

## Technické požiadavky návrhu

- Drážkovanie a vrtanie AISi
- Obrábanie dreva, plastov (dostatočné otáčky)
- Drážkovanie a vrtanie nelegovaná oceľ  $C < 0.25\%$ , 125HB,  $k_{c1} = 1500$
- Čas akcelerácie  $< 100$  ms
- Opakovateľnosť  $< 0.02$  mm
- Posuv X – 900 mm
- Posuv Y - 600 mm
- Posuv Z – 400 mm

## Výpočet rezných parametrov a síl

- [http://www.ilkametal.cz/sortiment/pramet/katalogy/monolitni\\_frey.pdf](http://www.ilkametal.cz/sortiment/pramet/katalogy/monolitni_frey.pdf)
- <http://www.ilkametal.cz/sortiment/pramet/katalogy/hole-making-2014-cz-screen-covers-bookmark.pdf>
- <https://www.walter-tools.com/SiteCollectionDocuments/wmc/index-bakup.html#content/sideFaceMilling/help>
- <https://www.walter-tools.com/SiteCollectionDocuments/wmc/index-bakup.html#content/pointDrilling/help>
- <https://www.walter-tools.com/SiteCollectionDocuments/wmc/index-bakup.html#menu/milling>
- <https://www.walter-tools.com/SiteCollectionDocuments/wmc/index-bakup.html#content/pointDrilling>
- [http://www.taegutec.cz/innotool/prirucka\\_obrabeni\\_2114.pdf](http://www.taegutec.cz/innotool/prirucka_obrabeni_2114.pdf)
- [https://www.sjf.tuke.sk/kstam/images/E\\_materialy/priklady\\_obrabanie.pdf](https://www.sjf.tuke.sk/kstam/images/E_materialy/priklady_obrabanie.pdf)
- <https://www.pilanamarket.cz/drazkovaci-freza-spiralova-sk-18x110-52-d-18mm-pnh-cnc>
- [https://www.secotools.com/#article/p\\_02928213?pf=true](https://www.secotools.com/#article/p_02928213?pf=true)
- <https://katalog.mav.cz/data/upload/files/61721-303da-m.pdf>
- [https://www.secotools.com/#article/p\\_02881856?pf=true](https://www.secotools.com/#article/p_02881856?pf=true)
- <https://katalog.mav.cz/data/upload/files/61721-303da-m.pdf>


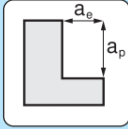
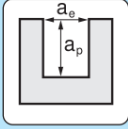
## Obrábanie nelegovanej ocele

MC kód	Materiálová skupina		Materiálová podskupina		Způsob výroby	Tepelné zpracování	nom.	Měrná řezná síla, k <sub>c1</sub> (N/mm²)	m <sub>c</sub>	
P1.1.Z.AN	1	nelegované Mn<1.65	1	≤0.25% C	Z kované/válcované/ tvářené za studena/ tažené	AN žíhané	125 HB	1500	0.25	
P1.1.Z.HT	1				HT kalené+popuštěné	190 HB	1770	0.25		
P1.2.Z.AN	1		2	>0.25... ≤0.55% C	Z kované/válcované/ tvářené za studena/ tažené	AN žíhané	190 HB	1700	0.25	
P1.2.Z.HT	1		2		HT kalené+popuštěné	210 HB	1820	0.25		
P1.3.Z.AN	1		3	vysoký obsah uhlíku, >0.55% C	Z kované/válcované/ tvářené za studena/ tažené	AN žíhané	190 HB	1750	0.25	
P1.3.Z.HT	1		3		HT kalené+popuštěné	300 HB	2000	0.25		
P1.4.Z.AN	1		4	automatová ocel	Z kované/válcované/ tažené za studena	AN žíhané	220 HB	1180	0.21	
P1.5.C.HT	1		5	uhlíkové (na odlitky)	C odlévané	HT v původním stavu	150 HB	1400	0.25	
P1.5.C.AN	1		5		C	AN kalené+popuštěné	300 HB	2880	0.25	
P2.1.Z.AN	2	nízkolegované (legury <5%)	1	≤0.25% C	Z kované/válcované/ tažené za studena	AN žíhané	175 HB	1700	0.25	
P2.2.Z.AN	2		2	>0.25... ≤0.55% C	Z kované/válcované/ tažené za studena	AN žíhané	240 HB	1950	0.25	
P2.3.Z.AN	2		3	vysoký obsah uhlíku, >0.55% C	Z kované/válcované/ tažené za studena	AN žíhané	260 HB	2020	0.25	
P2.4.Z.AN	2		4	automatová ocel	Z kované/válcované/ tažené za studena	AN žíhané	225 HB			
P2.5.Z.HT	2		5	uhlíkové (kalené a popuštěné)	Z kované/válcované/ tažené za studena	HT kalené+popuštěné	330 HB	2000	0.25	
P2.6.C.UT	2		6	uhlíkové (na odlitky)	C odlévané	UT v původním stavu	200 HB	1600	0.25	
P2.6.C.HT	2		6		C	HT kalené+popuštěné	380 HB	3200	0.25	
P3.0.Z.AN	3		vysokolegované (legury >5%)	0	hlavní skupina	Z kované/válcované/ tažené za studena	AN žíhané	200 HB	1950	0.25
P3.0.Z.HT	3			0		HT kalené+popuštěné	380 HB	3100	0.25	
P3.0.C.UT	3	0		C odlévané		UT v původním stavu	200 HB	1950	0.25	
P3.0.C.HT	3	0		C		HT kalené+popuštěné	340 HB	3040	0.25	
P3.1.Z.AN	3	1		Rychlořezné oceli (HSS)	Z kované/válcované/ tažené za studena	AN žíhané	250 HB	2360	0.25	
P3.2.C.AQ	3	2		Manganové oceli	C odlévané	AQ žíhané/rychle zchlazené nebo žíhané	300 HB	3000	0.25	
P4.0.S.NS	4	slinované oceli		0	hlavní skupina	S slinuté	NS nespecifikováno	150 HB		

## Frézovanie

- Nástroj E3S N SUMA
- Počet zubov 3 ( $Z_{eff}$ )
- Tvrdosť materiálu 125HB
- Špecifická rezná sila materiálu 1500 MPa ( $k_{c1}$ )
- Nárast mernej reznej sily 0.25 ( $m_c$ )
- Nástrojový uhol ostria  $90^\circ$  ( $k_r$ )
- Nástrojový uhol cela  $15^\circ$  ( $\gamma$ )
- Účinnosť motora 0.8 ( $\eta$ )

## Parametre nástrojov

<div>  </div>									
D	Z	$v_c$	$f_z$	n	$v_f$	$a_p$	$a_e$	$a_p$	$a_e$
3,0	3	100	0,019	10616	605	4,5	1,00	1,5	3,00
4,0	3	100	0,025	7962	597	6,0	1,30	2,0	4,00
5,0	3	100	0,030	6369	573	7,5	1,60	2,5	5,00
6,0	3	100	0,035	5308	557	9,0	2,00	3,0	6,00
8,0	3	100	0,050	3981	597	12,0	2,50	4,0	8,00
10,0	3	100	0,055	3185	525	15,0	3,20	5,0	10,00
12,0	3	100	0,060	2654	478	18,0	3,60	6,0	12,00
16,0	3	100	0,060	1990	358	24,0	5,10	8,0	16,00
20,0	3	100	0,060	1592	287	30,0	6,40	10,0	20,00

## Výpočty podľa kalkulačky

D [mm]	$a_p$ [mm]	$a_e$ [mm]	$h_m$ [mm]	Q [cm <sup>3</sup> /min]	$M_k$ [Nm]	$P_c$ [kW]	$F_c$ [N]	$K_c$ [MPa]
3	1.5	3.0	0.01	2.72	0.35	0.39	135	4744
4	2.0	4.0	0.02	4.77	0.76	0.63	200	3989
5	2.5	5.0	0.02	5.97	1.19	0.79	299	3989
6	3.0	6.0	0.02	10.02	2.21	1.23	419	3989
8	4.0	8.0	0.03	19.09	5.13	2.13	781	3904
10	5.0	10.0	0.04	26.25	8.6	2.87	922	3354
12	6.0	12.0	0.04	31.5	12.4	3.44	1207	3354
16	8.0	16.0	0.04	42	22.03	4.58	1610	3354
20	10.0	20.0	0.04	52.5	34.41	5.73	2012	3354

## Vrtanie

- Nástroj 303DA
- Počet zubov 2 ( $Z_{eff}$ )
- Tvrdosť materiálu 125HB
- Špecifická rezná sila materiálu 1500 MPa ( $k_{c1}$ )

- Nárast mernej reznej sily 0.25 ( $m_c$ )
- Nástrojový uhol ostria 70° ( $k_r$ )
- Nástrojový uhol cela 30° ( $\gamma$ )
- Účinnosť motora 0.8 ( $\eta$ )
- Rezná rýchlosť znížená na 90m/min pre  $D > 6$

## Parametre nástrojov

Skupina obr. materiálu Skupina obrábaných materiálov		$V_c$ [m.min <sup>-1</sup> ]	Posuv f [mm.ot <sup>-1</sup> ] / Posuv f [mm.ot <sup>-1</sup> ]							
			Ø 3	Ø 4	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 16	Ø 20
P1	■	150	0,11	0,12	0,16	0,20	0,23	0,27	0,34	0,42
P2	■	110	0,13	0,15	0,20	0,25	0,29	0,34	0,43	0,52
P3	■	90	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,21	0,27	0,33
P4	■	70	0,07	0,08	0,10	0,12	0,15	0,17	0,22	0,26

## Výpočty podľa kalkulačky (bez prevrtavania)

D [mm]	Q [cm <sup>3</sup> /min]	M <sub>k</sub> [Nm]	P <sub>c</sub> [kW]	F <sub>c</sub> [N]	V <sub>f</sub> [mm/min]	n [ot/min]
3	12.38	0.72	1.19	602	1750	15910
4	18	1.36	1.7	856	1432	11933
6	36	3.8	3.16	1594	1273	7955
8	27	1.69	0.63	531.5	537	3580
10	40.5	3.02	0.91	762	515	2864
12	56.7	4.89	1.22	1026	501	2387
16	97.2	10.5	1.97	1652	483	1790
20	148.5	19.06	2.86	2400	473	1432


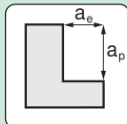
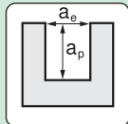
## Obrábanie AlSi

MC kód	Materiálová skupina	Materiálová podskupina	Způsob výroby	Teplotné zpracování		nom.	Měrná řezná síla, $k_{c1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$m_c$
N1.1.Z.UT	slitiny hliníku	1 komerčně čistý	Z	UT	v původním stavu	30 HB	350	0.25
N1.2.Z.UT		2	Z	UT		60 HB	400	0.25
N1.2.Z.AG		2 slitiny AlSi, Si ≤1%	Z	AG	stárnuté	100 HB	650	0.25
N1.2.S.UT		2	S	UT	v původním stavu	75 HB	410	0.25
N1.2.C.NS		2	C	NS	nespecifikováno	80 HB	410	0.25
N1.3.C.UT		3 slévarenské slitiny AlSi, Si ≤1% a ≤1.3%	C	UT	v původním stavu	75 HB	600	0.25
N1.3.C.AG		3	C	AG	stárnuté	90 HB	700	0.25
N1.4.C.NS		4 slévarenské slitiny AlSi, Si ≥1.3%	C	NS	nespecifikováno	130 HB	700	0.25
N2.0.C.UT	slitiny hliníku	0 hlavní skupina	C	UT	v původním stavu	70 HB		
N3.1.U.UT	slitiny mědi	1 bezolovnaté slitiny mědi (včetně elektrolitické mědi)	U	nespecifikováno	UT	100 HB	1350	0.25
N3.2C.UT		2 olovnaté mosazi & bronzy (Pb ≤1%)	C	odlévané	UT	90 HB	550	0.25
N3.3.S.UT		2	S	slinuté	UT	35 HB		
N3.3.U.UT		3 snadno obrobitelné slitiny mědi (Pb >1%)	U	nespecifikováno	UT	110 HB	550	0.25
N3.4.C.UT		4 vysokopevné bronzy (>225HB)	C	odlévané	UT	300 HB		
N4.0.C.UT	slitiny zinku	0 hlavní skupina	C	odlévané	UT	70 HB		

## Frézovanie

- Nástroj E3S N SUMA
- Počet zubov 3 ( $Z_{eff}$ )
- Tvrdosť materiálu 75HB
- Špecifická rezná síla materiálu 447 MPa ( $k_{c1}$ )
- Nárast mernej reznej sily 0.25 ( $m_c$ )
- Účinnosť motora 0.8 ( $\eta$ )

## Parametre nástrojov

<div>  </div>									
D	Z	$v_c$	$f_z$	n	$v_f$	$a_p$	$a_e$	$a_p$	$a_e$
3,0	3	250	0,023	26539	1831	4,5	1,00	1,5	3,00
4,0	3	250	0,030	19904	1791	6,0	1,30	2,0	4,00
5,0	3	250	0,040	15924	1911	7,5	1,60	2,5	5,00
6,0	3	250	0,045	13270	1791	9,0	2,00	3,0	6,00
8,0	3	250	0,060	9952	1791	12,0	2,50	4,0	8,00
10,0	3	250	0,065	7962	1553	15,0	3,20	5,0	10,00
12,0	3	250	0,070	6635	1393	18,0	3,60	6,0	12,00
16,0	3	250	0,070	4976	1045	24,0	5,10	8,0	16,00
20,0	3	250	0,070	3981	836	30,0	6,40	10,0	20,00

## Výpočty podľa kalkulačky

D [mm]	$a_p$ [mm]	$a_e$ [mm]	$h_m$ [mm]	Q [cm <sup>3</sup> /min]	$M_k$ [Nm]	$P_c$ [kW]	$F_c$ [N]	$K_c$ [MPa]
3	1.5	3.0	0.01	8.23	0.09	0.26	49	1414
4	2.0	4.0	0.02	14.32	0.2	0.42	71.4	1189
5	2.5	5.0	0.03	23.87	0.4	0.66	107.4	1074
6	3.0	6.0	0.03	32.22	0.62	0.86	145	1074
8	4.0	8.0	0.04	57.28	1.37	1.43	240	1000
10	5.0	10.0	0.04	79.55	2.32	1.93	325	1000
12	6.0	12.0	0.04	95.46	3.34	2.32	420	1000
16	8.0	16.0	0.04	127.28	5.94	3.09	560	1000
20	10.0	20.0	0.04	159.10	9.28	3.86	700	1000

## Vrtanie

- Nástroj 303DA
- Počet zubov 2 ( $Z_{eff}$ )
- Tvrdosť materiálu 75HB
- Špecifická rezná sila materiálu 447 MPa ( $k_{c1}$ )
- Nárast mernej reznej sily 0.25 ( $m_c$ )
- Nástrojový uhol ostria 70° ( $k_r$ )
- Nástrojový uhol cela 30° ( $\gamma$ )
- Účinnosť motora 0.8 ( $\eta$ )
- Rezná rýchlosť znížená na 90m/min pre  $D > 10$

## Parametre nástrojov

Skupina obr. materiálu Skupina obrábaných materiálov		V <sub>c</sub> [m.min <sup>-1</sup> ]	Posuv f [mm.ot <sup>-1</sup> ] / Posuv f [mm.ot <sup>-1</sup> ]							
			Ø 3	Ø 4	Ø 6	Ø 8	Ø 10	Ø 12	Ø 16	Ø 20
P1	■	150	0,11	0,12	0,16	0,20	0,23	0,27	0,34	0,42
P2	■	110	0,13	0,15	0,20	0,25	0,29	0,34	0,43	0,52
P3	■	90	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,21	0,27	0,33
P4	■	70	0,07	0,08	0,10	0,12	0,15	0,17	0,22	0,26
M1	□	60	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,21	0,27	0,33
M2	□	60	0,07	0,08	0,10	0,12	0,15	0,17	0,22	0,26
M3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K1	■	90	0,13	0,15	0,20	0,25	0,29	0,34	0,43	0,52
K2	■	90	0,13	0,15	0,20	0,25	0,29	0,34	0,43	0,52
K3	■	85	0,13	0,15	0,20	0,25	0,29	0,34	0,43	0,52
K4	■	80	0,13	0,15	0,20	0,25	0,29	0,34	0,43	0,52
N1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N3	□	190	0,17	0,21	0,28	0,35	0,43	0,50	0,64	0,79
N4	□	125	0,16	0,19	0,25	0,31	0,37	0,43	0,54	0,66

## Výpočty podľa kalkulačky (bez prevrtavania)

D [mm]	Q [cm <sup>3</sup> /min]	M <sub>k</sub> [Nm]	P <sub>c</sub> [kW]	F <sub>c</sub> [N]	V <sub>f</sub> [mm/min]	n [ot/min]
3	24.23	0.23	0.49	195	3426	20153
4	39.9	0.48	0.76	304	3174	15115
6	79.8	1.35	1.42	566	2821	10077
8	133	2.83	2.24	892	2645	7557
10	204.25	5.81	3.68	1463	2600	6046
12	116.10	8.37	2.09	1756	1026	2387
16	194.4	17.65	3.31	2778	967	1790
20	297	34.06	4.81	4036	945	1432

## Hrúbkovanie dreva

- posuv 20 m/min (v<sub>c</sub>)
- Otáčky 18000 ot/min
- Špecifická rezná sila materiálu 30 MPa (k<sub>c1</sub>)
- Počet zubov 3 (Z<sub>eff</sub>)
- Priemer nástroja 18 mm (D)
- Hĺbka záberu 20 mm (a<sub>p</sub>)
- Šírka záberu 18 mm (a<sub>e</sub>)
- Rezná rýchlosť 1018 m/min (v<sub>c</sub>)

$$\text{Posuv na zub : } f_z = \frac{v_f}{n \cdot Z_{eff}} = \frac{20000}{18000 \cdot 3} = 0.37 \text{ mm}$$

$$\text{Objem odobratého materiálu : } Q = \frac{a_e \cdot a_p \cdot v_f}{1000} = 7200 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\text{Priemerná hrúbka triesky: } h_m = f_z \cdot \sqrt{\frac{a_e}{D}} = 0.37 \cdot \sqrt{1} = 0.37 \text{ mm}$$

$$\text{Merná rezná sila: } k_c = h_m^{-m_c} \cdot k_{c1} = 0.37^{-0.25} \cdot 30 = 38.5 \text{ MPa}$$

$$\text{Výkon vretena : } P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot k_c}{6 \cdot 10^4} = \frac{20 \cdot 18 \cdot 20000 \cdot 38.5}{60 \cdot 10^6} = 4.62 \text{ kW}$$

$$\text{Výkon motora: } P_{mot} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{4.62}{0.8} = 5.7 \text{ kW}$$

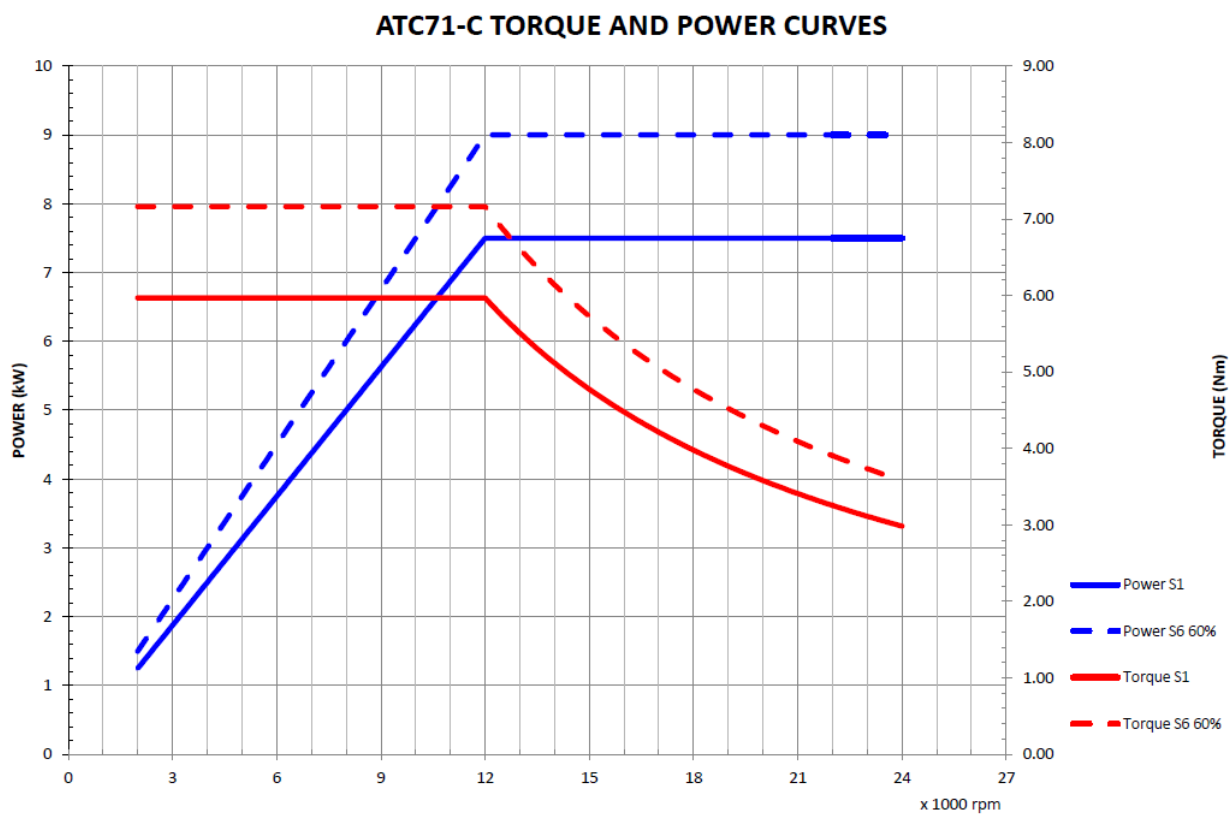
Rezná Sila pri frézovaní:  $F_c = k_c * a_p * f_z = 38.5 * 20 * 0.37 = 285N$

Krútiaci moment na nástroji pri frézovaní:  $M_k = F_c * \frac{D}{2 * 1000} = 2.57 Nm$

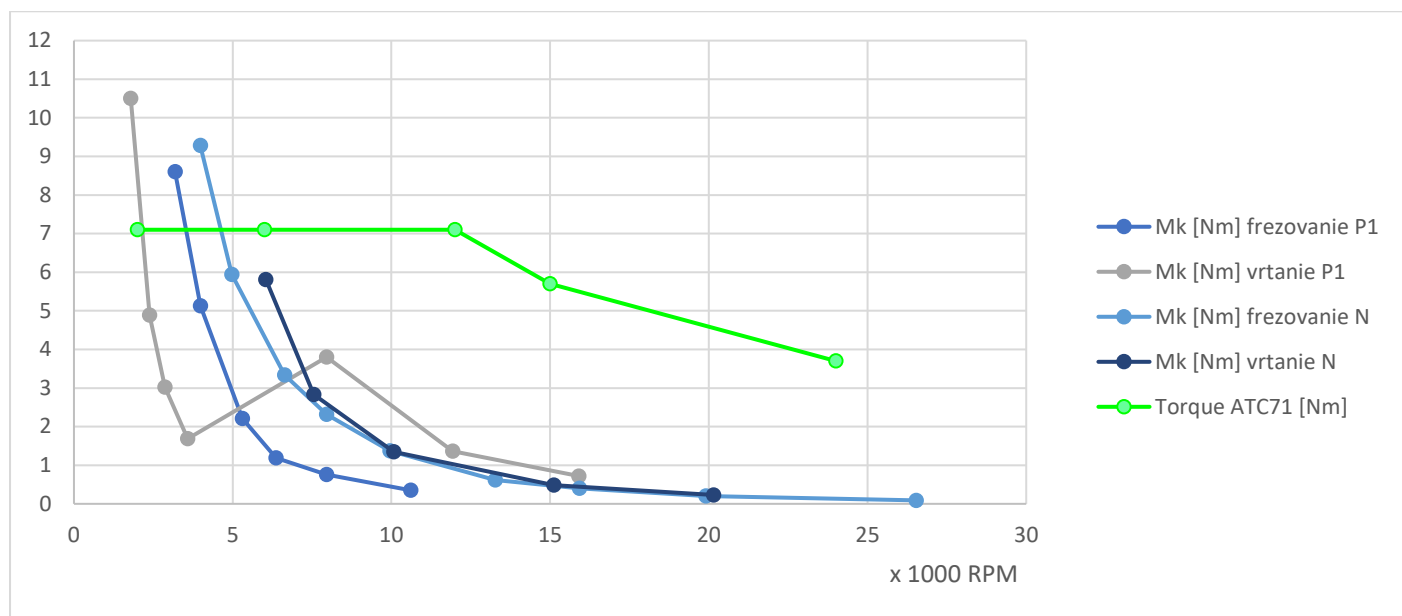
## Parametre obrábania

Operácia	Priemer nástroja	Rozsah otáčok	Rozsah výkonu kW	Rozsah posuvu mm/min	Rozsah momentu Nm
Drážkovanie P1	3-10	3190-10600	0.4-2.9	520-600	0.34-8.6
Drážkovanie N1	3-20	4000-26600	0.3-3.9	840-1800	0.1-9.3
Vrtanie P1	3-6	8000 -16000	1.2-3.2	1280-1800	0.8-3.8
Vrtanie P1	8-16	1790-3600	0.6-2.0	480-540	1.7-10.5
Vrtanie N	3-10	6040-20180	0.5-3.7	2600-3426	0.25-6.0
Opracovanie dreva	1-18	18000-40000	0.7-5.7	20000 - 60000	0.13 – 2.6

ATC71-C-ISO30-LN S1(7.5kW)S6(9.0kW) 12krpm max24krpm



## Graf momentov



## Graf výkonov

