



Vysoká škola technická a ekonomická
v Českých Budějovicích

Srovnání konvenční a nekonvenční strojírenské technologie metodou párového hodnocení

Bakalářská práce

Vypracoval: Stanislav Haisman

Vedoucí práce: Ing. Monika Karková, PhD.

Cíl práce



- Cílem bakalářské práce je porovnání zvolené konvenční a nekonvenční strojírenské technologie pomocí metody párového hodnocení. Výsledkem porovnání je hodnocení technologií z hlediska kvality, vlivu na ŽP a maloodpadovost. Práce se zabývá ověřováním hodnocení technologie pomocí měření drsnosti povrchů u jednotlivých materiálů.



Struktura práce



1. Teoretická část

- Podstata frézování
- Princip řezání vodním paprskem

2. Aplikační část

- Metoda párového hodnocení
- Měření drsnosti povrchů

3. Diskuze výsledků

4. Návrhy opatření

5. Závěr

Teoretická část

- ▶ Podstata frézování
 - ▶ Stroj (frézka)
 - ▶ Nástroj (fréza)
 - ▶ Upínání

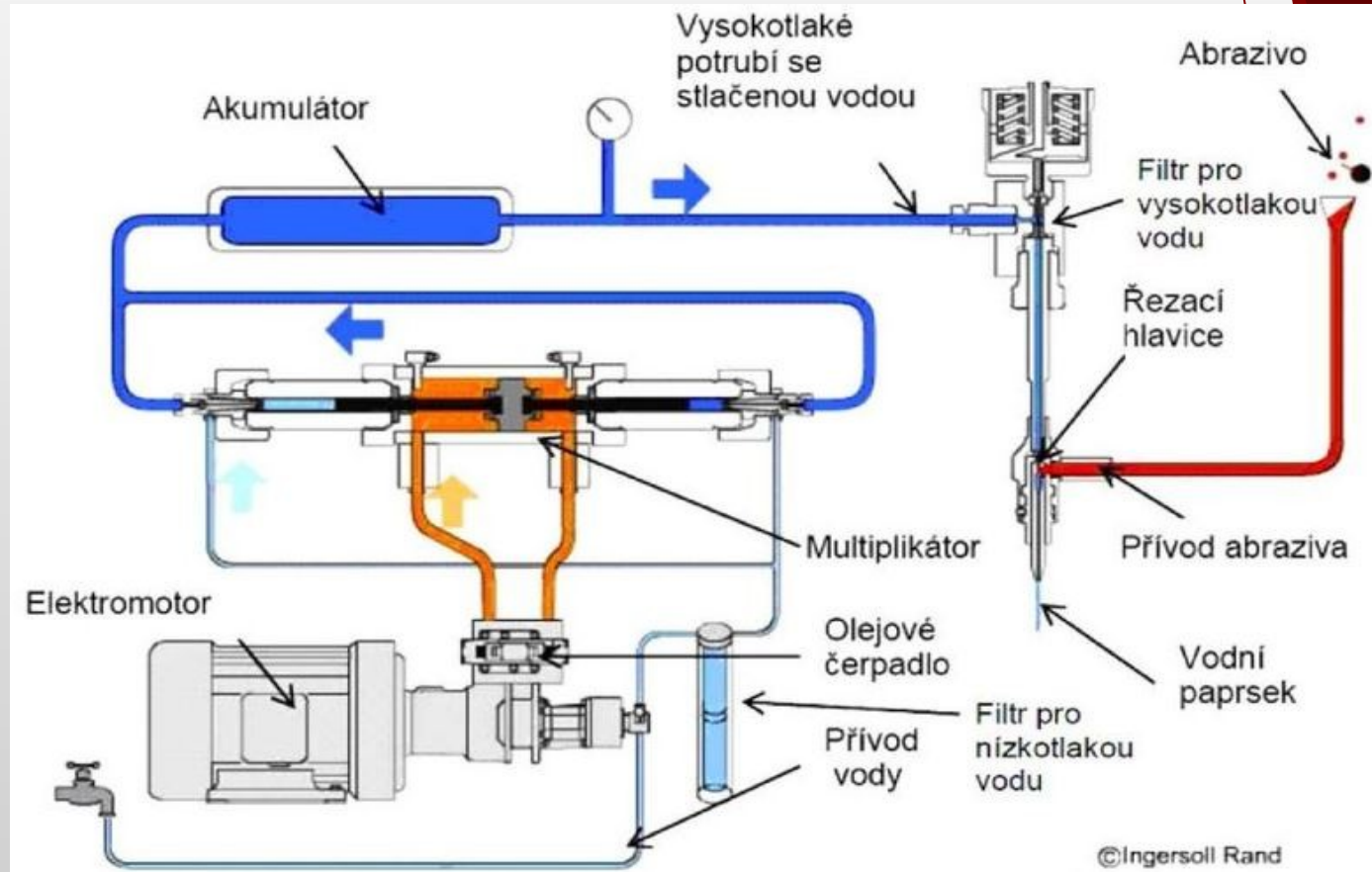


Obr. 14: 5osé vertikální obráběcí centrum VF - 2TR
(Zdroj: www.haas.co.uk)

Teoretická část

► Princip řezání vodním paprskem

- Stroj (CNC vodní paprsek)
- Nástroj (řezací hlava)
- Zakřivení vodního paprsku



Obr. 15: Schéma principu
(Zdroj: www.docplayer.cz)

Aplikační část

- ▶ Metoda párového hodnocení (Fullerova metoda)
 - ▶ Výběr vhodných faktorů

Tab. 1: Výběr faktorů

Skupina	P. č.	Název faktoru
Technologická	1	Složitost technologického procesu
	2	Čas potřebný na výrobu jednoho kusu výrobku
	3	Úroveň automatizace
	4	Kvalita výrobku
	5	Využitelnost procesu
	6	Bezpečnost pracoviště
	7	Vznikající druhotné suroviny
Ekonomická	8	Nákupní cena materiálu
	9	Náklady na údržbu
	10	Produktivita práce
	11	Náklady na recyklaci materiálu
Ekologická	12	Znečištění vody
	13	Znečištění pracovního prostředí
	14	Recyklace odpadů z výroby
	15	Unik maziv
Sociální	16	Počet pracovníků
	17	Vzdělání pracovníků

(Zdroj: vlastní)

Aplikační část

► Celková váha faktoru

$$N = \frac{n * (n - 1)}{2}$$

$$N = \frac{17 * (17 - 1)}{2}$$

$$\underline{\underline{N = 136}}$$

Tab. 2: Hierarchie faktorů prostředí – Frézování / Řezání vodním paprskem

Číslo faktoru	Frézování		Řezání vodním paprskem	
	váha faktoru - K_{VF_i}	pořadí faktoru	váha faktoru - K_{VF_i}	pořadí faktoru
1	9	5.	14,5	1.
2	12,5	1.	13,5	2.
3	7	13.	11	4.
4	5,5	15.	7,5	10.
5	8	9.	10	6.
6	7	12.	6	12.
7	6,5	14.	7,5	9.
8	8,5	8.	9	8.
9	9,5	4.	11	3.
10	5	17.	6	11.
11	7	11.	5	14.
12	10,5	3.	5,5	13.
13	11	2.	4	16.
14	7	10.	2	17.
15	5	16.	4,5	15.
16	8,5	7.	10	5.
17	8,5	6.	9	7.
Celkem	136	–	136	–

(Zdroj: vlastní)



VYSOKÁ ŠKOLA
TECHNICKÁ A EKONOMICKÁ
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Tab. 4: Bodové hodnocení faktorů

Číslo faktoru	Technologie	
	Frézování	Řezání vodním paprskem
1	3	4
2	3	3
3	3	3
4	4	4
5	3	3
6	3	3
7	1	3
8	2	2
9	2	1
10	2	3
11	1	2
12	2	2
13	2	1
14	3	3
15	3	2
16	2	2
17	2	2

(Zdroj: vlastní)

Aplikační část

► Určení syntetického ukazatele vhodnosti technologických procesů

- Syntetický ukazatel = váha faktoru (Tab. 2) * bodové hodnocení (Tab. 4)
- 1. frézování => $9 * 3 = 27$
- 1. řezání vodním paprskem => $14,5 * 4 = 58$

Co představuje Syntetický ukazatel = 357?

Tab. 5: Syntetický ukazatel

Číslo faktoru	Váha faktoru		Technologie	
	Frézování	Řezání vodou	Frézování	Řezání vodou
1	9	14,5	27	58
2	12,5	13,5	37,5	40,5
3	7	11	21	33
4	5,5	7,5	22	30
5	8	10	24	30
6	7	6	21	18
7	6,5	7,5	6,5	22,5
8	8,5	9	17	18
9	9,5	11	19	11
10	5	6	10	18
11	7	5	7	10
12	10,5	5,5	21	11
13	11	4	22	4
14	7	2	21	6
15	5	4,5	15	9
16	8,5	10	17	20
17	8,5	9	17	18
Celkem			325	357

(Zdroj: vlastní)

Aplikační část

▶ Měření drsnosti povrchu

- ▶ Použití jakého přístroje a kde?
- ▶ Jaké amplitudové parametry se budou měřit?

▶ Navolené parametry

- ▶ Norma ISO 1997
- ▶ Profil R
- ▶ Filtr GAUSS
- ▶ λ_c (lr) 0,8 mm
- ▶ λ_s 2,5 μm
- ▶ N (ln) 5

▶ jmenovité hodnoty na etalonu

- ▶ Ra - 2,996 μm
- ▶ Rq - 3,333 μm
- ▶ Rz - 9,512 μm



Obr. 29: Etalon pro nastavení schodu
(Zdroj: www.bemet.cz)

Aplikační část

Měření: CNC frézka - plast

► Řezné podmínky

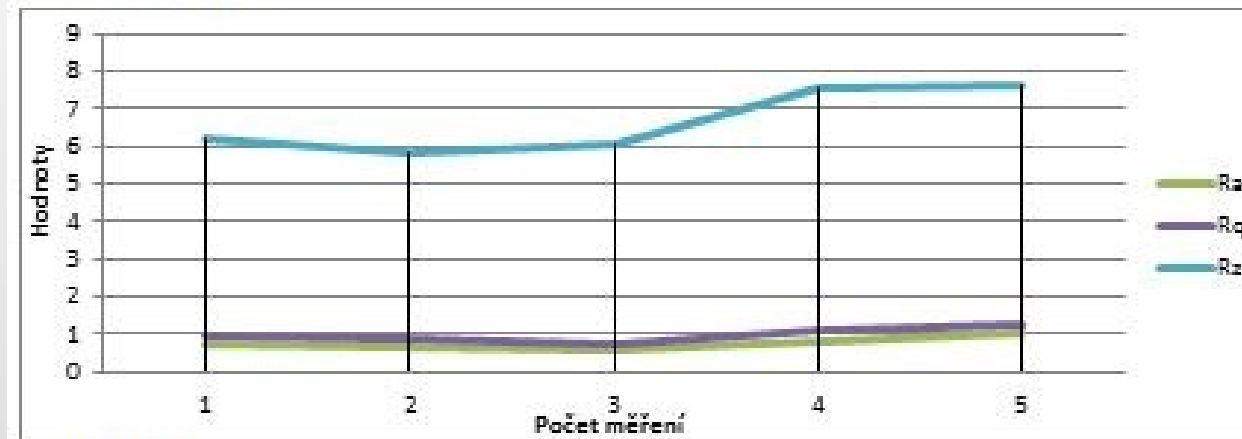
- Fréza: Ø50 mm - vyměnitelné destičky (5 břitů) ze SK
- Materiál Plast
- Rozměry 50x49x40 mm
- Otáčky 900 ot/min
- Posuv 500 mm/min
- Odběr třísky 0,5 mm

Tab. 6: Měření plastu – CNC frézka

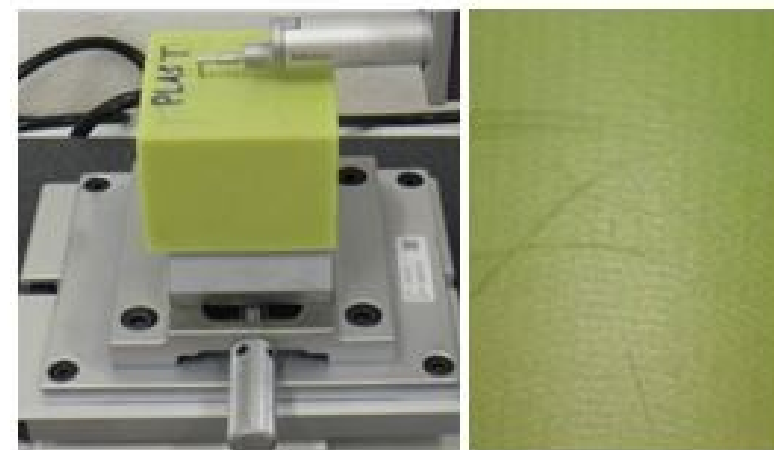
Drsnost	Počet měření					Aritmetický průměr
	1.	2	3	4	5	
R_a	0,692	0,647	0,546	0,774	0,995	0,731
R_q	0,940	0,866	0,761	1,068	1,255	0,978
R_z	6,196	5,847	6,016	7,536	7,630	6,645

(Zdroj: vlastní)

Graf1: Měření plastu



(Zdroj: vlastní)



Obr. 35: Plast – CNC frézka

(Zdroj: vlastní)

Aplikační část

Měření: CNC vodní paprsek - plast

► Řezné podmínky

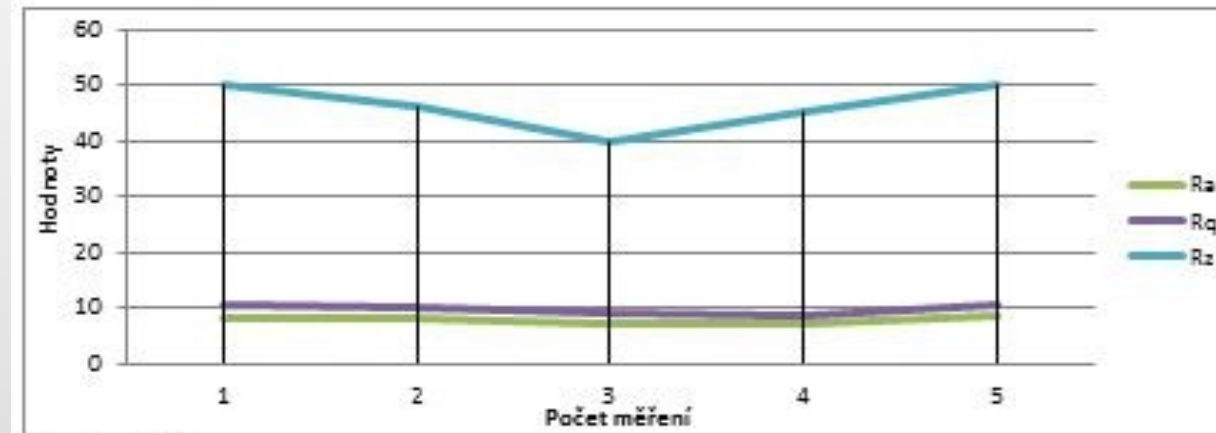
- Materiál Plast
- tloušťka 6 mm
- rychlost posuvu 1230 mm/min
- množství abraziva 230 g/min

Tab. 9: Měření plastu – CNC vodní paprsek

Drsnost	Počet měření					Aritmetický průměr
	1.	2	3	4	5	
R _a	8,193	8,132	7,283	6,927	8,438	7,795
R _q	10,416	10,026	8,994	8,364	10,777	9,715
R _z	49,866	46,198	39,575	44,951	50,152	46,148

(Zdroj: vlastní)

Graf 4: Měření plastu



(Zdroj: vlastní)



Obr. 38: Plast - CNC vodní paprsek

(Zdroj: vlastní)

Diskuze výsledků

Tab. 14: Aritmetické průměry z měření

Měření	Stroj	Materiál	Drsnost (μm)		
			R _a	R _q	R _z
1.	CNC frézka	Plast (zelený)	0,731	0,978	6,645
2.	CNC frézka	Ocel ČSN 11 375	1,260	1,553	6,329
3.	Konzol. man. fréz.	Ocel ČSN 11 600	5,037	5,874	22,540
4.	CNC vodní paprsek	Plast (bílý)	7,795	9,715	46,148
5.	CNC vodní paprsek	Nerezová ocel	3,205	3,979	20,227
6.	CNC vodní paprsek	Aluminium	5,260	6,645	32,330
7.	CNC vodní paprsek	Dlaždice	6,606	8,141	36,401
8.	CNC vodní paprsek	Hliník (Al)	8,132	10,011	42,974

(Zdroj: vlastní)

Návrhy opatření



- ▶ Vhodnější metoda párového hodnocení na maloodpadovost a ŽP
- ▶ Vzhledy obrobků u frézy a paprsku
 - ▶ Co zlepšit?
- ▶ Vodní paprsek
 - ▶ Co vykazoval ohledně drsností?
 - ▶ Záleží na množství abraziva a tlaku?
 - ▶ Můj návrh

Závěr



- ▶ Na závěr bakalářské práce mohu říct, že porovnáním konvenční a nekonvenční strojírenské technologie metodou párového hodnocení je vhodnější řezání vodním paprskem pro maloodpadovost, kde vzniká méně druhotných surovin. Nevzniká teplotní pnutí a je šetrnější k životnímu prostředí.
- ▶ Vzhledy materiálu jsou odlišné. U frézování jsou podobné hodnoty drsností na povrchu. Vodní paprsek byl nevyzpytatelný, který by bylo dobré vychytat, aby vznikly kvalitnější řezy.
- ▶ Jak frézování, tak vodní paprsek je ve vývoji, doba jde rychle dopředu a nároky se zvyšují, podle mne čeká obě metody budoucnost, tyto metody se zdokonalují a jsou v neustálém a rychlém vývoji.



**DĚKUJI
ZA
POZORNOST**

Doplňující dotazy:



- ▶ 1. Co Vás vedlo k volbě daných technologií a jejich porovnání?
- ▶ 2. Kterou technologií by jste zvolil za vhodnější z hlediska kvality, vlivu na ŽP a z hlediska maloodpadovosti?
- ▶ 3. Při obrábění a dělení materiálu technologií AWJ se vliv vysokého tlaku a rázů projeví na kmitání řezné hlavy. Mají tyto kmity vliv na výsledný reliéf obrobené plochy?