

## Toepassingsgebied en snijnsnelheid voor diverse snijmaterialen

**Citation for published version (APA):**

Sorgen, van, A. (1977). *Toepassingsgebied en snijnsnelheid voor diverse snijmaterialen*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0432). Technische Universiteit Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1977

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

th e

**Eindhoven University  
of  
Technology**

Department of Mechanical Engineering

WPT0432

**TOEPASSINGSGEBIED EN SNIJSNELHEID  
VOOR DIVERSE SNIJMATERIALEN**

door

**A. van Sorgen**

Rapportnr. 0432



**Division of Production Technology**

Eindhoven  
Netherlands

Enige aanwijzingen voor de keuze van snijgereedschappen bij konventioneel verspanen.

Betnvloeding van spaanafloop en spaanvorming.

Naast de invloed van aanzet, snedediepte en snijsnelheid op de spaanvorming is het mogelijk met behulp van spaanbreekgroeven in de beitel, of de plaats van het klemplaatje bij hardmetalen wisselplaten, brokkelspanen te verkrijgen. Dit kan de voorkeur verdienen boven bijvoorbeeld het vergroten van de aanzet omdat het niet ten koste gaat van de oppervlaktekwaliteit. Voor het verkrijgen van goede resultaten moeten breedte en diepte van de groef aan bepaalde eisen voldoen. Bij een afgeronde spaanbreekgroef bepaalt de ingeslepen radius ongeveer de kromming van de spaan. De gewenste radius kan benaderd worden met de vergelijking

$$R = \frac{b^2}{2t} + \frac{t}{2}$$

waarin  $b$  = breedte van de groef,  
 $t$  = diepte van de groef.

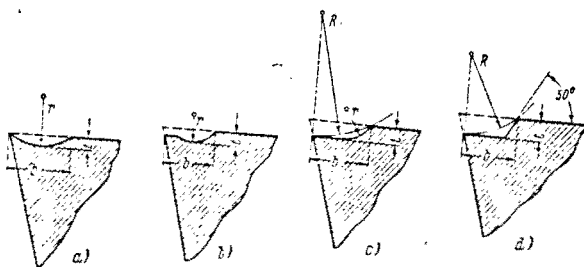


Fig. 1. Gebruikelijke vormen van de spaanbreekgroef.

Bij een rechthoekige spaangroef wordt de breedte 3 - 5 x de aanzet, de diepte 0.4 - 0.5 x de aanzet gekozen. Is  $b$  te klein, dan stuikt de spaan op, is  $b$  te groot dan gaat de werking verloren. Naarmate de taaiheid en rek van het werkstukmateriaal toenemen wordt de spaanbreekgroef belangrijker en zal de diepte van de groef moeten toenemen. Voor schroefvormige spanen wordt de breedte van de groef gelijk genomen aan:

$$b = 1 + 4 s \text{ (mm)}$$

waarin  $b$  = breedte van de groef,  
 $s$  = aanzet.

Zonder voorzorgen zal de spaan naar het werkstuk toe buigen daar de snij-snelheid aan de beitelpunt lager is en de spaan korter. De aflooprichting van de spaan kan dan ook beïnvloed worden door de hoek welke de achterkant van de spaanbrekergroef maakt met de hoofdsnijkant. Deze hoek kan variëren tussen  $+ 20^\circ$  en  $- 20^\circ$  waarbij voor buitendraaien aanbevolen wordt  $+ 5^\circ$  tot  $+ 15^\circ$ .

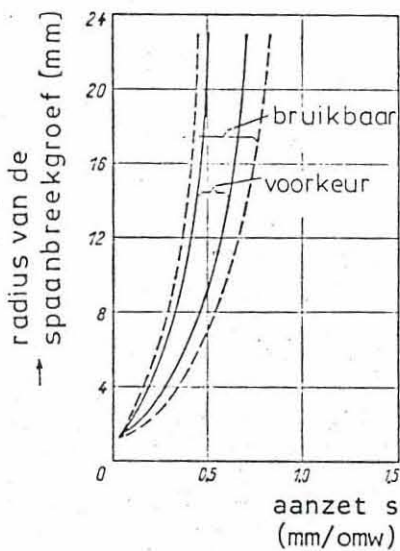


Fig. 2. Spaanbrekerradius  $R$  als afhankelijke van de aanzet.

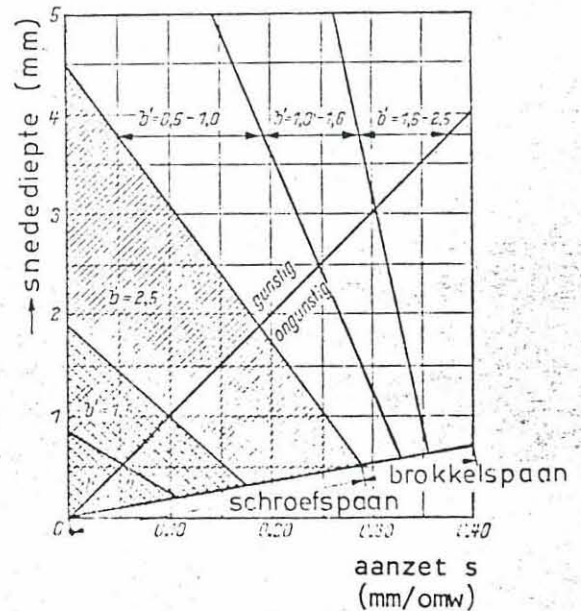


Fig. 3. Richtwaarden voor de afmetingen van de spaanbrekergroef.

Een zelden toegepaste manier van spaanbeheersing is het afhakken of opwickelen van een lintspaan. Vooral bij de verwerking van kunststoffen of bijvoorbeeld het draaien van veredelde turbine-onderdelen kan dit voordeel bieden boven andere manieren van spaanbeheersing, daar in dit geval een spaanbrekergroef de spaanafloop verhindert en aanleiding geeft tot gereedschapbreuk.

Bij het verspanend bewerken van onderdelen moet rekening gehouden worden met inwendige spanningen in het werkstuk. Ze zijn dikwijls de oorzaak van het vervormen na het bewerken. Een warmtebehandeling vooraf kan in veel gevallen uitkomst brengen.

Fig. 4 geeft een overzicht van de spaanafloop zoals deze optreedt indien geen bijzondere voorzieningen aan het gereedschap zijn aangebracht.

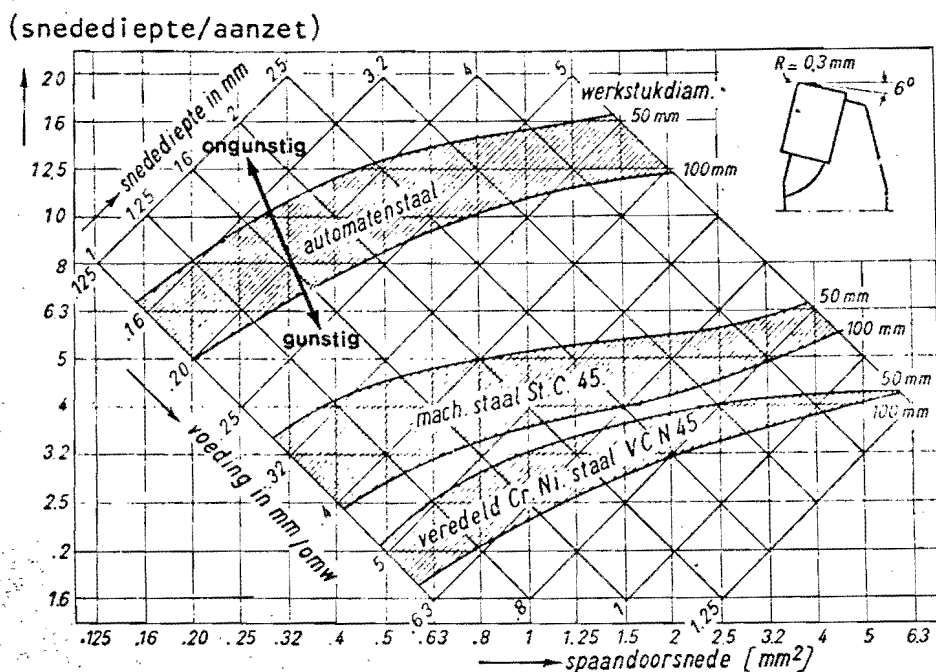


Fig. 4. De invloed van de spaanslankheid, aanzet, werkstukdiameter en materiaalsoort op het breken van de spaan.

#### Legeringsbestanddelen en hun invloed op de verspaanbaarheid.

In ongelegeerd staal vindt men altijd kleine percentages silicium, mangaan, fosfor, zwavel, zuurstof en stikstof. Als legeringsbestanddelen kan men toevoegen: nikkel, kobalt, chroom, molybdeen, aluminium, wolfram, vanadium, koper en andere elementen. Deze stoffen lossen in ijzer op tot een bepaalde procentuele waarde. De niet in oplossing gaande legeringselementen beïnvloeden de structuur van het ijzer, sommige kunnen slechts als insluitingen aanwezig zijn.

Silicium: wordt tijdens het vervaardigingsprocédé van staal uit de bekleding van de ovenwand opgenomen. Een gedeelte bindt zich met zuurstof en vormt harde silikaatinsluitingen. Het overblijvende deel lost op in het ijzer en voorkomt de vorming van ijzerkarbiden, waarbij de koolstof als grafietlamellen achterblijft. De spaanvorming wordt door silicium gunstig beïnvloed.

Fosfor en zwavel komen via het erts mee in het ijzer. Op zichzelf beïnvloeden ze de verspaanbaarheid niet of in geringe mate.

Zuurstof komt bij de vervaardiging in het ijzer, voornamelijk in de vorm van oxyden. Bijna alle oxyden verhogen de gereedschapslijtage, enkele vormen echter bij een kontaktzōnettemperatuur van  $\pm 1000^{\circ}\text{C}$  een beschermende (smerende) laag op het gereedschap.

Stikstof wordt bij het smelten en zuiveren uit de lucht opgenomen. Evenals fosfor verhoogt het de stevigheid van ferrietmengkristallen. Bij aanwezigheid van aluminium of titaan verbindt het zich hiermee tot nitriden. Bij een hoog stikstofgehalte wordt het ijzer taai, bij verspanen kleeft het materiaal aan de beitel, er ontstaan lintspanen en de slijtage is zeer hoog. Grote verschillen in standtijd van het gereedschap zijn dikwijls terug te voeren tot verschillen in stikstofgehalte. Kleine gehalteverschillen kunnen reeds een grote invloed ten gevolge hebben.

Aluminium wordt bij de fabricage van staal toegevoegd als desoxydatiemiddel en als legeringselement. De verspaanbaarheid neemt daardoor af.

Mangaan lost op in ijzer, het bindt zuurstof en zwavel en vormt karbiden. In staal met een gering koolstofpercentage (tot 1%) verbetert het de verspaanbaarheid en de spaanvorming.

Nikkel heeft grote invloed op de structuur van het staal. Het staal wordt hierdoor fijnkorrelig, waardoor de verspaanbaarheid nadelig wordt beïnvloed.

Kobalt en koper verhogen de taaiheid en de kleefneiging van de spaan. Het oppervlak van het werkstuk wordt ruwer. Karbidevormende toevoegingen zoals chrom, molybdeen, wolfram, vanadium, niobium, titaan geven mengkristallen bij voldoende aanwezigheid van koolstof. De gereedschapslijtage neemt toe door de aanwezigheid van karbiden in het werkstukmateriaal.

Molybdeen verbetert de hardbaarheid, evenals wolfram.

Vanadium, niobium en titaan vormen karbiden en nitriden. Het staal gedraagt zich taaiër, de spaan heeft meer kleefneiging, de verspaanbaarheid verslechtert, de gereedschapslijtage neemt toe.

#### Snelstalen gereedschap.

De aanwezigheid van koolstof (0.6 - 1.5%) in snelstaal geeft, samen met de karbiden vormende elementen chrom, molybdeen, vanadium en wolfram, de mogelijkheid hardheden te bereiken tot 63 - 64 Rc. Door smeden verkrijgt men een gelijkmatige verdeling van de karbiden. De slijtvastheid neemt toe met de hoeveelheid karbiden, vooral die van vanadiumkarbide. Boven een bepaald legeringspercentage is het

echter niet meer mogelijk de maximale hardheid te bereiken. Afhankelijk van de gebruiksomstandigheden kiest men de volgende hardheidswaarden:

Draai- en schaaftbeitels	63.5 - 65	Rc
Draaibeitels voor nabewerken	64 - 67	Rc
Boren algemeen	61 - 63	Rc
Boren voor harde gietstukken	63.5	Rc
Frezen	63	Rc
Grote tappen en snijplaten	63 - 64	Rc
Kleine tappen en snijplaten	60 - 62	Rc
Ruimers	63.5	Rc

Tabel 1

Het snelstaal kan in verschillende vormen als snijgereedschap worden gebruikt en wel:

1. mechanisch geklemd in een beitelhoeder;
2. stompgelast aan een beitelschacht;
3. hardgesoldeerd op een beitelschacht.

Harden vanuit de lastemperatuur kan haarscheuren in de omgeving van de las tot gevolg hebben.

Hardsolderen gebeurt bij de ontlaattertemperatuur met een bij lagere temperatuur smeltend zilver solder. Men gebruikt hiervoor kleine, goed doorsmede platen, terwijl voor de schacht een materiaal met grote taaiheid wordt gebruikt.

De standtijd kan belangrijk verbeterd worden door nitreren. Vooral bij snelstalen boren is hierdoor het "vreten" van de geleidingsrand sterk te verminderen.

Richtwaarden voor de snijsnelheid (m/s) bij het verspanen met snelstalen gereedschappen.

Materiaal:	Trekvastheid (kgf/mm <sup>2</sup> )	Standtijd v.d. beitел			
		60 min. aanzet		480 min. aanzet	
		0.2	0.8	0.2	0.8
Ongelegerd staal	tot 50	1	0.56	0.60	0.33
	50- 60	0.8	0.45	0.46	0.26
	60- 70	0.66	0.36	0.40	0.21
	70- 85	0.53	0.30	0.31	0.18
	85-100	0.42	0.23	0.25	0.14
Gietstaal	30- 50	0.83	0.46	0.50	0.28
	50- 70	0.56	0.31	0.33	0.18
	boven 70	0.35	0.20	0.21	0.12
Gelegerd staal bv. Cr Ni staal, Cr Mo staal enz.	70- 85	0.50	0.25	0.30	0.15
	85-100	0.40	0.20	0.23	0.12
	100-140	0.26	0.13	0.16	0.08
	140-180	0.16		0.09	
Konstruktieaal	150-180	0.15		0.08	
	Brinell hardheid				
Gietijzer 12/14 18/26	tot 200	0.8	0.3	0.46	0.18
	200-250	0.53	0.22	0.31	0.13
Gelegerd gietijzer	250-400	0.40	0.16	0.23	0.10
Ontlaten gietijzer		0.71	0.33	0.42	0.20
Koper Messing Tombak Brons	Brinell hardheid 80-120	1.05	0.56	0.80	0.42
		2.08	0.93	1.33	0.60
		1.4	0.80	0.88	0.50
		1.05	0.72	0.66	0.45
Zink en zink- legeringen		1.41	1.33	0.46	0.45
Zuiver alumin.	8- 30	5	1.96	2.08	0.83
Si-Al (11-13% Si)	30- 42	1.11	0.50	0.46	0.21
Giet-en kneedalumin.	42- 58	1.3	0.60	0.56	0.25
Magnesiumlegeringen		15	12.5	6.25	5.25

Tabel 2



### Stelliet.

Stelliet wordt bij een temperatuur van 1300 °C gesmolten en daarna in de gewenste vorm gegoten. Het ondergaat geen verdere warmtebehandeling. De structuur wordt volkomen bepaald door de manier van gieten en het daaropvolgende afkoelen. De samenstelling is ongeveer als volgt: 1½ - 2½ % koolstof, 47% kobalt, 1½ % nikkel en als karbiden vormende bestanddelen 17% wolfram, 30% chroom, 1% tantaal en 1% silicium.

De hardheid wordt bepaald door de volumeverhouding kobalt/wolfram. Meer wolfram geeft een harder stelliet, meer kobalt een zachter. Hiermee kan men het stelliet aan de gewenste omstandigheden aanpassen. Het behoudt zijn hardheid tot temperaturen tussen 700 - 900 °C. Bij het verspanen van materialen met een trekvastheid van 80 kg/mm<sup>2</sup> of hoger treedt een versnelde slijtage op. Stelliet wordt gebruikt voor het verspanen onder condities waarbij de temperatuur vrij hoog kan oplopen en de standtijd van de beitel minder belangrijk is (gemakkelijk te slijpen). Richtwaarden voor de snijsnelheid bij het verspanen van staal met stelliet:

Aanzet (mm/omw.)	Snijsnelheid (m/s)		
	Snedediepte (mm)		
	0.8	5	16
0.4	0.83-1.25	0.53-1	0.41-0.75
0.8	0.50-0.75	0.36-0.66	0.25-0.41
1.6	0.26-0.58	0.25-0.41	0.15-0.25

Tabel 3

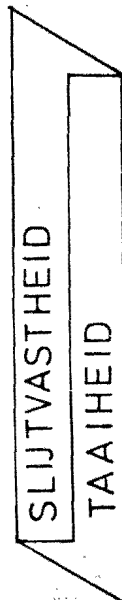
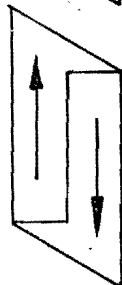
### Hardmetalen.

De volumeverhouding karbiden - bindmateriaal bepaalt in grote mate de hardheid. Een bindmiddelgehalte van 5-10% geeft een aanvaardbaar compromis tussen slijtageweerstand en taaiheid. Boven 12-20% bindmateriaal verliest het hardmetaal de snij-eigenschappen. De hardheid van de beitel bedraagt dan nog ± 1250 kg/mm<sup>2</sup>.

De hardmetalen met hoog kobaltpercentage worden voornamelijk gebruikt bij het verspanen met onderbroken snede, zoals schaven en frezen. Hardmetalen voor verschillende bewerkingen worden onderverdeeld in groepen, terwijl per groep een onderverdeling wordt gemaakt naar werkingsomstandigheden. In sommige gevallen overlappen de onderverdelingen elkaar.

# Soortenoverzicht

Toepassingen	Toepassingsgroep volgens ISO
Nadraaien van staal en gietstaal met zeer hoge snijsnelheid en geringe voeding onder stabiele bewerkingsomstandigheden. De slijtvastheid van F02 benadert die van keramische snijmaterialen. Vereist grote zorgvuldigheid bij solderen en slijpen.	P01
Nadraaien en licht voordraaien van staal en gietstaal met hoge snijsnelheid en matige voeding onder gunstige bewerkingsomstandigheden. Geschikt voor kopieerdraaien en draadsnijden. Is bestand tegen zeer hoge snijtemperaturen en dient daarom zonder snijvloeistof gebruikt te worden.	P10 (P01)
Voor- en nadraaien van staal en roestvaste materialen met matige snijsnelheid en matige voeding onder minder gunstige bewerkingsomstandigheden. Geschikt voor kopieerdraaien in de gevallen waar snijvloeistof moet worden gebruikt.	P20 (P10)
Voordraaien van staal en gietstaal met tamelijk lage snijsnelheid en grote voeding onder ongunstige bewerkingsomstandigheden. Geschikt voor draaien, frezen en schaven. Een uitstekende universele soort voor de kleinere werkplaatsen met wisselende bewerking van staal.	P30 (P20) (M10) (M20)
Voordraaien van zowel koolstofstaal als roestvaststaal en roestvast gietstaal met lage snijsnelheid onder bijzonder moeilijke bewerkingsomstandigheden. Te gebruiken bij zeer grote snedediepten en voedingen bij draaien, schaven en frezen.	P40 (P30) (M30) (M40)
Nadraaien en licht voordraaien van roestvaste materialen en hittebestendige legeringen. Grote weerstand tegen kerfslijtage, die vaak optreedt bij koudhardende materialen. Geschikt voor bewerking met betrekkelijk hoge snijsnelheid.	M10 (K20)
Voor- en nadraaien van roestvast austenietisch gietstaal. Een soort met zeer goede scherpte van de snijkant en weinig gevoelig. De taatheid geeft de mogelijkheid tot grote positieve spaanhoeken. Te gebruiken met betrekkelijk lage snijsnelheid en hoge voeding onder ongunstige bewerkingsomstandigheden.	M40 (P50)
Nadraaien van gietijzer. De H-soort met de grootste slijtvastheid. Speciale toepassing: bewerking van coquillegehard gietijzer.	K01
Nadraaien van zowel staal als gietijzer, wanneer buitengewoon goede scherpte van de snijkant vereist wordt, zoals bij ruimen en schrapen.	K10
Voor- en nadraaien van hoog- en laaggelegeerd gietijzer. Een bijzonder fijnkorrelige soort, die hoge taatheid combineert met zeer grote slijtvastheid. Geschikt voor zowel draaien als frezen met hoge snijsnelheid en grote voeding. Ook geschikt voor buitengewoon harde materialen, zoals mangaanstaal, coquillegehard gietijzer en geharde stalen walsen.	K10 (K20) (M10) (M20)
Een alternatieve hardmetaalsoort voor gietijzer en andere kortspanige materialen, in die gevallen waar men niet die slijtvastheid kan bereiken, die de soort H1 PREMIUM het best tot zijn recht doet komen. Geschikt voor het nadraaien van hittebestendige legeringen. Gemakkelijk te solderen en te slijpen.	K10
Voordraaien van gietijzer met grote voeding en lage snijsnelheid onder ongunstige bewerkingsomstandigheden. Geschikt voor de bewerking van hittebestendige legeringen, koper, brons, lichtmetaal, enz. Laat het gebruik toe van grote positieve spaanhoeken. Bijzonder geschikt voor schaven.	K20 (K30)



### Richtwaarden voor snijnelheden bij het draaien met wisselplaatgereedschap

De aangegeven waarden zijn voor een standtijd van ca 15 min. berekend

Materiaal	Spec. snijkracht k <sub>s</sub> 0,4 (kg/mm <sup>2</sup> )	Brinell- hardheid (HB)	Trek- sterkte (kg/mm <sup>2</sup> )	P01	P10	P20	P30	P40	M10	M40			
				Voeding [mm/omw]									
				0,3-0,03	0,7-0,3-0,1	1,0-0,3-0,15	2,0-0,4-0,2	3,0-0,4	0,4-0,3-0,1	2,0-0,4			
Snijnsnelheid [m/min]													
Ongelegeerd koolstofstaal normaal gelegeerd	C 0,15 %	190	125	45	350-540	200-290-410	130-200-330	80-100-250	45-160				
	C 0,35 %	210	150	55	290-460	170-240-350	100-210-270	65-150-200	35-125				
	C 0,70 %	230	250	80	230-370	130-190-260	60-160-210	45-115-160	25-95				
Gelegeerd staal	Gegloeid	210	150-200	50-65	230-370	130-190-260	80-160-210	50-120-160	30-90				
	Veredeld	250	200-275	65-90	180-290	105-150-230	65-130-170	40-95-125	25-75				
	Veredeld	275	275-325	90-110	145-320	85-120-175	50-100-130	30-75-100	20-60				
	Veredeld	300	325-450	110-150	115-185	60-95-140	40-80-105	25-60-80	15-50				
Roestvaststaal, gegloeid	Ferrietisch												
	Martensietisch	230	180-220	70-85		200-280	140-190-225	100-160-200	60-115				
	Austenietisch	260	150-180	55-70			140-170	90-135-170	90-115				
Gietstaal	Ongelegeerd	180	< 150	< 50		160-200	60-135-160	55-115-145	35-90				
	Laag- gelegeerd	210	150-250	50-80		115-160	55-95-115	35-75-100	20-60				
	Hoog- gelegeerd	240	160-200	50-65			140-200	100-135-170	70-105		25-90		
Hittebestendige legeringen <sup>1)</sup>													
Sanicro 75									25-30-50				
Nimonic Pk 31									7-18				

Materiaal	Spec. snijkracht k <sub>s</sub> 0,4 (kg/mm <sup>2</sup> )	Brinell- hardheid (HB)	K01	K10	K20	K10	K30	P20	P30		
			Voeding [mm/omw]								
			0,2-0,1	0,2	1,0-0,5-0,2	1,0-0,5-0,2	1,2-0,7	1,0-0,7-0,3	1,2-0,7-0,3		
Snijnsnelheid [m/min]											
Harde staalsoorten (Mangaanstaal 12% Mn <sup>2)</sup> (Gehard staal <sup>3)</sup> , *) <sup>2)</sup>	360	200			20-30-60		10-30				
	450	HRC 50-65			10-20-35		10-20				
Tempergietijzer Kortspanig Langspanig	110	110-145			90-140-200	65-105-150	55-90	115-170-215	55-115		
	100	200-250			55-175-230	45-130-175		170-215	55-115-170		
Grijs gietijzer met lage trekvastheid	110	180	160-200	180	80-150-230	60-120-175	65-90				
Grijs en gef. gietijzer met hoge trekvastheid	150	250	90-135	130	55-115-175	45-85-130	45-65	75-130-175			
Nodular gietijzer Ferrietisch Perlietisch	110	160		A	55-115-175	45-85-130		115-175	70-115		
	180	250			45-100-150	35-75-120		100-160	30-55		
Coquillegehard gietijzer <sup>4)</sup>	275	400	6-20		10-20-30						
	350	600	4-15		8-15-20						
Elektrolytisch koper	110	50-85			200-400-700		350-570				
Brons-messinglegeringen Loodgeleg. automaten- kwaliteiten	70	80-150			290-350-500		230-350				
	75	60-110			200-260-350		175-230				
	175	85-110			115-200-290		115-200				
Aluminiumlegeringen, niet hardbaar hardbaar	50	30-80			1700-2300		1100-1700				
	70	80-120			290-580-800		230-350				
Gegoten aluminium- legeringen niet hardbaar hardbaar	75	100			290-580-800		115-230				
	90	130			115-175-580		90-150				
Diverse materialen Hard rubber, b.v. eboniet Fiber Hard plastic Porselein <sup>5)</sup> Zacht natuursteen, b.v. marmer <sup>6)</sup> Hard natuursteen, b.v. graniet <sup>7)</sup>					230-350		115-230				
					115-230		85-170				
					230-460		175-350				
					15-25		5-15				
			50-80		55-90		55-90				
					10-15		6-10				

Frezen	Spec. snijkracht k <sub>s</sub> 0,4 (kg/mm <sup>2</sup> )	Brinell- hardheid (HB)	Trek- sterkte (kg/mm <sup>2</sup> )	P40	K10	K20	P40	K20		
				Voeding [mm/tand]						
				0,4-0,2-0,1	0,4-0,2-0,1	0,4-0,2-0,1	0,2-0,1		0,2-0,1	
Snijnsnelheid [m.m.n.]										
Ongeel. koolst. staal C 0,15 % C 0,35 % C 0,70 %	275	125	45	100-130-160			160-200			
	300	150	55	60-75-100			90-125			
	330	250	80	50-75-90			110			
Geleg staal gegloeid veredeld veredeld	320	150-200	50-65	60-75-100			90-125			
	350	200-275	65-90	50-75-90			110			
	380	275-325	90-110	40-60-75			90			
Tempergietijzer Kortspanig	220	110-145			60-100-120	80-100-120		120-140		
Gr. gietijzer m. lage trek.	140	180			80-130-150	60-110-130		130-160		
Nodular gietijzer Ferrietisch Perlietisch	150	160			60-70-90		90-100	90-115		
	225	250			50-60-85		70-90	80-110		

Tabel 4

Keramiek.

Van alle tot nu toe genoemde gereedschapmaterialen (met uitzondering van diamant en borazon) gedraagt het keramiek zich het meest bros.

De snijkant mag alleen op druk belast worden; het keramiek moet in een stevige beitelhoeder goed ondersteund worden.

Wanneer het gehele systeem machine-werkstuk-gereedschap voldoende stijf is (tandraderen onder voorspanning, alle spullen spelingvrij gelagerd, enz.) is het mogelijk om met een onderbroken snede te werken.

In dit geval kan men zelfs frezen met keramisch gereedschap.

Keramische beitels kunnen eventueel met fijnkorrelige diamantschijven worden nageslepen. Verspanen gebeurt meestal met een negatieve spaanhoek ( $-15^{\circ}$  tot  $-30^{\circ}$ ).

Richtwaarden voor de snijsnelheid (m/s) en aanzetten bij het verspanen met keramische beitels:

Materiaal	Hardheid HB (kgf/mm <sup>2</sup> )	Snijsnelheid (m/s)	Aanzet (mm/omw.)
Automatenstaal	190	5.5 - 8.3	0.25-0.5
Ongelegeerd staal	120-220	3.3 - 5.8	0.15-0.5
Laaggelegeerd staal	175-220	3.3 - 5.8	0.1 - 0.4
Veredeld laaggel.staal	300	2.5 - 4.1	0.15-0.5
Gegloeid gereedsch.staal	195-230	1.9 - 3.3	0.1 - 0.3
Ongelegeerd C.staal	"	"	"
Laaggelegeerd ger.staal	"	"	"
Snelstaal	230	1.3 - 3	0.1 - 0.25
Nikkelijzer	100	2 - 3	0.3 - 0.5
Austenitisch staal met hoog Ni gehalte	200	0.4 - 1	0.2 - 0.5
Gietijzer	120-200	3.8 - 5	0.2 - 0.5
Gegloeid gietijzer	140	3.8 - 5	0.2 - 0.5
Gehard gietijzer	350-450	0.65- 1.1	0.2 - 0.4
Nikkellegeringen (Monel)	125-200	1.1 - 3.3	0.2 - 0.5
Messing	70- 80	8.3 - 16.6	0.2 - 0.5
Koper	50	5.8 - 8.3	0.12-0.35
Brons	70- 90	5.8 - 8.3	0.12-0.35
Zuiver kneedaluminium	23	5.8 - 16.6	0.1 - 0.25
Gelegeerd kneedaluminium	30-100	8.3 - 50	0.1 - 0.3
Alum. smeedlegeringen	75-130	5.8 - 16.6	0.1 - 0.25
Al Mn Zn legeringen	45- 75	3.3 - 16.6	0.1 - 0.25
Thermoplasten		3.3 - 16.6	0.1 - 0.25
Celoron, pertinax		10 - 16.6	0.1 - 0.3
Kool		≈ 16.6	0.1 - 0.5

Tabel 5

### Diamant.

Diamant wordt bijna uitsluitend gebruikt voor het fijn nabewerken bij niet al te hoge snijsnelheden. De verspaningstemperatuur mag niet boven 800 °C komen. De machines moeten geschikt zijn voor het werken met diamanten beitels, d.w.z. ze moeten absoluut trillingvrij lopen in verband met het brosse gedrag van diamant. De hoofdspil wordt met 'oneindig' geweven zijden- of kunstofriemen aangedreven (geen lijmnaad of riemverbinders). Aan de lagers van hoofdspil en meedraaiend center worden zeer hoge eisen gesteld betreffende loopnauwkeurigheid en speling; koeling van de lagers houdt de speling zo klein mogelijk.

### Monokristal.

Het spaanvlak van de diamantbeitel wordt loodrecht op één van de hoofdasen (1.1.1.-as) van het kristal geslepen om een zo groot mogelijke hardheid te bereiken. Voor het inklemmen en positioneren van de diamanten zijn speciale houders ontwikkeld. Ook is het mogelijk om diamanten met hardsoldeer op beitelhouders te bevestigen.

### Polykristallijn.

Het gereedschap wordt geleverd in de vorm van op hardmetaal gesinterde lagen diamantkorrels of als volle wisselplaten. De te bereiken oppervlakteruwheid wordt bepaald door de afmetingen van de korrel, diameter 5 - 50 µm. De willekeurige oriëntatierichting van de korrels geeft het materiaal gelijkmatige eigenschappen in alle richtingen.

Richtwaarden voor de snijsnelheid (m/s) bij het verspanen met diamant (monokristal).

Materiaal	Bewerking	Snijsnelheid (m/s)	Snedediepte (mm)	Aanzet (mm/omw)
Messing, Brons Aluminium(hard)	vlakdraaien	1.6-3.3	0.2	0.07
Fosforbrons	"	tot 56.5	0.5	0.023
Witmetaal	"	"	0.5	0.023
Aluminium	"	"	1.0	0.023
Koper	vlakdraaien	3.6	0.35	0.07
	nasnijden	3.8	0.5	0.07
Koper	draaien	2.4-3.3	0.5	0.1
Lichtmetaal	draaien	10	0.1	0.014
Kollektor v.el.motor	"	36.5-41.6	0.3-0.8	0.04-0.15
Brons	boren	3.6	0.12	0.2
Witmetaal	"	6.6	0.12	0.02
Lichtmetaal	"	10	0.1	0.014
IJzervrije metalen	vlakfrezen	7.5	0.2	0.05
Kunststoffen	"	7.5	0.4	0.08
Galalith	nafrezen	20	0.1	0.1
Hardrubber	afsteken	1.3-3.3	(Beitelbreedte	1.5 mm)
Hardmetaal	draaien	0.6-1.0	0.2	0.03

Richtwaarden voor de snijsnelheid (m/s) bij het verspanen met polykristallijn diamantgereedschap.

Materiaal	Spaanhoek (graden)	Snedediepte (mm)	Aanzet (mm/omw)	Snijsnelheid (omw/s)
Al. legeringen	0/10	0.125-2.3	0.05 -0.2	1.60-25
Cu legeringen	-5/+10	0.125-0.50	0.04 -0.15	2.0 -17.5
Hardmetalen	-5/0	0.01 -0.12	0.02 -0.125	2.5 - 5.0
Glas-epoxymengsels	-5/+5	0.02 -1.6	0.015-0.2	2.0 -18
Grafiet	-5/+5	0.25 -2.5	0.1 -0.37	2.5 -18
Gesinterd SiO <sub>2</sub>	-5/+5	0.01 -0.125	0.04 -0.125	2 -15
Asbest	-5	1.5	0.07 -0.12	2.6 - 3.16
Gevulde teflon	-5/+5	3.2	0.07 -0.12	3.00

Tabel 6

Overzicht toepassingsgebieden van hardmetalen gereedschappen.

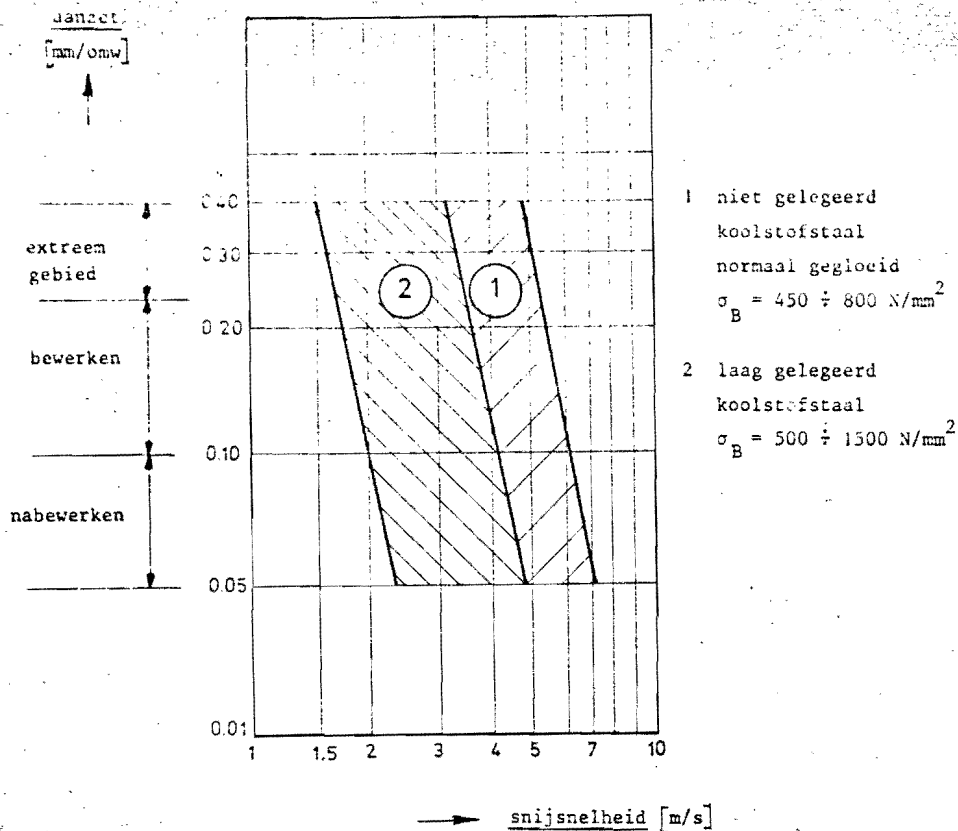


Fig. 5. Toepassingsgebied ISO-P01 ( $T = 35 \text{ min}$ )

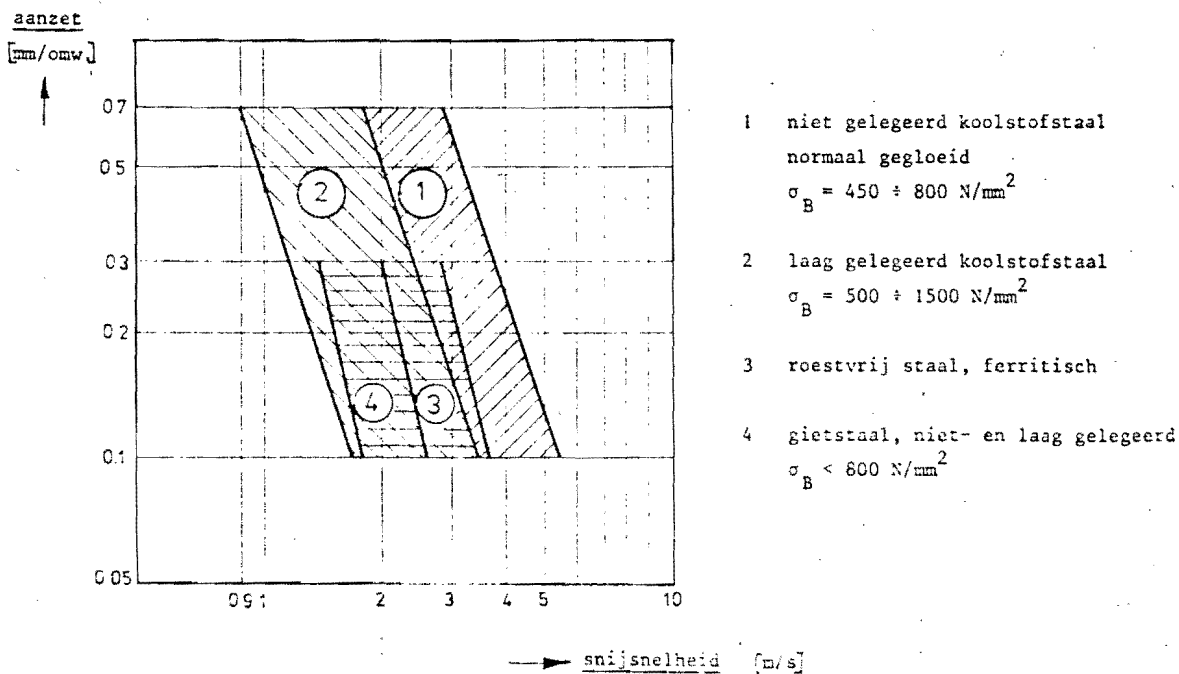


Fig. 6. Toepassingsgebied ISC-P10 ( $T = 35 \text{ min}$ )

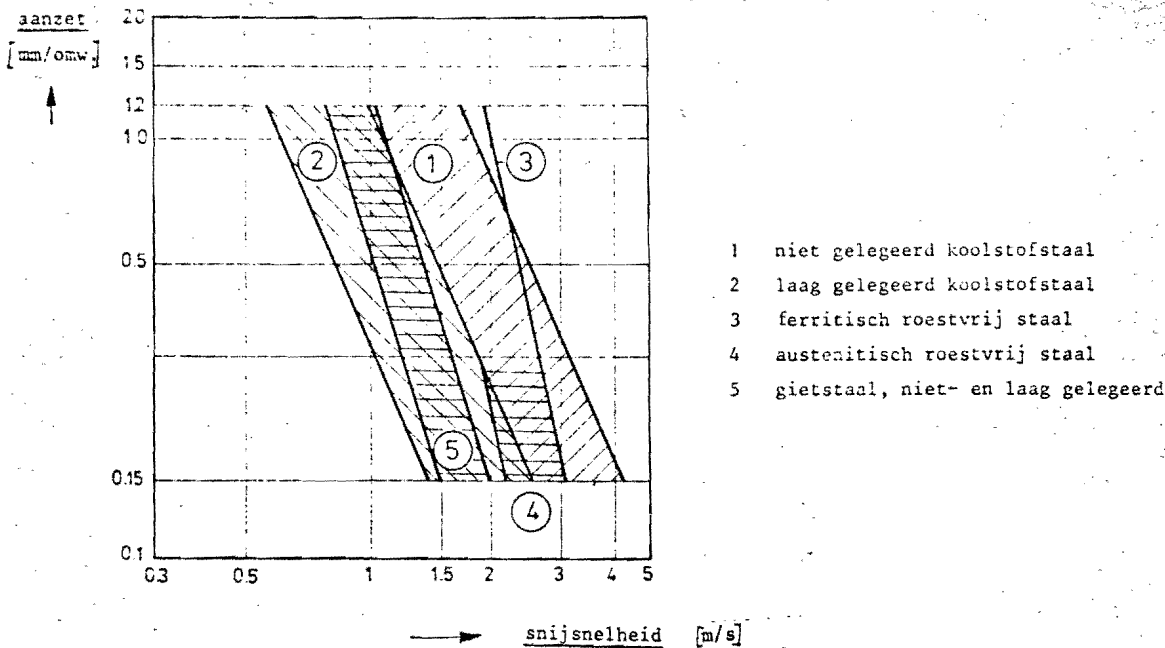


Fig. 7. Toepassingsgebied ISO-P20 (T = 35 min)

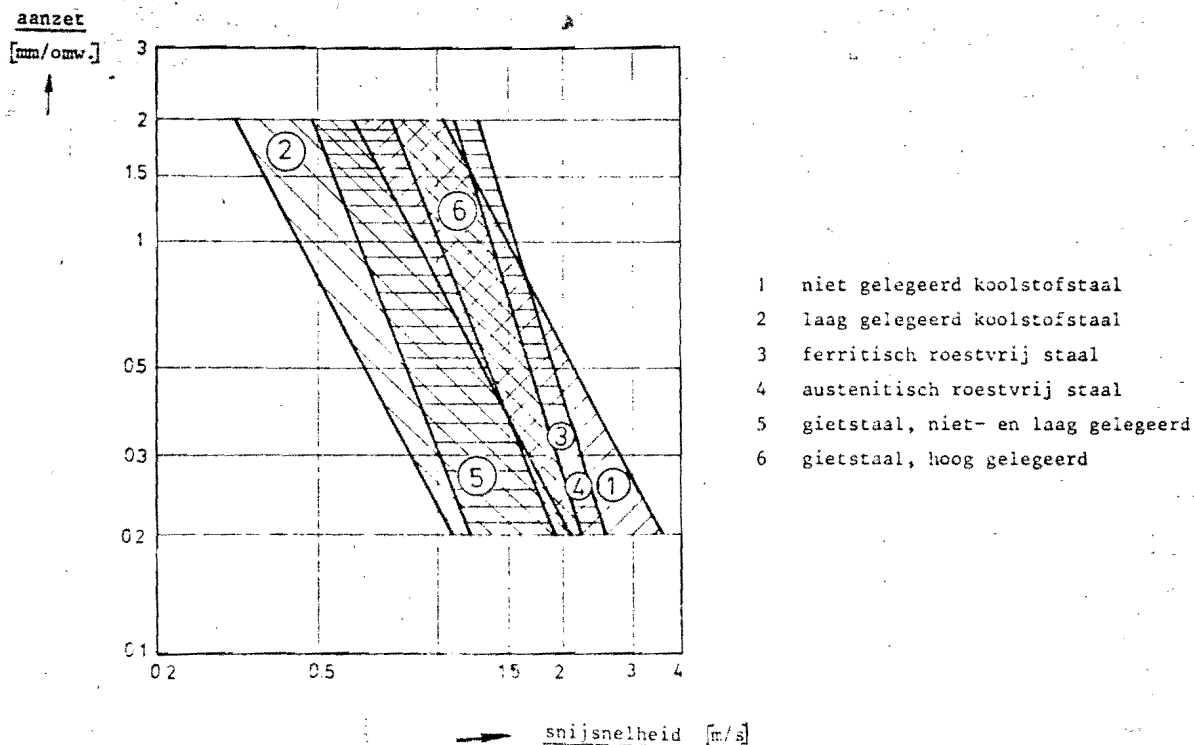


Fig. 8. Toepassingsgebied ISO-P30 (T = 35 min)



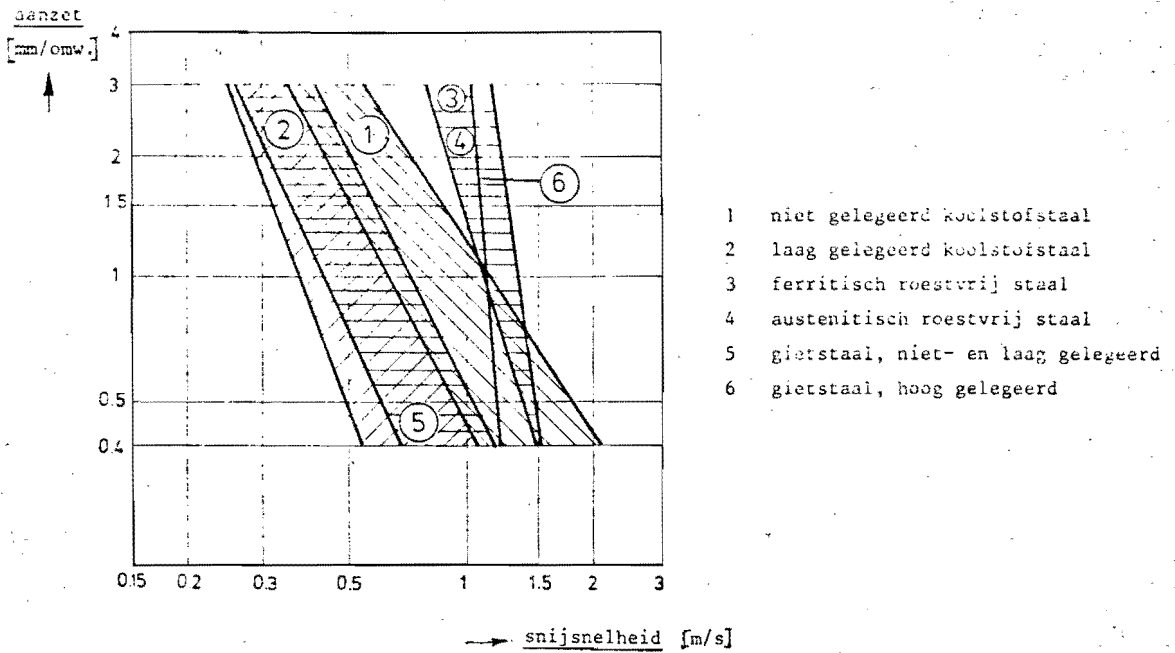


Fig. 9. Toepassingsgebied ISO-P40 ( $T = 35 \text{ min}$ )

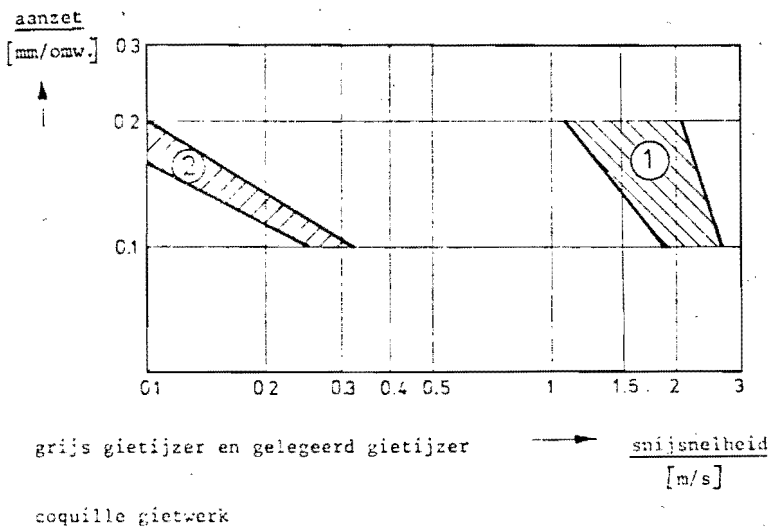


Fig. 10. Toepassingsgebied ISO-K01 ( $T = 35 \text{ min}$ )

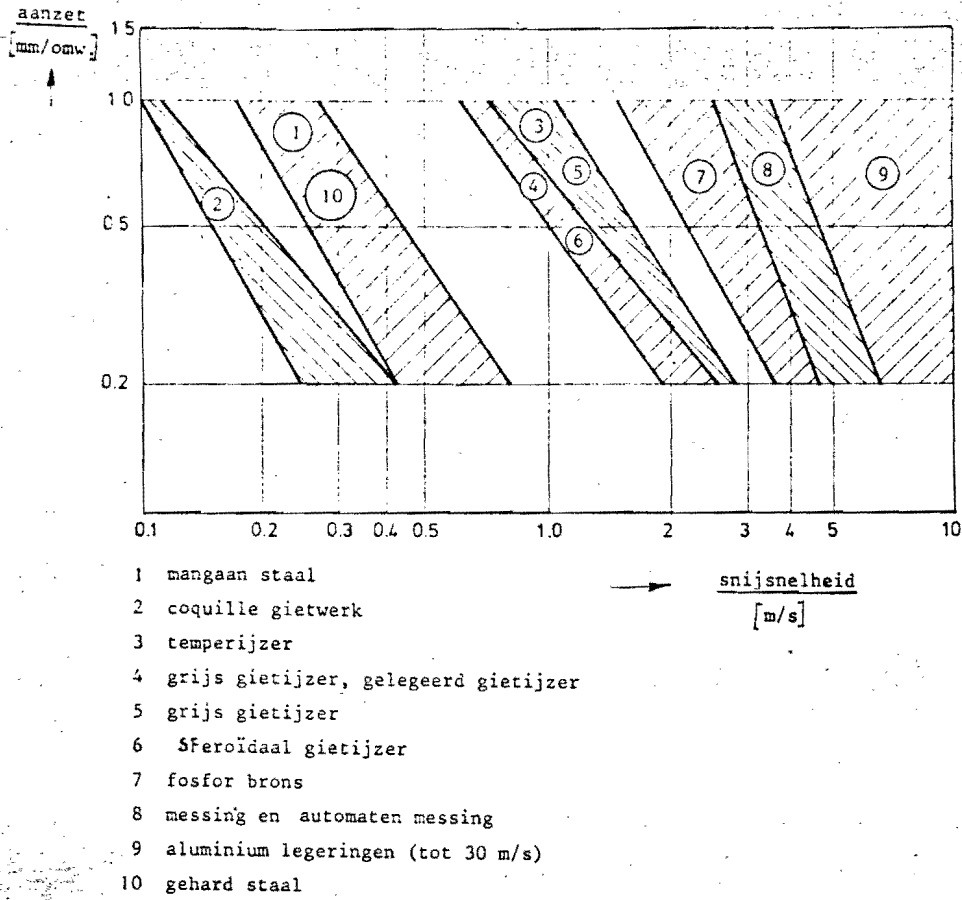


Fig. 11. Toepassingsgebied ISO-K10 (T = 35 min)

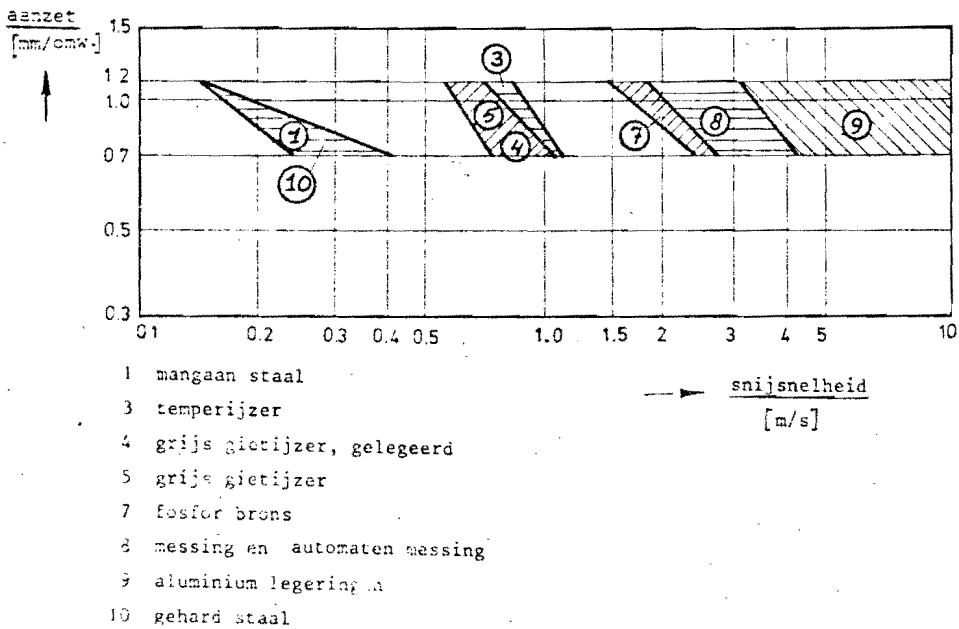


Fig. 12. Toepassingsgebied ISO-K20 (T = 35 min)