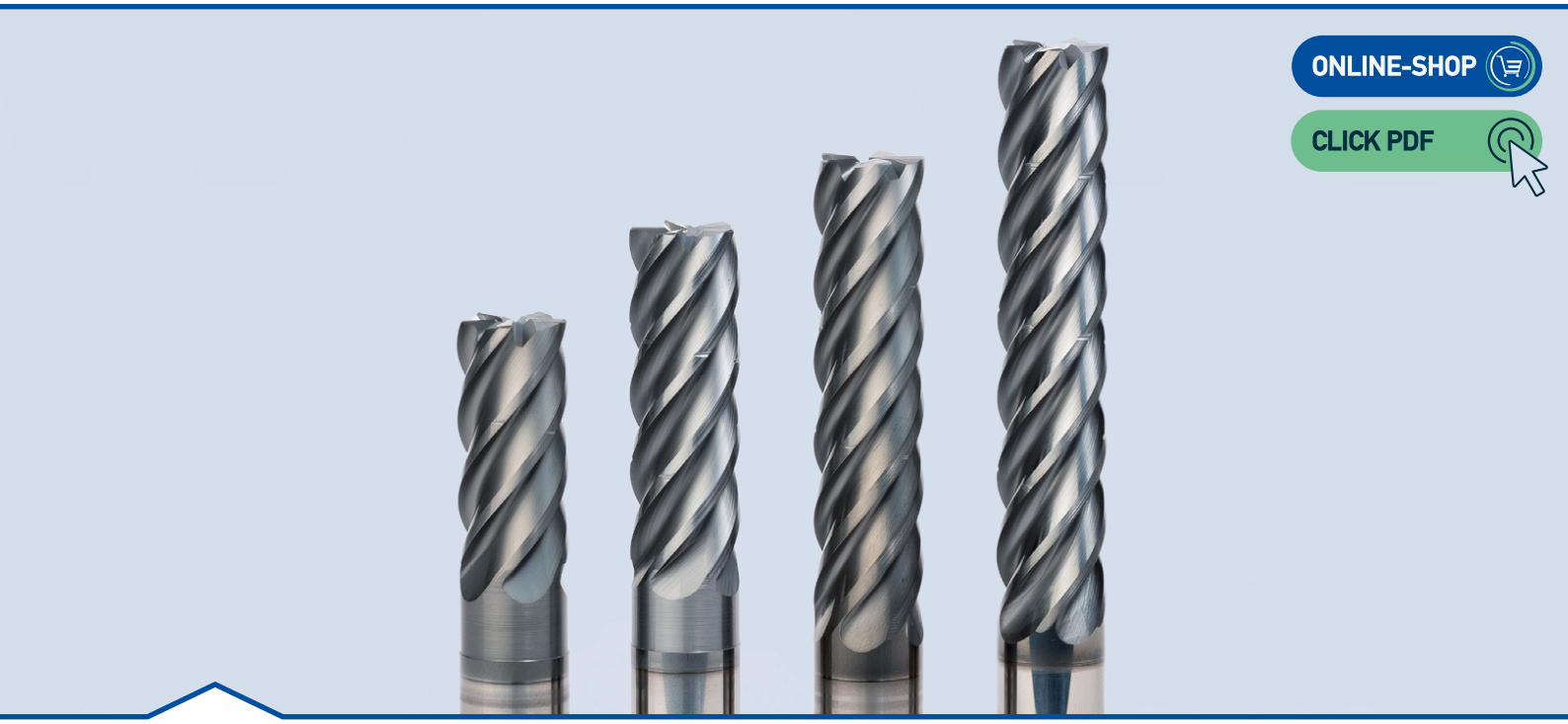


Ihr Technologiepartner für die wirtschaftliche Zerspanung

OptiMill®-Tro-Uni (2. Generation)

OptiMill®-Tro-Uni (2. Generation)

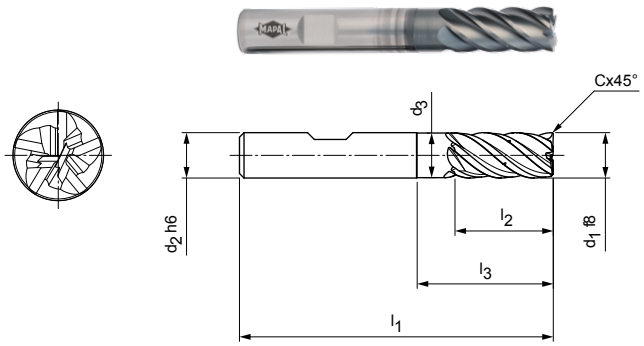
Eckfräser, Ausführung 2xD mit Spanteiler
SCM942

Ausführung:

Fräserdurchmesser:	4,00 - 25,00 mm
Schneidstoff:	HP830
Schneidenanzahl:	5
Spiralwinkel:	~ 41°

Konfigurierbare Merkmale:

Anwendung:



P	1	2	3	4	5	M	1	2	3	K	1	2	3	4	5	N	1	2	3	4	5	S	1	2	3	4	H	1	2	3	C	1	2	3	4	5
■	■	■	■	■	■	▬	▬	▬	▬	■	■	■	■	■	■													▬									

Baumaße							z	Spanteiler	Spezifikation	Bestell-Nr.
d_1 f8	d_2 h6	d_3	l_1	l_2	l_3	Cx45°				
4,00	6	3,9	57	11	13	0,08	5	–	SCM942-0400Z05R-F0008HB2-HP830	31663069
5,00	6	4,8	57	13	15,5	0,10	5	–	SCM942-0500Z05R-F0010HB2-HP830	31663140
6,00	6	5,8	57	13	19	0,12	5	–	SCM942-0600Z05R-F0012HB2-HP830	31663141
8,00	8	7,8	63	19	25	0,16	5	–	SCM942-0800Z05R-F0016HB2-HP830	31663142
10,00	10	9,8	72	22	30	0,20	5	–	SCM942-1000Z05R-F0020HB2-HP830	31663143
12,00	12	11,8	83	26	36	0,24	5	1	SCM942-1200Z05R-F0024HB2-HP830	31663144
16,00	16	15,8	92	32	42	0,32	5	1	SCM942-1600Z05R-F0032HB2-HP830	31663146
20,00	20	19,8	104	41	52	0,40	5	1	SCM942-2000Z05R-F0040HB2-HP830	31663148
25,00	25	24,5	125	50	65	0,50	5	1	SCM942-2500Z05R-F0050HB2-HP830	31663149

Maßangaben in mm.
Schnittwertempfehlung siehe Kapitelende.
Sonderausführungen und andere Beschichtungen auf Anfrage.

OptiMill®-Tro-Uni (2. Generation)

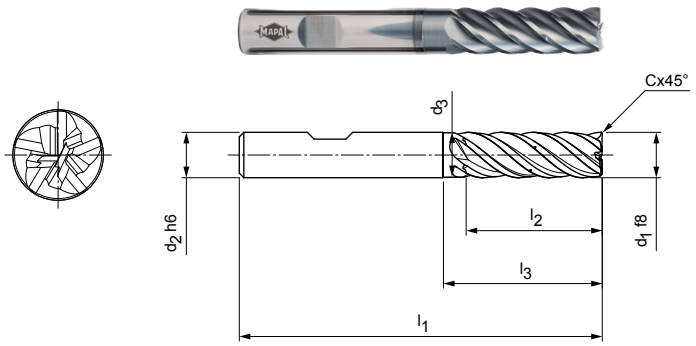
Eckfräser, Ausführung 3xD mit Spanteiler
SCM942

Ausführung:

Fräserdurchmesser:	4,00 - 20,00 mm
Schneidstoff:	HP830
Schneidenanzahl:	5
Spiralwinkel:	~ 41°

Konfigurierbare Merkmale:

Anwendung:



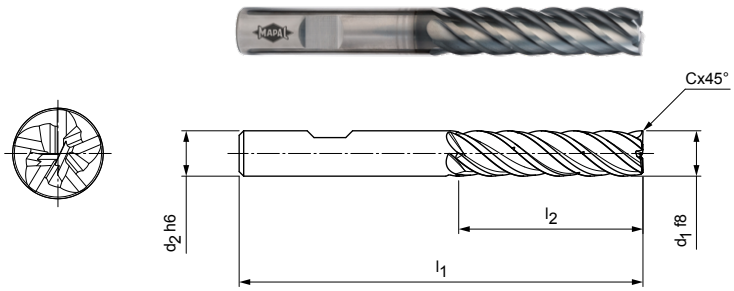
P	1	2	3	4	5	M	1	2	3	K	1	2	3	4	5	N	1	2	3	4	5	S	1	2	3	4	H	1	2	3	C	1	2	3	4	5
■	■	■	■	■	■	⬓	⬓	⬓	⬓	■	■	■	■	■	■													⬓									

Baumaße							z	Spanteiler	Spezifikation	Bestell-Nr.
d_1 f8	d_2 h6	d_3	l_1	l_2	l_3	Cx45°				
4,00	6	3,9	62	16	23	0,08	5	1	SCM942-0400Z05R-F0008HB3-HP830	31663150
5,00	6	4,8	62	17	24	0,10	5	1	SCM942-0500Z05R-F0010HB3-HP830	31663151
6,00	6	5,8	62	18	25	0,12	5	1	SCM942-0600Z05R-F0012HB3-HP830	31663152
8,00	8	7,8	68	24	30	0,16	5	1	SCM942-0800Z05R-F0016HB3-HP830	31663153
10,00	10	9,8	80	30	35	0,20	5	1	SCM942-1000Z05R-F0020HB3-HP830	31663154
12,00	12	11,8	93	36	45	0,24	5	2	SCM942-1200Z05R-F0024HB3-HP830	31663155
16,00	16	15,8	108	48	55	0,32	5	2	SCM942-1600Z05R-F0032HB3-HP830	31663157
20,00	20	19,8	126	60	70	0,40	5	2	SCM942-2000Z05R-F0040HB3-HP830	31663159

Maßangaben in mm.
Schnittwertempfehlung siehe Kapitelende.
Sonderausführungen und andere Beschichtungen auf Anfrage.

OptiMill®-Tro-Uni (2. Generation)

Eckfräser, Ausführung 4xD mit Spanteiler
SCM942

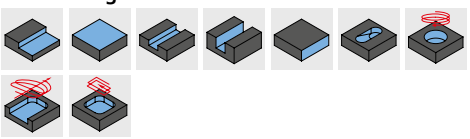


Ausführung:

Fräserdurchmesser:	5,00 - 20,00 mm
Schneidstoff:	HP830
Schneidenanzahl:	5
Spiralwinkel:	~ 41°

Konfigurierbare Merkmale:

Anwendung:



P	1	2	3	4	5	M	1	2	3	K	1	2	3	4	5	N	1	2	3	4	5	S	1	2	3	4	H	1	2	3	C	1	2	3	4	5
■	■	■	■	■	■	▬	▬	▬	▬	■	■	■	■	■	■													▬									

Baumaße					z	Spanteiler	Spezifikation	Bestell-Nr.
d_1 f8	d_2 h6	l_1	l_2	Cx45°				
5,00	6	66	20	0,10	5	2	SCM942-0500Z05R-F0010HB4-HP830	31663161
6,00	6	66	24	0,12	5	2	SCM942-0600Z05R-F0012HB4-HP830	31663162
8,00	8	74	32	0,16	5	2	SCM942-0800Z05R-F0016HB4-HP830	31663163
10,00	10	89	40	0,20	5	2	SCM942-1000Z05R-F0020HB4-HP830	31663164
12,00	12	100	48	0,24	5	2	SCM942-1200Z05R-F0024HB4-HP830	31663165
16,00	16	123	64	0,32	5	2	SCM942-1600Z05R-F0032HB4-HP830	31663167
20,00	20	140	80	0,40	5	2	SCM942-2000Z05R-F0040HB4-HP830	31663169

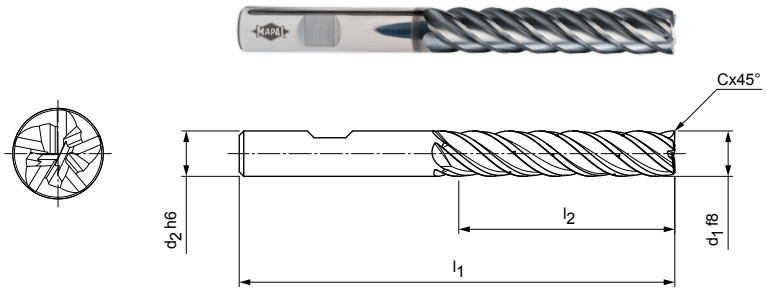
Maßangaben in mm.
Schnittwertempfehlung siehe Kapitelende.
Sonderausführungen und andere Beschichtungen auf Anfrage.

OptiMill®-Tro-Uni (2. Generation)

Eckfräser, Ausführung 5xD mit Spanteiler
SCM942

Ausführung:

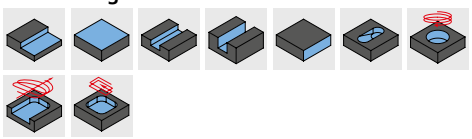
Fräserdurchmesser:	8,00 - 20,00 mm
Schneidstoff:	HP830
Schneidenanzahl:	5
Spiralwinkel:	~ 41°

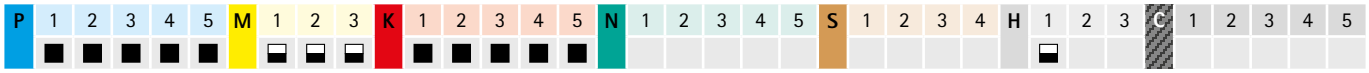


Konfigurierbare Merkmale:



Anwendung:





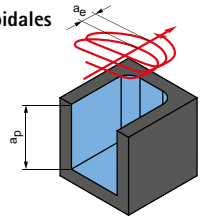
Baumaße					z	Spanteiler	Spezifikation	Bestell-Nr.
d_1 f8	d_2 h6	l_1	l_2	Cx45°				
8,00	8	81	40	0,16	5	3	SCM942-0800Z05R-F0016HB5-HP830	31663171
10,00	10	96	50	0,20	5	3	SCM942-1000Z05R-F0020HB5-HP830	31663172
12,00	12	112	60	0,24	5	3	SCM942-1200Z05R-F0024HB5-HP830	31663173
16,00	16	136	80	0,32	5	3	SCM942-1600Z05R-F0032HB5-HP830	31663175
20,00	20	160	100	0,40	5	3	SCM942-2000Z05R-F0040HB5-HP830	31663177

Maßangaben in mm.
Schnittwertempfehlung siehe Kapitelende.
Sonderausführungen und andere Beschichtungen auf Anfrage.

Schnittwertempfehlung für Trochoidalfräser

Vorschub und Schnittgeschwindigkeit

Trochoidales Fräsen



GERINGE Dynamik
a_p = abhängig von max. Bearbeitungstiefe des Werkzeugs
a_e = abhängig vom Werkstoff

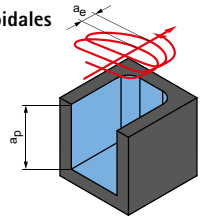
OptiMill-Tro-Uni (2. Generation) | SCM942 (2xD, 3xD)

MMG*		Werkstoff	Festigkeit/ Härte [N/mm²] [HRC]	Kühlung			Vorschub pro Zahn f_z [mm/Zahn] bei Fräserdurchmesser [mm]											
				MMS/Luft	Trocken	Nass	v_c [m/min]	a_e in %	4,00	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	20,00
P	P1-1	Unlegierter Stahl ≤ 0.15% C, geglüht	420	✓	✓	✓	**405**	**20**	0,060	0,073	0,085	0,109	0,131	0,152	0,172	0,190	0,222
	P1-2	Unlegierter Stahl ≤ 0.45% C, geglüht	650	✓	✓	✓	**360**	**20**	0,072	0,088	0,103	0,132	0,159	0,184	0,207	0,229	0,268
	P1-3	Unlegierter Stahl ≤ 0.45% C, vergütet	850	✓	✓	✓	**342**	**20**	0,058	0,070	0,082	0,105	0,127	0,147	0,166	0,183	0,214
	P1-4	Unlegierter Stahl ≤ 0.75% C, geglüht	900	✓	✓	✓	**306**	**20**	0,057	0,069	0,081	0,103	0,125	0,144	0,163	0,180	0,211
	P1-5	Unlegierter Stahl ≤ 0.75% C, vergütet	1.000	✓	✓	✓	**288**	**20**	0,055	0,066	0,078	0,100	0,120	0,139	0,157	0,173	0,203
	P2-1	Niedriglegierter Stahl, geglüht	600	✓	✓	✓	**324**	**20**	0,059	0,072	0,084	0,107	0,129	0,150	0,169	0,187	0,218
	P2-2	Niedriglegierter Stahl, vergütet	930	✓	✓	✓	**288**	**20**	0,055	0,066	0,078	0,100	0,120	0,139	0,157	0,173	0,203
	P2-3	Niedriglegierter Stahl, vergütet	1.000	✓	✓	✓	**261**	**20**	0,052	0,063	0,073	0,094	0,113	0,131	0,148	0,163	0,191
	P2-4	Niedriglegierter Stahl, vergütet	1.200	✓	✓	✓	**225**	**20**	0,048	0,059	0,069	0,088	0,106	0,123	0,139	0,153	0,179
	P3-1	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl, geglüht	680	✓	✓	✓	**216**	**20**	0,054	0,065	0,076	0,098	0,118	0,136	0,154	0,170	0,199
	P3-2	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl, vergütet	1.100	✓	✓	✓	**198**	**20**	0,051	0,061	0,072	0,092	0,111	0,128	0,145	0,160	0,187
	P3-3	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl, vergütet	1.250	✓	✓	✓	**171**	**20**	0,047	0,058	0,067	0,086	0,104	0,120	0,136	0,150	0,175
	P4-1	Bainitischer Stahl, Ultra-High-Carbon-Stahl, bainitisch vergütet	1.650			✓	**180**	**17**	0,034	0,041	0,048	0,061	0,074	0,086	0,096	0,107	0,125
	P5-1	Nichtrostender Stahl, ferritisch / martensitisch, vergütet	680			✓	**225**	**18**	0,046	0,056	0,066	0,084	0,101	0,118	0,133	0,147	0,172
	P5-2	Nichtrostender Stahl, martensitisch, vergütet	800			✓	**198**	**18**	0,044	0,054	0,063	0,080	0,097	0,112	0,127	0,140	0,164
	P5-3	Nichtrostender Stahl, martensitisch, ausscheidungsgehärtet	1.200			✓	**144**	**18**	0,039	0,047	0,055	0,071	0,085	0,099	0,112	0,123	0,144
M	M1-1	Nichtrostender Stahl, austenitisch, abgeschreckt	680			✓	88	18	0,041	0,050	0,059	0,075	0,091	0,105	0,118	0,131	0,153
	M1-2	Nichtrostender Stahl, austenitisch (super austenitisch), ausscheidungsgehärtet	1.010			✓	74	15	0,039	0,047	0,055	0,071	0,085	0,098	0,111	0,123	0,144
	M2-1	Nichtrostender Stahl, austenitisch / ferritisch (Duplex), lösungsgeglüht	780			✓	81	15	0,039	0,047	0,055	0,071	0,085	0,098	0,111	0,123	0,144
	M2-2	Nichtrostender Stahl, austenitisch / ferritisch (Superduplex), lösungsgeglüht	780			✓	74	13	0,036	0,044	0,051	0,066	0,079	0,092	0,104	0,115	0,134
	M3-1	Nichtrostender Stahl, hitzebeständiger austenitischer Stahl, gegossen	720			✓	74	15	0,035	0,042	0,050	0,063	0,076	0,089	0,100	0,110	0,129
K	K1-1	Gusseisen mit Lamellengraphit GJL, perlitisch / ferritisch	200	✓	✓	✓	**418**	**20**	0,120	0,146	0,171	0,219	0,263	0,305	0,344	0,380	0,445
	K1-2	Gusseisen mit Lamellengraphit GJL, perlitisch	250	✓	✓	✓	**380**	**20**	0,107	0,130	0,153	0,195	0,235	0,272	0,307	0,339	0,397
	K1-3	Gusseisen mit Lamellengraphit GJL, perlitisch	350	✓	✓	✓	**342**	**20**	0,107	0,130	0,153	0,195	0,235	0,272	0,307	0,339	0,397
	K2-1	Gusseisen mit Kugelgraphit GJS, ferritisch	400	✓	✓	✓	**380**	**20**	0,102	0,124	0,145	0,186	0,224	0,259	0,292	0,323	0,378
	K2-2	Gusseisen mit Kugelgraphit GJS, ferritisch / perlitisch	500	✓	✓	✓	**342**	**20**	0,084	0,102	0,119	0,153	0,184	0,213	0,240	0,266	0,311
	K2-3	Gusseisen mit Kugelgraphit GJS, perlitisch	700	✓	✓	✓	**304**	**18**	0,084	0,102	0,119	0,153	0,184	0,213	0,240	0,266	0,311
	K2-4	Wärmebehandelter Kugelgraphitguss ADI, austenitisch / ferritisch	1.400	✓	✓	✓	**171**	**15**	0,048	0,058	0,068	0,087	0,105	0,121	0,137	0,151	0,177
	K3-1	Gusseisen mit Vermikulargraphit GJV, ferritisch	400	✓	✓	✓	**276**	**20**	0,084	0,102	0,119	0,153	0,184	0,213	0,240	0,266	0,311
	K3-2	Gusseisen mit Vermikulargraphit GJV, perlitisch	> 400	✓	✓	✓	**257**	**20**	0,072	0,088	0,103	0,132	0,159	0,184	0,207	0,229	0,268
	K4-1	Temperguss GJMW / GJMB, ferritisch	400	✓	✓	✓	**418**	**20**	0,120	0,146	0,171	0,219	0,263	0,305	0,344	0,380	0,445
	K4-2	Temperguss GJMW / GJMB, perlitisch	600	✓	✓	✓	**342**	**20**	0,107	0,130	0,153	0,195	0,235	0,272	0,307	0,339	0,397
	K5-1	Austenitisches Gusseisen GJLA / GJSA, Lamellengraphit	210	✓	✓	✓	**342**	**20**	0,084	0,102	0,119	0,153	0,184	0,213	0,240	0,266	0,311
	K5-2	Austenitisches Gusseisen GJLA / GJSA, Kugelgraphit	420	✓	✓	✓	**304**	**20**	0,072	0,088	0,103	0,132	0,159	0,184	0,207	0,229	0,268

Hinweis:
Bei Bearbeitungen unter Einsatz von Kühlschmierstoff (KSS) ist die Schnittgeschwindigkeit im Vergleich zur Trockenbearbeitung um ca. 30 % zu reduzieren. Dadurch werden thermisch bedingte Schockbelastungen (Thermoschock) der Schneidkante vermieden.

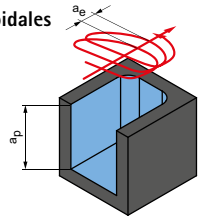
* MAPAL Zerspanungsgruppen
Die angegebenen Schnittwerte sind Richtwerte.

Trochoidales Fräsen



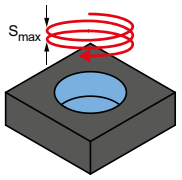
MITTLERE Dynamik
a_p = abhängig von max. Bearbeitungstiefe des Werkzeugs
a_e = abhängig vom Werkstoff

Trochoidales Fräsen



HOHE Dynamik
a_p = abhängig von max. Bearbeitungstiefe des Werkzeugs
a_e = abhängig vom Werkstoff

Helixfräsen



Vorschub pro Zahn f_z [mm/Zahn] bei Fräserdurchmesser [mm]											Vorschub pro Zahn f_z [mm/Zahn] bei Fräserdurchmesser [mm]											Helixfräsen G=1,8	
v_c [m/min]	a_e in %	4,00	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	20,00	v_c [m/min]	a_e in %	4,00	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	20,00	Smax	EW [°]
446	**15**	0,067	0,081	0,095	0,121	0,146	0,169	0,191	0,211	0,247	**490**	**10**	0,077	0,094	0,110	0,140	0,169	0,196	0,221	0,244	0,285	0,5xD	10
396	**15**	0,084	0,101	0,119	0,152	0,183	0,212	0,239	0,264	0,309	**436**	**10**	0,102	0,124	0,146	0,186	0,224	0,260	0,293	0,324	0,379	0,5xD	10
376	**15**	0,064	0,078	0,091	0,117	0,141	0,163	0,184	0,203	0,238	**414**	**10**	0,074	0,090	0,106	0,135	0,163	0,189	0,213	0,235	0,275	0,5xD	10
337	**15**	0,063	0,077	0,090	0,115	0,138	0,160	0,181	0,200	0,234	**370**	**10**	0,073	0,089	0,104	0,133	0,160	0,185	0,209	0,231	0,270	0,5xD	10
317	**15**	0,061	0,074	0,086	0,110	0,133	0,154	0,174	0,192	0,225	**348**	**10**	0,070	0,085	0,100	0,128	0,154	0,178	0,201	0,223	0,260	0,5xD	10
356	**15**	0,065	0,079	0,093	0,119	0,143	0,166	0,187	0,207	0,242	**392**	**10**	0,076	0,092	0,108	0,138	0,166	0,192	0,217	0,240	0,280	0,5xD	10
317	**15**	0,061	0,074	0,086	0,110	0,133	0,154	0,174	0,192	0,225	**348**	**10**	0,070	0,085	0,100	0,128	0,154	0,178	0,201	0,223	0,260	0,5xD	10
287	**15**	0,057	0,069	0,081	0,104	0,125	0,145	0,164	0,181	0,212	**316**	**10**	0,066	0,080	0,094	0,121	0,145	0,168	0,190	0,210	0,245	0,5xD	10
248	**15**	0,054	0,065	0,076	0,098	0,118	0,136	0,154	0,170	0,199	**272**	**10**	0,062	0,076	0,088	0,113	0,136	0,158	0,178	0,197	0,230	0,5xD	10
238	**15**	0,060	0,072	0,085	0,108	0,131	0,151	0,171	0,189	0,221	**261**	**10**	0,069	0,084	0,098	0,125	0,151	0,175	0,197	0,218	0,255	0,5xD	10
218	**15**	0,056	0,068	0,080	0,102	0,123	0,142	0,161	0,177	0,208	**240**	**10**	0,065	0,079	0,092	0,118	0,142	0,165	0,186	0,205	0,240	0,5xD	10
188	**15**	0,053	0,064	0,075	0,096	0,115	0,133	0,150	0,166	0,195	**207**	**10**	0,061	0,074	0,087	0,111	0,133	0,154	0,174	0,193	0,225	0,5xD	10
198	**12**	0,037	0,045	0,053	0,068	0,082	0,095	0,107	0,118	0,138	**218**	**7**	0,043	0,053	0,062	0,079	0,095	0,110	0,124	0,137	0,160	0,3xD	7
248	**13**	0,051	0,062	0,073	0,093	0,113	0,130	0,147	0,163	0,190	**272**	**8**	0,059	0,072	0,085	0,108	0,130	0,151	0,170	0,188	0,220	0,3xD	7
218	**13**	0,049	0,060	0,070	0,089	0,107	0,125	0,140	0,155	0,182	**240**	**8**	0,057	0,069	0,081	0,103	0,124	0,144	0,163	0,180	0,210	0,3xD	7
158	**13**	0,043	0,052	0,061	0,079	0,095	0,110	0,124	0,137	0,160	**174**	**8**	0,050	0,061	0,071	0,091	0,110	0,127	0,143	0,158	0,185	0,3xD	7
97	13	0,048	0,058	0,068	0,087	0,105	0,121	0,137	0,151	0,177	106	8	0,058	0,071	0,083	0,106	0,128	0,148	0,167	0,185	0,217	0,05xD	1
82	10	0,045	0,054	0,064	0,081	0,098	0,114	0,128	0,142	0,166	90	5	0,055	0,067	0,078	0,100	0,120	0,139	0,157	0,174	0,203	0,05xD	1
89	10	0,045	0,054	0,064	0,081	0,098	0,114	0,128	0,142	0,166	98	5	0,055	0,067	0,078	0,100	0,120	0,139	0,157	0,174	0,203	0,05xD	1
82	7	0,042	0,051	0,059	0,076	0,092	0,106	0,120	0,132	0,155	90	5	0,051	0,062	0,073	0,093	0,112	0,130	0,147	0,162	0,190	0,05xD	1
82	10	0,040	0,049	0,057	0,073	0,088	0,102	0,115	0,128	0,149	90	5	0,049	0,060	0,070	0,090	0,108	0,125	0,141	0,156	0,183	0,05xD	1
460	**15**	0,139	0,169	0,197	0,252	0,304	0,352	0,397	0,439	0,514	**506**	**10**	0,170	0,206	0,242	0,309	0,372	0,431	0,487	0,538	0,629	0,5xD	10
418	**15**	0,124	0,150	0,176	0,225	0,271	0,314	0,355	0,392	0,459	**460**	**10**	0,152	0,184	0,216	0,276	0,332	0,385	0,434	0,480	0,562	0,5xD	10
376	**15**	0,124	0,150	0,176	0,225	0,271	0,314	0,355	0,392	0,459	**414**	**10**	0,152	0,184	0,216	0,276	0,332	0,385	0,434	0,480	0,562	0,5xD	10
418	**15**	0,118	0,143	0,168	0,214	0,258	0,299	0,338	0,373	0,437	**460**	**10**	0,144	0,175	0,205	0,263	0,316	0,367	0,413	0,457	0,535	0,5xD	10
376	**15**	0,097	0,118	0,138	0,176	0,213	0,246	0,278	0,307	0,359	**414**	**10**	0,119	0,144	0,169	0,216	0,260	0,302	0,340	0,376	0,440	0,5xD	10
334	**13**	0,097	0,118	0,138	0,176	0,213	0,246	0,278	0,307	0,359	**368**	**8**	0,119	0,144	0,169	0,216	0,260	0,302	0,340	0,376	0,440	0,3xD	7
188	**10**	0,055	0,067	0,079	0,100	0,121	0,140	0,158	0,175	0,204	**207**	**5**	0,068	0,082	0,096	0,123	0,148	0,172	0,194	0,214	0,250	0,25xD	5
303	**15**	0,097	0,118	0,138	0,176	0,213	0,246	0,278	0,307	0,359	**333**	**10**	0,119	0,144	0,169	0,216	0,260	0,302	0,340	0,376	0,440	0,5xD	10
282	**15**	0,084	0,101	0,119	0,152	0,183	0,212	0,239	0,264	0,309	**310**	**10**	0,102	0,124	0,146	0,186	0,224	0,260	0,293	0,324	0,379	0,5xD	10
460	**15**	0,139	0,169	0,197	0,252	0,304	0,352	0,397	0,439	0,514	**506**	**10**	0,170	0,206	0,242	0,309	0,372	0,431	0,487	0,538	0,629	0,5xD	10
376	**15**	0,124	0,150	0,176	0,225	0,271	0,314	0,355	0,392	0,459	**414**	**10**	0,152	0,184	0,216	0,276	0,332	0,385	0,434	0,480	0,562	0,5xD	10
376	**15**	0,097	0,118	0,138	0,176	0,213	0,246	0,278	0,307	0,359	**414**	**10**	0,119	0,144	0,169	0,216	0,260	0,302	0,340	0,376	0,440	0,5xD	10
334	**15**	0,084	0,101	0,119	0,152	0,183	0,212	0,239	0,264	0,309	**368**	**10**	0,102	0,124	0,146	0,186	0,224	0,260	0,293	0,324	0,379	0,5xD	10

Begriffserklärung:
S_{max} = maximale Steigung der Helix
EW_{max} = Steigungswinkel der Helix (ergibt sich aus G und S_{max})
G = Verhältnis Kreistaschen-Ø beim Eintauchen zum Werkzeug-Ø
Bsp: Werkzeug-Ø 12 mm bei G=1,5 ergibt Taschen-Ø von 18 mm

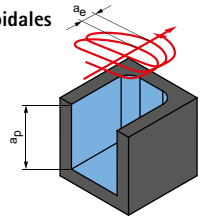
Nächste Seite:
Eingriffswinkel und maximale Spandicke

Die für den jeweiligen Bearbeitungsfall optimalen Daten sollten im Versuch oder während der Bearbeitung ermittelt werden.
Fettschrift: Bestens geeignet | Normalschrift: Bedingt geeignet

Schnittwertempfehlung für Trochoidalfräser

Eingriffswinkel und maximale Spandicke

Trochoidales Fräsen



GERINGE Dynamik
a_p = abhängig von max. Bearbeitungstiefe des Werkzeugs
a_e = abhängig vom Werkstoff

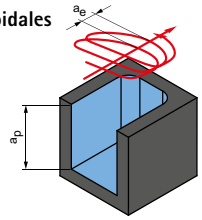
OptiMill-Tro-Uni (2. Generation) | SCM942 (2xD, 3xD)

MMG*		Werkstoff	Festigkeit/ Härte [N/mm²] [HRC]	Kühlung			Eingriffswinkel EW [°]	hmax [mm] bei Fräserdurchmesser [mm]								
				MMS/Luft	Trocken	Nass		4,00	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	20,00
P	P1-1	Unlegierter Stahl ≤ 0.15% C, geglüht	420	✓	✓	✓	**53,1**	0,048	0,058	0,068	0,087	0,105	0,122	0,137	0,152	0,178
	P1-2	Unlegierter Stahl ≤ 0.45% C, geglüht	650	✓	✓	✓	**53,1**	0,058	0,070	0,082	0,105	0,127	0,147	0,166	0,183	0,214
	P1-3	Unlegierter Stahl ≤ 0.45% C, vergütet	850	✓	✓	✓	**53,1**	0,046	0,056	0,066	0,084	0,101	0,118	0,133	0,147	0,172
	P1-4	Unlegierter Stahl ≤ 0.75% C, geglüht	900	✓	✓	✓	**53,1**	0,045	0,055	0,065	0,083	0,100	0,115	0,130	0,144	0,168
	P1-5	Unlegierter Stahl ≤ 0.75% C, vergütet	1.000	✓	✓	✓	**53,1**	0,044	0,053	0,062	0,080	0,096	0,111	0,125	0,139	0,162
	P2-1	Niedriglegierter Stahl, geglüht	600	✓	✓	✓	**53,1**	0,047	0,057	0,067	0,086	0,103	0,120	0,135	0,149	0,175
	P2-2	Niedriglegierter Stahl, vergütet	930	✓	✓	✓	**53,1**	0,044	0,053	0,062	0,080	0,096	0,111	0,125	0,139	0,162
	P2-3	Niedriglegierter Stahl, vergütet	1.000	✓	✓	✓	**53,1**	0,041	0,050	0,059	0,075	0,090	0,105	0,118	0,131	0,153
	P2-4	Niedriglegierter Stahl, vergütet	1.200	✓	✓	✓	**53,1**	0,039	0,047	0,055	0,070	0,085	0,098	0,111	0,123	0,143
	P3-1	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl, geglüht	680	✓	✓	✓	**53,1**	0,043	0,052	0,061	0,078	0,094	0,109	0,123	0,136	0,159
	P3-2	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl, vergütet	1.100	✓	✓	✓	**53,1**	0,040	0,049	0,058	0,074	0,089	0,103	0,116	0,128	0,150
	P3-3	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl, vergütet	1.250	✓	✓	✓	**53,1**	0,038	0,046	0,054	0,069	0,083	0,096	0,109	0,120	0,140
	P4-1	Bainitischer Stahl, Ultra-High-Carbon-Stahl, bainitisch vergütet	1.650			✓	**48,7**	0,025	0,031	0,036	0,046	0,055	0,064	0,072	0,080	0,094
	P5-1	Nichtrostender Stahl, ferritisch / martensitisch, vergütet	680			✓	**50,2**	0,036	0,043	0,051	0,065	0,078	0,090	0,102	0,113	0,132
	P5-2	Nichtrostender Stahl, martensitisch, vergütet	800			✓	**50,2**	0,034	0,041	0,048	0,062	0,074	0,086	0,097	0,108	0,126
	P5-3	Nichtrostender Stahl, martensitisch, ausscheidungsgehärtet	1.200			✓	**50,2**	0,030	0,036	0,043	0,054	0,066	0,076	0,086	0,095	0,111
M	M1-1	Nichtrostender Stahl, austenitisch, abgeschreckt	680			✓	50,2	0,032	0,039	0,045	0,058	0,070	0,081	0,091	0,101	0,118
	M1-2	Nichtrostender Stahl, austenitisch (super austenitisch), ausscheidungsgehärtet	1.010			✓	45,6	0,028	0,034	0,039	0,050	0,061	0,070	0,079	0,088	0,103
	M2-1	Nichtrostender Stahl, austenitisch / ferritisch (Duplex), lösungsgeglüht	780			✓	45,6	0,028	0,034	0,039	0,050	0,061	0,070	0,079	0,088	0,103
	M2-2	Nichtrostender Stahl, austenitisch / ferritisch (Superduplex), lösungsgeglüht	780			✓	42,3	0,024	0,030	0,035	0,044	0,053	0,062	0,070	0,077	0,090
	M3-1	Nichtrostender Stahl, hitzebeständiger austenitischer Stahl, gegossen	720			✓	45,6	0,025	0,030	0,035	0,045	0,055	0,063	0,071	0,079	0,092
K	K1-1	Gusseisen mit Lamellengraphit GJL, perlitisch / ferritisch	200	✓	✓	✓	**53,1**	0,096	0,117	0,137	0,175	0,211	0,244	0,275	0,304	0,356
	K1-2	Gusseisen mit Lamellengraphit GJL, perlitisch	250	✓	✓	✓	**53,1**	0,086	0,104	0,122	0,156	0,188	0,218	0,246	0,272	0,318
	K1-3	Gusseisen mit Lamellengraphit GJL, perlitisch	350	✓	✓	✓	**53,1**	0,086	0,104	0,122	0,156	0,188	0,218	0,246	0,272	0,318
	K2-1	Gusseisen mit Kugelgraphit GJS, ferritisch	400	✓	✓	✓	**53,1**	0,082	0,099	0,116	0,149	0,179	0,207	0,234	0,258	0,302
	K2-2	Gusseisen mit Kugelgraphit GJS, ferritisch / perlitisch	500	✓	✓	✓	**53,1**	0,067	0,082	0,096	0,122	0,147	0,171	0,192	0,213	0,249
	K2-3	Gusseisen mit Kugelgraphit GJS, perlitisch	700	✓	✓	✓	**50,2**	0,065	0,078	0,092	0,117	0,141	0,164	0,185	0,204	0,239
	K2-4	Wärmebehandelter Kugelgraphitguss ADI, austenitisch / ferritisch	1.400	✓	✓	✓	**45,6**	0,034	0,041	0,049	0,062	0,075	0,087	0,098	0,108	0,126
	K3-1	Gusseisen mit Vermikulargraphit GJV, ferritisch	400	✓	✓	✓	**53,1**	0,067	0,082	0,096	0,122	0,147	0,171	0,192	0,213	0,249
	K3-2	Gusseisen mit Vermikulargraphit GJV, perlitisch	> 400	✓	✓	✓	**53,1**	0,058	0,070	0,082	0,105	0,127	0,147	0,166	0,183	0,214
	K4-1	Temperguss GJMW / GJMB, ferritisch	400	✓	✓	✓	**53,1**	0,096	0,117	0,137	0,175	0,211	0,244	0,275	0,304	0,356
	K4-2	Temperguss GJMW / GJMB, perlitisch	600	✓	✓	✓	**53,1**	0,086	0,104	0,122	0,156	0,188	0,218	0,246	0,272	0,318
	K5-1	Austenitisches Gusseisen GJLA / GJSA, Lamellengraphit	210	✓	✓	✓	**53,1**	0,067	0,082	0,096	0,122	0,147	0,171	0,192	0,213	0,249
	K5-2	Austenitisches Gusseisen GJLA / GJSA, Kugelgraphit	420	✓	✓	✓	**53,1**	0,058	0,070	0,082	0,105	0,127	0,147	0,166	0,183	0,214

Hinweis:
Bei Bearbeitungen unter Einsatz von Kühlschmierstoff (KSS) ist die Schnittgeschwindigkeit im Vergleich zur Trockenbearbeitung um ca. 30 % zu reduzieren. Dadurch werden thermisch bedingte Schockbelastungen (Thermoschock) der Schneidkante vermieden.

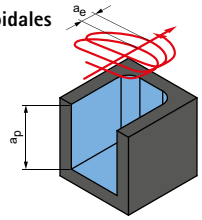
* MAPAL Zerspanungsgruppen
Die angegebenen Schnittwerte sind Richtwerte.

Trochoidales Fräsen



MITTLERE Dynamik
a_p = abhängig von max. Bearbeitungstiefe des Werkzeugs
a_e = abhängig vom Werkstoff

Trochoidales Fräsen



HOHE Dynamik
a_p = abhängig von max. Bearbeitungstiefe des Werkzeugs
a_e = abhängig vom Werkstoff

hmax [mm] bei Fräserdurchmesser [mm]								
4,00	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	20,00
0,053	0,065	0,076	0,097	0,117	0,135	0,152	0,169	0,197
0,067	0,081	0,095	0,122	0,146	0,170	0,191	0,212	0,248
0,051	0,062	0,073	0,093	0,113	0,130	0,147	0,163	0,190
0,050	0,061	0,072	0,092	0,111	0,128	0,144	0,160	0,187
0,049	0,059	0,069	0,088	0,106	0,123	0,139	0,154	0,180
0,052	0,064	0,074	0,095	0,115	0,133	0,150	0,166	0,194
0,049	0,059	0,069	0,088	0,106	0,123	0,139	0,154	0,180
0,046	0,056	0,065	0,083	0,100	0,116	0,131	0,145	0,170
0,043	0,052	0,061	0,078	0,094	0,109	0,123	0,136	0,159
0,048	0,058	0,068	0,087	0,104	0,121	0,136	0,151	0,176
0,045	0,054	0,064	0,082	0,098	0,114	0,128	0,142	0,166
0,042	0,051	0,060	0,076	0,092	0,107	0,120	0,133	0,156
0,028	0,034	0,040	0,051	0,062	0,071	0,080	0,089	0,104
0,039	0,048	0,056	0,072	0,087	0,100	0,113	0,125	0,146
0,038	0,046	0,054	0,069	0,083	0,096	0,108	0,119	0,140
0,033	0,040	0,047	0,060	0,073	0,084	0,095	0,105	0,123
0,037	0,045	0,052	0,067	0,080	0,093	0,105	0,116	0,136
0,032	0,039	0,045	0,058	0,070	0,081	0,092	0,101	0,118
0,032	0,039	0,045	0,058	0,070	0,081	0,092	0,101	0,118
0,028	0,034	0,040	0,051	0,062	0,071	0,080	0,089	0,104
0,029	0,035	0,041	0,052	0,063	0,073	0,082	0,091	0,107
0,111	0,135	0,158	0,202	0,243	0,282	0,318	0,351	0,411
0,099	0,120	0,141	0,180	0,217	0,252	0,284	0,314	0,367
0,099	0,120	0,141	0,180	0,217	0,252	0,284	0,314	0,367
0,094	0,115	0,134	0,172	0,207	0,239	0,270	0,298	0,349
0,078	0,094	0,110	0,141	0,170	0,197	0,222	0,246	0,287
0,075	0,091	0,106	0,136	0,163	0,189	0,213	0,236	0,276
0,039	0,048	0,056	0,072	0,086	0,100	0,113	0,125	0,146
0,078	0,094	0,110	0,141	0,170	0,197	0,222	0,246	0,287
0,067	0,081	0,095	0,122	0,146	0,170	0,191	0,212	0,248
0,111	0,135	0,158	0,202	0,243	0,282	0,318	0,351	0,411
0,099	0,120	0,141	0,180	0,217	0,252	0,284	0,314	0,367
0,078	0,094	0,110	0,141	0,170	0,197	0,222	0,246	0,287
0,067	0,081	0,095	0,122	0,146	0,170	0,191	0,212	0,248

hmax [mm] bei Fräserdurchmesser [mm]								
4,00	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	20,00
0,062	0,075	0,088	0,112	0,135	0,157	0,177	0,195	0,228
0,082	0,099	0,116	0,149	0,179	0,208	0,234	0,259	0,303
0,059	0,072	0,085	0,108	0,130	0,151	0,170	0,188	0,220
0,058	0,071	0,083	0,106	0,128	0,148	0,167	0,185	0,216
0,056	0,068	0,080	0,102	0,123	0,143	0,161	0,178	0,208
0,061	0,074	0,086	0,110	0,133	0,154	0,173	0,192	0,224
0,056	0,068	0,080	0,102	0,123	0,143	0,161	0,178	0,208
0,053	0,064	0,075	0,096	0,116	0,135	0,152	0,168	0,196
0,050	0,060	0,071	0,091	0,109	0,126	0,142	0,157	0,184
0,055	0,067	0,078	0,100	0,121	0,140	0,158	0,175	0,204
0,052	0,063	0,074	0,094	0,114	0,132	0,149	0,164	0,192
0,049	0,059	0,069	0,089	0,107	0,124	0,139	0,154	0,180
0,032	0,039	0,046	0,059	0,071	0,083	0,093	0,103	0,120
0,046	0,056	0,065	0,083	0,100	0,116	0,131	0,145	0,169
0,044	0,053	0,062	0,079	0,096	0,111	0,125	0,138	0,162
0,038	0,047	0,055	0,070	0,084	0,098	0,110	0,122	0,142
0,045	0,055	0,064	0,082	0,098	0,114	0,129	0,142	0,166
0,039	0,048	0,056	0,071	0,086	0,099	0,112	0,124	0,145
0,039	0,048	0,056	0,071	0,086	0,099	0,112	0,124	0,145
0,034	0,042	0,049	0,063	0,075	0,087	0,099	0,109	0,127
0,035	0,043	0,050	0,064	0,077	0,089	0,101	0,112	0,130
0,136	0,165	0,193	0,247	0,298	0,345	0,389	0,430	0,504
0,121	0,147	0,173	0,221	0,266	0,308	0,347	0,384	0,449
0,121	0,147	0,173	0,221	0,266	0,308	0,347	0,384	0,449
0,115	0,140	0,164	0,210	0,253	0,293	0,331	0,366	0,428
0,095	0,115	0,135	0,173	0,208	0,241	0,272	0,301	0,352
0,091	0,111	0,130	0,166	0,200	0,232	0,261	0,289	0,338
0,048	0,059	0,069	0,088	0,106	0,123	0,138	0,153	0,179
0,095	0,115	0,135	0,173	0,208	0,241	0,272	0,301	0,352
0,082	0,099	0,116	0,149	0,179	0,208	0,234	0,259	0,303
0,136	0,165	0,193	0,247	0,298	0,345	0,389	0,430	0,504
0,121	0,147	0,173	0,221	0,266	0,308	0,347	0,384	0,449
0,095	0,115	0,135	0,173	0,208	0,241	0,272	0,301	0,352
0,082	0,099	0,116	0,149	0,179	0,208	0,234	0,259	0,303

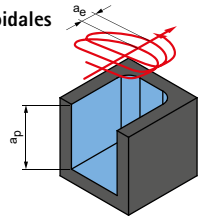
Begriffserklärung:
S_{max} = maximale Steigung der Helix
EW_{max} = Steigungswinkel der Helix (ergibt sich aus G und S_{max})
G = Verhältnis Kreistaschen-Ø beim Eintauchen zum Werkzeug-Ø
Bsp: Werkzeug-Ø 12 mm bei G=1,5 ergibt Taschen-Ø von 18 mm

Die für den jeweiligen Bearbeitungsfall optimalen Daten sollten im Versuch oder während der Bearbeitung ermittelt werden.
Fettschrift: Bestens geeignet | Normalschrift: Bedingt geeignet

Schnittwertempfehlung für Trochoidalfräser

Vorschub und Schnittgeschwindigkeit

Trochoidales Fräsen



GERINGE Dynamik
a_p = abhängig von max. Bearbeitungstiefe des Werkzeugs
a_e = abhängig vom Werkstoff

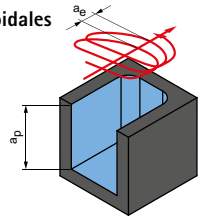
OptiMill-Tro-Uni (2. Generation) | SCM942 (4xD, 5xD)

MMG*		Werkstoff	Festigkeit/ Härte [N/mm²] [HRC]	Kühlung			Vorschub pro Zahn f_z [mm/Zahn] bei Fräserdurchmesser [mm]								
				MMS/Luft	Trocken	Nass	v_c [m/min]	a_e in %	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00	16,00	20,00
P	P1-1	Unlegierter Stahl ≤ 0.15% C, geglüht	420	✓	✓	✓	**225**	**10**	0,053	0,062	0,079	0,095	0,111	0,138	0,161
	P1-2	Unlegierter Stahl ≤ 0.45% C, geglüht	650	✓	✓	✓	**200**	**10**	0,052	0,061	0,078	0,094	0,109	0,135	0,159
	P1-3	Unlegierter Stahl ≤ 0.45% C, vergütet	850	✓	✓	✓	**190**	**10**	0,051	0,060	0,076	0,092	0,107	0,133	0,156
	P1-4	Unlegierter Stahl ≤ 0.75% C, geglüht	900	✓	✓	✓	**170**	**10**	0,050	0,059	0,075	0,090	0,105	0,131	0,153
	P1-5	Unlegierter Stahl ≤ 0.75% C, vergütet	1.000	✓	✓	✓	**160**	**10**	0,048	0,057	0,072	0,087	0,101	0,126	0,147
	P2-1	Niedriglegierter Stahl, geglüht	600	✓	✓	✓	**180**	**10**	0,052	0,061	0,078	0,094	0,109	0,135	0,159
	P2-2	Niedriglegierter Stahl, vergütet	930	✓	✓	✓	**160**	**10**	0,048	0,057	0,072	0,087	0,101	0,126	0,147
	P2-3	Niedriglegierter Stahl, vergütet	1.000	✓	✓	✓	**145**	**10**	0,045	0,053	0,068	0,082	0,095	0,119	0,139
	P2-4	Niedriglegierter Stahl, vergütet	1.200	✓	✓	✓	**125**	**10**	0,043	0,050	0,064	0,077	0,089	0,111	0,130
	P3-1	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl, geglüht	680	✓	✓	✓	**120**	**10**	0,047	0,055	0,071	0,085	0,099	0,123	0,144
	P3-2	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl, vergütet	1.100	✓	✓	✓	**110**	**10**	0,045	0,052	0,067	0,080	0,093	0,116	0,136
	P3-3	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl, vergütet	1.250	✓	✓	✓	**95**	**10**	0,042	0,049	0,063	0,075	0,087	0,109	0,127
	P4-1	Bainitischer Stahl, Ultra-High-Carbon-Stahl, bainitisch vergütet	1.650			✓	**100**	**7**	0,030	0,035	0,044	0,054	0,062	0,077	0,091
	P5-1	Nichtrostender Stahl, ferritisch / martensitisch, vergütet	680			✓	**125**	**8**	0,041	0,048	0,061	0,074	0,085	0,106	0,125
	P5-2	Nichtrostender Stahl, martensitisch, vergütet	800			✓	**110**	**8**	0,039	0,046	0,058	0,070	0,082	0,102	0,119
	P5-3	Nichtrostender Stahl, martensitisch, ausscheidungsgehärtet	1.200			✓	**80**	**8**	0,034	0,040	0,051	0,062	0,072	0,090	0,105
M	M1-1	Nichtrostender Stahl, austenitisch, abgeschreckt	680			✓	88	8	0,030	0,035	0,044	0,054	0,062	0,077	0,091
	M1-2	Nichtrostender Stahl, austenitisch (super austenitisch), ausscheidungsgehärtet	1.010			✓	75	5	0,028	0,033	0,042	0,050	0,058	0,073	0,085
	M2-1	Nichtrostender Stahl, austenitisch / ferritisch (Duplex), lösungsgeglüht	780			✓	81	5	0,028	0,033	0,042	0,050	0,058	0,073	0,085
	M2-2	Nichtrostender Stahl, austenitisch / ferritisch (Superduplex), lösungsgeglüht	780			✓	75	7	0,026	0,030	0,039	0,047	0,054	0,068	0,079
	M3-1	Nichtrostender Stahl, hitzebeständiger austenitischer Stahl, gegossen	720			✓	75	5	0,025	0,029	0,038	0,045	0,052	0,065	0,076
K	K1-1	Gusseisen mit Lamellengraphit GJL, perlitisch / ferritisch	200	✓	✓	✓	**220**	**10**	0,086	0,101	0,129	0,156	0,180	0,225	0,263
	K1-2	Gusseisen mit Lamellengraphit GJL, perlitisch	250	✓	✓	✓	**200**	**10**	0,077	0,090	0,115	0,139	0,161	0,201	0,235
	K1-3	Gusseisen mit Lamellengraphit GJL, perlitisch	350	✓	✓	✓	**180**	**10**	0,077	0,090	0,115	0,139	0,161	0,201	0,235
	K2-1	Gusseisen mit Kugelgraphit GJS, ferritisch	400	✓	✓	✓	**200**	**10**	0,073	0,086	0,110	0,132	0,153	0,191	0,224
	K2-2	Gusseisen mit Kugelgraphit GJS, ferritisch / perlitisch	500	✓	✓	✓	**180**	**10**	0,060	0,071	0,090	0,109	0,126	0,157	0,184
	K2-3	Gusseisen mit Kugelgraphit GJS, perlitisch	700	✓	✓	✓	**160**	**8**	0,060	0,071	0,090	0,109	0,126	0,157	0,184
	K2-4	Wärmebehandelter Kugelgraphitguss ADI, austenitisch / ferritisch	1.400	✓	✓	✓	**90**	**5**	0,034	0,040	0,051	0,062	0,072	0,090	0,105
	K3-1	Gusseisen mit Vermikulargraphit GJV, ferritisch	400	✓	✓	✓	**145**	**10**	0,060	0,071	0,090	0,109	0,126	0,157	0,184
	K3-2	Gusseisen mit Vermikulargraphit GJV, perlitisch	> 400	✓	✓	✓	**135**	**10**	0,052	0,061	0,078	0,094	0,109	0,135	0,159
	K4-1	Temperguss GJMW / GJMB, ferritisch	400	✓	✓	✓	**220**	**10**	0,086	0,101	0,129	0,156	0,180	0,225	0,263
	K4-2	Temperguss GJMW / GJMB, perlitisch	600	✓	✓	✓	**180**	**10**	0,077	0,090	0,115	0,139	0,161	0,201	0,235
	K5-1	Austenitisches Gusseisen GJLA / GJSA, Lamellengraphit	210	✓	✓	✓	**180**	**10**	0,060	0,071	0,090	0,109	0,126	0,157	0,184
	K5-2	Austenitisches Gusseisen GJLA / GJSA, Kugelgraphit	420	✓	✓	✓	**160**	**10**	0,052	0,061	0,078	0,094	0,109	0,135	0,159

Hinweis:
Bei Bearbeitungen unter Einsatz von Kühlschmierstoff (KSS) ist die Schnittgeschwindigkeit im Vergleich zur Trockenbearbeitung um ca. 30 % zu reduzieren. Dadurch werden thermisch bedingte Schockbelastungen (Thermoschock) der Schneidkante vermieden.

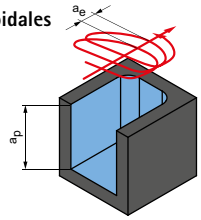
* MAPAL Zerspanungsgruppen
Die angegebenen Schnittwerte sind Richtwerte.

Trochoidales Fräsen



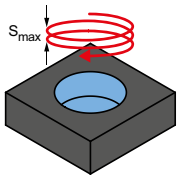
MITTLERE Dynamik
a_p = abhängig von max. Bearbeitungstiefe des Werkzeugs
a_e = abhängig vom Werkstoff

Trochoidales Fräsen



HOHE Dynamik
a_p = abhängig von max. Bearbeitungstiefe des Werkzeugs
a_e = abhängig vom Werkstoff

Helixfräsen



Vorschub pro Zahn f_z [mm/Zahn] bei Fräserdurchmesser [mm]									Vorschub pro Zahn f_z [mm/Zahn] bei Fräserdurchmesser [mm]									Helixfräsen G=1,8	
v_c [m/min]	a_e in %	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00	16,00	20,00	v_c [m/min]	a_e in %	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00	16,00	20,00	Smax	EW [°]
248	**7,5**	0,061	0,072	0,092	0,110	0,128	0,159	0,186	**273**	**5**	0,075	0,088	0,112	0,135	0,156	0,195	0,228	0,25xD	5
220	**7,5**	0,060	0,070	0,090	0,108	0,125	0,156	0,183	**242**	**5**	0,074	0,086	0,110	0,133	0,154	0,192	0,224	0,25xD	5
209	**7,5**	0,059	0,069	0,088	0,106	0,123	0,154	0,180	**230**	**5**	0,072	0,085	0,108	0,130	0,151	0,188	0,220	0,25xD	5
187	**7,5**	0,058	0,068	0,087	0,104	0,121	0,151	0,177	**206**	**5**	0,071	0,083	0,106	0,128	0,148	0,185	0,216	0,25xD	5
176	**7,5**	0,056	0,065	0,083	0,101	0,117	0,145	0,170	**194**	**5**	0,068	0,080	0,102	0,123	0,143	0,178	0,208	0,25xD	5
198	**7,5**	0,060	0,070	0,090	0,108	0,125	0,156	0,183	**218**	**5**	0,074	0,086	0,110	0,133	0,154	0,192	0,224	0,25xD	5
176	**7,5**	0,056	0,065	0,083	0,101	0,117	0,145	0,170	**194**	**5**	0,068	0,080	0,102	0,123	0,143	0,178	0,208	0,25xD	5
160	**7,5**	0,053	0,062	0,079	0,095	0,110	0,137	0,160	**176**	**5**	0,064	0,075	0,096	0,116	0,134	0,168	0,196	0,25xD	5
138	**7,5**	0,049	0,058	0,074	0,089	0,103	0,128	0,150	**152**	**5**	0,060	0,071	0,090	0,109	0,126	0,157	0,184	0,25xD	5
132	**7,5**	0,055	0,064	0,082	0,099	0,114	0,142	0,167	**146**	**5**	0,067	0,078	0,100	0,121	0,140	0,174	0,204	0,25xD	5
121	**7,5**	0,051	0,060	0,077	0,093	0,108	0,134	0,157	**134**	**5**	0,063	0,074	0,094	0,114	0,132	0,164	0,192	0,25xD	5
105	**7,5**	0,048	0,056	0,072	0,087	0,101	0,126	0,147	**116**	**5**	0,059	0,069	0,088	0,107	0,123	0,154	0,180	0,25xD	5
110	**4,5**	0,034	0,040	0,051	0,062	0,072	0,089	0,105	**121**	**2,7**	0,042	0,049	0,063	0,076	0,088	0,109	0,128	0,15xD	3
138	**5**	0,047	0,055	0,071	0,085	0,099	0,123	0,144	**152**	**3**	0,058	0,068	0,087	0,104	0,121	0,151	0,176	0,15xD	3
121	**5**	0,045	0,053	0,067	0,081	0,094	0,117	0,137	**134**	**3**	0,055	0,065	0,083	0,099	0,115	0,144	0,168	0,15xD	3
88	**5**	0,040	0,046	0,059	0,072	0,083	0,103	0,121	**97**	**3**	0,049	0,057	0,073	0,088	0,102	0,127	0,148	0,15xD	3
97	5	0,034	0,040	0,051	0,062	0,072	0,089	0,105	107	3	0,042	0,049	0,063	0,076	0,088	0,109	0,128	0,05xD	1
83	3	0,032	0,038	0,048	0,058	0,067	0,084	0,098	92	1	0,039	0,046	0,059	0,071	0,082	0,103	0,120	0,05xD	1
90	3	0,032	0,038	0,048	0,058	0,067	0,084	0,098	99	1	0,039	0,046	0,059	0,071	0,082	0,103	0,120	0,05xD	1
83	4,5	0,030	0,035	0,045	0,054	0,063	0,078	0,092	92	2,7	0,037	0,043	0,055	0,066	0,077	0,096	0,112	0,05xD	1
83	3	0,029	0,034	0,043	0,052	0,060	0,075	0,088	92	1	0,035	0,042	0,053	0,064	0,074	0,092	0,108	0,05xD	1
242	**7,5**	0,100	0,117	0,149	0,180	0,208	0,260	0,304	**267**	**5**	0,122	0,143	0,183	0,220	0,255	0,318	0,372	0,25xD	5
220	**7,5**	0,089	0,104	0,133	0,161	0,186	0,232	0,271	**242**	**5**	0,109	0,128	0,163	0,197	0,228	0,284	0,332	0,25xD	5
198	**7,5**	0,089	0,104	0,133	0,161	0,186	0,232	0,271	**218**	**5**	0,109	0,128	0,163	0,197	0,228	0,284	0,332	0,25xD	5
220	**7,5**	0,085	0,099	0,127	0,153	0,177	0,221	0,258	**242**	**5**	0,104	0,121	0,155	0,187	0,217	0,270	0,316	0,25xD	5
198	**7,5**	0,070	0,082	0,104	0,126	0,146	0,182	0,212	**218**	**5**	0,085	0,100	0,128	0,154	0,178	0,222	0,260	0,25xD	5
176	**5**	0,070	0,082	0,104	0,126	0,146	0,182	0,212	**194**	**3**	0,085	0,100	0,128	0,154	0,178	0,222	0,260	0,15xD	3
99	**3**	0,040	0,046	0,059	0,072	0,083	0,103	0,121	**109**	**1**	0,049	0,057	0,073	0,088	0,102	0,127	0,148	0,05xD	1
160	**7,5**	0,070	0,082	0,104	0,126	0,146	0,182	0,212	**176**	**5**	0,085	0,100	0,128	0,154	0,178	0,222	0,260	0,25xD	5
149	**7,5**	0,060	0,070	0,090	0,108	0,125	0,156	0,183	**164**	**5**	0,074	0,086	0,110	0,133	0,154	0,192	0,224	0,25xD	5
242	**7,5**	0,100	0,117	0,149	0,180	0,208	0,260	0,304	**267**	**5**	0,122	0,143	0,183	0,220	0,255	0,318	0,372	0,25xD	5
198	**7,5**	0,089	0,104	0,133	0,161	0,186	0,232	0,271	**218**	**5**	0,109	0,128	0,163	0,197	0,228	0,284	0,332	0,25xD	5
198	**7,5**	0,070	0,082	0,104	0,126	0,146	0,182	0,212	**218**	**5**	0,085	0,100	0,128	0,154	0,178	0,222	0,260	0,25xD	5
176	**7,5**	0,060	0,070	0,090	0,108	0,125	0,156	0,183	**194**	**5**	0,074	0,086	0,110	0,133	0,154	0,192	0,224	0,25xD	5

Begriffserklärung:
S_{max} = maximale Steigung der Helix
EW_{max} = Steigungswinkel der Helix (ergibt sich aus G und S_{max})
G = Verhältnis Kreistaschen-Ø beim Eintauchen zum Werkzeug-Ø
Bsp: Werkzeug-Ø 12 mm bei G=1,5 ergibt Taschen-Ø von 18 mm

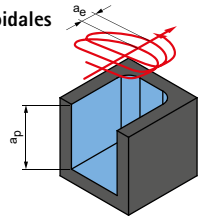
Nächste Seite:
Eingriffswinkel und maximale Spandicke

Die für den jeweiligen Bearbeitungsfall optimalen Daten sollten im Versuch oder während der Bearbeitung ermittelt werden.
Fettschrift: Bestens geeignet | Normalschrift: Bedingt geeignet

Schnittwertempfehlung für Trochoidalfräser

Eingriffswinkel und maximale Spandicke

Trochoidales Fräsen



GERINGE Dynamik
a_p = abhängig von max. Bearbeitungstiefe des Werkzeugs
a_e = abhängig vom Werkstoff

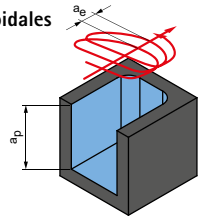
OptiMill-Tro-Uni (2. Generation) | SCM942 (4xD, 5xD)

MMG*		Werkstoff	Festigkeit/ Härte [N/mm²] [HRC]	Kühlung			Eingriffswinkel EW [°]	hmax [mm] bei Fräserdurchmesser [mm]						
				MMS/Luft	Trocken	Nass		5,00	6,00	8,00	10,00	12,00	16,00	20,00
P	P1-1	Unlegierter Stahl ≤ 0.15% C, geglüht	420	✓	✓	✓	**31,8**	0,032	0,037	0,048	0,057	0,066	0,083	0,097
	P1-2	Unlegierter Stahl ≤ 0.45% C, geglüht	650	✓	✓	✓	**31,8**	0,031	0,037	0,047	0,056	0,065	0,081	0,095
	P1-3	Unlegierter Stahl ≤ 0.45% C, vergütet	850	✓	✓	✓	**31,8**	0,031	0,036	0,046	0,055	0,064	0,080	0,093
	P1-4	Unlegierter Stahl ≤ 0.75% C, geglüht	900	✓	✓	✓	**31,8**	0,030	0,035	0,045	0,054	0,063	0,078	0,092
	P1-5	Unlegierter Stahl ≤ 0.75% C, vergütet	1.000	✓	✓	✓	**31,8**	0,029	0,034	0,043	0,052	0,061	0,075	0,088
	P2-1	Niedriglegierter Stahl, geglüht	600	✓	✓	✓	**31,8**	0,031	0,037	0,047	0,056	0,065	0,081	0,095
	P2-2	Niedriglegierter Stahl, vergütet	930	✓	✓	✓	**31,8**	0,029	0,034	0,043	0,052	0,061	0,075	0,088
	P2-3	Niedriglegierter Stahl, vergütet	1.000	✓	✓	✓	**31,8**	0,027	0,032	0,041	0,049	0,057	0,071	0,083
	P2-4	Niedriglegierter Stahl, vergütet	1.200	✓	✓	✓	**31,8**	0,026	0,030	0,038	0,046	0,054	0,067	0,078
	P3-1	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl, geglüht	680	✓	✓	✓	**31,8**	0,028	0,033	0,043	0,051	0,059	0,074	0,087
	P3-2	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl, vergütet	1.100	✓	✓	✓	**31,8**	0,027	0,031	0,040	0,048	0,056	0,070	0,082
	P3-3	Hochlegierter Stahl und hochlegierter Werkzeugstahl, vergütet	1.250	✓	✓	✓	**31,8**	0,025	0,029	0,038	0,045	0,052	0,065	0,076
	P4-1	Bainitischer Stahl, Ultra-High-Carbon-Stahl, bainitisch vergütet	1.650			✓	**24,5**	0,015	0,018	0,023	0,027	0,032	0,040	0,046
	P5-1	Nichtrostender Stahl, ferritisch / martensitisch, vergütet	680			✓	**25,8**	0,022	0,026	0,033	0,040	0,046	0,058	0,068
	P5-2	Nichtrostender Stahl, martensitisch, vergütet	800			✓	**25,8**	0,021	0,025	0,032	0,038	0,044	0,055	0,065
	P5-3	Nichtrostender Stahl, martensitisch, ausscheidungsgehärtet	1.200			✓	**25,8**	0,019	0,022	0,028	0,034	0,039	0,049	0,057
M	M1-1	Nichtrostender Stahl, austenitisch, abgeschreckt	680			✓	25,8	0,016	0,019	0,024	0,029	0,034	0,042	0,049
	M1-2	Nichtrostender Stahl, austenitisch (super austenitisch), ausscheidungsgehärtet	1.010			✓	19,9	0,012	0,014	0,018	0,022	0,025	0,032	0,037
	M2-1	Nichtrostender Stahl, austenitisch / ferritisch (Duplex), lösungsgeglüht	780			✓	19,9	0,012	0,014	0,018	0,022	0,025	0,032	0,037
	M2-2	Nichtrostender Stahl, austenitisch / ferritisch (Superduplex), lösungsgeglüht	780			✓	24,5	0,013	0,016	0,020	0,024	0,028	0,035	0,040
	M3-1	Nichtrostender Stahl, hitzebeständiger austenitischer Stahl, gegossen	720			✓	19,9	0,011	0,013	0,016	0,020	0,023	0,028	0,033
K	K1-1	Gusseisen mit Lamellengraphit GJL, perlitisch / ferritisch	200	✓	✓	✓	**31,8**	0,052	0,061	0,078	0,093	0,108	0,135	0,158
	K1-2	Gusseisen mit Lamellengraphit GJL, perlitisch	250	✓	✓	✓	**31,8**	0,046	0,054	0,069	0,083	0,097	0,120	0,141
	K1-3	Gusseisen mit Lamellengraphit GJL, perlitisch	350	✓	✓	✓	**31,8**	0,046	0,054	0,069	0,083	0,097	0,120	0,141
	K2-1	Gusseisen mit Kugelgraphit GJS, ferritisch	400	✓	✓	✓	**31,8**	0,044	0,052	0,066	0,079	0,092	0,115	0,134
	K2-2	Gusseisen mit Kugelgraphit GJS, ferritisch / perlitisch	500	✓	✓	✓	**31,8**	0,036	0,042	0,054	0,065	0,076	0,094	0,110
	K2-3	Gusseisen mit Kugelgraphit GJS, perlitisch	700	✓	✓	✓	**25,8**	0,033	0,038	0,049	0,059	0,068	0,085	0,100
	K2-4	Wärmebehandelter Kugelgraphitguss ADI, austenitisch / ferritisch	1.400	✓	✓	✓	**19,9**	0,015	0,018	0,022	0,027	0,031	0,039	0,046
	K3-1	Gusseisen mit Vermikulargraphit GJV, ferritisch	400	✓	✓	✓	**31,8**	0,036	0,042	0,054	0,065	0,076	0,094	0,110
	K3-2	Gusseisen mit Vermikulargraphit GJV, perlitisch	> 400	✓	✓	✓	**31,8**	0,031	0,037	0,047	0,056	0,065	0,081	0,095
	K4-1	Temperguss GJMW / GJMB, ferritisch	400	✓	✓	✓	**31,8**	0,052	0,061	0,078	0,093	0,108	0,135	0,158
	K4-2	Temperguss GJMW / GJMB, perlitisch	600	✓	✓	✓	**31,8**	0,046	0,054	0,069	0,083	0,097	0,120	0,141
	K5-1	Austenitisches Gusseisen GJLA / GJSA, Lamellengraphit	210	✓	✓	✓	**31,8**	0,036	0,042	0,054	0,065	0,076	0,094	0,110
	K5-2	Austenitisches Gusseisen GJLA / GJSA, Kugelgraphit	420	✓	✓	✓	**31,8**	0,031	0,037	0,047	0,056	0,065	0,081	0,095

Hinweis:
Bei Bearbeitungen unter Einsatz von Kühlschmierstoff (KSS) ist die Schnittgeschwindigkeit im Vergleich zur Trockenbearbeitung um ca. 30 % zu reduzieren. Dadurch werden thermisch bedingte Schockbelastungen (Thermoschock) der Schneidkante vermieden.

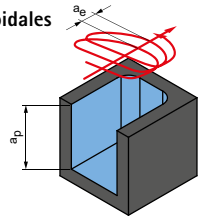
* MAPAL Zerspanungsgruppen
Die angegebenen Schnittwerte sind Richtwerte.

Trochoidales Fräsen



MITTLERE Dynamik
a_p = abhängig von max. Bearbeitungstiefe des Werkzeugs
a_e = abhängig vom Werkstoff

Trochoidales Fräsen



HOHE Dynamik
a_p = abhängig von max. Bearbeitungstiefe des Werkzeugs
a_e = abhängig vom Werkstoff

hmax [mm] bei Fräserdurchmesser [mm]							hmax [mm] bei Fräserdurchmesser [mm]						
5,00	6,00	8,00	10,00	12,00	16,00	20,00	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00	16,00	20,00
0,032	0,038	0,048	0,058	0,067	0,084	0,098	0,032	0,038	0,048	0,058	0,067	0,084	0,098
0,032	0,037	0,047	0,057	0,066	0,082	0,096	0,032	0,037	0,047	0,057	0,066	0,082	0,096
0,031	0,036	0,047	0,056	0,065	0,081	0,095	0,031	0,036	0,047	0,056	0,065	0,081	0,095
0,030	0,036	0,046	0,055	0,064	0,079	0,093	0,030	0,036	0,046	0,055	0,064	0,079	0,093
0,029	0,034	0,044	0,053	0,061	0,077	0,090	0,029	0,034	0,044	0,053	0,061	0,077	0,090
0,032	0,037	0,047	0,057	0,066	0,082	0,096	0,032	0,037	0,047	0,057	0,066	0,082	0,096
0,029	0,034	0,044	0,053	0,061	0,077	0,090	0,029	0,034	0,044	0,053	0,061	0,077	0,090
0,028	0,032	0,041	0,050	0,058	0,072	0,084	0,028	0,032	0,041	0,050	0,058	0,072	0,084
0,026	0,030	0,039	0,047	0,054	0,068	0,079	0,026	0,030	0,039	0,047	0,054	0,068	0,079
0,029	0,034	0,043	0,052	0,060	0,075	0,088	0,029	0,034	0,043	0,052	0,060	0,075	0,088
0,027	0,032	0,041	0,049	0,057	0,071	0,083	0,027	0,032	0,041	0,049	0,057	0,071	0,083
0,025	0,030	0,038	0,046	0,053	0,066	0,077	0,025	0,030	0,038	0,046	0,053	0,066	0,077
0,014	0,017	0,021	0,026	0,030	0,037	0,043	0,014	0,017	0,021	0,026	0,030	0,037	0,043
0,021	0,024	0,031	0,037	0,043	0,054	0,063	0,021	0,024	0,031	0,037	0,043	0,054	0,063
0,020	0,023	0,029	0,035	0,041	0,051	0,060	0,020	0,023	0,029	0,035	0,041	0,051	0,060
0,017	0,020	0,026	0,031	0,036	0,045	0,053	0,017	0,020	0,026	0,031	0,036	0,045	0,053
0,015	0,018	0,022	0,027	0,031	0,039	0,046	0,015	0,018	0,022	0,027	0,031	0,039	0,046
0,011	0,013	0,016	0,020	0,023	0,029	0,033	0,011	0,013	0,016	0,020	0,023	0,029	0,033
0,011	0,013	0,016	0,020	0,023	0,029	0,033	0,011	0,013	0,016	0,020	0,023	0,029	0,033
0,012	0,015	0,019	0,022	0,026	0,032	0,038	0,012	0,015	0,019	0,022	0,026	0,032	0,038
0,010	0,012	0,015	0,018	0,021	0,026	0,030	0,010	0,012	0,015	0,018	0,021	0,026	0,030
0,053	0,062	0,079	0,095	0,110	0,137	0,160	0,053	0,062	0,079	0,095	0,110	0,137	0,160
0,047	0,055	0,070	0,085	0,098	0,122	0,143	0,047	0,055	0,070	0,085	0,098	0,122	0,143
0,047	0,055	0,070	0,085	0,098	0,122	0,143	0,047	0,055	0,070	0,085	0,098	0,122	0,143
0,045	0,052	0,067	0,080	0,093	0,116	0,136	0,045	0,052	0,067	0,080	0,093	0,116	0,136
0,037	0,043	0,055	0,066	0,077	0,096	0,112	0,037	0,043	0,055	0,066	0,077	0,096	0,112
0,030	0,036	0,045	0,055	0,063	0,079	0,093	0,030	0,036	0,045	0,055	0,063	0,079	0,093
0,014	0,016	0,020	0,024	0,028	0,035	0,041	0,014	0,016	0,020	0,024	0,028	0,035	0,041
0,037	0,043	0,055	0,066	0,077	0,096	0,112	0,037	0,043	0,055	0,066	0,077	0,096	0,112
0,032	0,037	0,047	0,057	0,066	0,082	0,096	0,032	0,037	0,047	0,057	0,066	0,082	0,096
0,053	0,062	0,079	0,095	0,110	0,137	0,160	0,053	0,062	0,079	0,095	0,110	0,137	0,160
0,047	0,055	0,070	0,085	0,098	0,122	0,143	0,047	0,055	0,070	0,085	0,098	0,122	0,143
0,037	0,043	0,055	0,066	0,077	0,096	0,112	0,037	0,043	0,055	0,066	0,077	0,096	0,112
0,032	0,037	0,047	0,057	0,066	0,082	0,096	0,032	0,037	0,047	0,057	0,066	0,082	0,096

Begriffserklärung:
S_{max} = maximale Steigung der Helix
EW_{max} = Steigungswinkel der Helix (ergibt sich aus G und S_{max})
G = Verhältnis Kreistaschen-Ø beim Eintauchen zum Werkzeug-Ø
Bsp: Werkzeug-Ø 12 mm bei G=1,5 ergibt Taschen-Ø von 18 mm

Die für den jeweiligen Bearbeitungsfall optimalen Daten sollten im Versuch oder während der Bearbeitung ermittelt werden.
Fettschrift: Bestens geeignet | Normalschrift: Bedingt geeignet

Trochoides Fräsen – Grundlagen



Definition

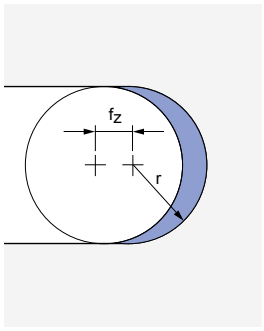
Das trochoide Fräsen ist eine Frässtrategie mit dem Ziel die Prozesskräfte zu senken und gleichzeitig die Zeitspanvolumina zu steigern. Durch eine Überlagerung der Vorschubbewegung mit einer Kreisbewegung des Werkzeugs können die Eingriffsbedingungen positiv beeinflusst werden. Es kommt zu einem zyklischen Materialabtrag mit veränderlichen und auf den Werkzeugeinsatz abstimmbaren Eingriffsbedingungen sowie variablen Spanungsbreiten entlang der Kreisbahn des Werkzeugs.

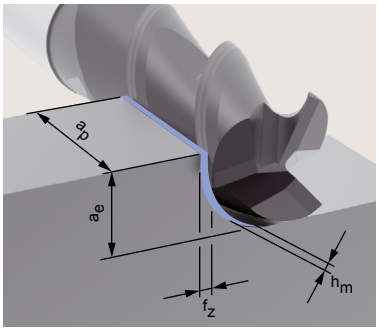
Beispiel Vollnutfräsen

Konventionelles Fräsen

Bei einer Schruppbearbeitung im Vollschnitt sind die Eingriffsbedingungen des Fräsers auf einen Umschlingungswinkel von 180° festgelegt.

Dieser führt neben der Erzeugung langer Späne aufgrund des langen Zahneingriffs zu einer vergleichsweise hohen thermischen Belastung des Werkzeugs. Der daraus resultierende große Spanungsquerschnitt hat wiederum hohe Zerspankräfte zur Folge, wodurch prozessstabile Zustelltiefen, Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten limitiert sind.



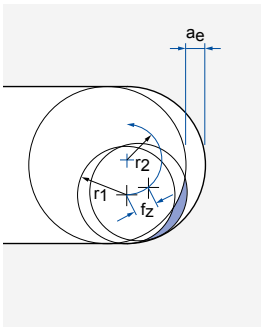


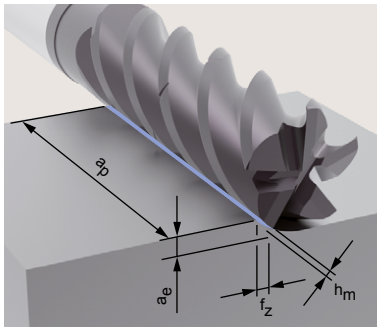
a_p: klein (Schnitttiefe ~1xD)
a_e: groß (1xD)
f_z: klein
v_c: niedrig

Trochoides Fräsen

Die spezifische Kinematik des trochoiden Fräsens ermöglicht es, aufgrund einer Überlagerung der Vorschubbewegung mit einer Kreisbewegung des Werkzeugs, die Eingriffsbedingungen positiv zu beeinflussen. Der Eingriffswinkel ist entsprechend gering.

Dieser Technologieansatz hat zur Folge, dass eine verringerte Spanungsbreite und Schnittlänge zu deutlich reduzierten Prozesskräften führen. Hierdurch ist es wiederum möglich, größere Schnitttiefen zu realisieren.





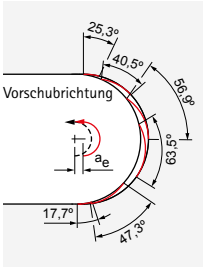
a_p: groß (Volle Ausnutzung der Schneidenlänge möglich)
a_e: klein
f_z: groß
v_c: hoch

Trochoides Fräsen – im Detail

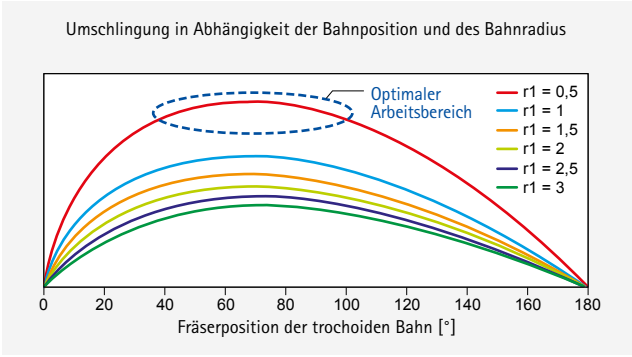
Trochoides Fräsen – Kreisbahn

Für den Fall einer Kreisbahn mit konstantem Radius variieren die Umschlingungswinkel an der eingreifenden Werkzeugschneide je nach absoluter radialer Zustellung innerhalb einer Umdrehung.

- Eingriffsbedingungen ändern sich ständig
- optimaler Arbeitsbereich des Fräsers
- begrenzt auf einen kleinen Bereich
- geringes Spanvolumen
- erhöhte Schwingungsneigung
- erhöhter Werkzeugverschleiß



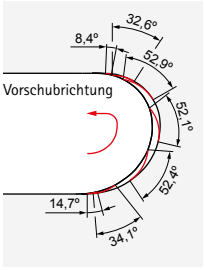
Umschlingung in Abhängigkeit der Bahnposition - Kreisbahn



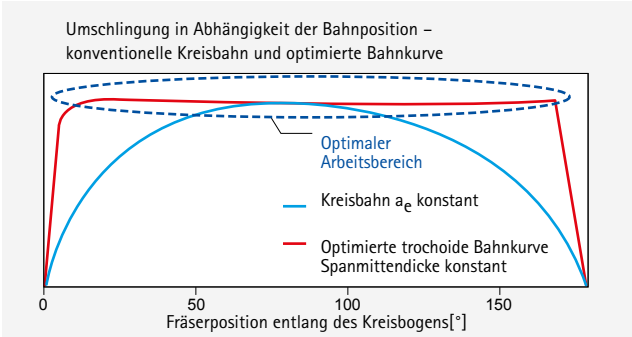
Trochoides Fräsen – Optimierte Bahnkurve

Durch eine angepasste Bahnbewegung des Werkzeugs können die Eingriffsverhältnisse des Fräsers in jedem Punkt der Bahn über nahezu die gesamte Bearbeitung konstant gehalten werden. Somit kann der Fräsprozess stets am Optimum betrieben werden. Innerhalb einer Bahn wird der Vorschub so angepasst, dass die Spanmittendicke konstant bleibt.

- konstante Eingriffsbedingungen
- konstantes Kraftniveau
- geringerer Werkzeugverschleiß
- maximales Zeitspanvolumen

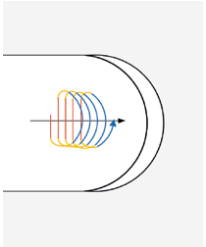


Umschlingung in Abhängigkeit der Bahnposition - Optimierte Bahnkurve



Vorschubbewegung – Optimierter Luftschnitt

Für eine ganzheitliche Prozessoptimierung müssen neben der Werkzeugbahn während des Eingriffs auch die Verfahrbewegungen im Luftschnitt betrachtet werden. Ziel ist es, nach dem Austritt des Fräsers aus dem Material eine möglichst rasche Bewegung zum nächsten Eintrittspunkt zu realisieren. Da die Ausführung einer Kreisbahn an dieser Stelle nicht von Vorteil ist, wird in Abhängigkeit der Dynamik der Maschine ein möglichst direkter Anfahrweg gewählt.

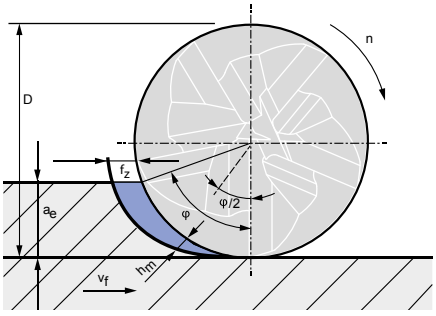


HINWEIS

- Das trochoide Fräsen setzt neben einem modernen CAM-System oder einer modernen Maschinensteuerung auch ein möglichst dynamisches Bearbeitungszentrum voraus.

Maximale Spandicke h_{max} und Eingriffwinkel φ

Eingriffswinkel	φ = [°]	$\cos\varphi = 1 - \frac{2 \cdot a_e}{D}$	Ist abhängig vom Eingriffsverhältnis a_e/D und wird je nach Werkstoff begrenzt.
Maximale Spandicke	h_{max} = [mm]	$h_{max} = f_z \cdot \sqrt{\frac{a_e}{D}}$	Wird beim trochoiden Fräsen durch dynamische Vorschübe nahezu konstant gehalten. Die Spanmittendicke wird bei φ/2 gemessen.
Vorschub pro Zahn	fz = [mm]		Eingeschränkte Variable, wird während der Bearbeitung durch CAM-System angepasst.
Eingriffsbreite	a_e = [mm]		Wird ständig von der CAM-Software neu berechnet und begrenzt den Eingriffswinkel φ.
Werkzeugdurchmesser	D = [mm]		



Entdecken Sie jetzt Werkzeug- und Service-Lösungen, die Sie vorwärts bringen:

BOHRUNGSBEARBEITUNG

REIBEN | FEINBOHREN

VOLLBOHREN | AUFBOHREN | SENKEN

FRÄSEN

SPANNEN

DREHEN

AUSSTEUERN

EINSTELLEN | MESSEN | AUSGEBEN

SERVICES

FOLLOW US

Mat. No. 31693443 | V1.0.0
OptiMill-Tro-Uni-Gen2-DE-PC-01-002-0926-VVA Gedruckt in Österreich. Änderungen der technischen Daten vorbehalten.
© MAPAL Dr. Kress SE & Co. KG | Nachdruck, auch auszugsweise, nur nach Genehmigung des Herausgebers.

Druckprodukt mit finanziellem Klimabeitrag