

Formeln & Richtwerte

© ISCAR Germany GmbH

Werkzeugauswahl und Anwendungsprozess

- 1 Frässystem mittels Breite, Tiefe und Form der Nut/ Bearbeitung auswählen
- 2 Auswahl der Zahnteilung
- 3 Schneidengeometrien & Zerspanungshauptgruppen
- 4 Schnittgeschwindigkeit anhand des zu bearbeitenden Werkstückstoffes festlegen
- 5 Vorschubgeschwindigkeit über mittlere Spandicke und tatsächliches a_e berechnen
- 6 Leistungs- und Drehmomentberechnung zur Überprüfung der Bearbeitungsparameter
- 7 Ausführung der Schneidkante in Bezug auf die mittlere Spandicke
- 8 Allgemeine Tipps zur Zerspanung mit Fräsworkzeugen

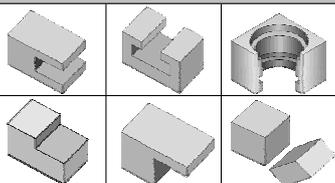
1 Übersicht der Frässysteme zum Trenn-, Nut-, Plan- und rückseitigen Fräsen

\varnothing (in mm)	a_e (in mm)	a_p (in mm)	\varnothing (in mm)	a_e (in mm)	a_p (in mm)	\varnothing (in mm)	a_e (in mm)	a_p (in mm)	\varnothing (in mm)	a_e (in mm)	a_p (in mm)
12,7 - 28	max. 6	0,76-10	32 - 80	max.4,8	1,2 - 6	32 - 125	5,5 - 39	2,7 - 4,5	50 - 425	10 - 140	1 - 8

MULTIMASTER



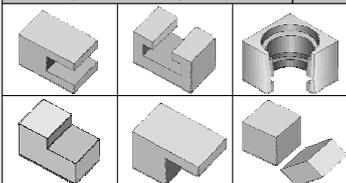
- in kleinen Bohrungen
- auf Drehmaschinen



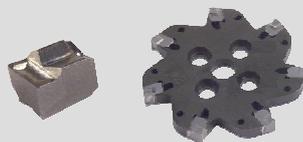
CHAMSLIT



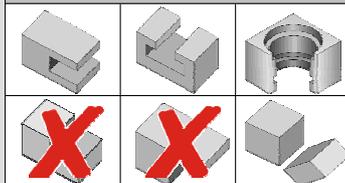
- Sicherungsnuten fräsen
- enge Teilung, hohes v_f



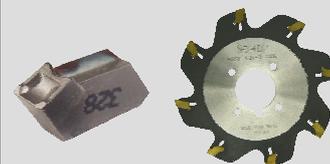
MINI-SELFGRIP



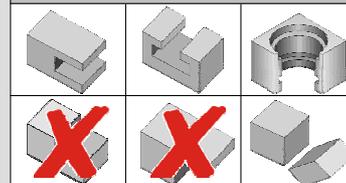
- enge Teilung
- Hochvorschubnutfräsen



SELFGRIP

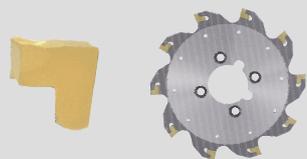


- weite Teilung
- Allroundtalent

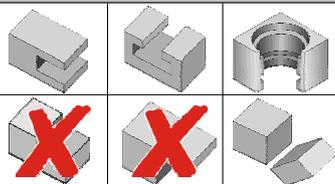


\varnothing (in mm)	a_e (in mm)	a_p (in mm)
100 - 160	29 - 39	3 - 4

TANGSLIT



- für sehr stark unterbrochene Schnitte

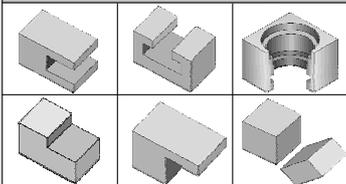


\varnothing (in mm)	a_e (in mm)	a_p (in mm)
32 - 125	9,3 - 40	3 - 6,5

MINI-TANGSLOT



- halb effektiv ab 3mm a_p
- Schraubenklemmung

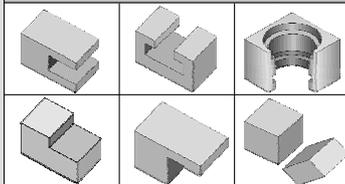


\varnothing (in mm)	a_e (in mm)	a_p (in mm)
80 - 250	22 - 87	6 - 14,6

TANGSLOT



- halb effektiv
- Schraubenklemmung

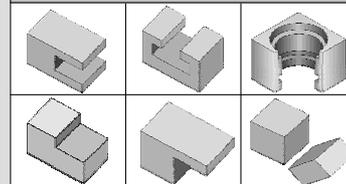


\varnothing (in mm)	a_e (in mm)	a_p (in mm)
80 - 315	27,4 - 80	14 - 25,6

TANG/POLYMILL



- Schwerzerspanung
- sehr weicher Schnitt



Berechnungsgrundlagen zur korrekten Auswahl der Zahnteilung

Umfang

$$U = \pi \times D_{\text{Fräser}}$$

Schneidenabstand

$$l_b = \frac{U}{Z}$$

Schnittbogenwinkel

$$\varphi_s = 90 + \sin^{-1} \frac{\{a_e - \frac{D_c}{2}\}}{\frac{D_c}{2}}$$

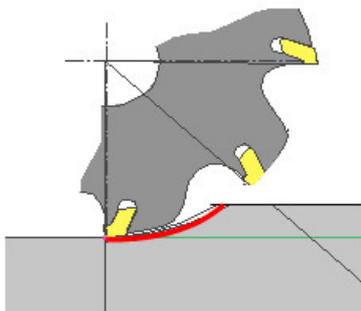
Schnittbogenlänge

$$l_B = \frac{\pi \times r \times \varphi_s}{180^\circ}$$

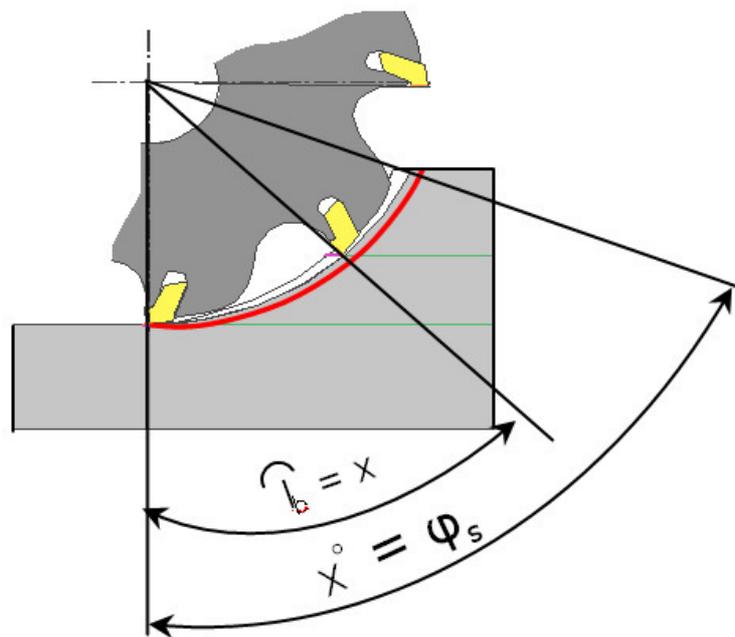
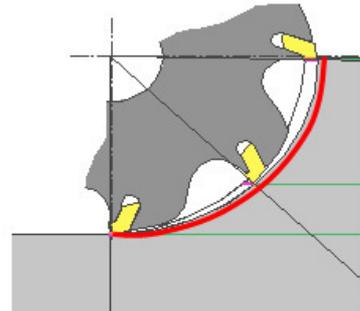
Zähne im Eingriff

$$Z_e = \frac{l_B}{l_b}$$

kurze Schnittbogenlänge
enge Teilung verwenden



lange Schnittbogenlänge
weite Teilung verwenden



Tipps:

- Bei tiefen Nuten immer eine weite Teilung verwenden. Große Spanräume werden benötigt.
- Bei Nuten mit geringer Frästiefe eine enge Teilung verwenden. Hohe Bahnvorschübe möglich.
- Ziel ist es, dauerhaft immer mindestens einen Zahn im Eingriff zu haben.
- Volleffektive Werkzeuge müssen mit vorgegeben Vorschubwerten eingesetzt werden. Ansonsten kann es zu Problemen mit sich in der Nut verklemmenden Spänen führen, da der Umformungsprozess der Späne nicht korrekt durchgeführt wurde.
- Probleme mit Spanevakuierungen aus tiefen Nuten können zusätzlich mit einer „Splittergeometrie“ oder mit einem halbeffektiven Werkzeug gelöst werden.

MULTIMASTER

MM K-45A



P M K S

MM TS



P M K S

MM GRIT



P M K S

CHAMSLIT

TRI 16RK



P M K S

SELFGRIP

MINI-SELFGRIP

GSFU



P M K S N

GSFN /GSAN



P M K

GSFN J



P M S N

GSFN JT



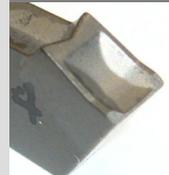
P M K S

GSFN M



P M K S

GSFN T2



P M K

GSFN 5.2-1.5



P M S

GSFN 6



P M S N

GSFN 6C



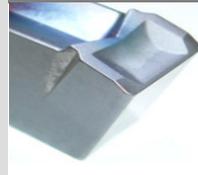
P M K

GSFN K



P M K S

GSHT



P M K

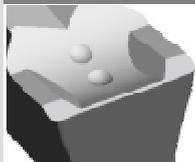
GSHTR L



P M K

TANGSLIT

TAG C



P M K

TAG J



P M S N

TAG JT



P M K S

TAG UT



P M

TAG A



M S N

Formeln & Richtwerte

© ISCAR Germany GmbH

3

Schneidengeometrien & Zerspanungshauptgruppen

MINI-TANGSLOT

LN ET TN-N



P M K S

TANGSLOT

LN ET TN



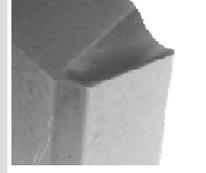
P K

LN ET TN-MM



P M S

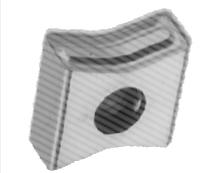
LN ET 30X1-N



P M K

TANGMILL

LN PN-N MM



P M K

LN PN-N PL



P M K S

LN PNTN



P K

LN PN-N-P



N

LN 1.5X45



P M K

LN PN-W



P M K

LN PN-N HT



P M K

LN PN-R HT



P M K

PN-N-HT-S



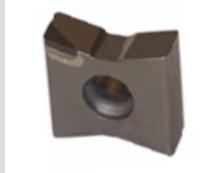
P M K

LNHW IS ...



K H

LNAW IB...



K H

LNAR ID...



N

POLYMILL

LN TN-PM



P M K

LN N-MM-PM



P M K S

TIPP:

Ein Wechsel von TANGMILL auf POLYMILL erfordert nur einen Austausch der Kassetten

USER Guide Scheibenfräsen

Formeln & Richtwerte



Schnittgeschwindigkeit anhand des zu bearbeitenden Werkstückstoffes festlegen

ISO	Werkstückstoff	Werkstoffgruppe	IC10	IC20	IC328	IC528	IC928	IC308	IC908	IC808	IC830	IC910	IC810	IC4050	IC4100	DT7150	IS8	IB55	IB85	ID5	ID8						
P	Unlegierter Stahl Stahlguss Automatenstahl	1	-	-	170-220	170-220	180-240	180-230	220-350	220-350	180-240	230-390	230-390	170-280	-	-	-	-	-	-	-	-					
		2	-	-	130-190	130-190	160-210	140-200	200-325	200-325	160-210	160-270	160-270	120-200	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		3	-	-	100-140	100-140	120-140	110-150	180-265	180-265	120-140	130-220	130-220	100-160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		4	-	-	100-130	100-130	110-150	110-140	170-250	170-250	110-150	110-160	110-160	80-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		5	-	-	100-130	100-130	110-150	110-140	160-230	160-230	110-150	190-350	190-350	140-280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Stahl & Stahlguss mit weniger als 5% Legierungsbestandteile	6	-	-	120-160	120-160	150-200	130-170	200-250	200-250	150-200	160-300	160-300	120-240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		7	-	-	100-140	100-140	120-170	110-150	180-200	180-200	120-170	140-250	140-250	100-200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		8	-	-	90-120	90-120	110-160	100-130	190-210	190-210	110-160	110-220	110-220	80-160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		9	-	-	80-110	80-110	100-140	90-120	205-225	205-225	100-140	110-180	110-180	70-140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		10	-	-	70-100	70-100	90-120	80-110	200-220	200-220	90-120	90-160	90-160	60-120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
M	Rostbeständiger Stahl und Stahlguss	11	-	-	60-85	60-85	90-110	70-90	110-150	110-150	90-110	80-150	80-150	60-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		12	-	-	130-220	130-220	160-250	140-230	170-280	170-280	160-250	-	-	130-220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		13	-	-	80-200	80-200	110-230	100-200	100-200	100-200	110-230	-	-	80-200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		14	-	-	70-130	70-130	80-160	80-140	90-160	90-160	80-160	-	-	100-130	-	-	-	-	150-300	250-360	-	-	-	-	-		
K	Kugelgraphitguss	15	-	-	100-130	100-130	-	110-180	150-220	180-250	180-250	110-180	180-400	180-400	90-280	180-420	160-390	250-500	-	500-1000	-	-	-	-			
		16	-	-	80-110	80-110	-	100-170	140-200	170-220	170-220	100-170	200-370	200-370	150-250	220-390	200-360	300-600	-	500-1000	-	-	-	-			
	Grauguss	17	-	-	120-140	120-140	-	180-300	200-300	200-300	200-300	180-300	220-420	220-420	160-250	220-500	200-400	300-600	-	500-1500	-	-	-	-	-		
		18	-	-	80-120	80-120	-	140-250	150-260	170-230	170-230	140-250	180-400	180-400	150-250	220-460	200-350	280-550	-	500-1500	-	-	-	-	-		
		19	-	-	100-120	100-120	-	200-300	220-300	210-280	210-280	200-300	200-360	200-360	160-260	220-440	200-330	280-550	-	500-1000	-	-	-	-	-		
		20	-	-	80-110	80-110	-	180-260	180-270	200-280	200-280	180-260	180-380	180-380	150-250	220-390	200-300	250-500	-	500-1000	-	-	-	-	-		
N	Aluminiumknetlegierung	21	-	-	800-900	800-900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300-3000	300-3000	-	-			
		22	-	-	700-800	700-800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300-3000	300-3000	-	-			
	Aluminiumguss legiert	23	-	-	550-800	550-800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300-3000	300-3000	-	-			
		24	-	-	500-750	500-750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300-3000	300-3000	-	-			
	Guss- ISCAR Germany	25	-	-	400-450	400-450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250-1000		
		26	-	-	400-550	400-550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500-1500		
		27	-	-	400-550	400-550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500-1500		
		28	-	-	350-500	350-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500-1500		
S	Hochtemperatur- Legierungen	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200-600		
		30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200-600		
		31	-	-	30-40	30-40	40-50	40-60	40-50	40-50	40-50	40-60	40-60	40-50	-	-	-	-	-	-	-	60-120	-	-	-	-	
		32	-	-	20-30	20-30	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	-	-	-	-	-	-	-	-	60-120	-	-	-	-
		33	-	-	20-30	20-30	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	-	-	-	-	-	-	-	-	120-150	-	-	-	-
		34	-	-	20-30	20-30	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	-	-	-	-	-	-	-	-	120-150	-	-	-	-
		35	-	-	15-25	15-25	25-35	30-40	25-35	25-35	25-35	30-40	30-40	30-40	-	-	-	-	-	-	-	-	120-150	-	-	-	-
		36	-	-	25-35	25-35	40-55	45-60	40-55	40-55	40-55	45-60	45-60	45-60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		37	-	-	25-35	25-35	40-55	45-60	40-55	40-55	40-55	45-60	45-60	45-60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		H	gehärteter Stahl Schalenhartguss Gussseisen gehärtet	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80-220	80-180	-	-	-
39	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80-220	80-180	-	-	-		
40	-			-	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80-200	-	-	-	-	
41	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80-200	-	-	-	-	

Achtung: Beachten sie die auf den Fräsern vermerkten maximalen Drehzahlen

Formeln & Richtwerte

© ISCAR Germany GmbH

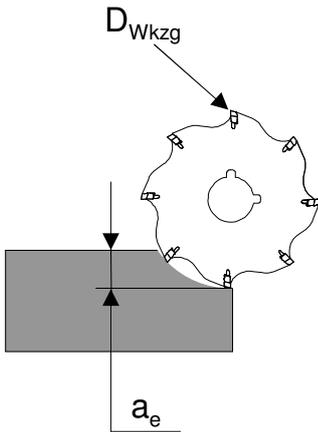
5

Vorschubgeschwindigkeit über Eingriffsverhältnis berechnen

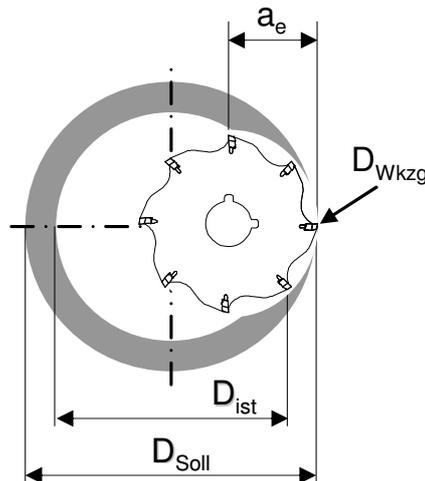
a

Berechnung der radialen Schnitttiefe a_e

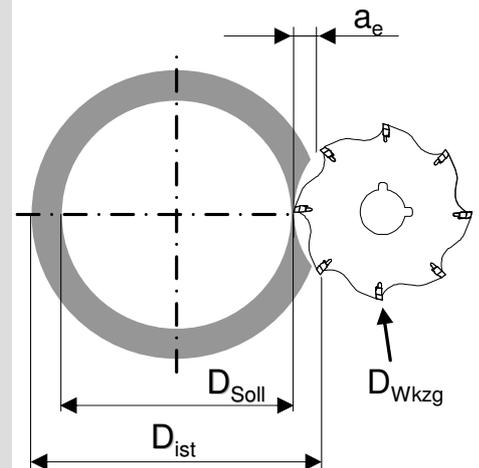
linear Fräsen



innen zirkular Fräsen



außen zirkular Fräsen



radiale Schnitttiefe = a_e

$$a_e = \frac{D_{\text{Soll}}^2 - D_{\text{Ist}}^2}{4 \times (D_{\text{Soll}} - D_{\text{Wkzg}})}$$

$$a_e = \frac{D_{\text{Ist}}^2 - D_{\text{Soll}}^2}{4 \times (D_{\text{Ist}} + D_{\text{Wkzg}})}$$

b

Berechnung des Vorschubes pro Zahn

Spanbildung beim Nutfräsen in Abhängigkeit von Schnitttiefe zum Werkzeugdurchmesser

Vorschubgeschwindigkeit beim mittigen Fräsen / Trennen mit f_z berechnen

Vorschubgeschwindigkeit beim Gleich- und Gegenlaufräsen mit h_m berechnen

Eingriffsverhältnis

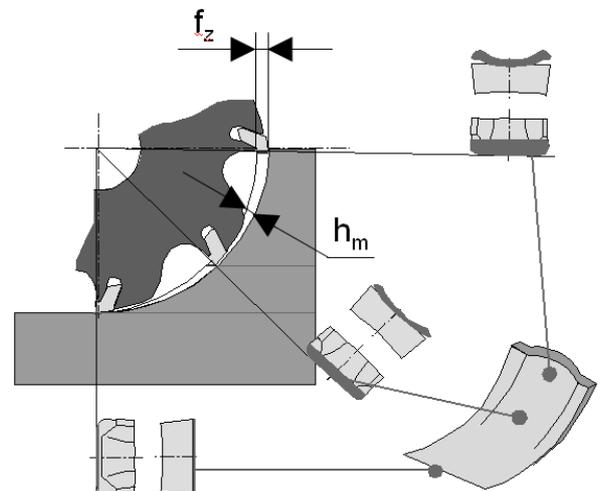
$$E\% = \frac{a_e}{D} \circ 100 (\%)$$

Mittlere Spandicke

$$h_m = f_z \circ \sqrt{\frac{a_e}{D}}$$

Vorschub pro Zahn

$$f_z = h_m \circ \sqrt{\frac{D}{a_e}}$$



TIPP:

Mittlere Spandicke h_m als Startwert aus jeweiliger Werkzeugsystemtabelle **7** entnehmen

USER Guide Scheibenfräsen

Formeln & Richtwerte

© ISCAR Germany GmbH

5

Vorschubgeschwindigkeit über Eingriffsverhältnis berechnen

c

Berechnung der Drehzahl über die festgelegte Schnittgeschwindigkeit

Schnittgeschwindigkeit

$$v_c = \frac{D \circ \pi \circ n}{1000} \quad (\text{m}/\text{min})$$

Drehzahl

$$n = \frac{v_c \circ 1000}{D \circ \pi} \quad (\text{min}^{-1})$$

Eingriffsverhältnis

$$E\% = \frac{a_e}{D} \circ 100 \quad (\%)$$

TIPP:

Bei stabilen Zerspanungsverhältnissen kann die Schnittgeschwindigkeit mit dem Faktor v_c multipliziert werden. Eingriffsverhältnis E% berechnen und Faktor v_c aus Tabelle entnehmen.

$E\% = a_e / D_c \circ 100 \quad (\%)$	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Faktor v_c	1,50	1,45	1,40	1,35	1,30	1,25

* SELFGRIP / MINISELFGRIP limitiert auf $v_c=250$ m/min ; TANGSLIT limitiert auf $v_c=1.500$ m/min

d

Berechnung der Vorschubgeschwindigkeit

Vorschubgeschwindigkeit

$$v_f = f_z \circ z \circ n \quad (\text{mm}/\text{min})$$

Vorschub pro Zahn

$$f_z = \frac{v_f}{n \circ z} \quad (\text{mm})$$

e

Berechnung des Zeitspanvolumens

Zeitspanvolumen

$$Q = \frac{a_e \circ a_p \circ v_f}{1000} \quad (\text{cm}^3/\text{min})$$

f

Berechnung der Hauptnutzungszeit

Hauptnutzungszeit

$$t_h = \frac{L \circ i}{v_f} \quad (\text{min})$$

Formeln & Richtwerte

© ISCAR Germany GmbH

6

Leistungs- und Drehmomentberechnung zur Überprüfung der Bearbeitungsparameter

a

Berechnung des theoretischen Leistungsbedarfs

Stahl bis ca. 1000 N/mm ² (GGG50/60)	Guss	Aluminiumlegierungen
Leistung	Leistung	Leistung
$P_{M_{\text{nutz}}} = \frac{a_p \circ a_e \circ v_f}{24000} \text{ (kW)}$	$P_{M_{\text{nutz}}} = \frac{a_p \circ a_e \circ v_f}{30000} \text{ (kW)}$	$P_{M_{\text{nutz}}} = \frac{a_p \circ a_e \circ v_f}{120000} \text{ (kW)}$

Dies ist die Leistung an der Schneide

b

Berechnung des Drehmoments

Faustformel

Drehmoment
$M = 9550 \circ \frac{P_{M_{\text{nutz}}}}{n} \text{ (Nm)}$

TIPP:

Es ist sehr wichtig, die Beziehung zwischen der Leistung und dem Drehmoment zu kennen. Die Nennleistung steht wie das Drehmoment ab einer maschinenspezifischen Drehzahl zur Verfügung. Ein Überprüfung sollte stattfinden!

Legende

Q = Zeitspanvolumen
 a_e = Schnittbreite
 a_p = Schnitttiefe
 h = Spanungsdicke
 D_{ist} = Werkstück-Ø IST

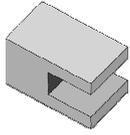
t_h = Hauptnutzungszeit
 L = Bearbeitungslänge
 i = Anzahl der Schnitte
 h_m = mittlere Spandicke
 D_{soll} = Werkstück-Ø SOLL

v_c = Schnittgeschwindigkeit
 $D_{(C)}$ = Werkzeug Durchmesser
 π = Pi (3,1415...)
 $E\%$ = Eingriffsverhältnis
 $P_{M_{\text{nutz}}}$ = Leistungsbedarf

v_f = Vorschubgeschwindigkeit
 f_z = Vorschub / Zahn
 z = Zähnezahl
 n = Drehzahl
 M = Drehmoment

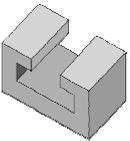
Allgemeine Tipps zur Zerspanung mit Scheibenfräsern

Unterscheidung der Fräsbearbeitungen mit Scheibenfräsern



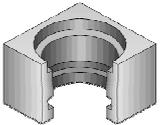
Vollnutfräsen

Hierfür wird ein dreiseitig schneidendes Werkzeugsystem benötigt. Je nach radialer Schnitttiefe entweder mit weiter Teilung und großen Spankammern oder mit enger Teilung und kleinen Spankammern.



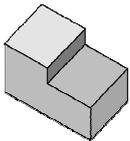
T-Nutfräsen

Hierfür wird ein dreiseitig schneidendes Werkzeugsystem benötigt. Sollte die T-Nut in einem Schnitt den identischen Gleich- und Gegenlaufanteil haben, sollte der Vorschub dennoch über das Eingriffsverhältnis berechnet werden.



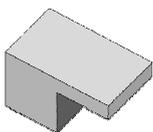
Zirkularfräsen

Hierfür wird ein dreiseitig schneidendes Werkzeugsystem benötigt. Es muss beachtet werden, dass die Werkzeugumschlingung sehr hoch sein kann und die tatsächliche radiale Schnitttiefe dadurch ansteigt. „ a_e “ berechnen!



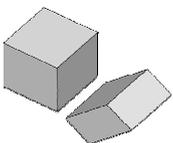
Anspiegeln vorne

Hierfür kann ein zweiseitig schneidendes Werkzeugsystem verwendet werden. Das Werkzeugsystem wird als Planeckfräser eingesetzt.



Anspiegeln hinten

Hierfür kann ein zweiseitig schneidendes Werkzeugsystem verwendet werden. Durch diese Bearbeitungsstrategie können schwer zugängliche Flächen bearbeitet werden, ohne das Werkstück umzuspannen.



Trennen

Hierfür wird ein dreiseitig schneidendes Werkzeugsystem benötigt. Es muss die maximale Schnittbogenlänge, in Bezug auf die Größe der Spankammern und die Vorschubberechnung beachtet werden.

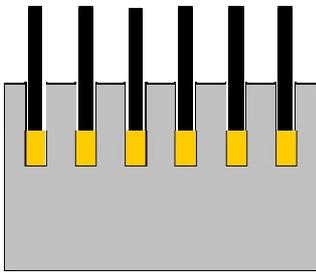
Allgemeine Tipps zur Zerspaltung mit Scheibenfräsern

Unterscheidung der Fräsbearbeitungen mit Scheibenfräsern

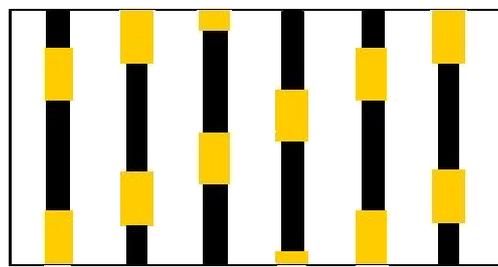
Satzfräsen

Bei diesem Verfahren werden mehrere Flächen oder Nuten zeitgleich bearbeitet. Es kann je nach Anwendung mit einem zwei- und / oder dreischneidigen System durchgeführt werden.

Satzfräsen tiefer Nuten

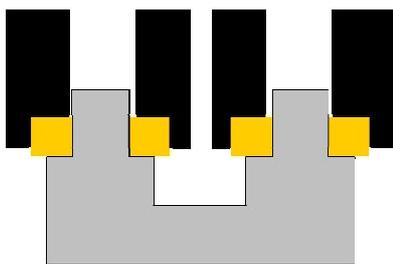


Ausführung des Fräasers

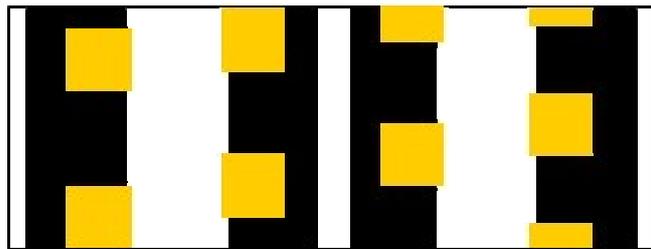


Schneiden müssen versetzt eingesetzt werden; weite Teilung verwenden

Satzfräsen von Schultern

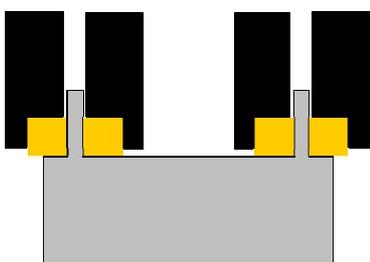


Ausführung des Fräasers

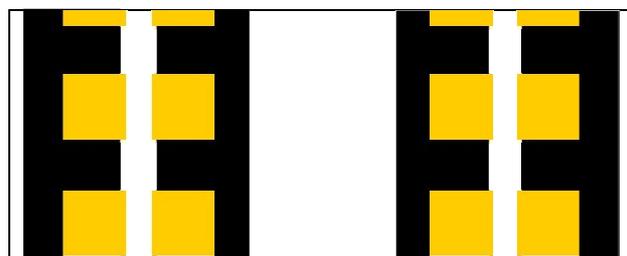


Schneiden müssen versetzt eingesetzt werden; enge Teilung verwenden

Satzfräsen dünnwandig



Ausführung des Fräasers



Schneiden müssen gegenüberliegend eingesetzt werden; enge Teilung verwenden

Formeln & Richtwerte

© ISCAR Germany GmbH

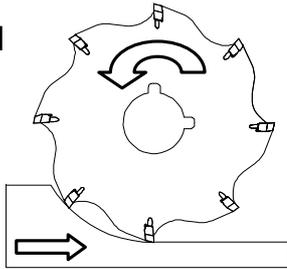
8

Allgemeine Tipps zur Zerspaltung mit Scheibenfräsern

Gleichlauf- und Gegenlaufräsen

Gleichlaufräsen

 1. Wahl

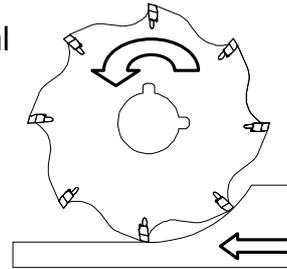


Die Schneide dringt mit der max. Spandicke „ h_{max} “ in den Werkstückstoff ein. Der Austritt erfolgt bei Spandicke „ $h=0$ “.

- verbessert die Standzeit um bis zu 50%
- verbessert die Oberflächengüte
- beansprucht weniger Leistung
- erzeugt geringere Geräusentwicklung

Gegenlaufräsen

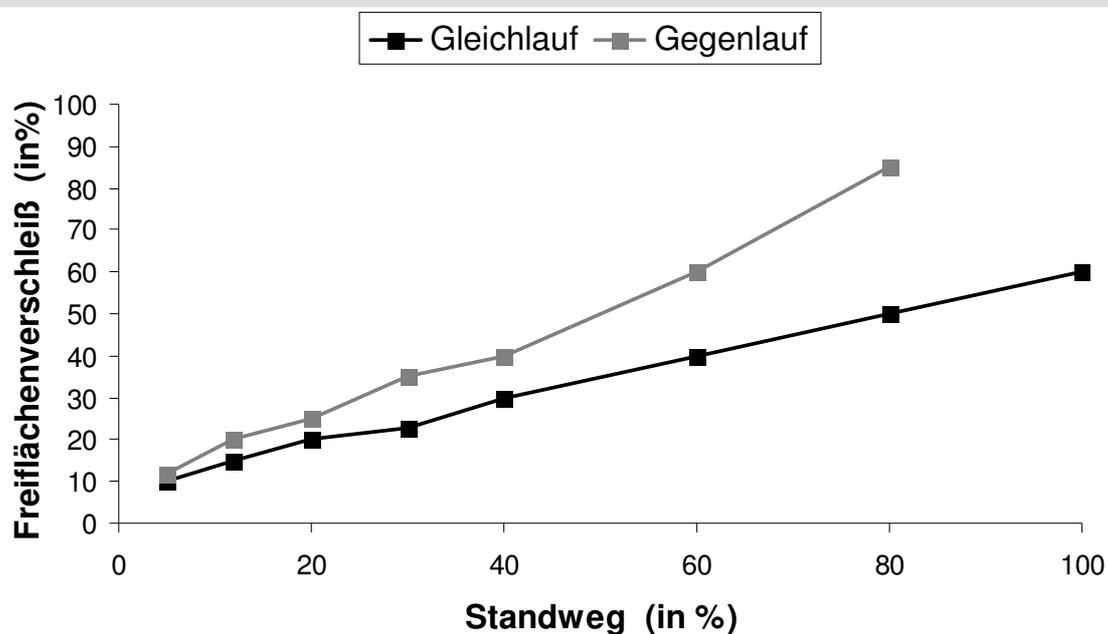
 2. Wahl



Die Schneide dringt mit der Spandicke „ $h=0$ “ in den Werkstückstoff ein. Der Austritt erfolgt bei der max. Spandicke „ h_{max} “.

- wenn "Rückschlagen" auftritt (Maschinen ohne Kugelrollspindel)
- Bearbeiten einer harten Gusshaut
- Graphit Fräsen

Verschleißverhalten Gegenlauf- und Gleichlaufräsen



Allgemeine Tipps zur Fräsbearbeitung

Spanbildung in Bezug auf den Werkstückstoff

NE-Metalle	Zerspanungsvorgang	Werkzeuanforderung
	<ul style="list-style-type: none"> • sehr oft langspanend • Spanbruch kaum kontrollierbar • kaum Wärmeentwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> • sehr positiver Spanwinkel • scharfe Schneidkante • ohne Beschichtung; mit PKD
Guss	Zerspanungsvorgang	Werkzeuanforderung
	<ul style="list-style-type: none"> • sehr kurzspanend • sehr gute Spanbruchkontrolle • geringe Wärmeentwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> • Spanwinkel 0° -10° • große Schutzfase • hohe Beschichtungsdicke
Stahl	Zerspanungsvorgang	Werkzeuanforderung
	<ul style="list-style-type: none"> • oft langspanend • Spanbruch gut kontrollierbar • mittlere Wärmeentwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> • positiver Spanwinkel • kleine Schutzfase • mittlere Beschichtungsdicke
Rostfreier Stahl	Zerspanungsvorgang	Werkzeuanforderung
	<ul style="list-style-type: none"> • lammellenförmige Spanbildung • Spanbruch kaum kontrollierbar • hohe Wärmeentwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> • sehr positiver Spanwinkel • kleine Verrundung • geringe Beschichtungsdicke
Superlegierungen	Zerspanungsvorgang	Werkzeuanforderung
	<ul style="list-style-type: none"> • stark gestauchte Spanbildung • Oberflächenaufhärtung • sehr hohe Wärmeentwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> • sehr positiver Spanwinkel • Feinstkornhartmetall • glatte Beschichtung nötig
Gehärtete Stähle	Zerspanungsvorgang	Werkzeuanforderung
	<ul style="list-style-type: none"> • kurze Bröckelspäne • hoher Leistungsbedarf • sehr hohe Wärmeentwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> • negativer Spanwinkel • sehr großer Keilwinkel • große Schutzfase; CBN

Allgemeine Tipps zur Fräsbearbeitung

Verschleißarten und Abhilfe

Freiflächenverschleiß



Mögliche Ursachen

- Schnittgeschwindigkeit zu hoch
- Wärmeentwicklung zu hoch
- HM-Sorte zu verschleißarm

Mögliche Abhilfe

- Schnittgeschwindigkeit senken
- verschleißfestere HM-Sorte
- geringerer Anstellwinkel

Kolkverschleiß



Mögliche Ursachen

- Schnittgeschwindigkeit zu hoch
- Wärmeentwicklung zu hoch
- Vorschub zu gering

Mögliche Abhilfe

- Schnittgeschwindigkeit senken
- härtere HM-Sorte
- Vorschub erhöhen

Kerbverschleiß



Mögliche Ursachen

- Schnittgeschwindigkeit zu hoch
- HM-Sorte zu verschleißarm

Mögliche Abhilfe

- Schnittgeschwindigkeit senken
- härtere HM-Sorte
- Schnitttiefe variieren

Ausbröckelungen



Mögliche Ursachen

- zu verschleißfeste HM-Sorte
- Schneide zu positiv
- Aufbauschneidenbildung

Mögliche Abhilfe

- zähere HM-Sorte
- höhere Schnittgeschwindigkeit
- stabilere Schneidkante wählen

Bruch



Mögliche Ursachen

- Schneidkante zu positiv
- HM-Sorte zu hart
- Vibrationen

Mögliche Abhilfe

- Schnitttiefe verringern
- geringerer Vorschub
- stabilerer Schneidkeil

Kammrisse



Mögliche Ursachen

- Wärmewechselspannungen
- stark unterbrochener Schnitt
- Thermoschock durch KSS

Mögliche Abhilfe

- zähere HM-Sorte wählen
- verbesserte KSS Zufuhr
- Trockenbearbeitung

Aufbauschneide



Mögliche Ursachen

- geringe Schnittgeschwindigkeit
- Vorschub zu niedrig
- Schneidkante zu negativ

Mögliche Abhilfe

- höhere Schnittgeschwindigkeit
- Vorschub erhöhen
- glatte, positive Schneidkante

Plastische Verformung



Mögliche Ursachen

- Vorschub zu hoch
- Schnittgeschwindigkeit zu hoch
- HM-Sorte zu zäh

Mögliche Abhilfe

- Schnittgeschwindigkeit senken
- Vorschub senken
- härtere HM-Sorte wählen

Allgemeine Tipps zur Fräsbearbeitung

Allgemeine Probleme und Abhilfen

Problem	Mögliche Ursachen	Mögliche Abhilfe
Vibrationen am Werkzeug	<ul style="list-style-type: none"> • Vorschub zu gering • Werkzeugdurchmesser zu klein • Werkzeugspannung zu labil • zu wenig Zähne im Eingriff • Nebenschneide drückt 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorschub erhöhen • Auskraglänge Wkz. verringern • Werkzeugspannung optimieren • eng geteiltes Wkz. verwenden • kürzere Nebenschneide wählen • Anstellwinkel verringern

Problem	Mögliche Ursachen	Mögliche Abhilfe
Vibrationen am Werkstück	<ul style="list-style-type: none"> • Werkstückspannung zu labil • Werkzeug zu labil • Werkzeugspannung zu labil • zu wenig Zähne im Eingriff • Nebenschneide drückt 	<ul style="list-style-type: none"> • allg. Spannsituation verbessern • Schnittkraft Richtung Anschlag • axiale Schnittkräfte reduzieren • radiale Schnittkraft reduzieren • kürzere Nebenschneide wählen • positivere Schneide wählen • weit geteilter Fräser • differentialgeteilten Fräser

Problem	Mögliche Ursachen	Mögliche Abhilfe
Antriebsleistung	<ul style="list-style-type: none"> • Maschinenleistung zu gering • Zerspanungsvolumen zu hoch • Schneide zu negativ 	<ul style="list-style-type: none"> • Schnitttiefe reduzieren • Schnittbreite reduzieren • Vorschub pro Zahn reduzieren • radiale Schnittkraft reduzieren • Z_{eff} reduzieren • positivere Schneide wählen

Problem	Mögliche Ursachen	Mögliche Abhilfe
Spanabtransport nicht gewährleistet	<ul style="list-style-type: none"> • Schnitttiefe zu hoch • Schnittbogenlänge zu groß • Spankammern zu gering 	<ul style="list-style-type: none"> • Schnitttiefe reduzieren • Schnittbreite reduzieren • Vorschub pro Zahn reduzieren • radiale Schnittkraft reduzieren • Z_{eff} reduzieren • positivere Schneide wählen

Problem	Mögliche Ursachen	Mögliche Abhilfe
Deformierung des Mitnahmekeils	<ul style="list-style-type: none"> • Aufnahme zu klein • Schnitttiefe zu hoch • Vorschub pro Zahn zu hoch • Mitnehmer nicht gehärtet 	<ul style="list-style-type: none"> • größere Aufnahme wählen • Z_{eff} reduzieren • Vorschub pro Zahn reduzieren • Schnitttiefe reduzieren

8

Allgemeine Tipps zur Fräsbearbeitung

Ungenügende Oberfläche

Problem	Mögliche Ursachen	Mögliche Abhilfe
Vorschub pro Fräserumdrehung zu groß	<ul style="list-style-type: none"> Planlauf des Fräasers schlecht Rundlauf des Fräasers schlecht Rundlauf der Spindel schlecht Nebenschneide zu klein 	<ul style="list-style-type: none"> Planlauf einstellen Spindelrundlauf überprüfen Oberfläche der Spindel prüfen Genauigkeit Aufnahme prüfen Breitschlichtschneiden wählen Vorschub pro Umdrehung max. 75% Nebenschneidenlänge
Vibrationen	<p>siehe Kapitel: „Allgemeine Probleme und Abhilfen“</p>	<p>siehe Kapitel: „Allgemeine Probleme und Abhilfen“</p>
Werkzeugverschleiß	<p>siehe Kapitel: „Verschleißarten und Abhilfen“</p>	<p>siehe Kapitel: „Verschleißarten und Abhilfen“</p>
Nachschneiden des Fräasers	<ul style="list-style-type: none"> radiale Schnittkräfte zu hoch: Fräser vibriert Fräserdurchmesser zu groß 	<ul style="list-style-type: none"> Schnitttiefe reduzieren: mit Spindelsturz fräsen Position Wiper-Schneide prüfen
Ausbrüche am Werkstück	<ul style="list-style-type: none"> Verschleiß der Schneidkante Schneide zu negativ Vorschub pro Zahn zu hoch 	<ul style="list-style-type: none"> Fräser mit sehr enger Teilung Anstellwinkel der Schneidkante verkleinern Spanquerschnitt verringern schärfere Schneidkante

Oberfläche beim Besäumen

$$H = \frac{f_z^2}{4 \times D_{Wkzg}}$$

