

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA**

2123418

DIPLOMOVÁ PRÁCA

2011

Ivan Maduda, Bc.

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA**

ANALÝZA SILOVÝCH ÚČINKOV PRI VRTANÍ

Diplomová práca

Študijný program: Spoľahlivosť a bezpečnosť technických systémov
Študijný odbor: 2386800 Kvalita produkcie
Školiace pracovisko: Katedra kvality a strojárskych technológií
Školiteľ: Ing. Róbert Drlička

Nitra 2011

Ivan Maduda, Bc.

Čestné vyhlásenie

Podpísaný Ivan Maduda vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Analýza silových účinkov pri vŕtaní“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 15. marca 2011

Ivan Maduda

Pod'akovanie

Touto cestou vyslovujem pod'akovanie Ing. Róbertovi Drličkovi za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej diplomovej práce, za ochotu, venovaný čas a pomoc pri získavaní informácií.

ABSTRAKT

Diplomová práca je zameraná na analýzu silových účinkov pri vŕtaní. Teoretickú časť sme venovali popísaniu jednotlivých zložiek rezných síl a faktorov určujúcich reznú silu v procese obrábania. Prevažnú časť sme venovali prehľadu nových geometrií vrtákov a vplyv danej geometrie na reznú silu pri vŕtaní.

Vlastná práca je zameraná na porovnanie vplyvu geometrie vrtáka s dvomi reznými hranami s vrcholovým uhlom 170° a klasického skrutkového HSS vrtáka s vrcholovým uhlom 118° . Meranie rezných síl sme vykonali pri rôznych rezných podmienkach. Pri jednom meraní sme menili posuv a pri druhom otáčky vretena, čím sa menila rezná rýchlosť.

Výsledkom práce by malo byť navrhnutie vhodných rezných nástrojov pri vŕtaní s ohľadom na efektívnosť a hospodárnosť vŕtania.

Kľúčové slová: vŕtanie, rezná sila, rezná hrana, geometria, posuv

ABSTRACT

The thesis is focused on analyzing the effects of power when drilling. Theoretical part, we give the description of the components of cutting forces and factors in determining the cutting forces in machining process. We devoted the bulk of the new report drills and geometry influence the geometry of the cutting forces during drilling.

Custom work is aimed to compare the impact geometry drill with two cutting edges with angle of 170° and classical HSS drill with a screw angle of 118° . Measurement of cutting forces was performed at various cutting conditions. In one measurement, we changed the feed and the second spindle speed, thus cutting speed changed.

Result of the work should be to design appropriate cutting tools for drilling with regard to effectiveness and efficiency of drilling.

Key words: drilling, cutting forces, cutting edge, geometry, displacement

OBSAH

Zoznam skratiek a značiek.....	9
Úvod.....	10
1 PREHLAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY	11
1.1 Rezné sily	11
1.2 Rezné sily pri vŕtaní	11
1.3 Faktory určujúce veľkosť reznej sily	12
1.4 Charakteristika rezných podmienok.....	15
1.5 Geometria vrtákov.....	17
1.5.1 Prehľad nových geometrií vrtákov	17
1.5.2 Vplyv geometrie na rezné sily	20
1.5.3 Zakrivená rezná hrana.....	21
1.5.4 Zaoblená rezná hrana	22
1.5.5 Vrtáky s tromi reznými hranami.....	23
1.5.6 Geometria vrtáka so zaobleným čelom.....	25
1.5.7 Vrtáky s vymeniteľnými reznými doštičkami	26
1.5.8 Vrtáky s vymeniteľnou reznou hranou	27
1.5.9 Vymeniteľná vŕtacia hlava Hydra.....	28
1.5.10 Použitie vrtákov s vymeniteľnou hranou	29
2 CIEĽ PRÁCE	30
3 METODIKA PRÁCE.....	31
3.1 Postup práce	31
3.2 Meracia sústava.....	31
3.3 Stojanová vŕtačka	32
3.3.1 Charakteristika vŕtačky:.....	32
3.4 Snímač reznej sily	32
3.4.1 Charakteristika snímača reznej sily Utilcell - M120:	32
3.4.2 Upevnenie snímača	34
3.5 Predzosilňovač signálu ADAM 3014.....	34
3.5.1 Charakteristiky predzosilňovača ADAM 3014:	34
3.6 Príprava vzoriek	35

3.7	Rezné nástroje	35
3.7.1	Vrták s klasickou geometriou	35
3.7.2	Vrták s novou geometriou.....	35
3.8	Postup merania	36
3.8.1	Meranie č. 1	36
3.8.2	Meranie č.2	37
4	VÝSLEDKY PRÁCE.....	38
4.1	Namerané hodnoty merania č. 1.....	38
4.2	Namerané hodnoty merania č. 2.....	41
5	NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV	44
6	ZÁVER.....	47
7	POUŽITÁ LITERATÚRA.....	48

ZOZNAM SKRATIEK A ZNAČIEK

D - priemer otvoru, vrtáka	mm
f_m - posuv za minútu	mm
f_n - posuv na otáčku	mm
F_o - osová sila	N
F_{ob} - obvodová rezná sila	N
F_{ok} – okamžitá sila	N
F_p - sila pôsobiaca na priečnom ostrí	N
F_{nam} - nameraná rezná sila	N
F_x - zložka reznej sily v osi x	N
F_y - vodorovná zložka reznej sily	N
F_z - tangenciálna rezná sila	N
h - hĺbka rezu	mm
M_k - krútiaci moment	N.mm
n - počet otáčok nástroja za minútu	min ⁻¹
R_m – medza pevnosti	MPa
Ti - titán	
TiC - karbid titán uhlíka	
v_c - rezná rýchlosť	m.min ⁻¹
°C - stupeň celzia	°C
α - alfa	°
β - beta	°
γ - gamma	°
δ - sigma	°
ε - vrcholový uhol	°
λ_s - uhol sklonu reznej hrany	°
ω - uhol sklonu skrutkovice	°

ÚVOD

Trieskové obrábanie má v strojárskych technológiách veľké zastúpenie. Medzi takéto obrábanie patrí aj vŕtanie, ktoré tvorí neoddeliteľnú súčasť strojárskych procesov. Pri vŕtaní dochádza k odoberaniu materiálu vo forme triesky najčastejšie vrtákmi s dvomi reznými hranami.

Na kvalitu a presnosť zhotovených diel pri vŕtaní majú veľký vplyv rezné podmienky, ako napr. hĺbka rezu, posuv, chladenie, rezné sily a iné. Pri voľbe pracovného postupu je potrebné brať do úvahy aj efektívnosť a hospodárnosť výroby aby sa náklady zbytočne nezvyšovali. Niektoré pracovné postupy sa od seba odlišujú len veľmi málo, preto sme neustále svedkami pokroku v oblasti vývoja pracovných nástrojov z nových materiálov alebo novej geometrie.

Hoci vyzerá proces vŕtania na prvý pohľad jednoducho, kladie však pomerne vysoké nároky na rezný nástroj - vrták. V konečnom dôsledku môžeme správnu voľbou nástroj v procese vŕtania dosahovať vysokú efektívnosť výroby. Keďže nároky na vrtáky sa neustále zvyšujú, výrobcovia prichádzajú stále s novými a vylepšenými vrtákmi. Namiesto HSS vrtákov sa začali používať vrtáky s povrchovou úpravou ktoré dosahovali lepšie vlastnosti v procese obrábania. Neskôr prišli výrobcovia s vrtákmi rovnakej konštrukcie ale s novou geometriou rezných hrán. Dnes sa najčastejšie používajú vrtáky s vymeniteľnými reznými doštičkami, čo nám umožňuje používať väčšie rezné rýchlosti, prípadne posuv a zároveň používať stále nižšie rezné sily. Použitie takýchto vrtákov má najväčší význam najmä z ekonomického hľadiska keďže nám umožňujú znižovanie výrobných nákladov, či už z hľadiska neustáleho nákupu vrtákov spôsobené opotrebením alebo skrátením výrobných časov na minimum.

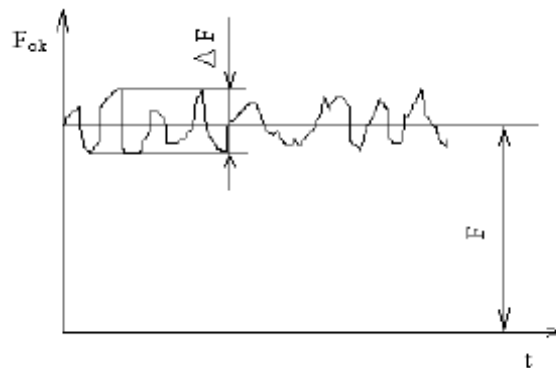
Veľký význam majú takéto vrtáky aj z ekologického hľadiska, keďže kladú nižšie nároky na používanie rezných kvapalín. V podnikoch býva často otázka používania a likvidácie rezných kvapalín podceňovaná.

1 PREHLAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

1.1 Rezné sily

Významnou oblasťou výskumu v teórií obrábania je experimentálne štúdium silových javov . Ide predovšetkým o zisťovanie závislostí zložiek rezných síl, resp. krútiaceho momentu v závislosti na pracovných podmienkach. Znalosť síl, resp. momentu, pôsobiacich na nástroj, má veľký význam pre konštrukciu obrábacích strojov, nástrojov, upínacích prípravkov a pre určenie optimálnych rezných podmienok.

Okamžitá veľkosť reznej sily F_{ok} pri obrábaní nie je konštantná a mení sa s časom. Pri meraní silových javov určujeme predovšetkým strednú veľkosť reznej sily F , alebo jej zložiek, resp. krútiaceho momentu. Niekedy určujeme okamžitú veľkosť alebo veľkosť kolísania týchto veličín, napr. hodnotu ΔF (Mádl, 1988).



Obr. 1 Okamžitá veľkosť reznej sily F_{ok} v závislosti na čase (Mádl, 1988)

1.2 Rezné sily pri vrtaní

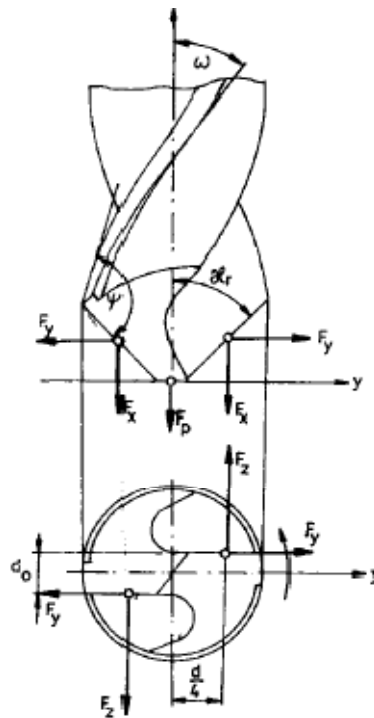
Pri vrtaní odrezávajú súčasne dve rezné hrany vrtákov dve triesky. Výsledná rezná sila F a jej zložky F_x , F_y a F_z sú preto súčty síl pôsobiacich na oboch rezných hranách vrtákov. Pri vrtaní sú rezné sily rozložené na rezných hranách vrtáka. Výsledné

rezné sily si predstavujeme skoncentrované v bode A na rezných hranách skrutkovitého vrtáka a rozkladáme ich do smerov X, Y a Z.

Radiálna zložka sily F_y pôsobí na oboch rezných hranách kolmo na os vrtáku a je prekonávaná tuhosťou vrtáku a obrobku. Ak má vrták symetrické rezné hrany, radiálne sily F_y a F_y' sa rovnajú a navzájom sa rušia.

Vektor axiálnej zložky sily F_x má smer posuvu a pôsobí v smere osi vrtáku. Rezné sily F_x a F_p sa skladajú a tvoria osovú silu, ktorú prekonáva posuvný mechanizmus.

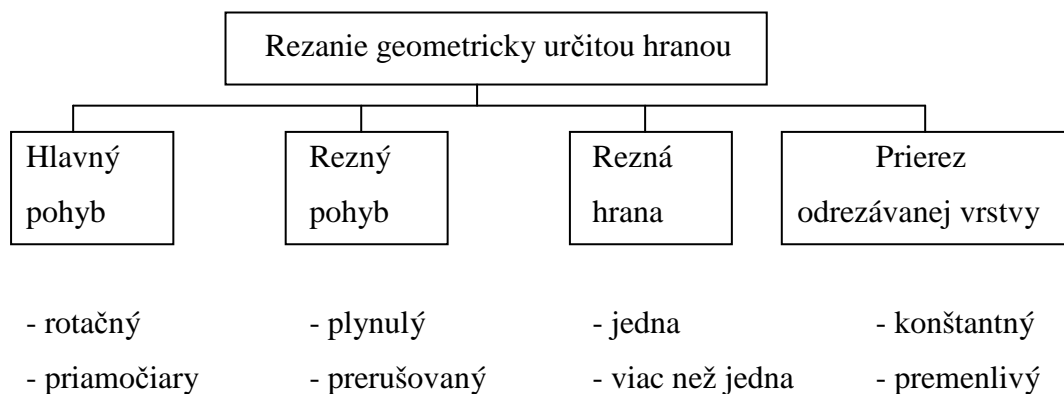
Tangenciálna zložka reznej sily F_z je dotyčnica k dráhe hlavného pohybu vrtáku a vyvoláva krútiaci moment vrtáku (Mádl, 1988).



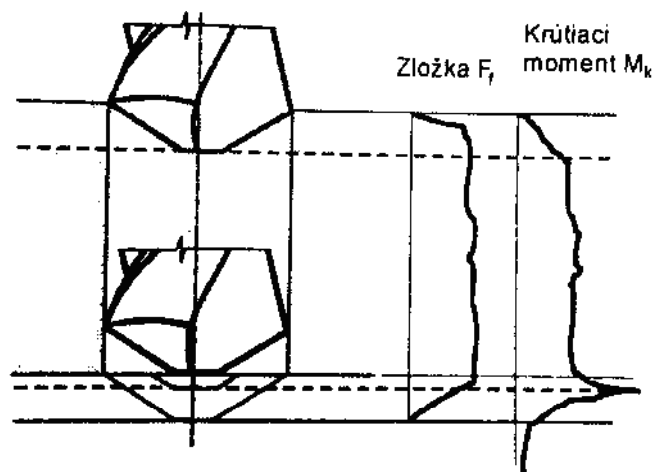
Obr. 2 Rezné sily pri vrtaní (Mádl, 1988)

1.3 Faktory určujúce veľkosť reznej sily

Spôsob rezania geometricky určitou reznou hranou vykazujú štyri rozlišujúce znaky určujúce veľkosť reznej sily v čas, obr. 3. Konštantný priebeh reznej sily je daný plynulým rezným pohybom a konštantnou odrezávanou vrstvou. Pri viacerých rezných hranách je rezná sila daná vektorovým súčtom čiastkových zložiek pôsobiacich na priereze odrezávanej vrstvy.

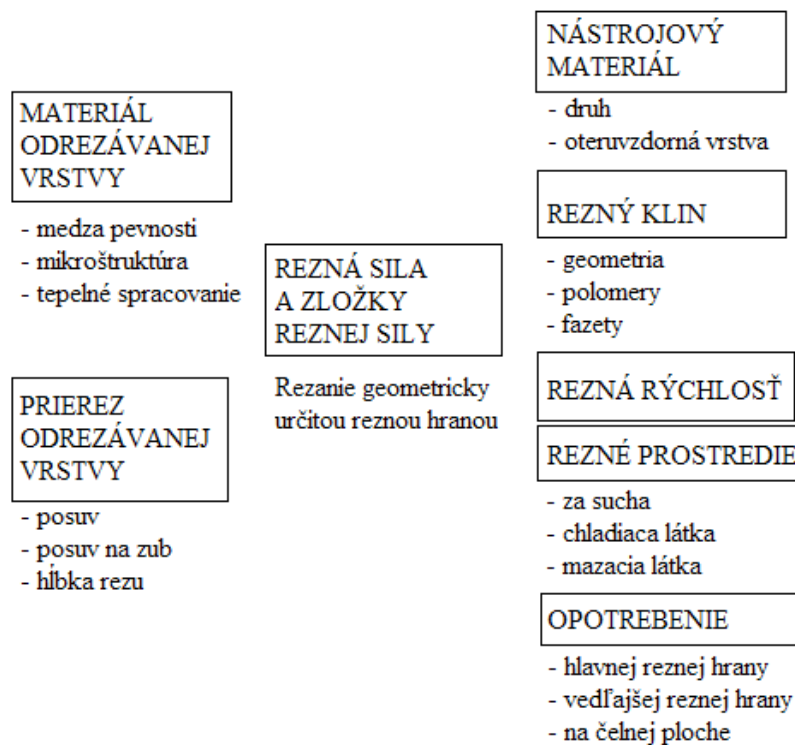


Obr. 3 Rozlišovacie znaky spôsobov rezania (Beňo, 1999)



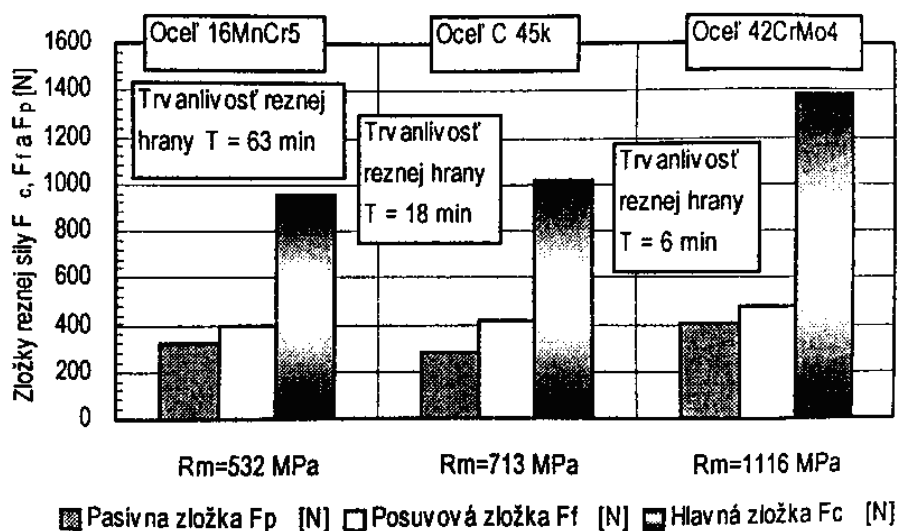
Obr.4 Časový priebeh zložiek reznej sily pri vŕtaní (Beňo, 1999)

Okrem uvedených znakov (obr. 3) pôsobí na veľkosť reznej sily súhrn faktorov, ktoré sú v zobecnenej podobe uvedené na obr. 5. Faktory uvedené na ľavej strane môžu byť voči veľkosti reznej sily ľahko korigované a určujú veľkosť reznej sily priamo. Faktory uvedené na pravej strane sú korigovateľné obtiažne. Nástrojový materiál a geometria rezného klina nie sú tak ľahko meniteľné ako napr. prierez odrezávanej vrstvy. Rezná rýchlosť súvisí s opotrebovaním reznej hrany a jej trvanlivosťou. Použitie chladiacich emulzií a mazacích olejov je dané stupňom obtiažnosti rezania pri rozličných technológiách obrábania. Opotrebenie reznej hrany ako veličina závisí na čase a prejavuje sa prírastkom veľkosti zložky reznej sily.



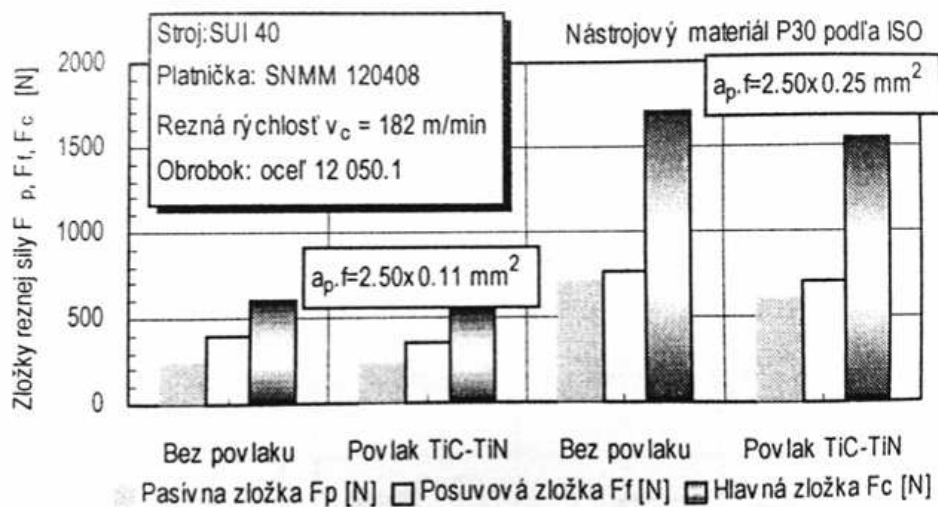
Obr. 5 Faktory určujúce veľkosť zložiek reznej sily (Beňo, 1999)

Vplyv medze pevnosti R_m je uvedený na obr. 6. Rastúca hodnota R_m pôsobí na zvyšovanie jednotlivých zložiek reznej sily a zároveň pri danom nástrojovom materiály určuje veľkosť opotrebenia.



Obr.6 Vplyv medze pevnosti materiálu na veľkosť zložiek reznej sily F_c , F_p a F_f a trvanlivosť reznej hrany (Beňo, 1999)

V minulosti bol viacerými bádateľmi stanovený empirický predpoklad spočívajúci na rozdielnosti zložiek reznej sily v dôsledku použitého rezného materiálu. Empirické zistenia viedli k záveru, že pri „kvalitnejšom“ nástrojovom materiály možno očakávať nižšie hodnoty zložiek reznej sily. Ak tenký oteruvzdorný povlak TiC-TiN dáva platničke zo spekaného karbidu pridanú hodnotu a tým aj vyššiu kvalitu (odolnosť voči opotrebeniu), sú aj zložky reznej sily pri tomto materiály nástroja nižšie, obr. 7 (Beňo, 1999).



Obr. 7 Rozlíšenie zložiek reznej sily F_c , F_p a F_f vplyvom prierezu odrezávanej vrstvy a naneseného tenkého oteruvzdorného povlaku (Beňo, 1999)

1.4 Charakteristika rezných podmienok

Na samotné obrábanie má veľký význam voľba rezných podmienok, ktoré sú najčastejšie charakterizované reznou rýchlosťou v_c a posuvom f_n . Hlavný rezný pohyb pri vŕtaní môže vykonávať rezný nástroj alebo obrobok.

Reznú rýchlosť v_c môžeme vypočítať podľa vzťahu:

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

Kde:

v_c – rezná rýchlosť, ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$),

D – priemer vrtáka, (mm),

n – otáčky vretena, (min^{-1}).

Na výpočet rýchlosti posuvu f_n sa používa matematický vzorec:

$$f_n = \frac{f_m}{n} \quad (\text{mm}) \quad (2)$$

Kde:

f_m – posuv za minútu, (mm),

n – otáčky vretena, (min^{-1}),

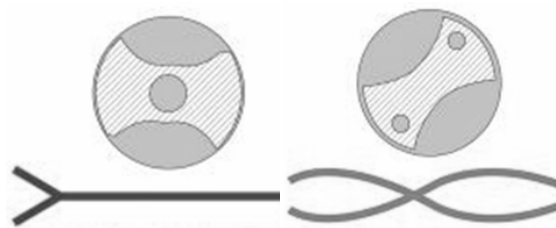
f_n - posuv na otáčku (mm).

Na zvýšenie efektívnosti a hospodárnosti obrábania majú veľký vplyv rezné podmienky. Aby sme zvolili vhodné podmienky môžeme ich vypočítať alebo použijeme tabuľky s už vypočítanými hodnotami. Vzhľadom na to, že pri výpočte rezných podmienok musíme vziať do úvahy veľké množstvo neznámych ako sú druh a vlastnosti vŕtaného obrobku, rozmer a veľkosť vŕtaných dier, použité rezné kvapaliny, či už na chladenie alebo mazanie a samozrejme geometriu použitého rezného nástroja, z toho dôvodu sa v praxi často hodnoty reznej rýchlosti v_c a posuvu f volia zo strojárskych tabuliek. (Žitňanský, 2000)

1.5 Geometria vrtákov

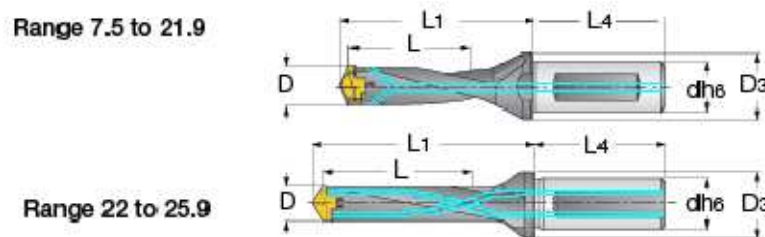
1.5.1 Prehľad nových geometrií vrtákov

Významné konštrukčné zmeny nových vrtacích nástrojov spočíva mimo iného v náhrade priechodného stredového otvoru dvoma skrutkovými periférnymi otvormi privádzajúcimi chladiacu kvapalinu priamo do miesta rezania. To umožňuje zväčšenie priestoru drážky pre odvod triesky.



Obr. 8 Náhrada stredového chladiaceho otvoru dvoma periférnymi otvormi (Horváth, 2009)

Náhrada starších typov vrtákov pokračuje aj v súčasnosti. Nové rady nástrojov rady DR Twist o ďalšie priemery v rozsahu 35 – 44 mm, v troch hĺbkach vrtania 2D, 3D a 4D. Osadené sú tu doštičky so štyrmi reznými hranami.



Obr. 9 DCM 3D (DIA 7,5 – 25,9) (Horváth, 2009)



Obr. 10 Vrták DR Twist (Horváth, 2009)

Titex predstavil monolitný vrták s dvojitým povlakom Titex X-treme PLUS. Vysoko výkonné vrtáky s vnútorným chladením a priemerom 3 – 20 mm je pre vrtanie až do hĺbok 5D. Inovovaný dvojitý povlak zvyšuje odolnosť rezných hrán voči opotrebeniu (Horváth, 2009).



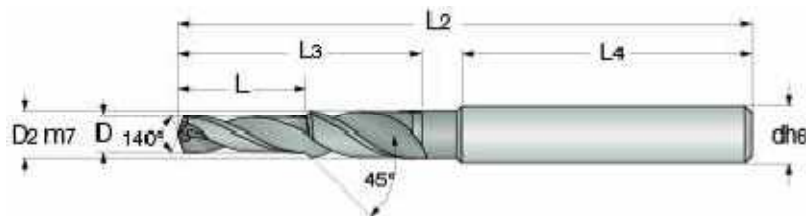
Obr. 11 Výkonný monolitný vrták Titex X-treme PLUS s dvojitým povlakom DPL pre vrtanie do hĺbky až 5xD (Horváth, 2009)

Na vrtanie a frézovanie plechov a iných tenkostenných materiálov sa používajú vrtáky z rýchloreznej ocele s frézovacou špirálou a 135° uhlom reznej hrany (Zufan, 2008).



Obr.12 Frézovací vrták (Zufan, 2008)

Okrem vrtania je možné zároveň zrážanie hrán vrtaných dier, čo skracuje výrobné časy (Zufan, 2008).



Obr.13 Vrták SCDT (Zufan, 2008)

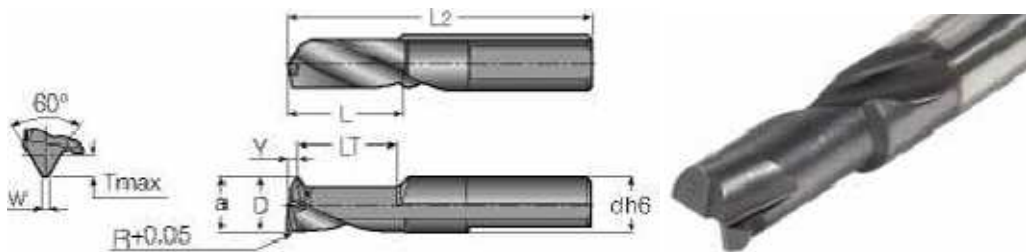


Obr. 14 Vrták typu DCT (M8-M24) (Zufan, 2008)

Použitím rezných doštičiek sa môže zvýšiť viacúčelovosť vrtákov ako rezných nástrojov. Okrem vrtania a vyvrtavania môžeme tieto vrtáky využiť aj na čelné sústruženie. Tak isto sa dajú použiť aj na vonkajšie alebo vnútorné sústruženie. Takáto univerzálnosť rezných nástrojov je významným prínosom v obrábaní (Horváth, 2009)..

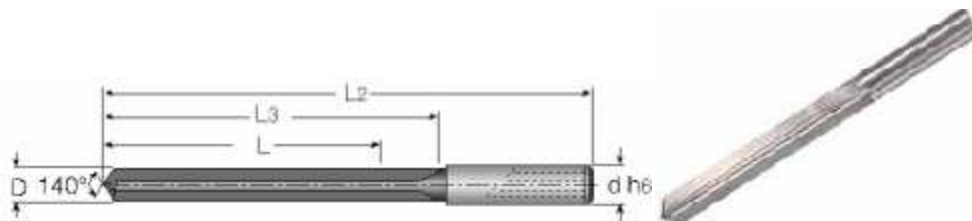


Obr. 15 Multifunkčný vrták DR-MF-2,25D (Horváth, 2009)



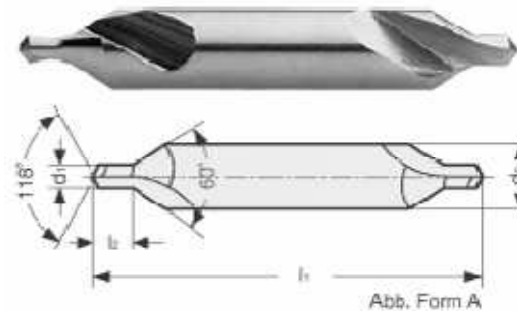
Obr. 16 Vrták PICCO-MFT (Horváth, 2009)

Pre vrtanie otvorov do feritických materiálov sa používajú vrtáky so špeciálnou geometriou využívajúcou rovné drážky pre odvod triesky a uhlom reznej hrany 140° .



Obr. 17 Vrták SCDR pre feritické materiály (Zufan, 2008)

Strediaci vrták (navrtavák) sa používa pre presné vŕtanie strediacich jamiek. Môžu byť jednostranné alebo obojstranné. Rezná hrana takéhoto vrtáku môže byť jednoduchá alebo lomená. Výroba obojstranných vrtákov je z ekonomického hľadiska výhodnejšia, pretože sa použitá nástrojová oceľ lepšie využije (Zufan. 2008).



Obr. 18 Strediaci vrták DIN333/A HSS 1,25mm (Zufan, 2008)

1.5.2 Vplyv geometrie na rezné sily

Geometrický tvar a rozmer rezných hrán vrtáku významne ovplyvňuje znižovanie rezných síl, zníženie krútiaceho momentu, opotrebenie nástrojov, reznú dynamiku a kvalitu vŕtaných dier. Zlá geometria vrtáka často vedie k nežiaducemu uhlu rezania a preto sa zhoršuje rezací výkon a niekedy dôjde aj k strate schopnosti rezania a vŕtania.

Vplyv uhlu špičky vrtáku je analogický vplyvu uhlu nastavenia pri sústružení. So zväčšujúcim sa uhlom špičky sa pri určitom posuve zväčšuje hrúbka triesky a krútiaci moment sa znižuje. Posunová sila sa naproti tomu zväčšuje. Zväčšením hrúbky triesky sa zmenší meraný rezný odpor.

Uhol stúpania drážky skrutkovicového vrtáka takisto ovplyvňuje veľkosť krútiaceho momentu a posunovej sily. Ak sa zväčšuje uhol drážky, znižuje sa aj posunová sila a krútiaci moment až do určitej veľkosti (asi 45°).

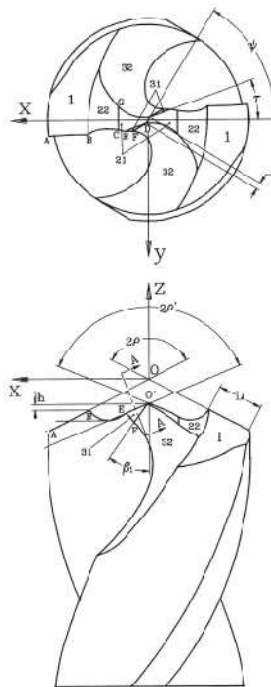
Značný vplyv na veľkosť posunovej sily má aj stredná hrana vrtáku. S rastúcou dĺžkou strednej reznej hrany rastie krútiaci moment a posunová sila.

Najväčší vplyv na veľkosť krútiaceho momentu a posunovú silu má priemer vŕtaného otvoru, resp. priemer vrtáku a posuv, druh a pevnosť, alebo aj tvrdosť materiálu obrobku (Mádl, 1988).

1.5.3 Zakrivená rezná hrana

Experimentálne skúšky ukazujú, že nová geometria vrtákov a predovšetkým nové tvary rezných hrán zvyšujú výkon vrtania. Konvenčné vrtáky majú zvyčajne dve rovné rezné hrany, no geometria vrtákov so zaoblenými reznými hranami prináša so sebou veľa výhod.

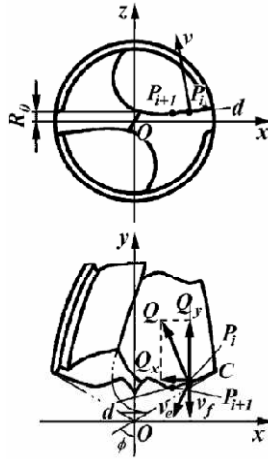
Pri vrtákoch so zakrivenou reznou hranou sa však vyskytuje problém s negatívnym uhlom sklonu hrotu vrtáka. Tento veľký záporný uhol sklonu môže výrazne zvýšiť rezné sily a tým môže dôjsť k výraznému opotrebeniu nástroja. Z dôvodu eliminácie zvýšenia rezných síl musí byť hrot vrtáku mierne zakrivený.



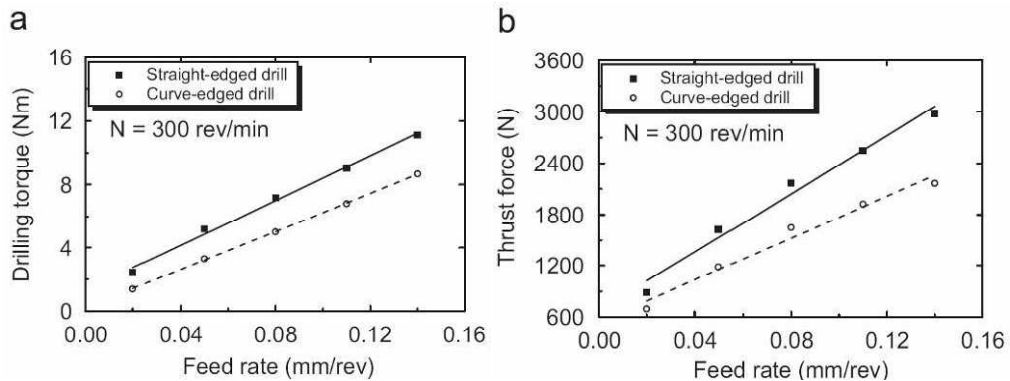
Obr. 19 Geometria vrtáka so zakrivenou reznou hranou (Xiong, 2009)

Obr. 20 nám ukazuje porovnanie krútiacim momentom a osovej sily pri vrtaní medzi konvenčnou rovnou reznou hranou vrtáku a zakrivenou reznou hranou podľa obrázka 19.

Pri experimente sa potvrdilo, že nová geometria vrtáku so zakrivenou reznou hranou znižuje a to vo významnej miere krútiaci moment, rovnako ako aj prítlačnú silu. V porovnaní s konvenčným vrtákom, nový vrták znižuje krútiaci moment až do 28,5% a osovú silu v priemere o 24,6% (Xiong, 2009).



Obr. 20 Geometria multifacet (MFT) vrtáka (Xiong, 2009)

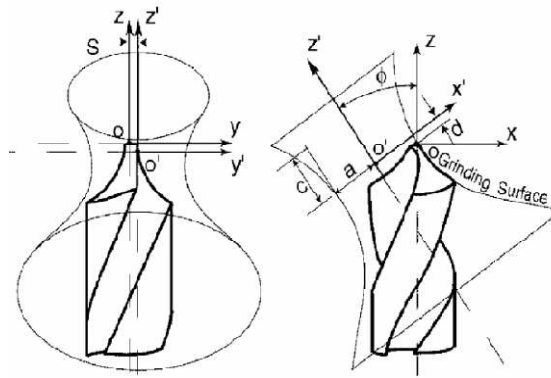


Obr. 21 Porovnanie krútiaceho momentu a osovej sily medzi konvenčným vrtaním s rovnou reznou hranou a vrtaním s použitím zakrivenou reznou hranou v závislosti od posuvu (Xiong, 2009)

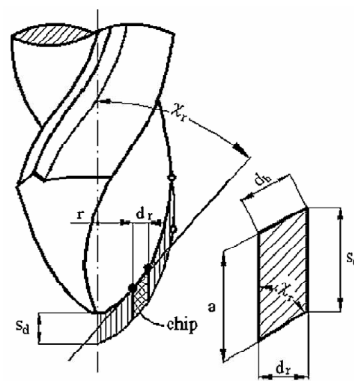
1.5.4 Zaoblená rezná hrana

Existuje mnoho faktorov, ktoré ovplyvňujú proces rezania. Hlavným faktorom je geometria vrtáka. Pri použití zaoblených rezných hrán, ako je to znázornené ďalej, môžeme doceliť zníženie krútiaceho momentu a rezných síl.

Experimentálne výsledky ukázali, že vrtanie s vrtákmi so zaoblenými reznými hranami sú účinné pri znižovaní opotrebenia nástrojov, majú lepšiu schopnosť rezania a dlhší život (Fetecau, 2008).



Obr. 22 Hyperbolická geometria vrtáka (Fetecau, 2008)

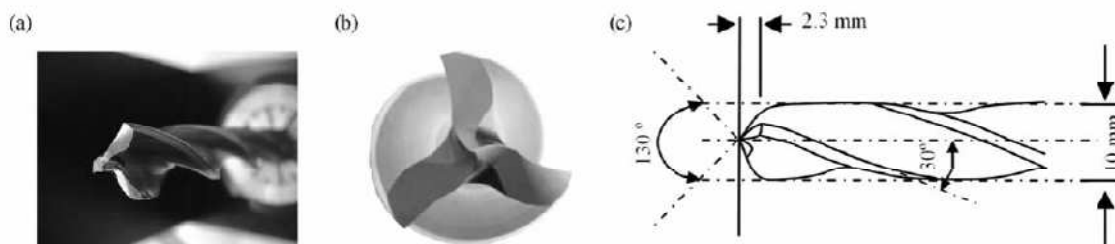


Obr. 23 Geometria vrtáku so zaobleným hrotom (Fetecau, 2008)

1.5.5 Vrtáky s tromi reznými hranami

Neustály vývoj novej geometrie vrtákov priniesol aj výrobu vrtákov s tromi reznými hranami namiesto bežne používaných dvoch rezných hrán. Použitie troch rezných hrán má niekoľko významných výhod. Jednou z nich je, že výrazne znižuje hádzanie počas vrtania a tým prispieva k väčšej stabilite. To zaručuje vyššiu kvalitu vrtaných dier a zvyšuje životnosť rezného nástroja. Veľkou výhodou troch rezných hrán je aj to, že nedochádza k deformáciám pri vrtaní nerovného povrchu, či už pri vníkaní nástroja do obrábaného materiálu alebo pri výstupe.

Špeciálna geometria vrtáku nám umožňuje, aby boli pri obrábaní použité nižšie sily, čo bol hlavný dôvod pre návrh a výrobu týchto vrtákov. Tri rezné hrany umožňujú lepšie rozloženie tangenciálnych zložiek rezných síl. Zníženie rezných síl prispieva k zníženiu opotrebeniu rezného nástroja (Begoňa, 2004).



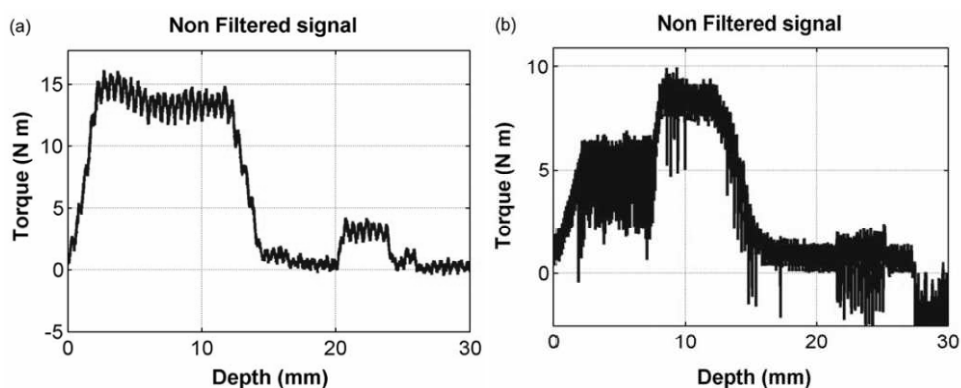
Obr. 24 Vrták typu TF B105. (a) fotka vrtáku, (b) detail hrotu vrtáku, (c) výkres vrtáku zachycující hlavní geometrické vlastnosti (Begoňa, 2004)



Obr. 25 Vrtáky s tromi reznými hranami. Vľavo PN 10-65A, v pravo PN 10-65C (Begoňa, 2004)

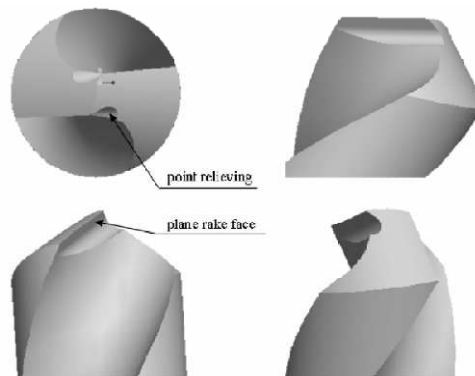
Vyššia stabilita, ktorú zaručujú tri rezné hrany, je dosahovaná vďaka zníženiu chvenia krútiaceho momentu počas rezania. Nová geometria vrtáku tak prispieva k vyššej optimalizácii krútiaceho momentu.

Geometria vrtákov s použitím troch namiesto dvoch rezných hrán sa stále vylepšuje a rezné hrany sa stále menia (Begoňa, 2004).



Obr. 26 Porovnanie stability krútiaceho momentu (a) vrták typu TF B105, (b) bežný vrták s dvomi reznými hranami (Begoňa, 2004)

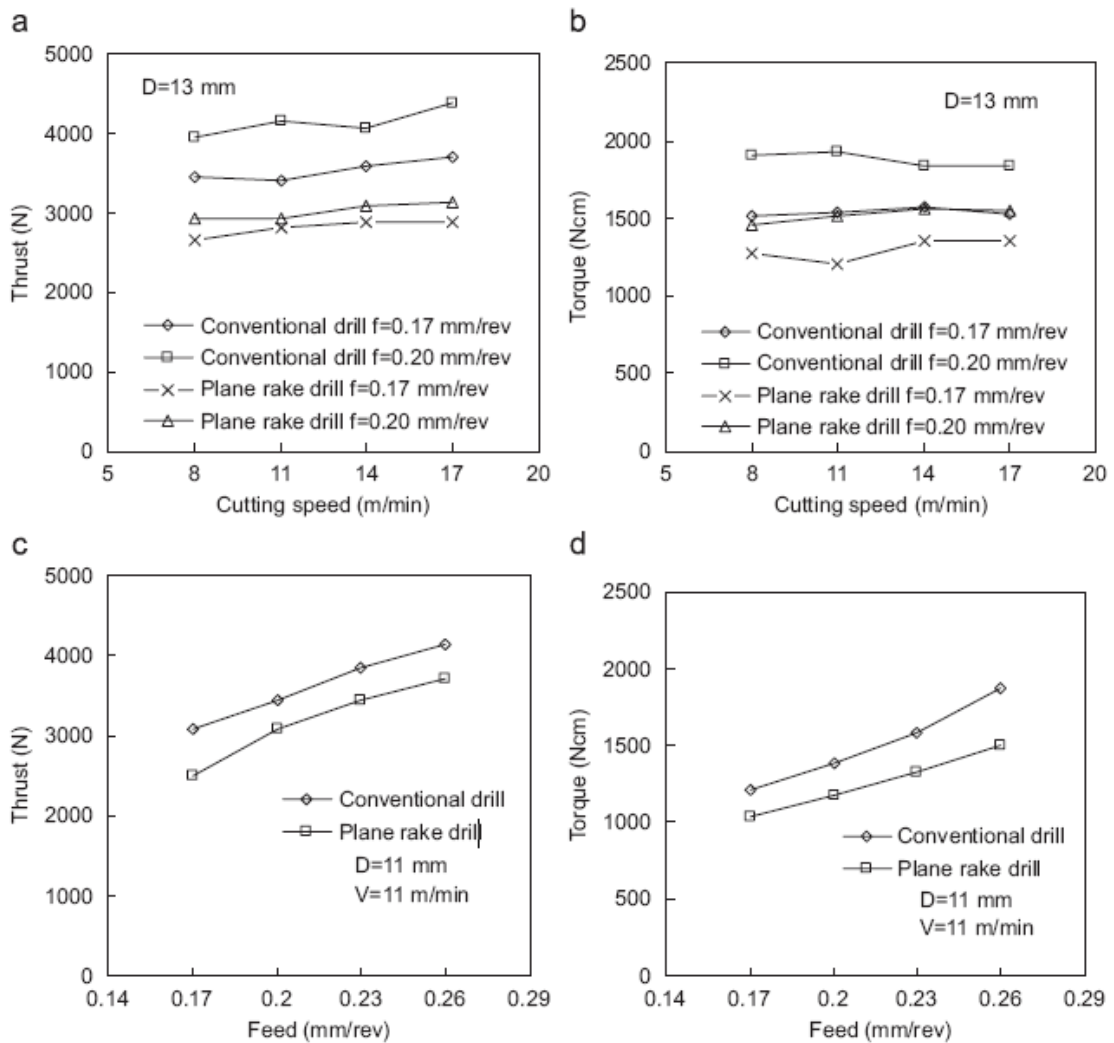
1.5.6 Geometria vrtáka so zaobleným čelom



Obr. 27 Nová geometria vrtáka (Wang, 2008)

Štúdie modifikovaného vrtáka a geometrický rozbor ukázali, že pri takto použitej geometrie na vrtanie môžeme očakávať výrazne zníženie rezných síl. Zároveň dochádza k poklesu krútiaceho momentu, čo pozitívne vplýva na životnosť rezného nástroja.

V štúdiách sa ukázalo, že zníženie rezných síl môže dosahovať priemerne 28,3% a v niektorých prípadoch dokonca až 46,9% v porovnaní s konvenčným vrtákom, zatiaľ čo sa pri rovnakých rezných podmienkach krútiaci moment zníži priemerne len o 13,2%, maximálne 24,9%. Výrazné zníženie rezných síl a krútiaceho momentu je vidno aj na obr. 28. Životnosť vrtáka bola tiež podrobená skúškam. Geometricky modifikované vrtáky mali životnosť výrazne vyššiu oproti konvenčným vrtákom (Wang, 2008).



Obr. 28 Porovnanie sily a momentu konvenčného vrtáku s vrtákom s novou geometriou v závislosti od reznej rýchlosti (a, b) a od posuvu (c, d) (Wang, 2008)

1.5.7 Vrtáky s vymeniteľnými reznými doštičkami

Nová generácia vrtákov s vymeniteľnými reznými doštičkami, ktorá nám priniesla revolúciu v podobe nových a neštandardných geometrií do ktorej určite patrí aj vrták CoroDrill 880, so sebou prináša veľké výhody. Jednou z najvýraznejších je práve zníženie rezných síl potrebných pri rezaní obrábaného materiálu. Zvýšenie kvality vŕtaných dier a zníženie rezných síl je hlavným faktorom používania takýchto vrtákov. Nová geometria vrtákov má len veľmi málo spoločné s konvenčnou geometriou vrtákov.

Vrtáky s vymeniteľnými reznými doštičkami so sebou prinášajú vyššiu produktivitu, väčšiu spoľahlivosť a schopnosť vrátať otvory s vyššou kvalitou. Dramatické zmeny sa dotýkajú predovšetkým zníženia rezných síl a krútiaceho momentu. Toto zlepšenie je možné vďaka použitiu novej Step technológie.



Obr. 29 Vrták CoroDrill 880 od firmy Sandvik Coromant (Richt, 2005)

Na trhu sa vyskytujú rezné doštičky s rôznou geometriou, vďaka ktorej je možné použitie tejto technológie pri rôznych obrábacích operáciách, ako napr. pri vŕtaní dier do materiálu z dutého profilu.

Voľba správnej geometrie reznej časti je určovaná pracovnou oblasťou operácie a materiálom obrobku (Richt, 2005).



Obr. 30 Vymeniteľné rezné doštičky (Richt, 2005)

1.5.8 Vrtáky s vymeniteľnou reznou hranou

Medzi najvyužívanejšie operácie trieskového obrábania určite patrí vŕtanie. Hoci sa samotná technológia nejako výrazne nemení, nástroje na vŕtanie prechádzajú neustálym vývojom umožňujúcim zvyšovanie parametrov vŕtania na strane jednej a zvyšovanie životnosti na strane druhej.

Nové vrtáky s vymeniteľnou reznou hranou spájajú najnovšie požiadavky na kvalitu vrtaného otvoru a minimálnu dobu vrtania s úsporami nákladov na rezný materiál a taktiež úsporami energie (menšie prítláčné sily si vyžadujú menšie energie) (Benýr, 2009).

1.5.9 Vymeniteľná vrtacia hlava Hydra

Výmenné hlavy z húževnatého mikrozrnného karbidu a tela z tvrdenej niklovej ocele vynikajú vysokou odolnosťou voči opotrebeniu a korózií. Zároveň nám umožňujú odoberanie triesky s použitím menšej prítláčnej sily. Do jedného tela sa dajú upnúť vrtacie hlavy rôznych veľkostí pri zachovaní spoľahlivosti upnutia nástroja.

Vrtacie hlavy majú povlak z TiAlNi (titanaluminiumnitrid), ktorý výrazne prispieva k vysokej húževnatosti nástroja a súčasne chráni proti oxidácii. Vďaka tomu môžeme tieto rezné hlavy používať pri vysokých rýchlostiach a posuvoch.

Vplyv reznej rýchlosti na veľkosť rezných síl pri vysokorýchlostnom obrábaní má zásadný charakter (Skopeček, 2002). Zvyšovanie reznej rýchlosti prináša so sebou tepelne odpevňujúce deje v odrezávanom materiály, ktoré znižuje jeho rezný odpor a tým dochádza k razantnému poklesu rezných síl. Ak budeme uvažovať dva principiálne druhy materiálov - tvárne a krehké -, dochádza k poklesu rezných síl s rastúcou reznou rýchlosťou len u materiálov tvárných, zatiaľ čo u materiálov krehkých je pokles nepatrný.



Obr. 31 Vrták s vymeniteľnou vrtacou hlavou Hydra (Benýr, 2009)

Otvory pre rozvod reznej kvapaliny v tele vrtáku sú dokonale zarovnané s príslušnými otvormi na vymeniteľnej vrtacej hlave tak, aby rezná kvapalina bola privádzaná priamo na rezný klin nástroja, čo zaručuje väčšiu stabilitu reznej sily behom vrtania a zároveň nedochádza k zníženiu posunovej sily ako u „bežných“ vrtákov, kde sa trieska odvádza v protismere prívodu kvapaliny. Pri vysokorýchlostnom obrábaní s

vysokou rýchlosťou posuvu dobre odvádza teplo z miesta vŕtania a súčasne hladko odvádza triesky z otvoru. To pozitívne ovplyvňuje životnosť nástroja.

Samostrediacia geometria – hrot 140° so štyrmi fazetkami – zaisťuje nízke hodnoty prítláčnych síl potrebných behom vŕtania, čím dochádza k väčšej stabilite samotného procesu vŕtania. Nie je potrebné a ani sa neodporúča predvŕtavanie alebo navŕtavanie.

Presné spojenie hlavy s telesom nástroja s využitím vrubov zaisťuje mimoriadnu tuhosť deleného nástroja a optimálny prenos krútiaceho momentu, ktorý je prenášaný rovnomerne. Systém s radiálnym upínaním umožňuje ľahkú manipuláciu. Špirálové drážky súčasne zaisťujú účinné odvádzanie triesky (Benýr, 2009).

1.5.10 Použitie vrtákov s vymeniteľnou hranou

Vrtáky s vymeniteľnými reznými hlavami majú aj tú výhodu, že nimi môžeme vŕtať aj do väčších hĺbok v porovnaní s priemerom vrátku. To je možné vďaka tomu, že telo samotného vrtáku je vyrobené z iných materiálov ako rezná hlava, čo zároveň aj znižuje cenu vrtákov. Materiály na výrobu rezných hláv sú oveľa drahšie (Nagy, 2004).



Obr.32 Vrták typu DCM-8D (Dia 10-25,9)(Nagy, 2004)

2 CIEĽ PRÁCE

V strojárскеj technológii sa kladie stále väčší význam na používané rezné nástroje za účelom zvýšenia efektívnosti vŕtania a súčasného zníženia nákladov na samotný proces obrábania.

Cieľom tejto diplomovej práce je preto meranie a následné porovnanie rezných síl pri vŕtaní za použitia vŕtákov rôznej geometrie. Porovnávať budeme vŕták s klasickou geometriou s vrcholovým uhlom 118° s dvoma reznými hranami a vŕtákom s novou geometriou rezných hrán a vrcholovým uhlom 170° . Budeme porovnávať vplyv geometrie rezného nástroja na silu pri vŕtaní bez použitia rezných kvapalín.

Výsledky diplomovej práce môžu byť v technickej praxi použité ako pomôcka pri výbere vhodného rezného nástroja pri vŕtaní do daného obrábaného materiálu.

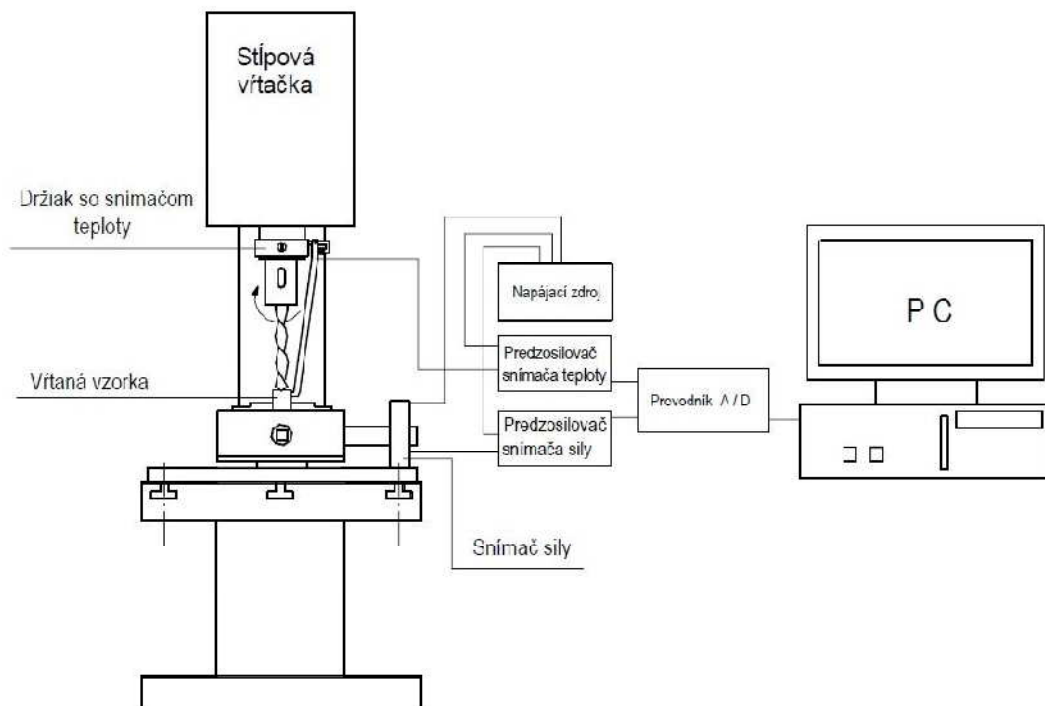
3 METODIKA PRÁCE

3.1 Postup práce

Postup pri písaní diplomovej práce môžeme zhrnúť do niekoľkých čiastkových krokov ktoré sú:

- spracovanie súčasného prehľadu riešenej problematiky,
- príprava merania,
- meranie rezných síl pri vŕtaní,
- spracovanie nameraných výsledkov formou tabuliek a grafov,
- zhodnotenie výsledných hodnôt.

3.2 Meracia sústava



Obr. 33 Bloková schéma meracej sústavy (Žitňanský, 2006)

3.3 Stojanová vrtačka

Stojanová vrtačka ktorú sme pri meraní použili je KAZALNIK BS 30. Nachádza sa v dielňach Technickej Fakulty SPU.

3.3.1 Charakteristika vrtačky:

- Výrobca Kazalnik,
- Otáčky vretena $85 - 475 \text{ min}^{-1}$,
- Posuv je $0,1 - 0,4 \text{ mm}$.



Obr. Vrtáčka Kazalnik BS 30

3.4 Snímač reznej sily

Na snímanie reznej sily pri meraní sme použili tenzometrický snímač sily Utilcell M120 Spain. Tento snímač sily je jednoobvodový s deformačným meracím elementom: (berýlium - zliatiny medi). Výrobcom tohto komponentu je spoločnosť Utilcell.

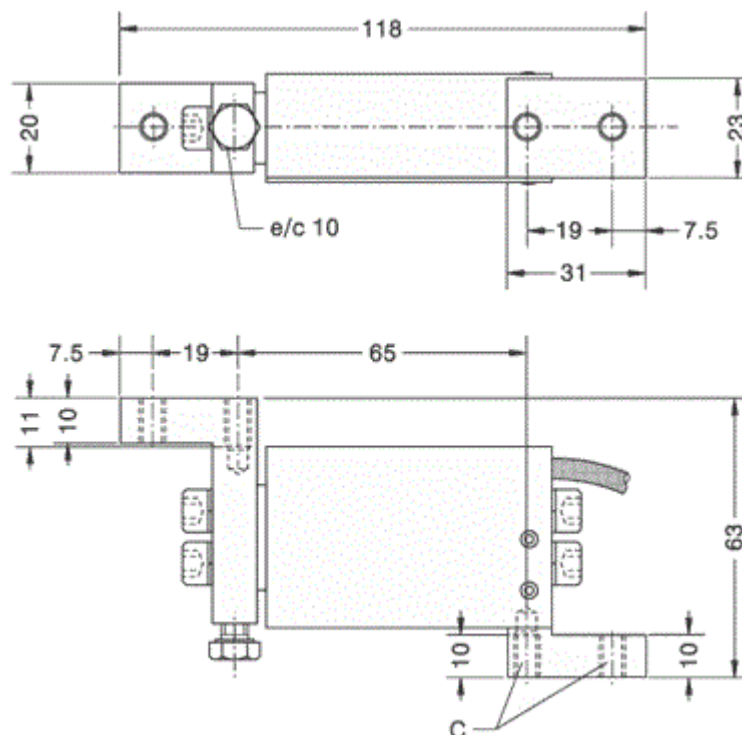
3.4.1 Charakteristika snímača reznej sily Utilcell - M120:

- dvojité ohybové snímače,
- meracie prvky berýlium – zliatiny medi,
- ochrana proti relatívnej vlhkosti do 95% bez kondenzátora,

- integrovaná ochrana proti zaťaženiu (nutné nastaviť pri 150% max),
- limity bezpečného zaťaženia: 7.5kg - 30kg, 50kg - 250kg,
- citlivosť: $2 \pm 10 \%$ mV/V,
- maximálny ohyb: 0,2 – 0,4 mm,
- napájacie napätie: 10 až 15 V.
- bezpečné zaťaženie: 7,5 až 50 kg.



Obr. 34 Snímač reznej sily (UTILCELL, 2007)



Obr. 35 Vonkajšie rozmery snímača reznej sily (UTILCELL, 2007)

3.4.2 Upevnenie snímača

Aby sme počas celého merania zabezpečili pevné upnutie snímača a tým obmedzili prípadné nepresnosti merania použili sme upínací prípravok. Upínací prípravok bol prichytený o stôl vrtáčky a zároveň slúžil aj na pevné upnutie obrobku. Na zabránenie prípadne zmiernenie nárazu ramena sme použili tlmiacu podložku.

Hodnoty namerané snímačom reznej sily Utilcell – M120 nemeriame priamo skutočnú hodnotu reznej sily, preto bolo potrebné nameranú hodnotu prepočítať pomocou vzťahu:

$$F_z = \frac{2 \cdot F_{nm} \cdot 190}{D} = F_{nm} \cdot 19 \quad (\text{N}) \quad (3)$$

Kde:

F_z - skutočná rezná sila (N),

F_{nm} - nameraná sila (N),

L – vzdialenosť medzi osou vrtáka a snímača (mm),

D – priemer vrtáka (mm).

3.5 Predzosilňovač signálu ADAM 3014

Výstupný signál snímača Utilcell – M120 je relatívne slabý a z toho dôvodu bolo potrebné signál zosilniť. Na zosilnenie signálu sme použili predzosilňovač od firmy Advantech s označením ADAM 3014.

3.5.1 Charakteristiky predzosilňovača ADAM 3014:

- napájacie napätie 24 V DC,
- rozsah pracovných teplôt 0 – 7 °C,
- spotreba 0,85 W,
- plne odizolovaný s odolnosťou voči prierazu do 1000 V DC,
- vstupy bipolárne/unipolárne od ±10 mV až 10 V,
- výstupy unipolárne 10 V,
- môže pracovať aj s prúdovým vstupom – výstupom,

- max. vstupná frekvencia 2,4 kHz pri nelinearite medzi vstupom a výstupom $f_{xy} \pm 0,1$ V v celom rozsahu.

3.6 Príprava vzoriek

Keďže sme pri meraní porovnávali vplyv geometrie vrtákov, vzorky použité pri obrábaní boli všetky vyrobené z jedného materiálu. Pri meraní sme používali vzorky v tvare valca. Priemer valca rovnako ako aj jeho výška bola 30 mm.

Z dôvodu zabezpečenia dostatočnej presnosti merania sme obrábané vzorky vyrobili sústružením.

Každá vzorka mala na čele zahlbovací otvor ktorý mal slúžiť na uľahčenie zavítania sa rezného nástroja do obrábaného materiálu.

3.7 Rezné nástroje

3.7.1 Vrták s klasickou geometriou

Pri meraní sme používali skrutkový vrták bežnej geometrie s dvomi reznými hranami HSS DIN 345 RN s vrcholovým uhlom 118° a priemerom $\varnothing 16$ mm. Vrták je vhodný na vŕtanie dier do pevnosti 900 N/mm^2 .



Obr. 36 Vrták HSS DIN 345 RN

3.7.2 Vrták s novou geometriou

Druhý vrták s ktorým sme merali je od firmy Ocean Penetrator. Je to vrták s dvomi reznými hranami, pričom vrcholový uhol zvierá 170° . Pri meraní sme použili

vrták s priemerom \varnothing 16 mm. Geometria vrtáka má umožniť lepšiu odvod triesky z miesta rezania. Taktiež umožňuje kratšie časy potrebné na vrtanie jednotlivých dier, čo výrazne ovplyvní hospodárnosť výroby. Brúsenie vrtáka nie je potrebné vykonávať tak často ako pri bežných vrtákoch.



Obr. 37 Vrták Penetrator

3.8 Postup merania

3.8.1 Meranie č. 1

Prvé meranie osovej sily sme robili pri konštantnom posuve rezného nástroja a reznej rýchlosti. Vopred pripravenú vzorku sme upevnili do stojanovej vrtáčky. Ako prvý vrták pri meraní reznej sily sme použili vrták s klasickou geometriou. Meranie osovej sily sme vykonali pri zábere reznej hrany do obrábaného materiálu. Počas vrtania sme v pravidelných intervaloch merali 5 krát a nakoniec pri výstupe rezného nástroja z obrábanej vzorky. Takto sme postupovali pri troch vzorkách, pričom sme zakaždým zmenili otáčky vretena a to postupne najskôr $n = 85, 150$ a 265 min^{-1} .

Po dokončení merania sme do upínacieho prípravku vrtáčky upevnili ďalšiu vzorku a takisto sme aj vymenili vrták. Meranie sme opakovali rovnakým spôsobom. Namerané hodnoty sú uvedené v tabuľke.

Pri meraní sme posuv nastavili na konštantnej hodnote $f_n = 0,10 \text{ mm}$. Reznú rýchlosť sme vypočítali podľa vzťahu:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (\text{m} \cdot \text{min}^{-1}) \quad (4)$$

Kde:

v_c – rezná rýchlosť, ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$),

D – priemer vrtáka, (mm),

n – otáčky vretena, (min^{-1}).

3.8.2 Meranie č.2

Pri druhom meraní sme postupovali podobne ako pri prvom meraní, ale tentokrát sme nemenili reznú rýchlosť. Reznú rýchlosť sme si určili na $13,32 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ a otáčky vretena ostali počas celého druhého merania na hodnote $265 \text{ mm} \cdot \text{m}^{-1}$.

Posuv počas merania sme nastavovali na tri hodnoty a to konkrétne:

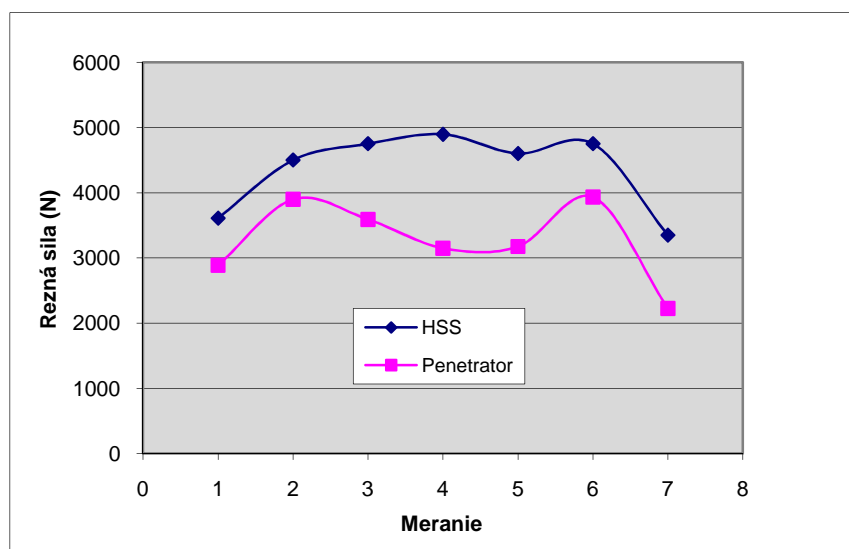
$f_n = 0,16 \text{ mm}$, $f_n = 0,25 \text{ mm}$ a $f_n = 0,40 \text{ mm}$.

4 VÝSLEDKY PRÁCE

4.1 Namerané hodnoty merania č. 1

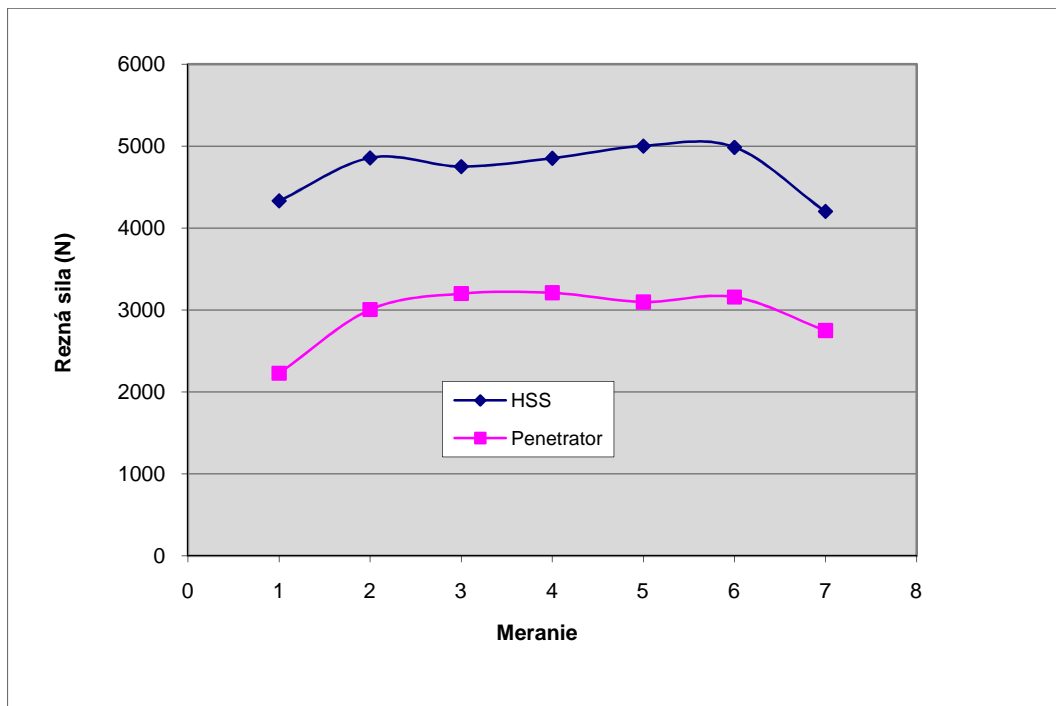
Tab. 1 Namerané hodnoty reznej sily pri konštantnom posuve $f_n = 0,1$ mm

$v_{c1} = 4,27 \text{ m.min}^{-1}$		$v_{c2} = 7,54 \text{ m.min}^{-1}$		$v_{c3} = 13,32 \text{ m.min}^{-1}$	
HSS vrták	Penetrator	HSS vrták	Penetrator	HSS vrták	Penetrator
Rezná sila (N)	Rezná sila (N)	Rezná sila (N)	Rezná sila (N)	Rezná sila (N)	Rezná sila (N)
3611	2887	4330	2228	3605	2777
4500	3899	4856	3005	4902	4820
4750	3590	4750	3200	5120	4508
4895	3150	4851	3210	5160	4952
4600	3175	5001	3098	4997	4901
4750	3933	4985	3158	5106	4511
3350	2225	4200	2750	3852	3358

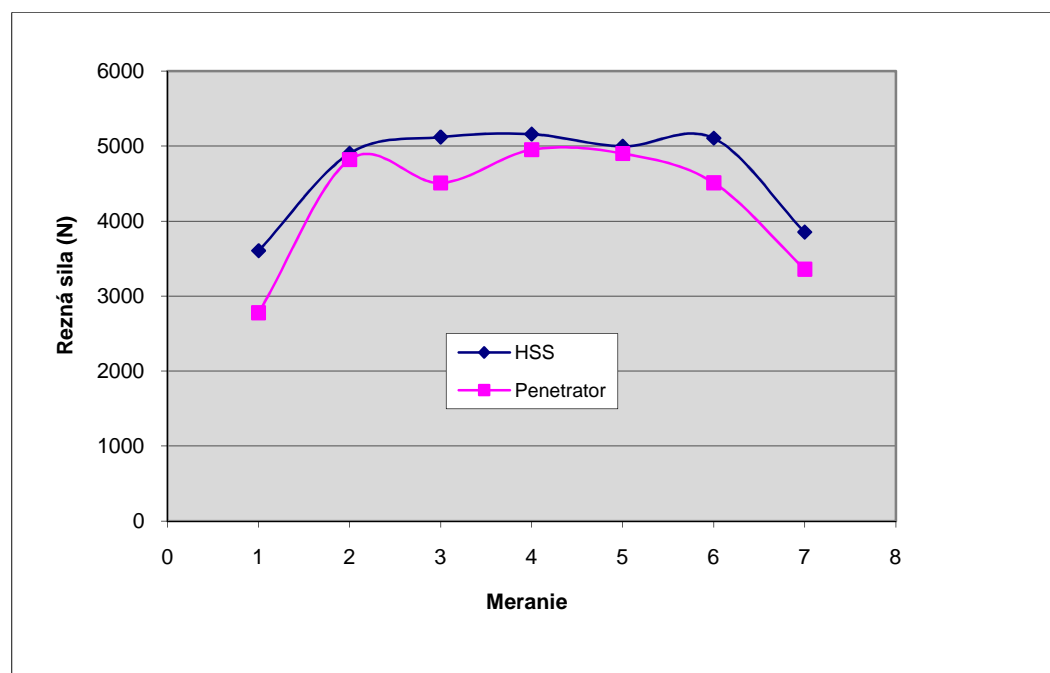


Graf 1 Priebeh rezných síl pri posuve $f_n = 0,10$ mm a reznej rýchlosti

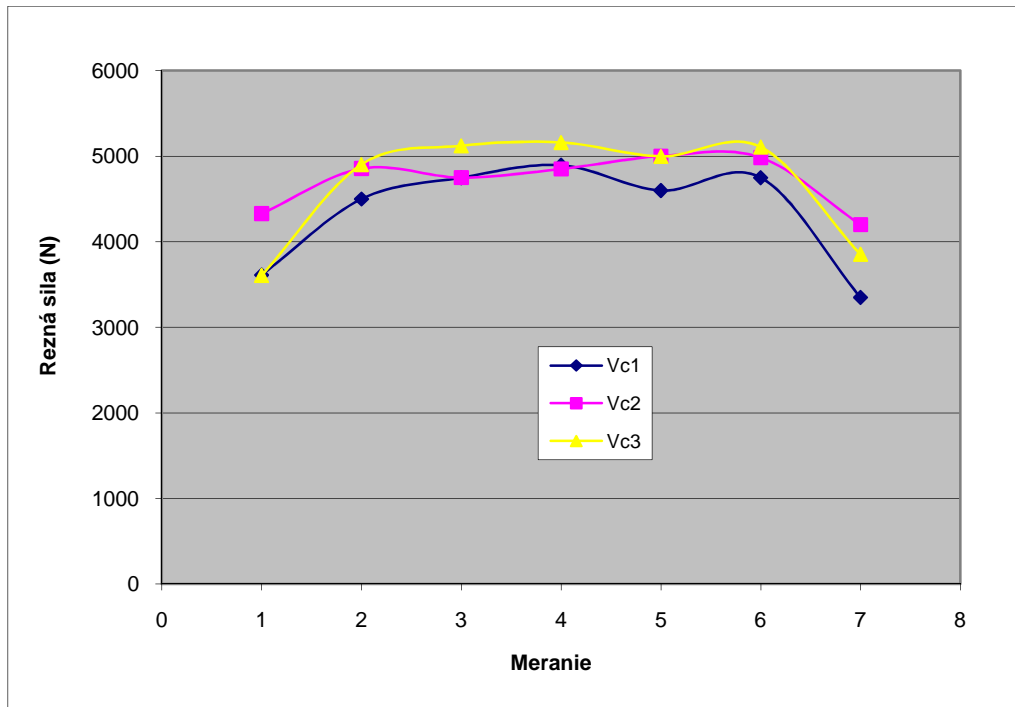
$$v_c = 4,27 \text{ m.min}^{-1}$$



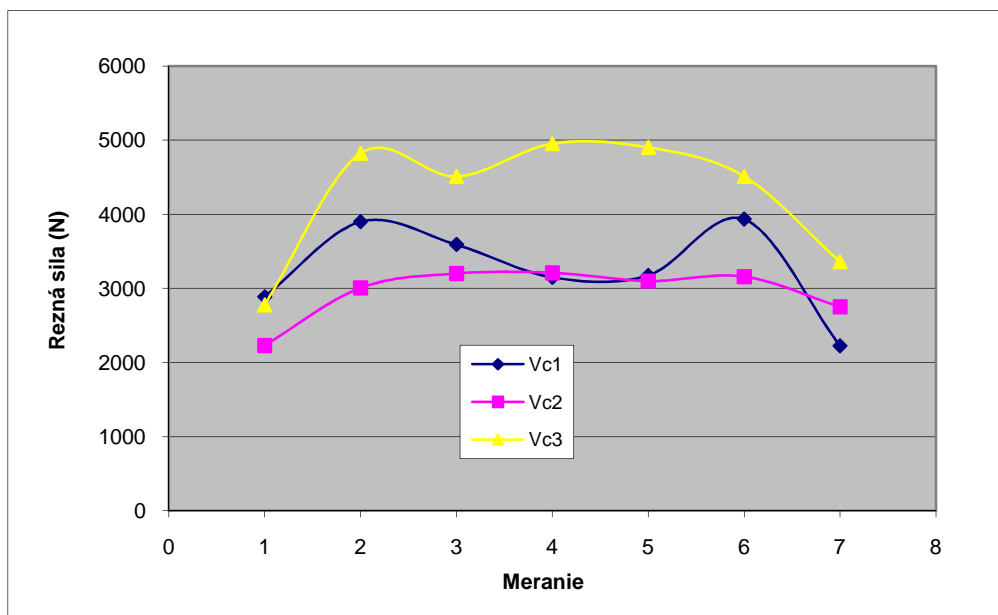
Graf 2 Priebek rezných síl pri posuve $f_n = 0,10$ mm a reznej rýchlosti $v_c = 7,54$ m.min⁻¹



Graf 3 Priebek rezných síl pri posuve $f_n = 0,10$ mm a reznej rýchlosti $v_c = 13,32$ m.min⁻¹



Graf 4 Priebek rezných síl pre vrták HSS pri rôznych rezných rýchlostiach



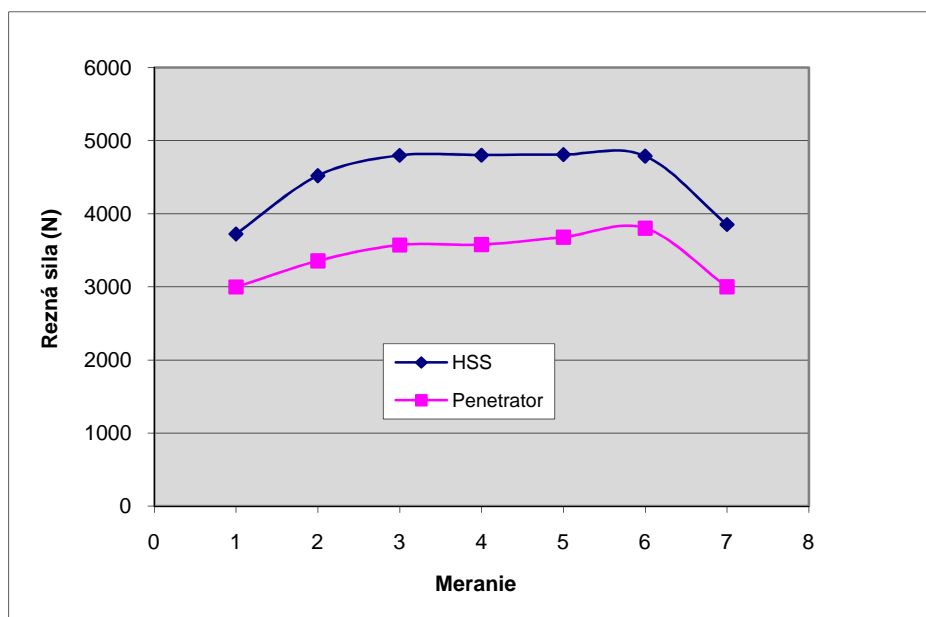
Graf 5 Priebek rezných síl pre vrták Penetrator pri rôznych rezných rýchlostiach

4.2 Namerané hodnoty merania č. 2

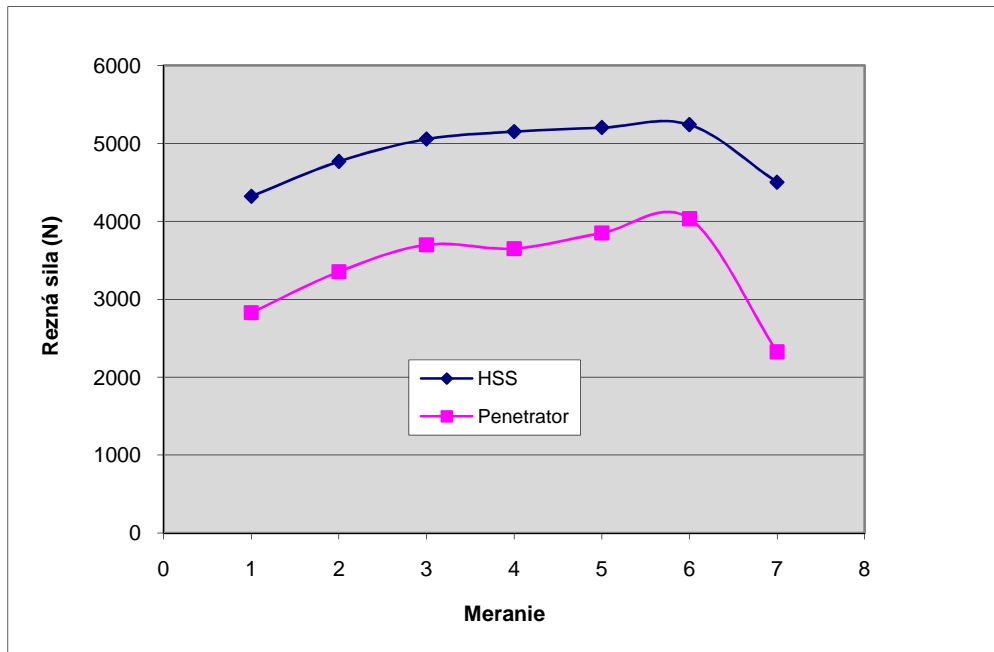
Tab. 1 Namerané hodnoty reznej sily pri konštantnej reznej rýchlosti

$$v_c = 13,32 \text{ m.min}^{-1}$$

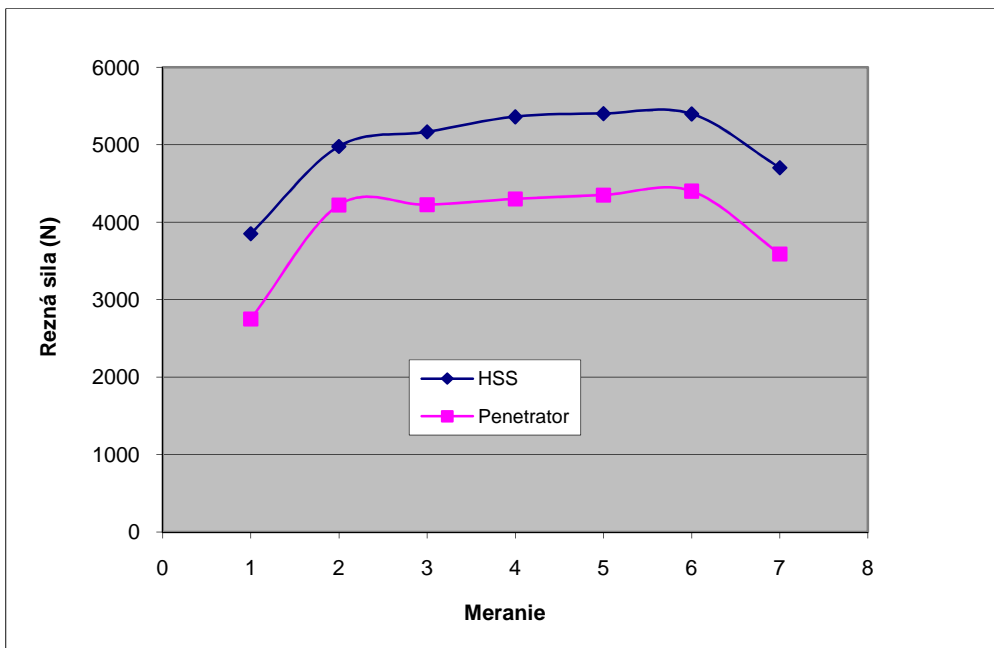
$f_{n1} = 0,16 \text{ mm}$		$f_{n2} = 0,25 \text{ mm}$		$f_{n3} = 0,40 \text{ mm}$	
HSS vrták	Penetrator	HSS vrták	Penetrator	HSS vrták	Penetrator
Rezná sila (N)	Rezná sila (N)	Rezná sila (N)	Rezná sila (N)	Rezná sila (N)	Rezná sila (N)
3722	2998	4320	2828	3850	2750
4520	3356	4768	3999	4978	4221
4798	3572	5055	3699	5165	4225
4802	3578	5151	3650	5362	4300
4810	3680	5201	3850	5403	4350
4789	3801	5240	4033	5399	4402
3852	3001	4500	2325	4702	3589



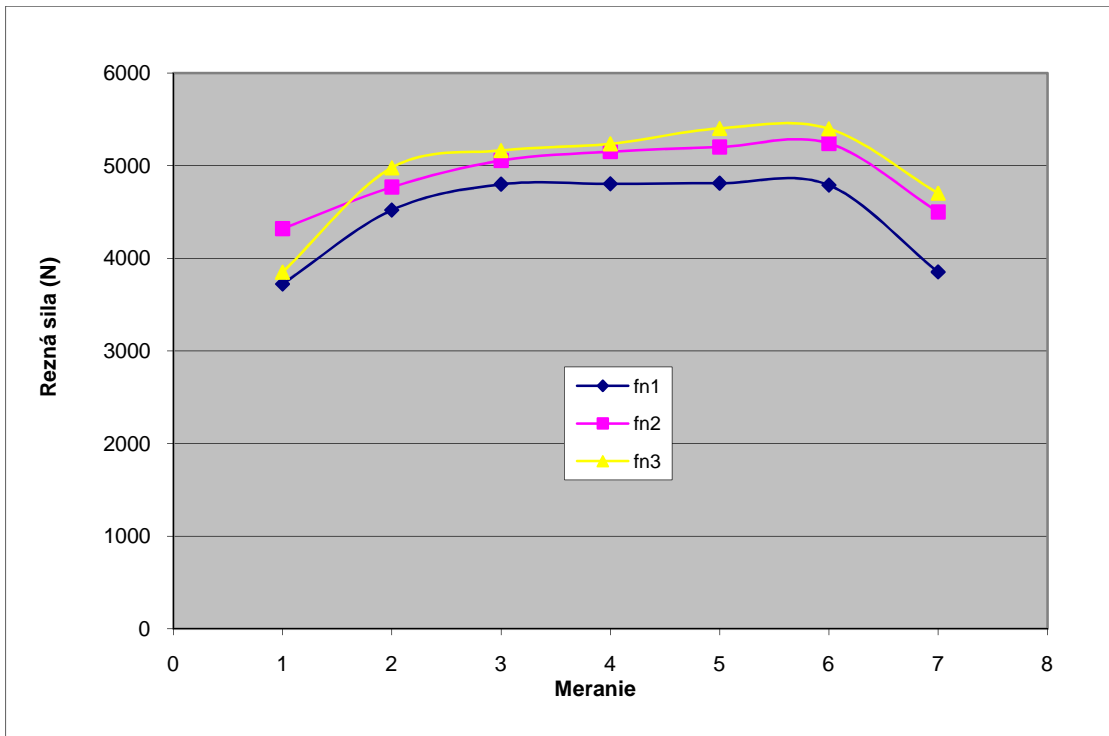
Graf 6 Priebek rezných síl pri reznej rýchlosti $v_c = 13,32 \text{ m.min}^{-1}$ a posuve $f_n = 0,16 \text{ mm}$



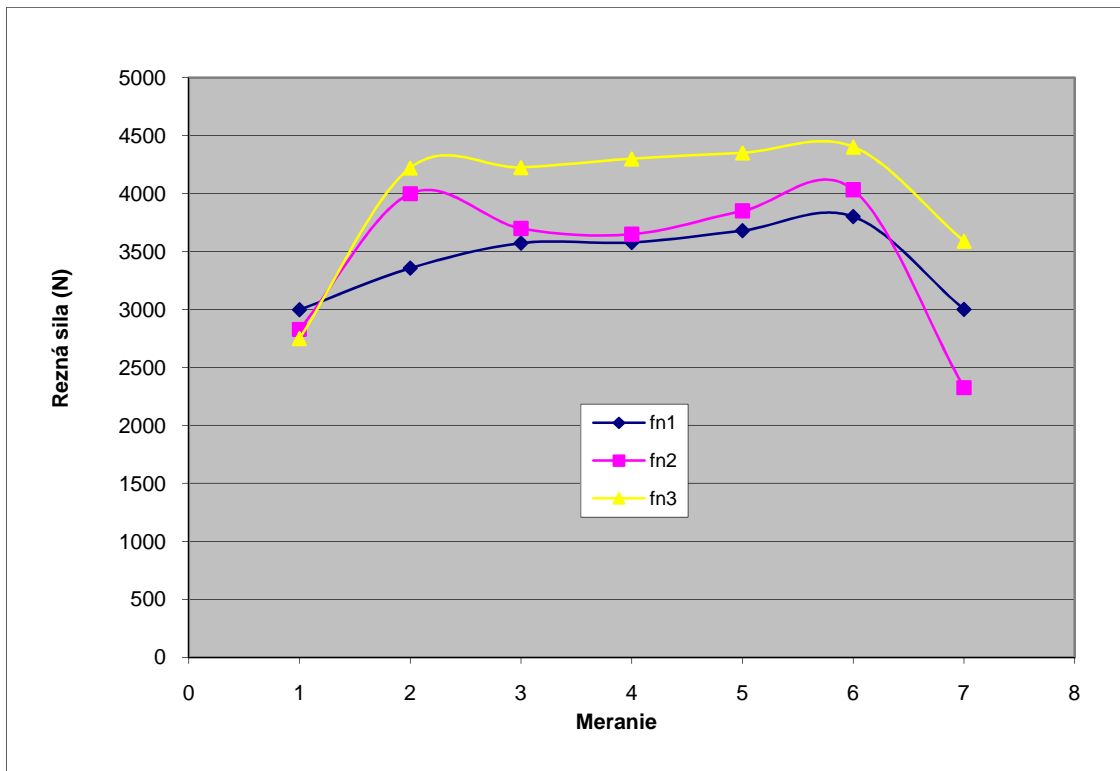
Graf 7 Priebek rezných síl pri reznej rýchlosti $v_c = 13,32 \text{ m.min}^{-1}$ a posuve $f_n = 0,25 \text{ mm}$



Graf 8 Priebek rezných síl pri reznej rýchlosti $v_c = 13,32 \text{ m.min}^{-1}$ a posuve $f_n = 0,40 \text{ mm}$



Graf 9 Priebeh rezných síl pre vrták HSS pri rôznych posuvoch



Graf 10 Priebeh rezných síl pre vrták Penetrator pri rôznych posuvoch

5 NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV

V nasledujúcej časti „Návrh na využitie výsledkov“ sme sa venovali prezentovaniu a zhodnoteniu nameraných výsledkov počas merania reznej sily pri použití vrtákov rôznej geometrie vrcholového uhla. Zaoberali sme sa ako vplyvom reznej rýchlosti tak aj vplyvom posuvu na meranú reznú silu. Zaujímalo nás, či pri zmene rezných podmienok dôjde k nárastu alebo poklesu reznej. Meranie sme vykonávali na vzorkách bez použitia chladiacej kvapaliny. Oba vrtáky použité pri vrtaní sme navzájom porovnali a to na základe zistených hodnôt, z čoho sme vyvodili záver o vhodnejšej geometrii rezného nástroja pre daný typ obrábacieho procesu.

V prvej časti merania sme sa zamerali na vplyv reznej rýchlosti. Meranie sme vykonali pri zmene reznej rýchlosti a to pri hodnotách od $v_c = 4,27 \text{ m.min}^{-1}$ až do $v_c = 13,32 \text{ m.min}^{-1}$. Posuv počas tohto merania sme nemenili a nechali sme ho na konštantnej hodnote $f_n = 0,1 \text{ mm}$. Meranie reznej sily sme vykonali pre oba druhy vrtákov a namerané rezné sily sme navzájom porovnali. Namerané hodnoty sú uvedené v tab. 1. Priebeh rezných síl pri $v_c = 4,27 \text{ m.min}^{-1}$ je zobrazený na grafe 1. Z grafu môžeme vidieť, že priebeh meraných síl postupne narastal v závislosti od hĺbky rezu pri použití oboch vrtákov. Rozdiel je ale v tom, že pri vrtaní s vrtákom Penetrator sú namerané hodnoty nižšie asi o 10%. Maximálna rezná sila pri vrtaní s vrtákom HSS dosiahla hodnotu 4895 N a pri vrtaní s vrtákom Penetrator bola maximálna sila 3933 N. Na grafe 2 je znázornený priebeh síl pri $v_c = 7,54 \text{ m.min}^{-1}$. Na tomto grafe môžeme vidieť, že rozdiel medzi nameranými silami jednotlivých vrtákov je oveľa značnejší ako pri nižšej reznej rýchlosti. Priebeh ktorý je znázornený na grafe 3 je z výsledných hodnôt z merania pri rýchlosti $v_c = 13,32 \text{ m.min}^{-1}$.

Ak porovnáme výsledky grafov 4 a 5 môžeme vidieť, že s rastúcou reznou rýchlosťou narastá aj rezná sila. Maximálna nameraná hodnota pri meraní s HSS vrtákom nadobúdala hodnoty od 4895 N až do 5160 N, zatiaľ čo rezné sily pri meraní s druhým vrtákom dosiahli maximálnu hodnotu 3210 N až 4952 N. Rezná rýchlosť má väčší význam pre vrták Penetrator kde je nárast viditeľnejší ako pri bežnom vrtáku.

Pri druhom meraní sme ako konštantnú hodnotu zvolili reznú rýchlosť $v_c = 13,32 \text{ m.min}^{-1}$ a veličina ktorá sa v tomto prípade menila bola posuv. Posuv sme menili v hodnotách $f_n = 0,16 \text{ mm}$, $f_n = 0,25 \text{ mm}$ a $f_n = 0,40 \text{ mm}$. Postupovali sme podobne ako pri prvom meraní. Merania sme vykonali pre oba vrtáky a pri zmene

posuvu. Výsledné hodnoty sú uvedené v tab. 2. Z hodnôt z tab. 2 sme zostrojili grafy 6, 7, 8, 9 a 10.

Z priebehu nameraných rezných síl na grafe 6 môžeme vidieť, že rezná sila potrebná pri vŕtaní pri posuve $f_n = 0,16$ mm/bola pri použití vrtáku Penetrator oveľa nižšia. Rozdiel medzi nameranými výsledkami pri použití HSS vrtáku a vrtáku Penetrator dosahoval približne 20%, čo predstavuje značnú úsporu potrebných energií pri obrábaní a takisto to vplýva aj na životnosť samotného rezného nástroja. Maximálna nameraná rezná sila pri jednotlivých vrtákoch bola 4810 N pri HSS vrtáku a 3801 N pri vrtáku Penetrator.

Z grafov 9 a 10 môžeme vyčítať, že rezná sila pri použití oboch vrtákov je závislá od rýchlosti posuvu a to takým spôsobom, že pri náraste posuvu nám rastie aj rezná sila. Pre bežný vrták HSS je nárast reznej sily porovnateľný ako pri zmene reznej rýchlosti uvedenej v grafe 4, zatiaľ čo pri vrtáku Penetrator je nárast reznej sily nižší ako pri zmene reznej rýchlosti.

Ako môžeme vidieť na grafoch, rezná sila sa začala výrazným spôsobom zvyšovať, keď vrták začal odoberať materiál celou reznou hranou. Z toho dôvodu je na začiatku merania nárast reznej sily pri klasickom vrtáku pomalší, keďže sa do obrábaného materiálu zarezával postupne, zatiaľ čo pri druhom vrtáku bol nárast sily výrazný. Rovnako pokles reznej sily pri výstupe vrtáka zo vzorky bol pri klasickom vrtáku pomalší. Prudký náraz reznej sily pri vŕtaní s Penetratorom bol zapríčinený jeho geometriou. Jeho rezná hrana sa takmer celá zarezala do obrábaného materiálu v jeden časový okamih. Aj z toho dôvodu sa rezné sily neustále znižujú, keďže pri zábere vrtáka nastáva skokové zvýšenie danej sily.

Použitím vrtáku s novou geometriou s vrcholovým uhlom 170° môžeme významným vplyvom prispieť k vyššej efektívnosti a hospodárnosti obrábacieho procesu. Zistili sme, že použitím takéhoto vrtáku oproti klasickému HSS vrtáku dosahujeme oveľa nižšie rezné sily a to aj pri zmene rezných podmienok. Hoci rezné podmienky vo väčšej miere ovplyvňovali vŕtanie práve pri použití vrtáku Penetrator, no napriek tomu bola nameraná sila stále nižšia.

Zníženie potrebnej reznej sily pri obrábaní má aj pozitívny účinok na životnosť rezného nástroja. Nedochoádza k tak veľkému opotrebeniu ako je to pri konvenčných vrtákoch. Čím menej sa rezná hrana opotrebuje, tým menšie časové nároky sú kladené na neustále brúsenie a tým sa ušetrí podstatný čas potrebný na obrábanie materiálu.

Použitím nižších rezných síl sa šetrí nie len vynaložená energia ale taktiež sa znižujú nároky aj na potrebné dokončovacie práce po vŕtaní. Vrtáky s novou geometriou nenechávajú po navŕtaní diery ostružiny na hranách dier, ktoré by bolo potrebné následne ďalším technologickým procesom odstrániť.

6 ZÁVER

Cieľom teoretickej časti diplomovej práce bolo vytvoriť stručný prehľad geometrie vrtákov používaných v strojárskej technológii a zanalyzovať vplyv danej geometrie na rezné sily pôsobiace v samotnom procese obrábania.

Experimentálne meranie vykonané v diplomovej práci bolo zamerané na porovnanie dvoch vrtákov s odlišnou geometriou. Jedným z porovnávaných vrtákov bol klasický skrutkovitý HSS vrták s dvomi reznými hranami a vrcholovým uhlom 118° o priemere 16 mm a ako druhý vrták ktorý sme si zvolili na porovnanie a pri ktorom sme očakávali lepšie rezné vlastnosti bol vrták od firmy Penetrator s geometriou vrcholového uhla 170° , dvomi reznými hranami a priemerom 16 mm.

Pri vyhodnotení nameraných výsledkov sa ukázalo, že vrták s novou geometriou, teda vrtáku od firmy Penetrator stačili nižšie rezné sily pri vrtaní dier a to v priemere okolo 10 až 15 % nižšie, čo môžeme vidieť na vyššie uvedených grafoch ako pri vrtaní do toho istého materiálu s klasickým vrtákom.

Merania sme vykonali pri každom pokuse pri navrtaní sa rezného nástroja do obrábaného materiálu, potom 5 krát počas vrtania vo vzorke a posledné meranie bolo pri výstupe rezného nástroja zo vzorky. Počas vrtania sme nepoužili žiadne rezné kvapaliny.

Prvé meranie sme vykonali pri konštantnom posuve $f_n = 0,1$ mm a reznej rýchlosti od $v_c = 4,27$ m.mm⁻¹ do $v_c = 13,32$ m.min⁻¹. Čím bola rezná rýchlosť pri vrtaní vyššia, tým boli namerané vyššie hodnoty rezných síl pri oboch použitých vrtákoch. Pri druhom meraní sme za konštantu počas vrtania určili reznú rýchlosť $v_c = 13,32$ m.min⁻¹ a ako premennú pri meraní sme zvolili posuv v ktorý sme menili v hodnotách $f_n = 0,16$ mm, $f_n = 0,25$ mm a $f_n = 0,40$ mm. Pri tomto meraní nám takisto vyšlo, že čím bol posuv vyšší namerali sme vyššie hodnoty rezných síl, no nárast síl pri klasickom vrtáku bol o niečo výraznejší ako pri vrtáku Penetrator.

Použitie vrtákov s novou geometriou rezných hrán zvyšuje efektívnosť procesu obrábania a zároveň znižuje náklady na samotný proces.

7 POUŽITÁ LITERATÚRA

1. ADAMIK, Ján. Optimalizácia rezných parametrov pri vŕtaní: diplomová práca. Nitra: SPU Katedra spoľahlivosti strojov, 2005. 75s
2. BÁTORA, Bohumil. 1995. Strojárska technológia II. časť. 2. vyd. Nitra : VŠP, 1995. 230 s. ISBN 80-7137-196-3
3. BEGOŇA, Peňa. Monitoring of drilling for burr detection using spindle torque. In International Journal of Machine Tools & Manufacture [online]. 2004, no. 9, [cit.2009-27-4],vol.30.Dostupné na internete: <http://www.sciencedirect.com/science?ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=908655702&>
4. BENÝR, Pavel. 2009. Vysoce výkonné vrtáky. In MM Průmyslové spektrum [online]. 2009, no. 4, [cit.2009-23-3],vol. 32. Dostupné na internete: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/vysoce-vykonne-vrtaky>>
5. BEŇO, Jozef. 1999. Teória rezania kovov. Viena. Košice, 1999. 255 s., ISBN 80-7099-429-0
6. BERNÁT, Rastislav - KROČKO, Vladimír – KOTUS, Martin. 2004. Súčasný trend rezných materiálov firmy Sandvik Coromant. IN Kvalita a spoľahlivosť strojov [elektronický zdroj] : 9. medzinárodné vedecké sympóziu : sprievodná akcia Medzinárodného strojárskeho veľtrhu 2004. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2004. 119s. ISBN 80-80693-69-2.
7. BUDA, Ján – SOUČEK, Ján – VASILKO, Karol. 1983. Teória obrábania. Bratislava:Alfa, 1983. 360 s. ISBN 63-557-83
8. FETECAU, C – STAN, F – OANCEA, N. 2008. Toroidal grinding method for curved cutting edge twist drills. In Journal of materials processing technology [online]. 2008, no. 8, [cit.2009-23-4], vol. 102.Dostupné na internete: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V4B4VH4DD1&_user=3838281&_cover Date=06%2F30%2F2009&
9. HAVRILA, Michal - ZAJAC, Jozef - BRYCHTA, Josef - JURKO, Jozef. 2006. Top trendy v obrábaní I. Bratislava: MEDIA/ST, 2006. 202s. ISBN 80-96895-427
10. HORVÁTH, Evžen. 2009. Nová řada zdokonalených vrtáků. In MM Průmyslové spektrum [online]. 2009, no. 4, [cit.2009-13-2],vol. 32. Dostupné na internete:<http://www.mmspektrum.com/clanek/nova-rada-zdokonalenych-vrtaku>

11. HUMÁR Anton. 2008. Materiály pro řezné nástroje. Česká republika: MM publishing. 2008. 235s. ISBN 80-25422-50-2
12. JANÁČ, Alexander. 2004. Technológia obrábania. 1.vydanie. Bratislava: Edícia vysokoškolských učebníc, 2004. 288s. ISBN 80-22720-31-3
13. JURKO, Jozef. 2006. Výroba dier do trubiek z chróm-niklových ocelí. In Strojárstvo extra [online]. 2006, no. 9, [cit.2009-15-2],vol. 9. Dostupné na internete:<http://www.strojarstvo.sk/docwww/SK/255/255.pdf>
14. JURKO, Jozef - ZAJAC, Jozef – ČEP Robert. 2006. Top trendy v obrábaní II. Bratislava: MEDIA/ST, 2006. 193s. ISBN 80-96895-42-7
15. KOLLÁR, Miroslav. 2008. Technológia – Vrtanie III. [online] [cit. 2009-12-03]. Dostupné na internete: <<http://www.cenast.sk/files/documents/2008/880/staraturavrtanie-iii-.doc>>.
16. KROČKO, Vladimír – TOMÁŠ, Jozef – DRLIČKA, Jozef. 2001. Strojárska technológia 2. (Návody na cvičenia) Nitra : SPU, 2001. 90 s. ISBN 80-7137-9301
17. KROČKO, Vladimír – TOMÁŠ, Jozef – ŽARNOVSKÝ, Jozef. 2000. Vplyv rezného prostredia na kvalitu vrtaných krátkych dier. IN Kvalita a spoľahlivosť strojov : 5. medzinárodné vedecké sympóziu pri Medzinárodnom strojárskom veľtrhu 2000. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2000. 80s. ISBN 80-71377-20-1.
18. LEŠŠO, Igor – FUTÓ, Jozef. 2001. Optimization Methods of Disintegration of Rock by Rotary Drilling. Proceedings of International Carpathion Control Conference. TU Košice 2000, s. 455 – 458. ISBN 80-7099-510-6
19. LIPTÁK, Ondrej – BÉKÉS, Ján – HERBANSKÝ, Ladislav. et al., 1979. Technológia výroby – obrábanie. Bratislava : ALFA, Praha : SNTL, 1979. 444 s
20. MÁDL, Ján. 1988. Experimentální metody v teorii obrábění. Praha : ČVUT, 1988.
21. MAŇKOVÁ, Idikó – BEŇO, Jozef. 2010. Technológia obrábania v systematickom prehľade – pracovné listy na prednášku TOaM. [online] [cit. 2010-01-02]. Dostupné na internete: <www.sjf.tuke.sk/ktam/stiahnut/TOaM/TOaM.pdf>
22. NAGY, Ľudovít. 2004. Strojárska technológia III. Bratislava : Terra, 2004. 94 s.
23. PETERKA, Jozef - JANÁČ, Alexander - MOROVIČ, Ladislav – POKORNÝ, Peter. 2006. Quality Control of Free Form Surfaces. In: Journal of Machine

- Engineering. Manufacturing Accuracy Increasing Problems – Optimization., roč. 6, č. 1, s. 38 – 43. ISSN 1895-7595
24. PETRÍK, Jaroslav – MICHALÍKOVÁ, Katarína. 2003. Strojníctvo I. Bratislava: Expol pedagogika, 2003. 135 s. ISBN 80-89003-42-7
25. PŘIKRYL, Zdeněk – MUSÍKOVÁ, Rosa. 1982. Teorie obrábění. Praha : SNTL, 1982. 240 s. ISBN 04-230-82
26. RATAJ et al. 2009. Metodika písania záverečných prác na SPU v Nitre. Nitra : SPU, 2009. 98 s. ISBN 978-80-552-0186-3
27. RICHT, Christer. 2005. The thrill of drill. In Technology magazin from Sandvick Coromant [online]. 2005, no. 1, [cit.2009-28-4],vol. 25. Dostupné na internete:<http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/pdf/mww/MWW0105_eng.pdf>
28. SEDLÁČEK, Jan. 2007. Problémy při obrábění kompozitných materiálu. In MM Průmyslové spektrum [online]. 2007, no. 4, [cit.2009-15-2],vol. 66. Dostupné na internete:<<http://www.mmspektrum.com/clanek/problemy-priobrabenikompozitnich-materialu>>
29. SKOPEČEK, Tomáš. 2002. Vliv vybraných parametrů procesu na řezné síly při HSC. In MM Průmyslové spektrum [online]. 2002, no. 11, [cit.2009-20-2],vol. 56. Dostupné na internete: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/vliv-vybranychparametru-procesu-na-rezne-sily-pri-hsc>>
30. TSAO, C.C. – HOCHENG, H. 2007. Effects of peripheral drilling moment on delamination using special drill bits. In Journal of materials processing technology [online]. 2007, no. 3, [cit.2009-27-4],vol. 25. Dostupné na internete:http://www.sciencedirect.com/science?ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID
31. UTILCELL, 2007. [online] [cit. 2010-04-14]. Dostupné na internete: <<http://www.utilcell.cz/?page=produkt-detail&category=39&product=91>>.
32. WANG, J. – ZHANG, Q. 2008. A study of high-performance plane rake faced twist drills. In International Journal of Machine Tools & Manufacture [online]. 2008, no. 3, [cit.2009-27-4],vol. 46. Dostupné na internete: <http://www.sciencedirect.com/science?ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=908655702&>

33. XIONG, Liangshan – FANG, Ning. 2009. A new methodology for designing a curve-edged twist drill with an arbitrarily given distribution of the cutting angles along the tool cutting edge. In International Journal of Machine Tools & Manufacture [online]. 2009, no. 1, [cit.2009-27-4],vol. 66. Dostupné na internete:<http://www.sciencedirect.com/science?ob=ArticleListURL&_method=link&_ArticleListID=908655702>
34. ZUFAN, Filip. 2008. Nové vrtáky a rezné materiály pro náročné aplikace. In MM Průmyslové spektrum [online]. 2008, no. 9, [cit.2009-20-2],vol. 76. Dostupné na internete: <http://www.mmspektrum.com/clanek/nove-vrtaky-a-rezne-materialy-pronarocne-aplikace>
35. ŽIGO, Ladislav. Vplyv rezných parametrov na vrtanie: diplomová práca. Nitra: SPU Katedra spoľahlivosti strojov, 2005. 65s.
36. ŽITŇANSKÝ, Ján. 2006. Vplyv rezných podmienok na kvalitu vrtaných otvorov : dizertačná práca. Nitra : SPU, 2006. 148 s.