlage A: Spaanverdunding met verhouding \$a_e/D_c < 0.5\$](#) en [Bijlage B: Spaanverdunding met instelhoek \$K_f < 90^\circ\$](#)). We moeten ook controleren of in de opgave van de leverancier hiermee rekening is gehouden. Daarbij geldt voor freeswerk dat je bij de keuze van een snedebreedte, ook rekening houdt met de verhouding a_e/D_c en bovendien de instelhoek $90^\circ - 45^\circ$. Voor draaibeitels met een instelhoek kleiner dan 90° (d.i. een mesbeitel) geldt ook de verrekening van het spaanverdundingseffect in de aanzetwaarde.

Met het toepassen van vermenigvuldigingsfactoren op uw snijgegevens, boekt u een veel hoger rendement op uw verspaningswerk ([Bijlage C: Snijgegevens van leveranciers corrigeren met tabelfactoren](#)). Kijk daarom uw snijwaarden eens na, om te controleren of u hiermee kunt/moet corrigeren. Denk ook aan de correctie op de voeding bij circulair frezen ([Bijlage D: Het aanpassen van de voeding bij circulair frezen](#)).

Gereedschappenleveranciers hebben online adviesprogramma's ontwikkeld om snijgegevens te bepalen, die rekening houden met de eerder besproken factoren en de ervaring of knowhow van de leverancier ([Bijlage K: Gratis kennis en training](#)). Met ons snijwaarde testformulier kunt u het online adviesprogramma testen voor een standaard bewerkingsopgave. Om dit voor al uw sneden te doen is natuurlijk niet werkbaar ([Bijlage L: Snijwaarden formuleren DRAAIEN en FREZEN](#)).

Met onkundige toepassing van snijgegevens kan ongewenste slijtage ontstaan en dit moeten we voorkomen. Een voortijdig einde van de standtijd maakt het verspanen onzeker of leidt sneller tot afkeur van producten. Daarbij kunnen onze kosten oplopen voor het verbruik van ons snijmateriaal (wisselplaten, frezen van hardmetaal en boren enz.) en de langere bewerkingstijden op basis van de machine uurprijs. De gereedschapsfabrikanten baseren een standtijd meestal op het bereiken van één van de slijtage criteria aan de snijkant(en) zoals flankslijtage, kolslijtage, snijkantsopbouw, kerfwerking, breken e.d. Dit wordt dan bepaald voor het bewerken van diverse materiaalsoorten. Het is dus zaak te letten op de slijtage beelden en indien nodig snijmateriaal (hardmetaal) te vinden voor uw bewerking die beter bestand is tegen de slijtagevorm die optreedt.

Daarbij streven we naar een minimaal assortiment snijgereedschap voor draai- en freeswerk in de werkplaats en eenvoudige toepassing hiervan. We moeten ook heel goed weten te onderscheiden wat het juiste gereedschap en snijmateriaal is om te gebruiken ([Bijlage E: Overzicht Snijmaterialen](#) en [Bijlage F: Overzicht Coatings](#)).

Gelukkig hebben ontwikkelingen ertoe geleid dat, met betrekking tot onze voorraad wisselplaten, met enkele hardmetaalsoorten meer materialen uit verschillen ISO-hoofdgroepen kunnen worden bewerkt. Voor massa productiewerk of specifiek werkstukmateriaal is altijd winst te behalen door nog een uitgekiende hardmetaalsoort in te kopen. Soms moeten hiermee verschillende merken op onze machines worden getest, om bevredigende resultaten te boeken. De beste resultaten worden ook bepaald door de soort en kwaliteit van de coating, de coating procedure zelf en samenstelling. Daarnaast kennen we nog cermet, keramiek, CBN en diamant als snijmateriaal. Natuurlijk zijn de mogelijkheden met oude CNC-machines niet altijd reproduceerbaar omdat bijvoorbeeld de stabiliteit minder is of slijtage in de spilconstructie eerder tot trilling kan leiden.

Het is de moeite waard om met uw eigen leverancier van snijmateriaal uw situatie te inventariseren en het snijmateriaal met snijgegevens vast te leggen. Na enige ervaring hiermee en mogelijk nog een andere keuze of leverancier, kunt u vertrouwen op de resultaten die met verspaningen kunnen worden behaald.

Door uw snijgegevens in uw systeem goed over te nemen, of zoals wij in Simple-CAM, is het gebruik hiervan een stuk makkelijker. Wilt u zelf uw snijwaarden beheren dan is onze HSM Advisor software een goed alternatief en dit leidt ook tot minder naslagwerk in de documentatie of online bezoek aan uw gereedschappen leveranciers.

Snijgegevens voor economisch en productief verspanen

In een verspaningsafdeling groeit het assortiment en aantal tools na verloop van tijd. Toch komen we altijd gereedschap te kort en beschikken we niet over alle of beste oplossingen die elke leverancier van zichzelf presenteert. Veelal moeten we het doen met het gereedschap wat er in de werkplaats ter beschikking staat.

In de praktijk moeten we echter bij het verspanen een bewuste keuze maken om met onze snijgegevens de kortste productietijd te bereiken tegen de laagste productiekosten. Technisch gesproken is het eigenlijk niet mogelijk om beide resultaten te bereiken. Ook de kosten om weer nieuw gereedschap erbij te kopen kan een drempel zijn. Maar sneller verspanen, om bijvoorbeeld een levertijd van een opdracht te bekorten, kan tot aanzienlijk meer gereedschapsverbruik leiden. Echter bij serie productie zullen deze kosten slechts een gering effect hebben op de stukprijs van het product, omdat dit weer ruimschoots wordt goed gemaakt met de besparing op de machine-, man- en overhead kosten. Kijk dan op de markt naar de mogelijkheden om het beste of juiste snijmateriaal in te kopen.

Bij toepassing van hogere snijgegevens, moeten we wel streven naar de optimale waarden om **economisch én productief** te verspanen.

Stijgende gereedschapskosten, die voornamelijk door een hogere slijtage wordt veroorzaakt, moeten in detail worden bekeken. Het uitgangspunt is het verbeteren en verhogen van de snijgegevens, door gereedschappen in te zetten die bestand zijn tegen een hogere productiesnelheid maar vooral ook bedrijfszekerheid. We kiezen daarom gereedschap met een consistente kwaliteit. Deze hebben een aanvaardbaar standtijd criterium of gebruiksduur, om het werkstukmateriaal te bewerken. Natuurlijk sluit hierbij enkel de gereedschap keuze aan, met de geëigende geometrie of wisselplaat. (het spaanbreker type, de neusradius of fase, afstemming op de voor- of nabewerking met het snijmateriaal en de coating).

Daarbij komen nog de factoren die de verspaning wel of niet mogelijk maken, zoals de optredende snijkrachten, stabiliteit van de opspanning en de machine en het beschikbaar vermogen. Ook de effectieve wijze van koelen, de soort snijvloeistof, lage of hoge druk, minimaalsmering of juist droog verspanen spelen een rol.

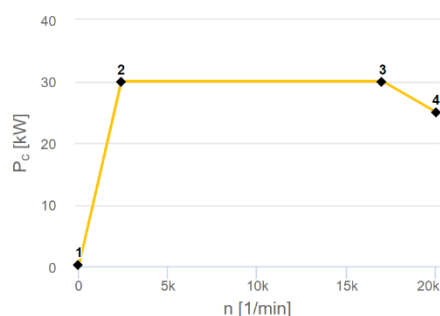
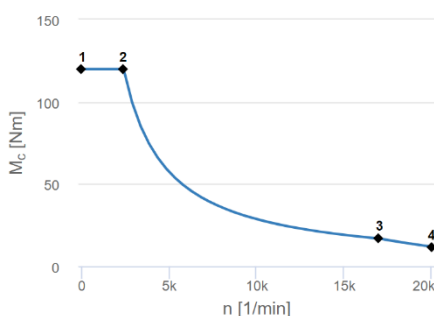
Hierbij moet men proberen het assortiment van gereedschappen te beperken tot de merken van enkele leveranciers en zo veel mogelijk standaard systemen kiezen.

Uiteindelijk moeten we optimaal verspaningswerk leveren tegen een zo gunstig mogelijke kostprijs per gerealiseerd product. De online adviesprogramma's van Sandvik en Walter helpen daarbij om op kostprijs per product te sturen.

Uiteraard vereisen complexe en grote werkstukken met een lange doorlooptijd, een hoog vakmanschap en ervaring, om deze zonder fouten af te leveren. Het stilstaan bij de in deze gids besproken onderwerpen is hierbij dan niet zo exact van toepassing op het resultaat.

Bovendien hebben de bedrijven met de modernste machines w.o. 5-assige bewerkingscentra, draaibanken met aangedreven tools en multitasking machines, altijd een voorsprong. De nieuwste modellen in deze generatie machines zijn altijd weer beter uitgerust voor het uitvoeren van onze verspaningsopgaven.

Voorbeeld: *Bewerkingscentrum met 30 kW spil, maximum toerental 20.000 omw/min en 120 Nm koppel.*



Spaanvolume relateren aan productiefrezen

Leveranciers geven snijgegevens op met vermelding van de snede-doorsnede voor de toepassing.

Zo geldt bij sleuffrezen bijvoorbeeld een snedediepte $a_p=1x d$ bij de snedebreedte $a_e=1x d$

Door deze gegevens te hanteren kan ook een mechanische overbelasting of breuk van de frees worden voorkomen, als de leverancier met deze waarden proeven heeft gedaan. Anderzijds geldt dit bijvoorbeeld ook voor omtrekfrezen met a_p =snijkantslengte (l_2) en max. snedebreedte $a_e=0.33 \times d$

In een praktijksituatie kunnen we de diepte of breedte van de snede natuurlijk aanpassen, maar zodanig dat het **spaanvolume Q** in cm^3 nagenoeg hetzelfde blijft. Door toepassing van dit uitgangspunt (productiefrezen) wordt, met dezelfde freesbelasting als ervoor, gecalculeerd.

Voorbeeld: Snijwaarde tabel voor aluminium met een VHM-schachtfrees van $d=12mm$ met $z_n=3$ tanden.

ISO	Härte	vc	fz (mm/z) / Ø							vc	fz (mm/z) / Ø								
			3	6	8	10	12	16	20		3	6	8	10	12	16	20		
			ap = 1,0 x D								ae = 1,0 x D			ap = l2					
N	≤ 5% Si	500	0,020	0,039	0,052	0,080	0,10	0,13	0,16	750	0,025	0,051	0,068	0,104	0,12	0,17	0,21		
	≥ 5% Si	230	0,017	0,033	0,044	0,060	0,07	0,10	0,12	345	0,021	0,043	0,057	0,078	0,09	0,12	0,16		
NE	≤ 850 N/mm²	250	0,017	0,033	0,044	0,060	0,07	0,10	0,12	375	0,021	0,043	0,057	0,078	0,09	0,12	0,16		

Bron: Gühring

Formules:	Toerental	$n = (V_c * 1000) / (\pi * d)$	[omw/min]
	Voeding	$V_f = f_z * z_n * n$	[mm/min]
	Spaanvolume	$Q = (a_p * a_e * V_f) / 1000$	[cm³/min]
	Snedepervlak	$A = a_p * a_e$	[mm²]

(**Bijlage G:** Formules Frezen en **Bijlage H:** Formules Draaien)

Uitkomst sleuffrezen:

of $V_c=230m/min$

$f_z=0.07mm$

$a_p=12mm$ en $a_e=12mm$

$n= 6104$ omw/min

$V_f= 1281$ mm/min

$Q= 184$ cm³/min

$A= 144$ mm²

Wijziging sleuffrezen:

$a_p=15mm$ en $a_e=12mm$

Berekend $f_z=0.056$

$A= 180$ mm²

$Q= 184$ cm³/min

$V_f= 1022$ mm/min

Uitkomst omtrekfrezen:

of $V_c=345m/min$

$f_z=0.09mm$

$a_p=l_2=26$ $a_e=0.33d=3.96mm$

$n= 9156$ omw/min

$V_f= 2472$ mm/min

$Q= 254$ cm³/min

$A= 103$ mm²

Wijziging omtrekfrezen:

$a_p=15mm$ en $a_e=6mm$

Berekend $f_z=0.103$

$A= 90$ mm²

$Q= 254$ cm³/min

$V_f= 2822$ mm/min

Uiteindelijk moeten we optimaal verspaningswerk leveren tegen een zo gunstig mogelijke kostprijs per gerealiseerd product. De online adviesprogramma's van Sandvik en Walter helpen daarbij om op kostprijs per product te sturen met hun gereedschap oplossingen. Met het gebruik van andere merken kunnen we vaak niet meer overzien dan de prijs voor het doosje wisselplaten of een hardmetaalfrees en nemen we de voordeligste als het resultaat bevredigend is in onze beleving. Let daarbij dan wel op het spaanvolume aspect zoals hier.

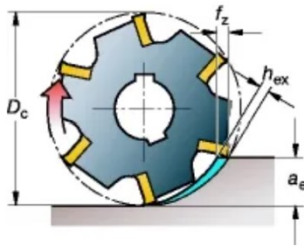


Dus het advies is als je de breedte of de diepte aanpast, om ongeveer het hetzelfde spaanvolume aan te houden. Streef je naar een hoger spaanvolume, verhoog dan eerst de snedediepte indien dit nog mogelijk is en daarna pas de aanzet. Wijzig de snijsnelheid niet zodat de standtijd wordt behouden. Een lagere V_c en nog hogere f_z geeft het maximum resultaat in spaanvolume d.w.z. productiviteit !

Bijlage A: Spaanverduunning met verhouding $a_e/D_c < 0.5$

Het begrip spaanverduunning moeten we kennen, om te voorkomen dat we dadelijk met te lage voedingen gaan frezen. Als de snedebreedte a_e constant kan worden gehouden, zoals met omtrekfrezen of met smalle vlakfreesbanen, dan kan er spaanverduunning optreden.

Spaanverduunning $H_{ex} (< f_z)$



De spaanverduunning treedt namelijk op als de snedebreedte a_e gelijk is aan, of minder dan de helft (50%) van de freesdiameter D_c . De geprogrammeerde verplaatsing F op het hart van de frees (of per tand f_z) kan dan worden verhoogd om de verdunde spaan H_{ex} bij aansnijding, met de goede spaandikte te laten overeenkomen. Deze H_{ex} moet weer de aanzet per tand f_z benaderen, waarmee we normaal de voeding uitrekenen op het hart.

Als wordt uitgegaan van de aanzet f_z die de leverancier opgeeft, is het dus van belang om duidelijkheid te hebben of deze al wel of niet gecorrigeert wordt bij een opgegeven verhouding a_e/D_c .

In het algemeen is het zinvol om de compensatie voor spaanverduunning toe te passen, als de verhouding a_e/D_c onder de 30°- 40° uitkomt. In de onderstaande tabel zien we dat de voeding al met **+25%** (1.25) kan worden verhoogd bij een verhouding a_e/D_c van 30%

Compensatiefactor voor frezen met instelhoek=90°

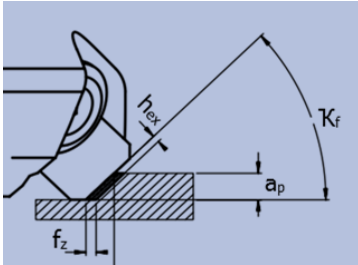
a_e/D_c	%	factor
0.3	30%	1.25
0.2	20%	1.5
0.1	10%	2.0
0.05	5%	3.0

De factoren gelden voor frezen met een instelhoek $K_f=90^\circ$. Indien deze kleiner is dan moet er nog een correctie plaats vinden op spaanverduunning (**Bijlage B**: Spaanverduunning met instelhoek $K_f < 90^\circ$).

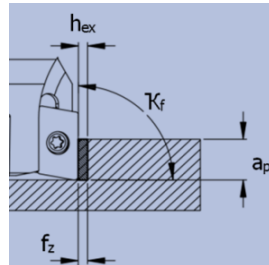
In geval spaanverduunning optreedt kunnen we ook een hogere snijsnelheid toepassen tijdens het frezen (zie Bijlage L: Snijwaarden formuleren DRAAIEN **tabel 3**).

Bijlage B: Spaanverduunning met instelhoek $\kappa_f < 90^\circ$

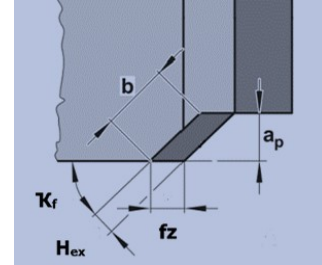
Bij productief frezen, met een ingestelde snijsnelheid (V_c) en snedediepte (a_p), is de spaandikte (h_{ex}) per tand bepalend. We moeten daarom de juiste waarde voor de aanzet per tand toepassen (f_z).



Vlakfrezen $f_z < h_{ex}$



Hoekfrezen $f_z = h_{ex}$



Langsdraaien $f_z < h_{ex}$

We zagen al dat met de verhouding a_e/D_c de spaandikte wordt afgestemd op de snedebreedte van de bewerking. In de figuren hierboven zien we dat ook de instelhoek tot spaanverduunning leidt.

In de praktijk kan men dan nog op een veel te lage voeding uitkomen, omdat de instelhoek $\kappa_f < 90^\circ$ niet is verrekend. Een aanzet mag ook niet kleiner worden dan de fase of radius aan de snijkant, om hiermee goed te kunnen snijden. Ook een te dunne spaan voert te weinig warmte af uit het freesproces en is daardoor nadeliger voor de standtijd.

Als we het effect van de spaanverduunning door de instelhoek bij frezen willen compenseren, dan moet de aanzet f_z berekend worden uit de spaandikte h_{ex} bij aansnijding van de tand. Vaak wordt voor de aanzet per tand f_z een richtwaarde opgegeven in de tabel met snijgegevens ($f_z = 0.1, 0.2, 0.3$ mm/tand etc.) dus is het ook hier van belang om duidelijkheid te hebben of deze wel of niet gecorrigeert wordt opgegeven bij een instelhoek $\kappa_f < 90^\circ$.

Om de spaandikte te berekenen voor rechte snijkanten, gelden de volgende formules:

Bij een vlakfrees met een instelhoek kappa $\kappa_f = 45^\circ$ en een rechte snijkant, is de aanzet: $f_z = h_{ex} / \sin \kappa_f$

Bij een hoekfrees met een instelhoek kappa $\kappa_f = 90^\circ$ en een rechte snijkant, is de aanzet: $f_z = h_{ex}$

Bij een ruwbeitel met een instelhoek kappa $\kappa_f = 45^\circ$ en een rechte snijkant, is de aanzet: $f_z = h_{ex} / \sin \kappa_f$

..... en omgekeerd is in deze gevallen de spaandikte gelijk aan: $h_{ex} = f_z \times \sin \kappa_f$

Bijlage B: Spaanverduunning met instelhoek $K_f < 90^\circ$

In ieder geval moeten we de aanzet f_z verhogen, om dezelfde spaandikte h_{ex} te behouden als de instelhoek kleiner dan $K_f < 90^\circ$ zou zijn. Raadpleeg **TABEL 1 Bijlage C**: Snijgegevens van leveranciers corrigeren met tabelfactoren om de correctie toe te passen.

Voorbeeld 1: $K_f = 90^\circ$

$$\begin{aligned} f_z &= 0.20 \text{ mm} \\ K_f &= 90^\circ \\ h_{ex} &= f_z \times \sin K_f \\ h_{ex} &= 0.20 \times 1.0 \\ h_{ex} &= 0.20 \text{ mm (goed)} \end{aligned}$$

Voorbeeld 2: $K_f = 45^\circ$

$$\begin{aligned} f_z &= 0.20 \text{ mm} \\ K_f &= 45^\circ \\ h_{ex} &= f_z \times \sin K_f \\ h_{ex} &= 0.20 \times 0.7 \\ h_{ex} &= 0.14 \text{ mm (fout)} \end{aligned}$$

Voorbeeld 3: $K_f = 45^\circ$

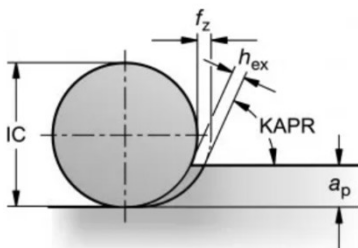
$$\begin{aligned} h_{ex} &= 0.20 \text{ mm} \\ K_f &= 45^\circ \\ f_z &= h_{ex} / \sin K_f \\ f_z &= 0.20 / 0.7 \\ f_z &= 0.28 \text{ mm (goed)} \end{aligned}$$

In deze voorbeelden is er een verschil van 100% als we $h_{ex}=0.14$ vergelijken met $f_z=0.28$ mm. Het moet dus duidelijk zijn welke waarde we als de aanzet per tand instellen. Dit geldt dus ook voor het onderscheiden van de aanzet gegevens van een hoekfrees vergeleken met de vlakfrees. Met een vlakfrees van 45° kan de aanzet per tand groter worden gekozen dan met de hoekfrees, om dezelfde spaandikte h_{ex} te behouden. Aanzet-tabellen van een leverancier moeten hierover duidelijkheid geven.

Ook voor Torusfreesen, Radiusfreesen en kopieerfreesen met ronde wisselplaten is een berekening van de correctie mogelijk, die resulteert in een hogere toegepaste voeding, echter alleen als we met een kleinere snedediepte werken als de afrondingsradius aan de snijkant bijv. 50% van de radius.

Met speciale high feed frezen, die werken met een zeer kleine instelhoek ($7^\circ - 30^\circ$) en snedediepte (0.7-1.6mm) treedt een heel sterke spaanverduunning op, die we kunnen compenseren met zeer hoge voeding bijv. met factor 5-6 voor een instelhoek van 10° .

Om de spaandikte te berekenen voor ronde snijkanten, geldt de volgende formule:



$$\cos KAPR = \frac{(0.5IC - a_p)}{0.5IC}$$

$$f_z = \frac{h_{ex} \times IC}{2 \times \sqrt{a_p \times IC - a_p^2}}$$

$$h_{ex} = f_z \times \sqrt{\frac{4a_p}{IC} - \left(\frac{2a_p}{IC}\right)^2}$$

Bron: Sandvik

Bijlage C: Snijgegevens van leveranciers corrigeren met tabelfactoren

TABEL 1: Wijziging f_z bij een instelhoek K_f voor het behouden van dezelfde spaandikte h_{ex} bij draaien/frezen

Instelhoek K_f	Factor x f_z	Richtlijn aanzet per tand/omwenteling f_z mm factor = $1 / \sin K$					
		Aanzet f_z voor verschillende instelhoeken K_f met dezelfde maximale spaandikte h_{ex} mm					
90°	1.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
88°	1.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
75°	1.03	0.05	0.10	0.16	0.21	0.26	0.31
65°	1.10	0.06	0.11	0.17	0.22	0.28	0.33
45°	1.41	0.07	0.14	0.21	0.28	0.35	0.42
10°	5.77	0.29	0.58	0.87	1.15	1.44	1.73

Voorbeeld: Als uw richtwaarde $f_z = 0.20$ mm geldt voor een 90° instelhoek (hoek- of sleuffrees), dan kiest u voor een 45° frees een aanzet waarde per tand van **0.28** mm om de zelfde h_{ex} te behouden.

Indien uw richtlijn direct de juiste aanzet per tand voor de 45° frees aangeeft, dan is waarschijnlijk nog wel een correctie nodig voor de a_e/D_c verhouding (Tabel 2).

TABEL 2: Wijziging f_z bij een verhouding a_e/D_c voor het behouden van dezelfde spaandikte h_{ex} bij frezen

Verhouding a_e/D_c	Factor x f_z	Richtlijn aanzet per tand f_z mm factor = $1 / \cos (\arcsin ((Y_e - a_e/2)/(D_d/2)))$ met $U_e=0$					
		Aanzet f_z voor verschillende verhoudingen a_e/D_c met dezelfde maximale spaandikte h_{ex} mm					
0.50	1.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.30	1.09	0.05	0.11	0.16	0.22	0.27	0.33
0.25	1.15	0.06	0.12	0.17	0.23	0.29	0.35
0.20	1.25	0.06	0.13	0.19	0.25	0.31	0.38
0.15	1.40	0.07	0.14	0.21	0.28	0.35	0.42
0.10	1.66	0.08	0.17	0.25	0.33	0.42	0.50
0.05	2.30	0.12	0.23	0.34	0.46	0.58	0.69

Voorbeeld: Als uw richtwaarde $f_z = 0.20$ mm geldt voor een verhouding $a_e/D_c > 0.5$ (dus voor vlakfrezen in banen met halve tot hele diameter en voor sleuffrezen), dan kiest u voor een verhouding $a_e/D_c = 0.10$ een hogere aanzet waarde per tand van **0.33** mm om dezelfde spaandikte h_{ex} te behouden.

Indien uw richtlijn direct de juiste aanzet per tand voor de 10% a_e/D_c verhouding aangeeft, dan is waarschijnlijk ook geen correctie meer nodig voor de instelhoek (Tabel 1).

TABEL 3: Wijziging V_c bij een geringe verhouding a_e/D_c voor het verhogen van de snijsnelheid

Verhouding a_e/D_c	Factor x V_c	Richtlijn snijsnelheid V_c bij $a_e/D_c = 1$					
		Correctie snijsnelheid V_c voor verschillende verhoudingen a_e/D_c					
0.50	1.00	<50	100	150	200	250	>300
0.30	1.05	53	105	158	210	263	315
0.25	1.10	55	110	165	220	275	330
0.20	1.15	58	115	173	230	288	345
0.15	1.20	60	120	180	240	300	360
0.10	1.25	63	125	188	250	313	375
0.05	1.30	65	130	195	260	325	390

Voorbeeld: Als uw richtwaarde $V_c = 100$ m/min geldt voor uw frees, dan kiest u bij een verhouding $a_e/D_c = 0.10$ een snijsnelheid van **125** m/min (factor **1.25x**).

Deze tabel 3 is niet toepasbaar in de praktijk zonder aanpassingen in de kolom van de factoren. Deze factoren moet de leverancier van het snijmateriaal of soort coating opgeven.

Bijlage D: Het aanpassen van de voeding bij circulair frezen

De freesvoeding voor circulair inlopen op een werkstuk of tijdens circulair contourfrezen moeten worden aangepast.

De berekende uitkomst voor de circulaire beweging van de frees, houdt dan rekening met de werkelijke aanzet per tand aan de omtrek van de frees H_{ex} , in plaats van op de verplaatsing in het hart met f_z . Deze instructie is nuttig als je CAM-systeem de voeding niet compenseert of er geen rekening mee is gehouden.

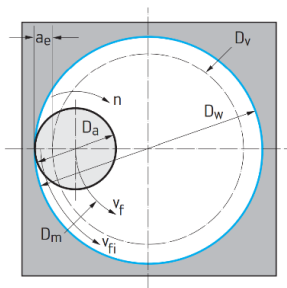
Is er bij kamerfrezen beperkte ruimte om met een helix beweging, dus circulair op diepte in te lopen, dan kun je ook zigzag op diepte frezen, bijvoorbeeld met de voeding voor sleuffrezen.

Om met de frees schroeflijnvormig (Helix) in te kunnen lopen in het volle materiaal, moet deze wel geschikt zijn om op het hart te snijden en het moet bekend zijn met welke inloophoek dit is toegestaan, zoals met een inloophoek van 4° .

Berekening

De geprogrammeerde voeding (F) wordt tijdens circulairfrezen, door de CNC-besturing op de middelpuntsbaan van de frees uitgevoerd, tenzij er een functie is ingeschakeld om dit te compenseren voor de omtrekvoeding (speciale G-code).

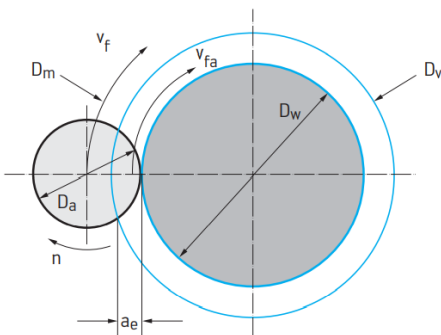
Gat: Circulaire (lagere) voeding op de middelpuntsbaan van de frees in een gat: $F = V_f \times (D_w - D_c) / D_w$



Voorbeeld Gat

$$\begin{aligned} D_c &= 20 \text{ mm} \\ D_w &= 50 \text{ mm} \\ V_f &= \mathbf{1318} \text{ mm/min (lineair)} \\ F &= \mathbf{790} \text{ mm/min (circulair)} \end{aligned}$$

Pen: Circulaire (hogere) voeding op de middelpuntsbaan van de frees om een pen: $F = V_f \times (D_c + D_w) / D_c$



Voorbeeld Pen

$$\begin{aligned} D_c &= 20 \text{ mm} \\ D_w &= 50 \text{ mm} \\ V_f &= \mathbf{1318} \text{ mm/min (lineair)} \\ F &= \mathbf{1845} \text{ mm/min (circulair)} \end{aligned}$$

Betekenis:

- F = Te programmeren freesvoeding (pen/gat).
- V_f = Normale lineaire voeding op de middelpuntsbaan $V_f = f_z \times z_n \times n$ [mm/min]
- D_w = Diameter Gat/Pen
- D_c = Freesdiameter D_a
- D_v = Ruwe diameter werkstuk
- a_e = Overmaat

Bijlage E: Overzicht Tool typen

Hier volgen de typen omschrijvingen van de tools, waarmee ons HSM Advisor softwareprogramma snelheden en voedingen bepaald. Na keuze van het type geeft deze direct richtwaarden op die veilig zijn.



Schachtfrees

Dit is de aanduiding voor een universele frees voor algemeen voor- en nafrezen. Deze is niet bedoeld voor zwaar werk of diepe sneden. Een frees met 2 (Tweesnijder), 3 of 4 (Vingerfrees) snijkanten kan worden geselecteerd als ruw- of finishfrees, voor de toepassing van het te bewerken materiaal. Leveranciers bieden diverse uitvoeringen aan in goedkope snelstaal soorten (HSS, HSCobalt) en vol hardmetaal (VHM).

In de regel schakelen we zelf de compensatie in voor spaanverdunding, als een schachtfrees met een constante aangrijphoek onder de 30-40° verspaand, zoals tijdens het omtrekfrezen.

Torusfrees

Dit is de aanduiding voor dezelfde schachtfrees, maar met een afrondingsradius ($r < 1/2d$) en toegepast voor ruw en finish kopieerfreeswerk. Als we met een kleinere snedediepte werken als deze afrondingsradius, dan passen we een correctie toe om met een hogere voeding te kunnen werken.

Bolkopfrees

Ook aangeduid als radiusfrees voor een schachtfrees met een volle radius ($r = 1/2d$) en toegepast voor kopieerfreeswerk.

HP/Ruwfrees

Dit type schachtfrees wordt voor High Performance (HP) resultaten toegepast. Fabrikanten hanteren eigen commerciële serienamen en eventueel een coating aanduiding. Deze frezen onderscheiden zich door de mogelijkheid om met grote snedediepte ($a_p = 2xd - 3xd$) te kunnen frezen met een de snedebreedte (a_e) niet groter dan 20% van de freesdiameter ($0.1d-0.2d$). Leveranciers bieden diverse HP-uitvoeringen aan met 4-7 tanden en voor bewerking van verschillende materialen. Bij het vóórfrezen in vol materiaal moet de wervelfreesmethode (ook wel troichoïdaal/dynamisch/adaptief frezen genoemd) worden toegepast en kan de snijsnelheid nog eens worden opgevoerd als HSM methode (High Speed Machining) ook HSC (High Speed Cutting) genoemd. De wervelfrees methode zorgt er voor dat de snedebreedte (a_e) constant wordt aangehouden en niet groter is dan 6%-12% van de freesdiameter ($0.06d-0.12d$). Dit vereist wel CAM programmering, om dergelijke freesbanen te kunnen produceren en door het volle materiaal te kunnen pendelen. Deze methode paste men aanvankelijk toe voor het droog verspanen van hoog gelegerde staalsoorten, maar inmiddels ook voor gewone staalsoorten. Deze frezen zijn niet geschikt om het zelfde mee te doen als de normale schachtfrezen. In aluminium is wervelfrezen geen optie, omdat de freesbanen te veel neventijden kosten dan de hogere voeding opleverd. De volhardmetalen HP schachtfrees, heeft een massievere kerndoorsnede en minder spaanruimte en de spiraalhoek is groter. Het gebruik vereist een stabiele machine en opspanning en veelal een krimphouder als freesopname. Deze frezen zijn niet geschikt voor normale freestaken omdat de spaanruimte dit niet toelaat.

Bijlage E: Overzicht Tool typen

WP Schachtfrees



Dit type schachtfrees met wisselplaten (WP) wordt toegepast om voor- en na te frezen. Leveranciers bieden diverse uitvoeringen aan. Niet bedoeld voor diepe sneden.

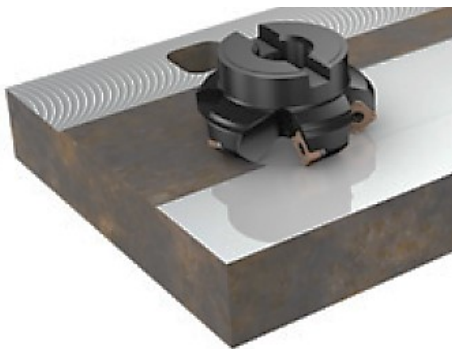
WP Bolfrees



Dit type schachtfrees met wisselplaten (WP) wordt voor kopieerfreeswerk toegepast.

WP Vlakfrees/WP Hoekfrees

Vlakfreesen met wisselplaten worden overal toegepast om een werkstuk te vlakken of grote vlakken te frezen. De snedebreedte is meestal 75% van de diameter (zelf opgeven als snedebreedte). Vlakfreesen met een instelhoek van 45° corrigeren we voor de radiale spaanverdunding door het effect van deze hoek ($H_{ex} < F_z$).



High Feed Frees



De HFM techniek (High Feed Machining) ook HFC (High Feed Cutting) genoemd, bestaat uit het werken met een hoge voeding en een constante kleine axiale snedediepte (a_p). Deze frees heeft een zeer kleine instelhoek ($7^\circ - 30^\circ$) werkt met een kleine snedediepte (0.7mm - 1.6mm). Door de hierdoor optredende axiale spaanverdunding zijn de zeer hoge voedingen mogelijk. Vloeistof koeling kan worden uitgeschakeld en perslucht kan zorgen voor een goede spaanafvoer. Leveranciers bieden schachtfreesen aan in vol hardmetaal (VHM) of frezen met wisselplaten. Oppervlakten bewerken en gaten uit volmateriaal frezen volgens de helix inloop methode, zijn ook productieve toepassingen.

Bijlage E: Overzicht Tool typen

WP Helix Hoekfrees



Deze hoekfrees heeft een (verticale) rij overlappende wisselplaat snijkanten in spiraallijn. Met deze lange snijkanten zijn diepere sneden mogelijk en zwaar freeswerk.

Graveerstift

Een meestal volhardmetalen frees met 60° punt en één snijkant, voor graveerwerk.

T-Gleuffrees

Dit type frees wordt toegepast om T-gleuven (lineair) of seegeringgroeven (circular) te frezen.

Afbraamfrees

Dit type frees wordt toegepast om scherpe werkstukranden af te bramen, af te ronden of van een 45° kant te voorzien.

Boren

Hieronder rangschikken we alle spiraalboren voor algemene toepassing.



Hi-Helix Parabolische Boor

Dit type boor kan diepere gaten boren met minder lossingen (vanaf 5xd), door de speciale geometrie.

Plaatboor

Dit type boor heeft een verwisselbare vlakke boorpunt, maar meestal niet bedoeld voor CNC werk.

Bijlage E: Overzicht Tool typen

WP Boor



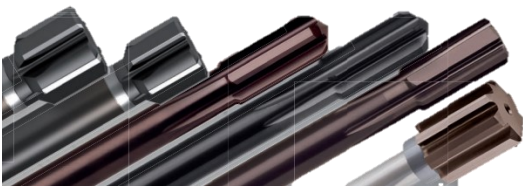
Ook wel U-boor genoemd (Merknaam Sandvik), heeft twee wisselplaten die als boorpunt werken en als één effectieve snijkant worden verrekend in de bepaling van de voeding. Leveranciers bieden uitvoeringen aan, om in vol materiaal te boren tot 2xD, 3xD en 4xD diepe gaten, zonder spanen te lossen. Deze boren worden altijd met interne koelkanalen uitgevoerd, waarop de druk en opbrengst van het koelwatersysteem moet worden aangepast.

NC Centerboor

Dit type boor met 90° boorpunt, wordt toegepast om posities van gaten te centeren of gaten van een schuine kant te voorzien, door hiermee eerst dieper te centeren.

Ruimer

Ruimers worden toegepast om gaten nauwkeurig na te bewerken op IT7/IT6 tolerantie met een goede finish. Speciale ruimers voor groot serie werk, met VHM of diamanten snijpunten vragen om specifieke snijgegevens van de leverancier zoals bijv. Mapal. Hier vallen deze ruimers buiten onze categorie.



Verzinkboor



Dit type boor wordt toegepast om een gat op te boren voor het verzinken van schroeven of boutkop constructies.

Bijlage E: Overzicht Tool typen

Kotterkop



Kotterbaren/stangen met een kotterkop/messen, worden toegepast voor het opboren van gaten of deze nauwkeurig na te bewerken op een passingmaat met IT7/IT6 tolerantie. De rondheid en rechtheid van een (dieper) gat, wordt met kotteren het beste bereikt in vergelijking met circulair frezen.

Schroefdraad



Draadfrezes

Draadfrezen worden toegepast om inwendige en uitwendige schroefdraad te frezen.

Tap

Snijtappen wordt toegepast om draad direct opmaat te tappen.

Roltap

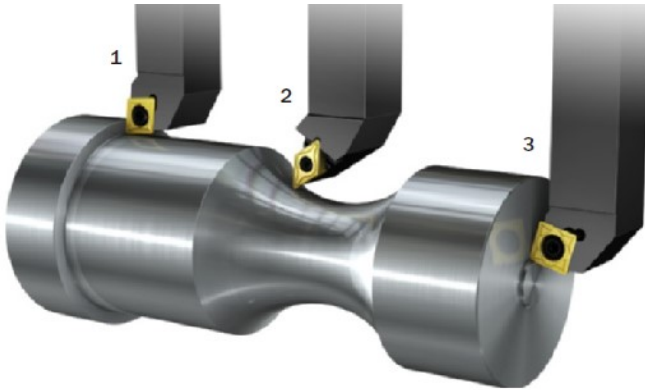
Roltappen worden toegepast om draad te rollen (forceren). Deze draad is sterker en de roltap heeft een langere standtijd. Draadgaten moeten iets groter worden geboord dan voor snijtappen.

Bijlage E: Overzicht Tool typen

Draaien

De adviezen voor draaiwerk zijn enkel gericht op het geven van een richtwaarde voor de snijsnelheid en aanzet. Voor een uit te voeren bewerking zal voor de sneddiepte het vermogen moeten worden bewaakt. Maak wel eerst de keuze van de machine met voldoende vermogen en stabiliteit.

Langsdraaien



Langsdraaien (1)

Draaibeitels voor uitwendig draaien of vlakken.

Contourdraaien (2)

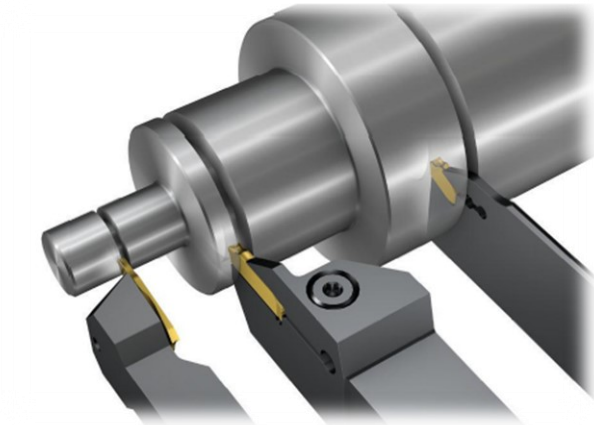
Draaibeitels voor uitwendig contourdraaien.

Vlakdraaien (3)

Draaibeitels voor het vlakken van kopse kanten.

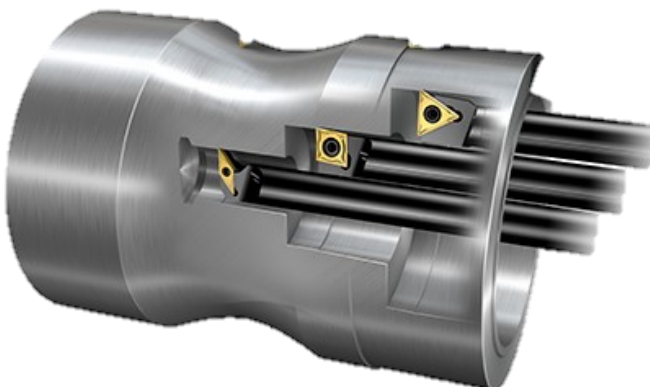
Insteken

Draaibeitels voor groef- en afsteek werk.



Binnendraaien

Draaibeitels voor inwendig draaien.



Bijlage E: Overzicht Snijmaterialen

Bij het bewerken van werkstukmaterialen, is de keuze van het meest geschikte snijmateriaal (soort) en snijgeometrie, heel belangrijk voor een probleemloze en productieve verspaning. Voordat u een bewerking gaat plannen, moet er dus duidelijkheid zijn over het toegepaste snijmateriaal. Hieronder een overzicht van een aantal basis snijmaterialen. De keuze hiervan wordt afgestemd op de bewerkbaarheid van het product en de kosten. Raadpleeg de leverancier van het snijmateriaal, als hierover geen duidelijkheid bestaat.

HSS

High Speed Steel voor de toepassing als snijmateriaal, dateert uit vroegere tijden, toen dit "High Speeds" betekende. HSS Schachtfrezen worden nog slechts toegepast voor het bewerken van non-ferro werkstukken en kunststoffen. Andere toepassingen zijn HSS-boren, HSS-tappen en HSS-ruimers.

HSCobalt

Dit snijmateriaal is een variant van HSS met een hoger Kobalt gehalte (veelal 8%) voor het behoud van een hogere hardheid op hogere temperatuur.

Hardmetaal (Carbide)

Gecoat gecementeerd hardmetaal, met harde deeltjes op basis van wolframcarbiden, heeft als snijmateriaal de benodigde eigenschappen als hardheid, taaheid en slijtvastheid.

Van volhardmetaal (VHM) en wisselplaat (WP) gereedschappen, bestaan op de markt veel merken en coatingsoorten. De keuze van de geometrie, hardmetaalsoort en coating combinatie, wordt daarbij afgestemd op het te bewerken materiaal en de toepassing. De samengestelde hardheid, taaheid en slijtvastheid varieert daarbij. Logisch dat een frees voor aluminium bewerking niet geschikt is voor staal, omdat de geometrie en de hardmetaalsoort ongeschikt kan zijn. Er bestaan ook ongecoate hardmetaalsoorten uit puur wolfram of kobalt, voor het draaien van HRSA (Heat Resistant Super Alloys) of titanium legeringen en geharde materialen bij lage toerentallen.

Cermet

Cermet is een gecementeerd hardmetaal, met harde deeltjes op basis van titanium. In vergelijking met hardmetaal kent cermet een verbeterde slijtvastheid. Cermets kunnen tevens gecoat zijn om de slijtvastheid te verbeteren. Typische toepassingen zijn nabewerken in roestvast staal, nodulair gietijzer, koolstofarm staal en ferritisch staal. Cermets kunnen ook worden gebruikt als probleemoplosser in alle ferro-materialen.

Polykristallijn Diamant (PCD)

Polykristallijn Diamant is als synthetisch snijmateriaal kostbaar, maar een optie voor het bewerken van non-ferro materiaal, zoals aluminium met een hoog siliciumgehalte, of als de standtijd erg belangrijk is, zoals bij koolstofvezel versterkte kunststoffen, fiberglas en in toepassingen voor het nabewerken van titanium.

Keramisch

Keramisch snijmateriaal is extreem hard en wordt vaak toegepast in draaibewerkingen met hoge snijsnelheden en met relatief lage aanzet op abrasief gietijzer als nabewerking. In ononderbroken sneden en stabiele omstandigheden, is de bewerking mogelijk van gehard gereedschapsstaal, gehard roestvaststaal en super legeringen HRSA.

Algemene beperkingen van keramische soorten zijn onder andere hun geringe thermische schokbestendigheid en breuktaaiheid.

Polykristallijn kubisch boronnitride (CBN)

Toepassing voor het bewerken van gehard staal (>45 HRc-55HRc).

Bijlage F: Overzicht Coatings

Snijmaterialen kennen verschillende combinaties van hardheid, taaiheid en slijtvastheid, onderverdeeld in soorten met specifieke eigenschappen zoals:

Hard,	om vrijloopvlakslijtage en vervorming te voorkomen
Taai,	om breuk te voorkomen
Non reactief,	om niet te reageren met het werkstukmateriaal
Chemisch stabiel,	om oxidatie en diffusie te vermijden
Schokproef,	om bestand te zijn tegen plotselinge thermische schokken

De gecode gecementeerde hardmetaal kwaliteiten, worden het meest toegepast (70%-80%). Deze worden in twee definities samengevat. De CVD en PVD coatings. Het verschil is de methode van het aanbrengen van de coating slijtlaag op het hardmetaal, bij respectievelijk hoge en lage temperatuur.

Bij het bewerken van werkstukmaterialen is de keuze van de meest geschikte coating (soort) en snijgeometrie, heel belangrijk voor een probleemloze en productieve verspaning. Voordat u een bewerking gaat plannen, moet er dus duidelijkheid zijn over de toegepaste coating. Hieronder een overzicht van het aantal mogelijkheden. De keuze wordt afgestemd op de bewerkbaarheid van het product en de kosten. Raadpleeg de leverancier van het snijmateriaal, als hierover geen duidelijkheid bestaat.

TiN

Titanium Nitride - een goudkleurige coating, met allround eigenschappen.

TiCN

Titanium Koolstof Nitride - een high-performance coating waardoor de snijsnelheid verder kan worden verhoogd.

TiAlN

Titanium Aluminium Nitride - een high-performance coating welke op hoge temperatuur een hardere laag vormt van zichzelf. Vaak toegepast met droge verspaning van zacht tot hard staal en van RVS tot super legeringen.

AlTiN

Hetzelfde als TiAlN, maar harder en met een hogere Aluminium samenstelling. Hiermee zijn hogere snijsnelheden mogelijk dan met TiAlN.

AlCrN

Aluminium Chroom Nitride – ook een high-performance coating en toegepast op super-legeringen, omreden van de grote hardheid en extreme weerstand op hoge temperatuur.

ZrN

Zirconium Nitride – deze coating past men toe voor het bewerken van non-ferro legeringen (voornamelijk aluminium soorten) omreden van de hardheid en smerende eigenschap. Verlengt de standtijd aanzienlijk.

Bijlage G: Formules Frezen

Toerental

$$n = \frac{v_c \times 1000}{D_c \times \pi} \quad [\text{min}^{-1}]$$

Snijnsnelheid

$$v_c = \frac{D_c \times \pi \times n}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

Voedingssnelheid

$$v_f = f_z \times z \times n \quad [\text{mm/min}]$$

Tandvoeding

$$f_z = \frac{v_f}{z \times n} \quad [\text{mm/z}]$$

Verspaningsvolume

$$Q = \frac{a_e \times a_p \times v_f}{1000} \quad [\text{cm}^3/\text{min}]$$

Vermogensbehoefte

$$P_{\text{mot}} = \frac{Q \times k_c}{60000 \times \eta} \quad [\text{kW}]$$

Gemiddelde snedediepte

$$h_m = \frac{114,7 \times f_z \times \sin \kappa \times \left(\frac{a_e}{D_c}\right)}{\varphi_s} \quad [\text{mm}]$$

$$f_z = \frac{h_m \times \varphi_s}{114,7 \times \sin \kappa \times \left(\frac{a_e}{D_c}\right)} \quad [\text{mm}]$$

of $h_m \cong f_z \times \sqrt{\frac{a_e}{D_c}} \quad [\text{mm}]$

$$f_z = \frac{h_m}{\sqrt{\frac{a_e}{D_c}}} \quad [\text{mm}]$$

als benaderingsformule voor $\frac{a_e}{D_c} < 30^\circ$

Ingreephoek

bij centrale stand van de frees

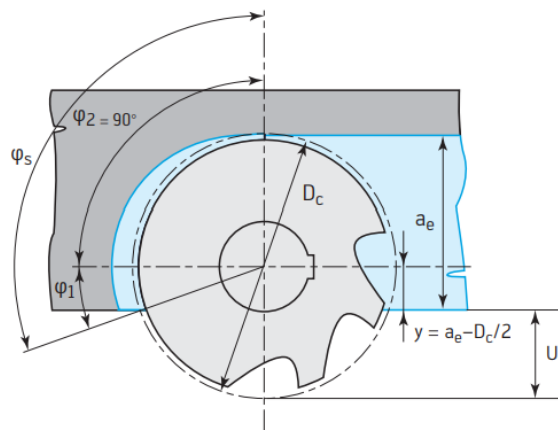
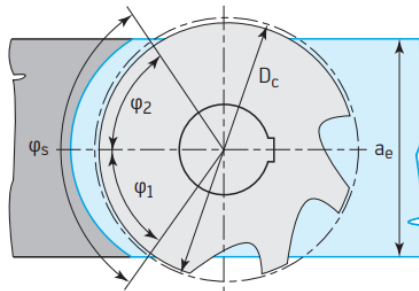
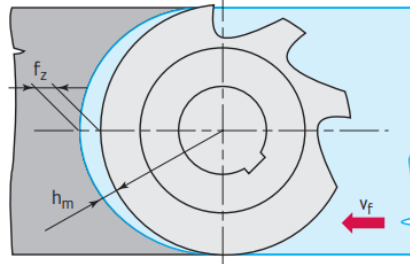
$$\varphi_s = 2 \times \arcsin \left(\frac{a_e}{D_c} \right) \quad [^\circ]$$

bij buitencentrale stand van de frees

$$\varphi_s = 90^\circ + \arcsin \frac{a_e - \left(\frac{D_c}{2}\right)}{\left(\frac{D_c}{2}\right)} \quad [^\circ]$$

Specifieke snijkracht

$$k_c = \frac{1 - 0,01 \times y_0}{h_m^{m_c}} \times k_{c1,1} \quad [\text{N/mm}^2]$$



n	Toerental	min ⁻¹
D _c	Snijkantdiameter	mm
a _p	Snijdiepte	mm
a _e	Snijbreedte	mm
U	Uitsteken	mm
z	Aantal tanden	
v _c	Snijnsnelheid	m/min
v _f	Voedingssnelheid	mm/min
f _z	Tandvoeding	mm
Q	Verspaningsvolume	cm ³ /min
P _{mot}	Aandrijfvermogen	kW
h _m	Gemiddelde spaandikte	mm
η	Rendement machine (0,7–0,95)	
κ	Instelhoek	°
φ _s	Ingreephoek	°
φ ₁	Bereik tegenlooppfrees	°
φ ₂	Bereik gelijklooppfrees	°
k _c	Specifieke snijkracht	N/mm ²
k _{c1,1}	Specifieke snijkracht Voor 1 mm ² spaandoorsnede	N/mm ²
m _c	Stijging van de k _c -kromme	
y	Tegenloopgreep	mm

Bijlage H: Formules Draaien

Toerental

$$n = \frac{v_c \times 1000}{D_c \times \pi} \quad [\text{min}^{-1}]$$

Snijnsnelheid

$$v_c = \frac{D_c \times \pi \times n}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

Voedingssnelheid

$$v_f = n \times f \quad [\text{mm/min}]$$

Verspaningsvolume

$$Q = v_c \times a_p \times f \times \left(1 - \frac{a_p}{D_c}\right) \quad [\text{cm}^3/\text{min}]$$

Spaandoorsnede

$$A = h \times b = a_p \times f \quad [\text{mm}^2]$$

Spaanbreedte, spaandikte

$$b = \frac{a_p}{\sin \kappa} \quad [\text{mm}] \quad h = f \times \sin \kappa \quad [\text{mm}]$$

Hoofdsnijkracht

$$F_c = A \times k_{c1.1} \times h^{-m_c} \quad [\text{N}]$$

Specifieke snijkracht

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Vermogensbehoefte

$$P_{\text{mot}} = \frac{Q \times k_c}{60000 \times \eta} \quad [\text{kW}]$$

Snijtijd

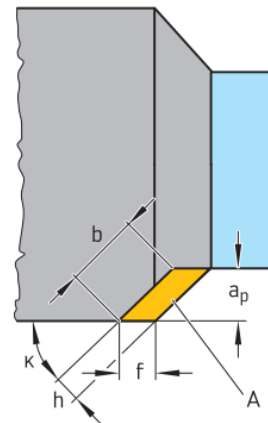
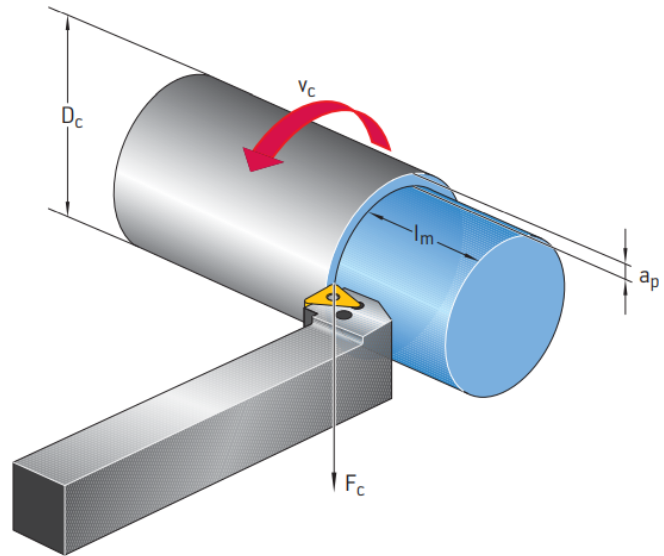
$$t_h = \frac{l_m}{f \times n} \quad [\text{min}]$$

Ruwheid profiel diepte

$$R_{\text{max}} = \frac{f^2}{8 \times r} \times 1000 \quad [\mu\text{m}]$$

Afgewikkelde draailengte

$$l_c = \frac{D_c \times \pi}{1000} \times \frac{l_m}{f} \quad [\text{m}]$$



n	Toerental	min ⁻¹
D _c	Snedediameter	mm
v _c	Snijnsnelheid	m/min
v _f	Voedingssnelheid	mm/min
f	Voeding per omwenteling	mm
Q	Volumeverspaningsgraad	cm ³ /min
a _p	Snijdiepte	mm
A	Spaandoorsnede	mm ²
h	Spaandikte	mm
b	Spaanbreedte	mm
κ	Instelhoek	°
F _c	Hoofdsnijkracht	N
k _{c1.1}	Specifieke snijkracht voor 1 mm ² spaandoorsnede	N/mm ²
m _c	Stijging van de k _c -kromme	
P _{mot}	Aandrijfvermogen	kW
t _h	Snijtijd	min
l _m	Bewerkingslengte	mm
l _c	Afgewikkelde draailengte	m
R _{max}	Ruwheid profiel diepte	μm
r	Hoekradius van de wisselplaat	mm
η	Machinerendement	(0,75 – 0,9)

Bijlage K: Gratis kennis en training

Wilt u meer te weten komen over verspaningsprocessen, dan vindt u hierover op internet gratis informatie. Deze moeten dan wel betrouwbaar zijn en van goede kwaliteit, om bruikbaar te zijn in uw praktijksituaties.

De firma Sandvik Coromant geeft zeer leerzame en heldere uitleg over allerlei zaken rond verspanen.

Kennis: [Ga naar deze Sandvik kennisbank](#)

Training: [Ga naar deze Sandvik e-learning cursus](#)

Training Handboek: [Ga naar deze Sandvik publicatie](#)

Werkstukmateriaalgroepen: [Ga naar deze Sandvik classificatie voor de bewerkbaarheid](#)

Online advies programma's:

Sandvik tooladvies: [Ga naar website](#)

Seco tooladvies: [Ga naar website](#)

Walter tooladvies: [Ga naar website](#)

Video instructies (bijgevoegd):

De instructie video's leveren we mee met de gids.

Hoe werk ik met CoroPus® Tool Guide van Sandvik online

Hoe werk ik met Walter GPS® van Walter online

Hoe werk ik met Suggest® van Seco online

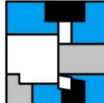
Bijlage L: Snijwaarden formuleren DRAAIEN

In deze gids hebben we gekeken naar de informatie van o.a. Sandvik Coromant AB, Seco Tools AB en Walter AG, om inzicht te krijgen over hoe we deze moeten gebruiken. Deze firma's vormen samen de marktleider: Sandvik Machining Solutions AB en zijn voor de industrie de belangrijkste partners voor de ontwikkelingen in ons vakgebied van de verspaning.

Uiteindelijk moeten we optimaal verspaningswerk leveren tegen een zo gunstig mogelijke kostprijs per gerealiseerd product. De online adviesprogramma's van Sandvik en Walter helpen daarbij om op kostprijs per product te sturen.

In het onderstaande formulier kunt u de uitkomsten noteren en vergelijken (bijgaand blanco bestand).

Voorbeeld: Testformulier online advies draaien

Keuze machine		Opgave astap draaien		Bewerkingsomstandigheden		Snijwaarden formulier		
Type	<i>Klein</i>	ruwe diameter	<i>50</i>	stabiliteit 1 slecht 2 normaal 3 goed	<i>2</i>	 DRAAIEN www.cncinstructieburo.nl		
Vermogen kW	<i>11</i>	schone diameter	<i>20</i>	start op ruw materiaal				
Max. toerental omw/min	<i>6000</i>	astap lengte	<i>50</i>	start op glad materiaal	<i>X</i>			
Max. koppel Nm	<i>184</i>	hoekradius max.	<i>0.8</i>	start op gietijzer, smeedwerk huid				
				start met onderbroken snede				
Leverancier		Sandvik		Seco		Walter		
Online advies programma		CoroPlusToolGuide		Suggest		Walter GPS		
Werkstukmateriaal								
Omschrijving	<i>Constructie staal</i>		<i>Constructie staal</i>		<i>Constructie staal</i>		Opmerkingen	
Norm (DIN)	<i>C45</i>		<i>C45</i>		<i>C45</i>			
Werkstofnummer	<i>1.0503</i>		<i>1.0503</i>		<i>1.0503</i>			
ISO-hoofdgroep	<i>P</i>		<i>P</i>		<i>P</i>			
ISO-subgroep								
Hardheid opgave HB / HV	<i>H220</i>				<i>H220</i>			
Hardheid verschil instelbaar ja/nee	<i>ja en aangepast (HB175)</i>		<i>ja en aangepast Rm (660)</i>		<i>ja en aangepast (HB175)</i>			
Treksterkte Rm in N/mm2			<i>740</i>					
Materiaal code leverancier	<i>P1.2.Z.HT</i>		<i>P4</i>		<i>P1.2.Z.HT</i>			
Wisselplaat keuze / advies								
Snijplaatvorm	<i>C</i>		<i>D</i>		<i>C</i>			
Positieve plaat	<i>X</i>				<i>X</i>			
Negatief enkelzijdig								
Negatief dubbelzijdig			<i>X</i>					
Aantal snijkanten	<i>2</i>		<i>4</i>		<i>2</i>			
Spaanbreker code (bereik ap - fz)	<i>PR</i>		<i>MP2</i>		<i>RP4</i>			
Wisselplaat coating	<i>4425</i>		<i>TP3501</i>		<i>WPP20S</i>			
ISO code wisselplaat (advies)	<i>CCMT 120408</i>		<i>DNMG 150604</i>		<i>CCMT 120408</i>			
Prijs/stuk bruto EUR	<i>14,45</i>		<i>-</i>		<i>13,47</i>			
Resultaat								
Vc m/min	<i>n 1/min (max)</i>	<i>272/293</i>	<i>4330</i>	<i>475</i>	<i>6000</i>	<i>201</i>	<i>3200</i>	
fz/fn mm/omw/tand	<i>Vf mm/min</i>	<i>0.3</i>		<i>0.2</i>	<i>1200</i>	<i>0.267</i>		
ap mm		<i>3</i>		<i>2.14</i>		<i>3</i>		
ae mm								
Spaanvolume Q in cm3/min		<i>?</i>		<i>197</i>		<i>?</i>		
Standtijd in minuten / meters		<i>20 min</i>		<i>?</i>		<i>19 min</i>		
Standtijd in aantal cyclussen		<i>62</i>		<i>?</i>		<i>38</i>		
Indicatie kosten per cyclus (vergelijken)		<i>?</i>				<i>EUR 1.04</i>		
Bewerkingsstandtijd (TMF) per cyclus		<i>20 sec</i>		<i>?</i>		<i>30 sec</i>		

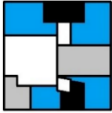
Het valt op dat de uitkomsten ruim van elkaar verschillen en we bij Seco een hoge uitkomst voor Vc zien. Bij twijfel hierover moet de leverancier benaderd worden om dit te verifiëren op juistheid om een zekere garantie te krijgen op de toepassing van hun snijmateriaal. De adviezen van Sandvik en Walter komen uit hetzelfde softwareprogramma die beiden gebruiken in een eigen versie. Deze uitkomsten benaderen elkaar, hoewel Walter de helft minder cyclussen opgeeft als voor de standtijd van Sandvik (38 i.p.v. 62 vv).

De afzonderlijke rapporten van deze adviezen zijn apart bijgevoegd bij levering van de gids.

Bijlage L: Snijwaarden formulieren FREZEN

In het onderstaande formulier kunt de uitkomsten noteren en vergelijken (bijgaand blanco bestand).

Voorbeeld: Testformulier online advies frezen

Keuze machine	1	2	3	Opgave frezen	Maat	Bewerkingsomstandigheden	Snijwaarden formulier	
Type				Vlakfrezen	100*200*3	stabiliteit 1 slecht 2 normaal 3 goed	2	 FREZEN www.cncinstructieburo.nl
Vermogen kW	28	30	30	Hoekfrezen		start op ruw materiaal		
Max. toerental n	18000	20000	20000	Kamerfrezen		start op glad materiaal	✓	
Max. koppel Nm	?	300	120	Sleuffrezen		start op gietijzer, smeedwerk huid		
				Kopieerfrezen		start met onderbroken snede		
Online advies programma				1 Sandvik CoroPlus Tool Guide		2 Seco Suggest		3 Walter GPS
Werkstukmateriaal								
Omschrijving				Constructie Staal		Constructie Staal		Constructie Staal
Norm (DIN)				C45		C45		C45
Werkstofnummer				1.0503		1.0503		1.0503
ISO-hoofdgroep				P		P		P
ISO-subgroep								
Hardheid opgave HB / HV				HB220				HB220
Hardheid verschil instelbaar ja/nee				Ja		Ja, aangepast (640)		Ja
Treksterkte Rm in N/mm2						740		
Materiaal code leverancier				P1.2.Z.HT		-		P1.2.Z.HT
Tool keuze / advies								
Tool				45gr Vlakfr. 50mm 5t		40gr Vlakfr. 125mm 10t		15gr Vlakfr. 30mm 3t
Snijmateriaal HSS/HM/VHM/WP				HM		HM		HM
Positieve plaat								✓
Negatief enkelzijdig								
Negatief dubbelzijdig				✓		✓		
Aantal snijkanten				8		16		4
Spaanbreker code (bereik ap - fz)				PH		M13		E27
Coating				4330		MP2500		WKP35G
ISO code wisselplaat (advies)				345R-1305M-PH		ONMU4090520ANTN-M13		SDMX1205ZDR-E27
Prijs/stuk bruto EUR				17.70				
Resultaat								
Vc m/min	n omw/min	248	1390	193-205	494	207	1630	
fz/fn mm/omw/tand	Vf mm/min	0,454	3160	0,26	1284	3,2	15700	
ap mm		1*3mm		1*3mm		2*1.5mm		
ae mm		3*33mm		1*100mm		4*25mm		
Spaanvolume Q in cm3/min		316		362		588		
Standtijd in minuten / meters		48 min		?		37 min		
Standtijd in aantal cyclussen		227		?		339		
Indicatie kosten per cyclus (vergelijken)		?		?		EUR 0,25		
Bewerkingstijd (TMF) per cyclus		13 sec		?		10 sec		
				Opmerkingen				

Ook hier valt het op dat de uitkomsten van elkaar verschillen, met name het advies voor het type frees. De adviezen van Sandvik en Walter komen uit hetzelfde softwareprogramma die beiden gebruiken in een eigen versie. Deze uitkomsten verschillen veel van elkaar, waarbij Walter de meeste cyclussen opgeeft binnen de behaalde standtijd (339 i.p.v. 227). Walter kiest namelijk voor de hoge snelheid freestechniek. Dit vraagt om een dynamische machine met snelle ijlgangen en versnellingen om de extra neventijd te minimaliseren.

De afzonderlijke rapporten van deze adviezen zijn apart bijgevoegd bij levering van de gids.

Aanvullingen

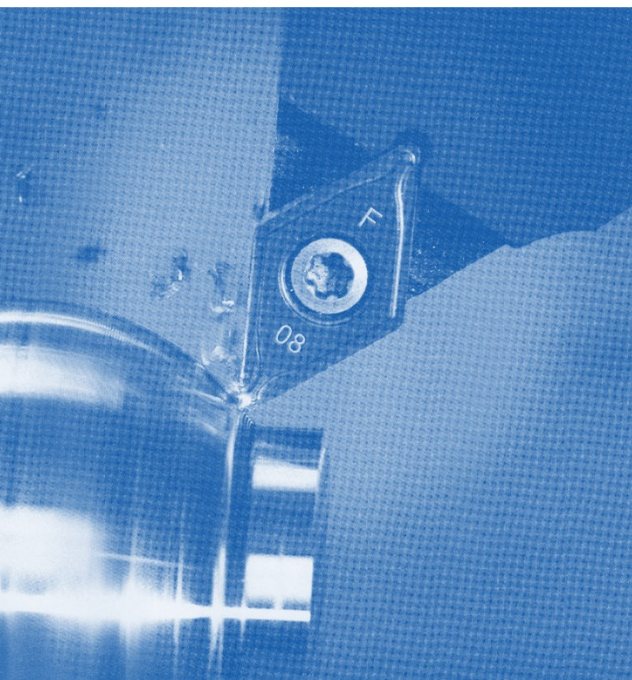
Bij het verschijnen van deze gids in deze versie

Er zijn geen aanvullingen.

Leveranciersvermeldingen

De websites van o.a. de gereedschapsfabrikanten Guhring, Sandvik, Seco en Walter zijn bezocht voor het verifiëren van onze informatie en om kennis te nemen van de huidige stand der techniek. Wij verklaren hier dat niets van hun site inhoud is overgenomen, omdat deze eerder door ons zelf al was geschreven of in concept vormgegeven. Als het duidelijk was dat er enig eigendom van de leverancier onder bescherming van het auteursrecht kon vallen, dan respecteren wij dit en daar waar dit duidelijk was is een bronvermelding opgenomen van de eigenaar, zoals met enkele knipsels of afbeeldingen. Wij willen geen oneigenlijk gebruik maken van de content van derden, of dit voor commerciële toepassingen gebruiken. Wij claimen daarom ook ons wettelijk auteursrecht om weer misbruik van onze gids te voorkomen, daar deze enkel dient voor educatie op de werkvloer van de Nederlandse metaalindustrie in het segment van de CNC-verspanende afdelingen. Merkt u dat er iets niet klopt? Laat het ons dan alsjeblieft meteen weten. Dan kunnen we het indien nodig corrigeren.

CNC Instructie Buro, 2021



Web: www.cncinstructieburo.nl
Mail: info@cncinstructieburo.nl