

# ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

## **FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: Strojírenská technologie-technologie obrábění

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Hluboké vrtání na stroji Multicut 630

Autor: **Jakub Gärtner**  
Vedoucí práce: **Ing. Jan Matějka**

Akademický rok 2013/2014

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**Fakulta strojní**  
Akademický rok: 2013/2014

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub GÄRTNER**  
Osobní číslo: **S13B0097K**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**  
Název tématu: **Hluboké vrtání na stroji Multicut 630**  
Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

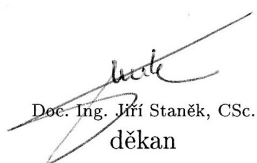
1. Problematika hlubokého vrtání
2. Rozbor současného stavu
3. Problémy vznikající při technologii hlubokého vrtání na stroji Multicut 630
4. Závěr

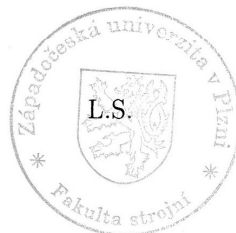
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:

Astakhof, Viktor P., Tribology and interface engineering series, Elsevier, 2006, ISBN 0-444-52881-4  
Shaw, Milton Clayton, Metal cutting principles, Oxford University Press, 2005, ISBN 0-19-514206-3  
Juneja, B.L., Fundamentals of Metal Cutting and Machine Tools, New Age International, ISBN 978-81-224-1467-7  
Staněk, Jiří, Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací, Západočeská univerzita, 2005, ISBN 80-7043-363-9

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Matějka**  
Katedra technologie obrábění  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. František Pivec**  
Kovosvit MAS, Sezimovo Ústí

Datum zadání bakalářské práce: **22. ledna 2014**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. června 2014**

  
Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.  
děkan



  
Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. listopadu 2012

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **Autorská práva**

Podle Zákona o právu autorském. č.35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků bakalářské práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků, nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

## **Poděkování**

Při tvorbě této práce se mi dostalo podpory od pracovníků firmy Kovosvit MAS, a.s., náměstí Tomáše Bati 419, 391 02 Sezimovo Ústí. Z této firmy bych rád poděkoval panu Pavlu Koyšovi z aplikačního centra a vedoucímu obchodně technických služeb Ing. Františkovi Pivcovi, kteří mi umožnili vstup do firmy a stali se tak mými konzultanty. Dále bych chtěl poděkovat panu Petru Winterovi, odborníkovi na hluboké vrtání, který mi pomohl obohatit tuto práci o své zkušenosti z praxe. Také bych rád poděkoval panu Ing. Janu Matějkovi za poskytnuté konzultace, kvalifikované rady a neustálý kontakt při sepisování této práce.

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Gärtner	<b>Jméno</b> Jakub	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301R016 – Strojírenská technologie-technologie obrábění		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. Matějka	<b>Jméno</b> Jan	
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Hluboké vrtání na stroji Multicut 630		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KTO	<b>ROK ODEVZD.</b>	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	57	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	57	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS</b>	Cílem této práce je shrnutí dostupných informací o hlubokém vrtání aplikované na stroj Multicut 630. První část bakalářské práce obsahuje jednotlivé způsoby hlubokého vrtání. Další pak charakter multifunkčního centra a hluboké vrtání na něm prováděné. Poslední část této bakalářské práce se zaměřuje na problémy vzniklé při hlubokém vrtání na použitém stroji.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	Dělové hluboké vrtání, ejektorový systém, STS (BTA) systém, pilotní díra, vzpěr, řezné médium

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Gärtner	<b>Name</b> Jakub	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301R016 – Manufacturing processes – Technology of Metal Cutting		
<b>SEPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Ing. Matějka	<b>Name</b> Jan	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF THE WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Deep holes drilling on the Multicut 630 machine		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KTO	<b>SUBMITTED IN</b>	2014
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>TOTALLY</b>	57	<b>TEXT PART</b>	57	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>	The aim of my thesis is an overview of available information concerning and the depth drilling done with the help of it. The first part of the Bachelor's thesis contains various types of depth drilling. The following part looks at the characteristics of the multifunctional centre and the depth drilling done on it. The last part of this thesis deals with problems arising while depth drilling on the machine used.
<b>KEY WORDS</b>	Gun deep drilling, ejector system, STS (BTA) system, pilot hole, struts, cutting medium

## Obsah

<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>11</b>
<b>1 Úvod.....</b>	<b>13</b>
<b>2 Problematika hlubokého vrtání.....</b>	<b>14</b>
2.1 Dělové hluboké vrtání.....	14
2.1.1 Charakteristika .....	14
2.1.2 Příklad použití.....	14
2.1.3 Způsoby hlubokého vrtání.....	14
2.1.4 Popis dělového vrtáku.....	15
2.1.4.1 Základní části dělových vrtáků.....	15
2.1.4.2 Geometrie dělového vrtáku.....	16
2.1.4.3 Řezné materiály.....	17
2.1.4.4 Použití dělových vrtáků z hlediska mazání a chlazení.....	17
2.1.4.5 Vedení vrtáku.....	17
2.2 Metoda Ejektorového systému.....	18
2.3 Metoda STS .....	19
<b>3 Rozbor současného stavu.....</b>	<b>20</b>
3.1 Multifunkční obráběcí centra.....	20
3.2 Firma Kovosvit MAS.....	20
3.3 Multicut 630.....	21
3.3.1 Charakteristika stroje .....	21
3.3.2 Základní parametry stroje .....	22
3.3.3 Skladba stroje Multicut 630.....	22
3.3.4 Pracovní prostor stroje Multicut 630 .....	23
3.3.5 Technologické možnosti stroje Multicutu 630.....	24



3.3.6 Popis jednotlivých komponentů a pohybů stroje .....	25
3.3.6.1 Osa B.....	25
3.3.6.2 Osa Y.....	25
3.3.6.3 Nástrojové vřeteno.....	26
3.3.6.4 Zásobník nástrojů.....	27
3.3.6.5 Obrobkové vřeteno.....	28
3.3.6.6 Luneta.....	28
3.3.6.7 Spodní hlava.....	29
3.3.6.8 Příslušenství stroje.....	30
3.3.6.9 Řídicí systém.....	30
<b>4 Hluboké vrtání na stroji Multicut 630.....</b>	<b>31</b>
4.1 Způsoby .....	31
4.1.1 Vrtací tyč upnuta v nástrojovém vřetenu.....	31
4.1.2 Vrtací tyč upnuta ve speciálním adaptéru.....	32
4.1.3 Vrtací hlava upnuta v protivřetenu.....	32
4.2 Metody.....	34
4.2.1 Vrtání do plného materiálu.....	34
4.2.2 Vrtání na jádro.....	34
4.2.3 Vyvrtávání již existující díry.....	34
4.3 Provedení stroje pro vrtání hlubokých děr.....	34
4.4 Příklady Použitých nástrojů stroje Multicut 630.....	35
4.4.1 Jednobřítý dělový vrták upnut v nástrojovém vřetenu.....	36
4.4.2 Dvoubřítý dělový vrták upnut ve speciálním adaptéru .....	36
4.4.3 Ejektorový vrták upnut v protivřetenu .....	37
4.5 Zvolený systém vrtání, kdy je nástroj upnut v protivřetenu.....	37
4.6 Výbava stroje Multicut 630.....	38

4.7 Ovlivňující faktory.....	39
4.8 Řezné médium stroje Multicut 630.....	40
4.8.1 Rozhodující faktory řezné emulze stroje Multicut 630.....	40
4.8.2 Hlavní úkoly řezné emulze stroje Multicut 630.....	40
4.8.3 Řezná emulze a životní prostředí pro stroj Multicut 630.....	41
4.8.4 Recyklace řezné emulze stroje Multicut 630.....	41
4.8.5 Skladování, ošetřování, a likvidace řezné emulze .....	42
4.8.6 Pracovní postup hlubokého vrtání na stroji Multicut 630 kdy vrtací tyč je upnuta ve speciálním adaptéru.....	42
<b>5 Problémy vznikající při hlubokém vrtání na stroji Multicut 630.....</b>	<b>43</b>
5.1 Problematika pilotní díry pro stroj Multicut 630.....	43
5.1.1 Problém procesu vzniku pilotní díry pro stroj Multicut 630.....	44
5.1.2 Názorný příklad pilotní díry pro stroj Multicut 630.....	45
5.1.3 Vyhodnocení a důležitost pilotní díry pro stroj Multicut 630.....	46
5.2 Vybočení při vzpěru.....	47
5.3 Problém řezného média pro stroj Multicut 630.....	47
5.3.1 Vyhodnocení řezného média pro stroj Multicut 630.....	49
5.4 Problém se zvoleným systémem vrtání v protivřetenu.....	49
5.4.1 Vyhodnocení zvoleného systému.....	50
5.5 Hledání dalších problémů a jejich možná řešení.....	51
<b>6 Závěr.....</b>	<b>54</b>
<b>Zdroje.....</b>	<b>55</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Vrtání zcela dělovým vrtákem [1].....	14
Obrázek 2: Vyvrtávání dělovým vrtákem [1].....	14
Obrázek 3: Vrtání na jádro dělovým vrtákem [1].....	15
Obrázek 4: Princip vrtání dělovým vrtákem [1].....	15
Obrázek 5: Dělový vrták pájený [7].....	15
Obrázek 6: Dělový vrták celokarbidový [7].....	16
Obrázek 7: Vodící plochy na dělovém vrtáku [7].....	16
Obrázek 8: Rozložení řezných sil [7].....	17
Obrázek 9: Vrtání s pilotním otvorem [1].....	18
Obrázek 10: Vrtání s vrtacím pouzdem [1].....	18
Obrázek 11: Princip vrtání ejektorovým způsobem [1].....	18
Obrázek 12: Princip vrtání metodou STS[1].....	19
Obrázek 13: Borkovcem ze dřeva vyrobený model multifunkčního stroje MSCY[3].....	20
Obrázek 14: Multicut 630 [2].....	21
Obrázek 15: Aplikace čtyřbokého nástroje [4].....	21
Obrázek 16: Konstrukce stroje Multicutu 630.....	23
Obrázek 17: Pracovní prostor stroje [3].....	23
Obrázek 18: Technologické možnosti stroje [3].....	24
Obrázek 19: Zásobník na 3 kusy vrtacích tyčí s dvoubodovým hydr. upínáním [3].....	24
Obrázek 20: Nástrojové vřeten[3].....	25
Obrázek 21: Maximálně možný obráběný průměr při nastavení B-osy. Srovnání na strojích Multicutu 630 a Multicutu 500 [4].....	25
Obrázek 22: Zvýšená tuhost v ose Z[3].....	25
Obrázek 23: Zdvih v ose Y v porovnání se strojem Multicut 500 [4].....	26
Obrázek 24: Nástrojové vřeten[4].....	26
Obrázek 25: Automatická výměna nástroje [3].....	27
Obrázek 26: Obrobkové vřeten[3].....	28
Obrázek 27: Osa C [4].....	28
Obrázek 28: Luneta stroje Multicut 630 [4].....	29
Obrázek 29: Spodní hlava [3].....	29
Obrázek 30: Kinematické uspořádání stroje Multicut 630[3].....	30
Obrázek 31: Vrtací tyč upnutá v nástrojovém vřetenu[4].....	31
Obrázek 32: Vrtací tyč upnutá v adaptéru [4].....	32
Obrázek 33: Přívod emulze do adaptéru [4].....	32
Obrázek 34: Vrtací hlavice upnutá v obrobkovém vřetenu podepřená lunetou [4].....	33
Obrázek 35: Hluboké vrtání na stroji Multicut 630 [9].....	34
Obrázek 36: Kinematické metody stroje Multicut 630 pro hluboké vrtání [9].....	35
Obrázek 37: Jednobřítý dělový vrták Botek typu 111[8].....	36
Obrázek 38: Dvoubřítý dělový vrták Botek typu 120[8].....	37
Obrázek 39: Ejektorový vrták typu Botek 62 [8].....	37
Obrázek 40: Řezná rychlost jako funkce trvanlivosti opěrné lišty [9].....	39
Obrázek 41: Drsnost povrchu znázorněna jako funkce teploty bříty [9].....	41
Obrázek 42: Výstupní otvor uzavřen pomocí zátky [9].....	43
Obrázek 43: Doporučené rozměry pilotní otvor [7].....	44
Obrázek 44: Vznik malého průměru díry [9].....	44
Obrázek 45: Vznik velkého průměru díry [9].....	44

Obrázek 46: Vznik opět malého průměru díry [9].....	45
Obrázek 47: Vzdálenost mezi rýhami (A), která je závislá na typu opěrné lišty [9].....	45
Obrázek 48: Pilotní otvor [7].....	46
Obrázek 49: Vybočení při vzpěru [7].....	47
Obrázek 50: Maximální neopřená délka nástroje [7].....	47
Obrázek 51: Vhodný a nevhodný olejový mazací film [9].....	48
Obrázek 52: Drsnost povrchu znázorněna jako funkce teploty břitu [9].....	48

## 1 Úvod

Mezi základní způsoby obrábění patří vrtání otvorů. Mnoha způsoby jsme schopni vrtat otvory o určité přesnosti a jakosti obrobené plochy. Tato práce bude věnována hlubokému vrtání, které je při správném použití vysoce efektivní. Používají se zde speciální vrtací nástroje a také se zde musí zabezpečit vyplavování třísek z místa řezu, které je možno specifikovat do skupin jako jsou např. přívod kapaliny vnitřkem vrtací tyče, přívod kapaliny po obvodu (vnějškem) vrtací tyče, anebo kombinovaný přívod kapaliny. Je dobré zmínit správnost použití hlubokého vrtání. Způsob jiného druhu obrábění v hlubokých otvorech má značný vliv na prodloužení výrobního času, zvýšení nákladů na nástroj a celkové zvýšení nákladů na výrobu. Přívod chladicí kapaliny má značný vliv na odvod tepla z místa řezu a na životnost nástroje. Je vysokou problematikou zajistit správný přívod řezné kapaliny o určitém tlaku. Není-li tomu tak, nástroj ztrácí svoji životnost a řezné podmínky.

Pro hluboké vrtání je hlavním znakem velký objem odvrtného materiálu, ale s vysokým požadavkem na vysokou přesnost, přímost a jakost obráběné díry. Celkově jsou kladeny vysoké meze na soustavu stroj-nástroj-obrobek, protože při hlubokém vrtání dochází k extrémním zatěžovacím silám. Dnes se již hluboké vrtání vyskytuje téměř v každém průmyslovém odvětví i přesto, že tento způsob vrtání není nejlevnější. Obrobky jsou velmi drahé a vysoká zmetkovitost může mít za následek vysokou ekonomickou ztrátu. Pod pojmem hluboké vrtání se rozumí vrtání děr s poměrem vrtané délky k průměru vrtáku  $10xD$  až po  $100xD$  a více. Hluboké vrtání můžeme rozdělit do několika skupin a to např. dělové, ejektorové, STS systém, vrtání na jádro.

Cíle této práce spočívají ve zjištění a shrnutí dostupných informací o problematice hlubokého vrtání. Dále je v práci charakterizován samotný stroj, na kterém je hluboké vrtání prováděno. Významným cílem je charakteristika hlubokého vrtání na použitém stroji s popisem vznikajících problémů při samotném vrtání. Práce je doplněna o příklad z praxe ve firmě Kovosvit MAS, kde byli porovnány dva rozdílné dílce pro hluboké vrtání s následným popisem nastavitelnosti řezných podmínek a vyhodnocených údajů. Tato práce se také pokusí ověřit nahromaděné informace a dostupné údaje v praxi.

## 2 Problematika hlubokého vrtání

### 2.1 Dělové hluboké vrtání

#### 2.1.1 Charakteristika

Jedná se o nejstarší typ hlubokého vrtání, ale při správném použití se stále jedná o vysoce efektivní způsob výroby. Při tomto způsobu vrtání jsme schopni odebrat velké množství materiálů za poměrně krátký pracovní čas. Hluboké vrtání je operace, která je prováděna od  $\varnothing$  0,5 mm až do  $\varnothing$  1500 mm a poměru délky k průměru již od  $2xD$  až do  $200xD$ . Pro operace v rozsahu do  $5xD$  a menší je vhodné zvolit jiný způsob vrtání. Pro vrtání otvorů nad rozsahem  $10xD$  se lépe využívají nástroje pro hluboké vrtání. V dnešní době je ale hluboké vrtání využíváno i u kratších otvorů a to díky tomu, že hluboké vrtání má za následek vysokou kvalitu obrobeneho povrchu a také produktivitu. Při hlubokém vrtání je důležitá nutnost zajištění vnitřního vysokotlakého chlazení. V dřívější době bylo toto chlazení složitě řešeno, a proto se také hluboké vrtání tolik neaplikovalo. V dnešní době však výrobci prezentují svá obráběcí centra s již instalovaným vysokotlakým čerpadlem, kterým plně zajistí přísun vysokotlakého výplachu středem nástroje. [1], [7]

#### 2.1.2 Příklad použití

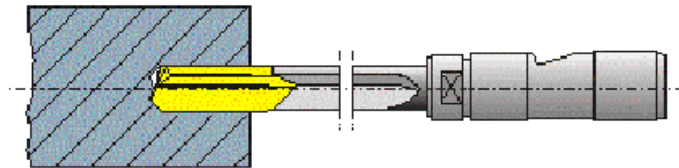
V praxi se jedná o velmi rozšířený způsob vrtání otvorů, jako jsou např. pastorky, hřídele, hlavy motorů, bloky, trubkovnice, tělesa čerpadel, formy, včetně strojů, vstřikovací systémy, hydraulické válce atd.[1]

#### 2.1.3 Způsoby hlubokého vrtání

Podle způsobu hlubokého vrtání rozdělujeme vrtání na dva základní typy:

##### a) Vrtání zplna

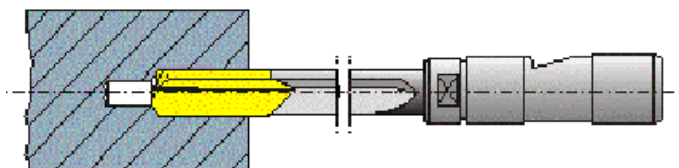
Tento způsob vrtání je charakteristický pro průměry do 100 mm, kdy do plného materiálu vrtáme otvor o určitém průměru. [1]



Obrázek 1: Vrtání zplna dělovým vrtákem [1]

##### b) Vyvrtávání

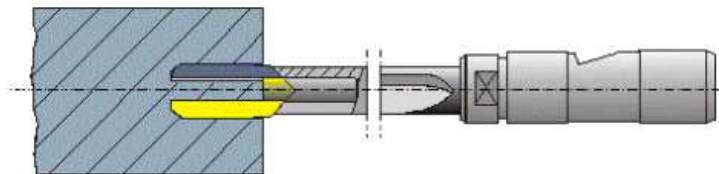
Tato operace je charakteristická tím, že nevrtáme do plného materiálu, ale do materiálu, kde již už dříve byl obroben otvor o určitém průměru. Například u odlitého, kovaného, nebo taženého polotovaru, který má být následně obráběn. Jedná se tedy spíše o zpřesňování rozměrů. [1]



Obrázek 2: Vyvrtávání dělovým vrtákem [1]

### c) Vrtání na jádro

Jedná se o tzv. vrtání mezikruží. Vrtá se do plného materiálu a to pouze v oblasti mezikruží, uprostřed zůstane jádro. Jeho hlavní výhodou je, že zde není tak značná spotřeba obrobeneho materiálu, protože vrtané jádro se může dále použít jako polotovar pro určitou operaci. [1]

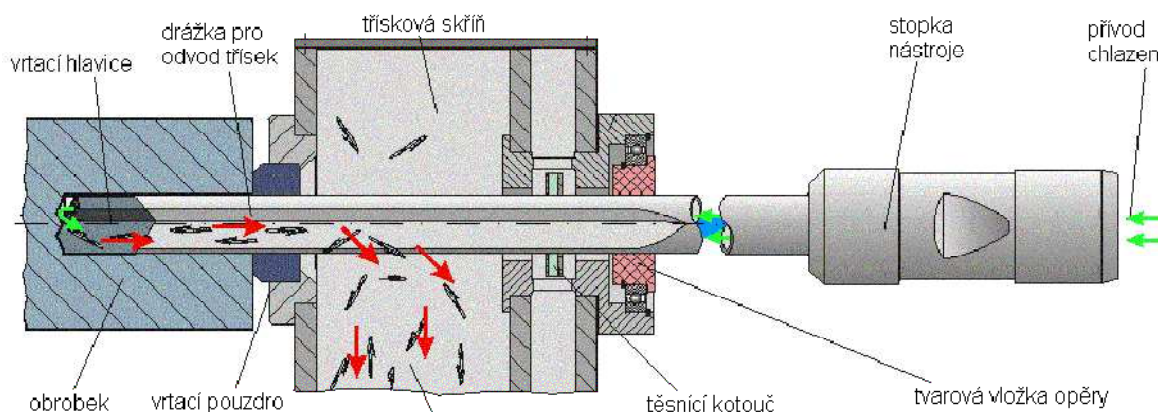


Obrázek 3: Vrtání na jádro dělovým vrtákem [1]

### 2.1.4 Popis dělového vrtáku

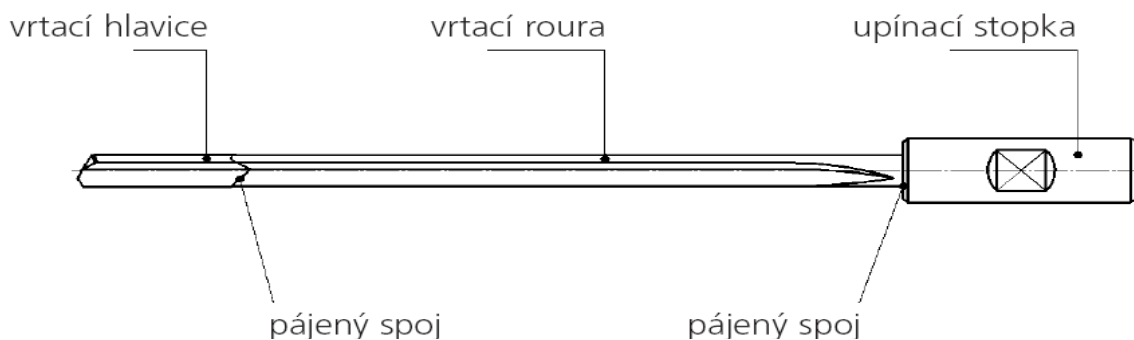
#### 2.1.4.1 Základní části dělových vrtáků

Jedná se o jednobřítý nástroj, který umožňuje vnitřní přívod řezné kapaliny do místa řezu s následným vnějším odvodem třísek. Na dělovém vrtáku si můžeme všimnout drážky ve tvaru V a průchodu pro řeznou kapalinu, která vtéká do řezného procesu osou nástroje, obtéká řeznou hranu a za pomoci vnější drážky je odváděn obrobeneý materiál, jak je vidět na obrázku 4.



Obrázek 4: Princip vrtání dělovým vrtákem [1]

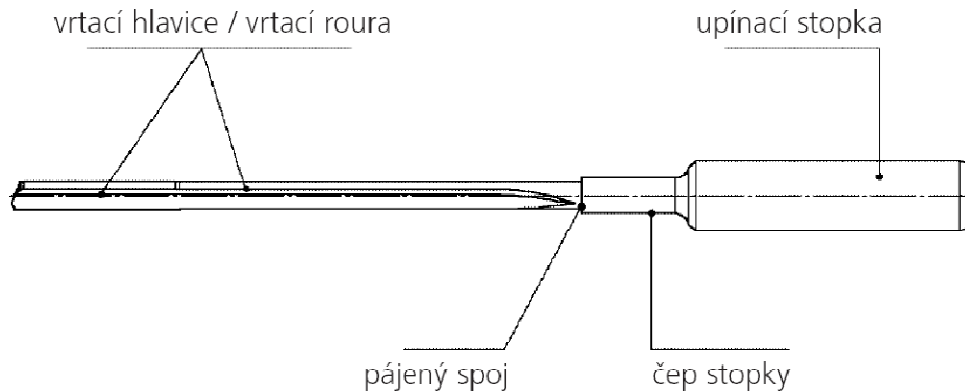
Nástroj se skládá ze tří částí, které jsou nazývány: stopka, vrtací roura, vrtací hlavice. Vrtací hlavice se skládá většinou ze slinutého karbidu nebo také z oceli, kde jsou připájeny prvky z karbidů, jako jsou např. řezné hrany a vodící lišty (vodítka). Vodítka u vrtací hlavice slouží k vedení vrtáku v díře a je po celou dobu řezu v kontaktu s obráběným materiálem.



Obrázek 5: Dělový vrták pájený [7]

Drážka tvaru V je vyrobena do vrtací roury, která je často vyráběna ze zušlechtěné oceli. Tato drážka umožňuje odvod obrobeného materiálu z místa řezu. Vrtací hlavice a vrtací roura je k sobě spájena za pomoci stříbrné pájky. [7]

V praxi docházelo k požadavkům na vrtání děr o stále menších průměrech. Pro dělové vrtáky nastával problém ve výrobě takového nástroje. Na malém průměru docházelo k špatnému připájení prvků z karbidů, a proto byly vyrobeny celokarbidové vrtáky, které se především používají pro pevné a tvrdé materiály, protože jejich předností je vysoká tuhost.

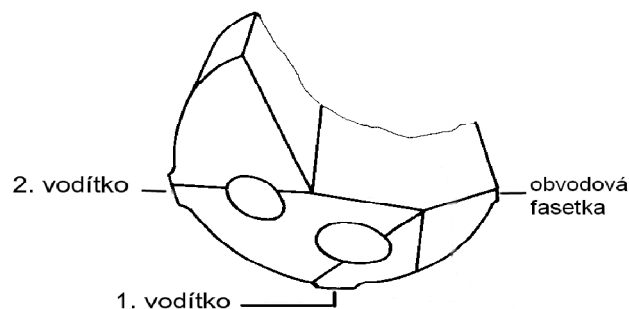


**Obrázek 6: Dělový vrták celokarbidový [1]**

Velice důležitým prvkem dělového vrtáku je jeho stopka, která přenáší krouticí moment. Stopky se vyrábí různých typů jako např. válcová a kuželová. Na trhu jsou také dělové vrtáky s VBD (vyměnitelnou břitovou destičkou) a vodících lišt. [1]

#### 2.1.4.2 Geometrie dělového vrtáku

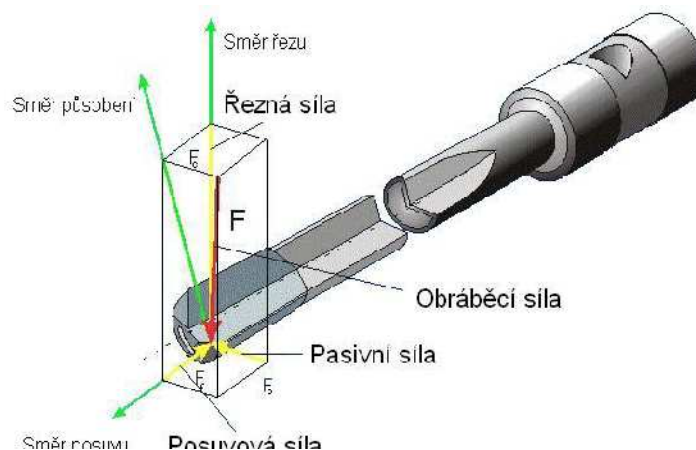
Nástroj je v otvoru veden za pomoci nejméně třech ploch (dvou vodících lišt a jedné vedlejší hrany tzv. fasetky). Rozmístění vodících lišt a fasetky je u každého nástroje jiné, záleží na možnostech výroby a také na firmě, která dělové nástroje vyrábí. [7]



**Obrázek 7: Vodící plochy na dělovém vrtáku [7]**

Jako pro každý vrtací nástroj je nevýhodou to, že jeho řezná rychlost směrem k ose otáčení klesá až na nulu. Dělové vrtáky jsou také zvláštní tím, že má asymetrickou geometrii, protože se jedná o jednobřítý nástroj a špička vrtáku není přímo v ose otáčení, ale ve většině případů se nachází v jedné čtvrtině průměru, což má za následek snížení namáhání vrtáku, ale také nevyvážené řezné síly, jak je možno vidět na obrázku 8. [7]





Obrázek 8: Rozložení řezných sil [7]

### 2.1.4.3 Řezné materiály

Z jednoho kusu slinutého karbidu jsou často vyrobené hlavice menších dělových vrtáků. U velkých průměrů jsou těla vrtáků vyrobena z rychlořezné oceli s tím, že je k ní připevněna břitová destička a vodící lišty. Pro vysoké chvění je doporučeno používat vrtací hlavice vyrobené z rychlořezné oceli a to z toho důvodu, že mají daleko větší útlum a zlomení vrtací hlavice nastává v opravdu ojedinělých případech. Slinutý karbid má vyšší tlumící schopnosti, ale rychlořezná ocel chvění snese, protože je houževnatější. U slinutého karbidu hrozí při chvění vyštípnání a zlomení, neohne se, ale praskne.

Z jednoho kusu slinutého karbidu mohou být vybroušené celokarbidové vrtáky. V praxi se využívají karbidy jako K15, K10.

Pro vyměnitelné břitové destičky se používají karbidy např. P25, K30, P20, K10. Při zvýšené tvorbě nárůstku, nebo opotřebení, můžeme vrtací hlavice povlakovat. Vrtací hlavice se povlakuje např. pomocí TiAlN, TiN, CrN, TiCN. Díky povlaku docílíme vyšší ochrany před vysokou teplotou, snížení tření, vyšší otěruvzdornosti. Tyto vlastnosti mohou být v celkovém výsledku nevýhodou pro obrábění, protože dochází ke komplikaci tvorby třísky z důvodu nižšího tření. [1]

### 2.1.4.4 Použití dělových vrtáků z hlediska mazání a chlazení

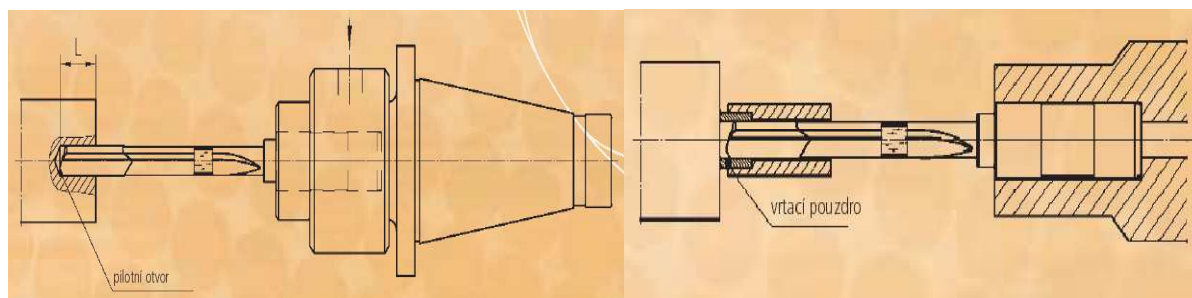
Důležitou částí při hlubokém vrtání na hlubokovrtacích strojích nebo CNC strojích je dosažení vysokého tlaku při vnitřním chlazení neboli výplach. Jako chladicí kapalina se ve většině případů volí řezný olej. Na tento olej jsou kladeny poměrně vysoké nároky, protože musí splňovat také funkci mazací, tzn. i při vysokých teplotách se musí vytvářet kluzký a odolný film, který zůstane stálý i při vysokém tlaku. V praxi se také můžeme setkat s použitím olejové a syntetické emulze nebo tlakového vzduchu.

Použití médium má však ještě jednu důležitou funkci a to je doprava třísek z místa řezu. Dělové vrtáky nemají po svém obvodu šroubovici, jako to je u klasických šroubových vrtáků, protože v určité hloubce ztrácí šroubovice význam. Šroubovice je zde nahrazena přímkou drážkou a odvod třísek je zde zajištěn tlakovou kapalinou. [1]

### 2.1.4.5 Vedení vrtáku

Musíme si uvědomit, že nástroj pracuje s nerovnoměrně rozloženými silami a během následného vrtání se opírá vodítky o stěnu vrtaného otvoru. Nástroj není schopen se zavrtat do materiálu, protože na začátku vrtání nemá k dispozici opěrnou plochu. Je tedy zapotřebí zho-

tovit vedení pro nástroj jako je např. vrtací pouzdro, které je k obrobku přitlačováno hydraulickou silou. Pouzdro však nejde použít vždy a proto se v těchto případech musí vyrobit tzv. pilotní otvor, který se vrtá při stejném upnutí jako následné hluboké vrtání. To přispívá k sousosti vyvrtaného otvoru s pilotním otvorem. [1]

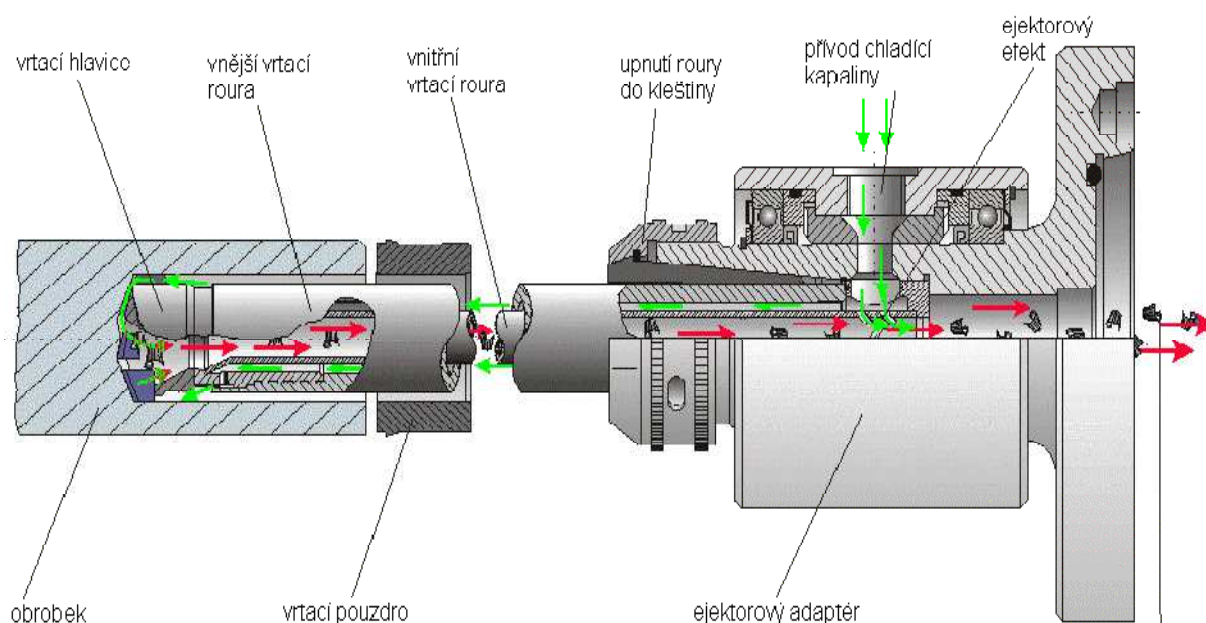


**Obrázek 9: Vrtání s pilotním otvorem [1]**      **Obrázek 10: Vrtání s vrtacím pouzdrém[1]**

Na přesnost a jakost obrobené plochy má vliv zejména stanovení vhodných řezných podmínek, volba hlubokovrtacího nástroje, soustava stroj-nástroj-obrobek, mazací a chladicí médium, materiál obrobku. Je zde zajištěna vyšší kvalita a přesnost obrobených děr než u klasických způsobů vrtání. Důvodem kvality je, že během vrtání je vyvíjen vysoký tlak vodička hlavičky proti stěně vrtaného otvoru. Dochází tímto k přetváření povrchu. [1]

## 2.2 Metoda Ejektorového systému

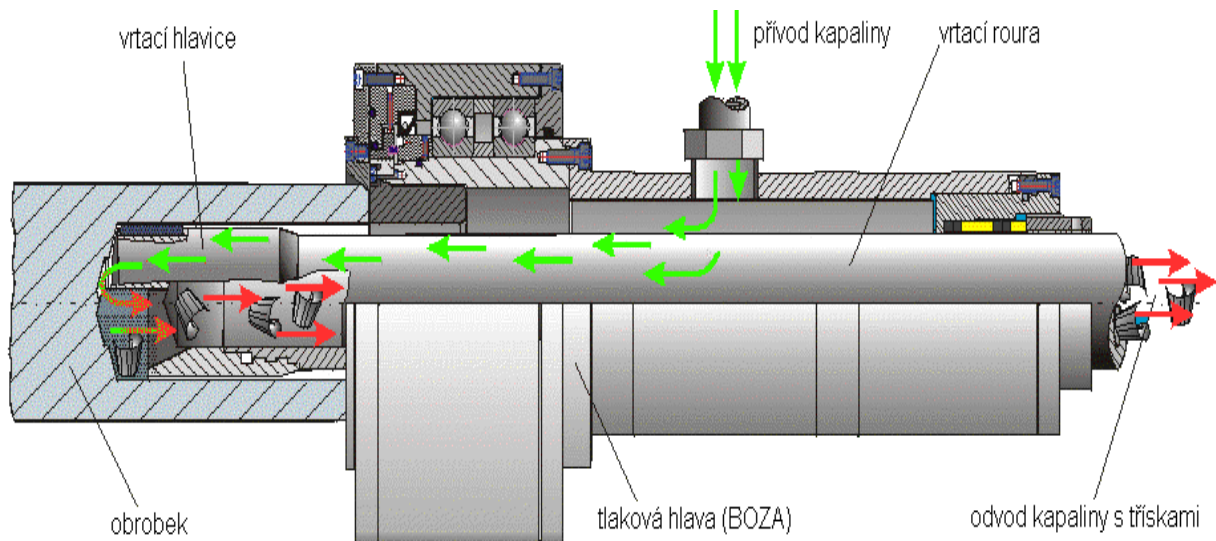
Ejektorový vrták je složen z hlavičky, která je našroubována do vnější vrtací trubky tzn. řezná kapalina je do místa řezu přiváděna mezikružím, jak je vidět na obrázku 11. Dosažení ejektorového efektu, musíme zaručit, aby alespoň část přiváděné řezné kapaliny odcházela štěrbinami v zadní části vnitřní trubky (vznik podtlaku-ejektorový efekt). Tento efekt způsobuje nasávání řezné kapaliny z místa řezu a postupné strhávání obrobených třísek. Je zřejmé, že se jedná o systém s vnějším přívodem a vnitřním odvodem řezné kapaliny. Hluboké vrtání za pomoci ejektorového systému je známé tím, že je doprovázen zvukem připomínající srkání. Ejektorový způsob vrtání je maximálně použitelný pro vrtání hloubek kolem  $80xD$  a průměry od 18 mm do 200 mm. [7]



**Obrázek 11: Princip vrtání ejektorovým způsobem [1]**

## 2.3 Metoda STS

Tato metoda umožňuje vytváření otvorů jak do plného tak i předvrtaného materiálu. U tohoto typu obrábění jsme schopni vrtat obrobky s většími průměry než je tomu u ejektorového způsobu vrtání. Zde je opačný směr výplachu, než u dělového vrtání tzn. je zde zaveden vnější výplach a vnitřní odvod obrobených třísek. Chladicí a mazací kapalina je přiváděna kolem nástroje v prostoru mezi vrtací rourou a vyvrtaným otvorem k řezné hraně, kterou obtéká a spolu s třískami odtéká vnitřním prostorem nástroje a vrtací roury, jak je vidět na obrázku 12. U tohoto typu obrábění je zapotřebí jen jedna roura, kdežto u ejektorového systému jsou zapotřebí dvě. V praxi se tyto hlubokovrtací nástroje používají pro vrtání od průměrů 10 mm až do 500 mm. Tento systém je využívám i pro nejextrémnější případy hlubokých děr jako jsou např. díry hloubky 250xD. Hluboké vrtání za pomoci metody STS je náročnější oproti ejektorovému vrtání v tom, že zde je zapotřebí utěsnit prostor mezi nástrojem a obrobkem. [7]



Obrázek 12: Princip vrtání metodou STS [1]

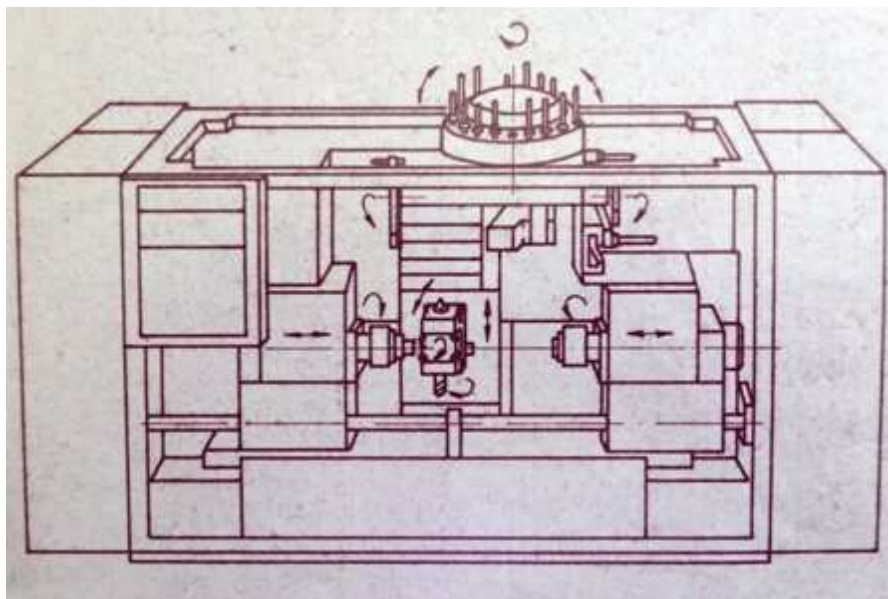
## 3 Rozbor současného stavu

### 3.1 Multifunkční obráběcí centra

Vlivem stále stoupající produkce a vysoké sériovosti daných dílců se celosvětově rostl podíl víceosých a multifunkčních strojů. V dnešní době jsou tyto stroje využívány především pro jejich vysokou spolehlivost a pro dostatečně velké snížení nákladů na manipulaci. Jeho další vlastností je např. snížení počtu potřebných operátorů stroje, nebo také maximální koncentrace operací na jeden stroj. Za jednu z nejžádanějších výhod, které tyto stroje nabízí, je ale zkrácení výrobních časů. To vše má jednoznačný vliv na úsporu nákladů v každém podniku. Z uvedených aspektů vyplývá, že i při vysoké pořizovací ceně je multifunkční centrum nedílnou součástí dnešního prosperujícího strojírenského závodu a počáteční investice je navracena rychle zpět. Tyto stroje tvoří přechod mezi soustružnickými a frézovacími stroji, což má za následek rozšíření technologických možností jednoho univerzálního stroje na více technologií (závitování, soustružení, vrtání, zapichování, frézování, frézování vaček, odvalování, broušení a měření).

### 3.2 Firma Kovosvit MAS

Náročnějším zákazníkům v oblasti multifunkčních obráběcích center může nabídnout svá řešení i firma Kovosvit MAS. Strojírenský závod sídlící v obci Sezimovo Ústí blízko Tábora. Kovosvit MAS jako první na světě představil multifunkční centrum na výstavě strojírenského veletrhu v Paříži (EMO) již v roce 1983. Celkem se vyrobilo 45 strojů MCSY 80 a ještě jeden je stále aktivní součástí výrobní základny MAS. Konstruktorem tohoto soustružnicko-tyčového automatu je Ladislav Borkovec. Tento stroj předběhl svoji dobu o 15 let a to díky svoji funkčnosti. Stroj MCSY 80 se mohl pochlubit protivřetenem, horní a spodní nástrojovou hlavou a zásobníkem až pro 20 nástrojů. Maximálně možný průměr, který se dá prostrčit vřetenem a následně obrobít je průměr 80 mm. Další výroba strojů musela počkat na sofistikovanější elektro řídicí komponenty a systémy. Stroje byly vybaveny indexovanou B osou s automatickou výměnou rotačních nástrojů a také protivřetenem včetně automatického předání obrobku mezi vřeteny. Od roku 2005 Kovosvit MAS nabízí nejmodernější technologie s nejvyspělejším CNC řízením.[2],[5]



**Obrázek 13: Borkovcem ze dřeva vyrobený model multifunkčního stroje MSCY v měřítku 1:10 se všemi funkčními vlastnostmi a schéma jeho kinematiky [3]**



### 3.3 Multicut 630



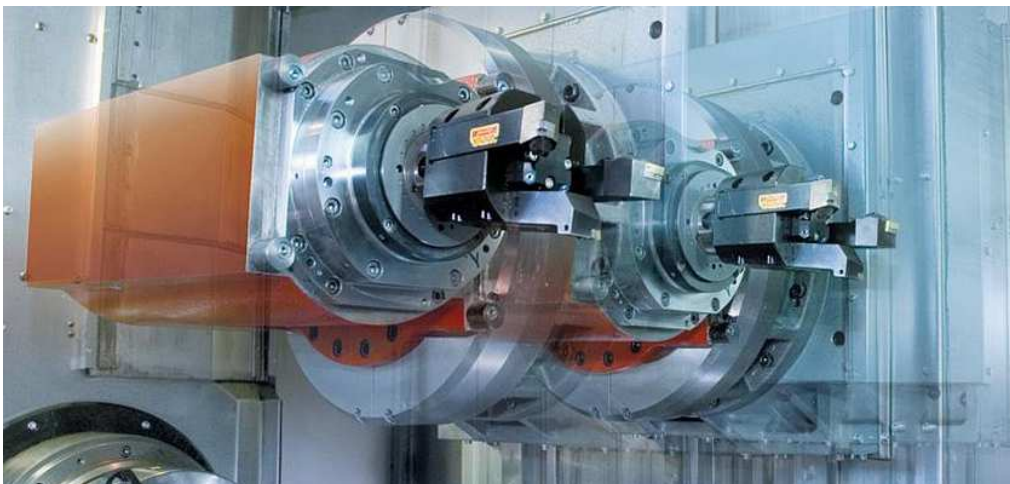
Obrázek 14: Multicut 630 [2]

#### 3.3.1 Charakteristika stroje

Kovosvit MAS v letošním roce přichází na trh s novinkou mezi multifunkčními obráběcími centry. Je jím stroj zvaný Multicut 630 s modulárním řešením délkových variant stroje kde je možno obrábět s maximálním průměrem 1150 mm, při maximální délce 1500, 3000, 4500, 6000 mm. Multicut 630 S (s pravým vřetenem) umožňuje komplexní obrábění z obou stran obráběných dílců. Předností tohoto obráběcího centra je, že nabízí dvě kinematické varianty: a) S- provedení s pravým vřetenem

b) T- provedení s koníkem

Mezi další přednosti stroje Multicut 630 jsou např.: tuhá a tepelně stabilní konstrukce, velikost zdvihu v ose Y (=400 mm), je zde zajištěno valivé válečkové vedení na všech osách, pravé i levé vřeteno je poháněno integrovaným synchronním motorem s vysokým výkonem (vřetena jsou shodná), s chladícím okruhem je také frézovací vřeteno poháněno integrovaným motorem, osa B zajišťující otáčení frézovacího vřetena (je realizována prstencovým torque motorem s chladícím okruhem), výměna nástrojů je realizována pomocí otočné ruky umožňující vysokou rychlost výměny, na stroji je aplikováno Safety integrated, možnost aplikace 4 bokých nástrojů. Dále stroj vyniká vysokými rychloposuvy a zrychlení, což znamená zkrácení nevýrobních časů při přejezdech a také velké posuvové síly, což má vliv na výkon pro produktivní obrábění.[2],[5]



Obrázek 15: Aplikace čtyřbokého nástroje [4]

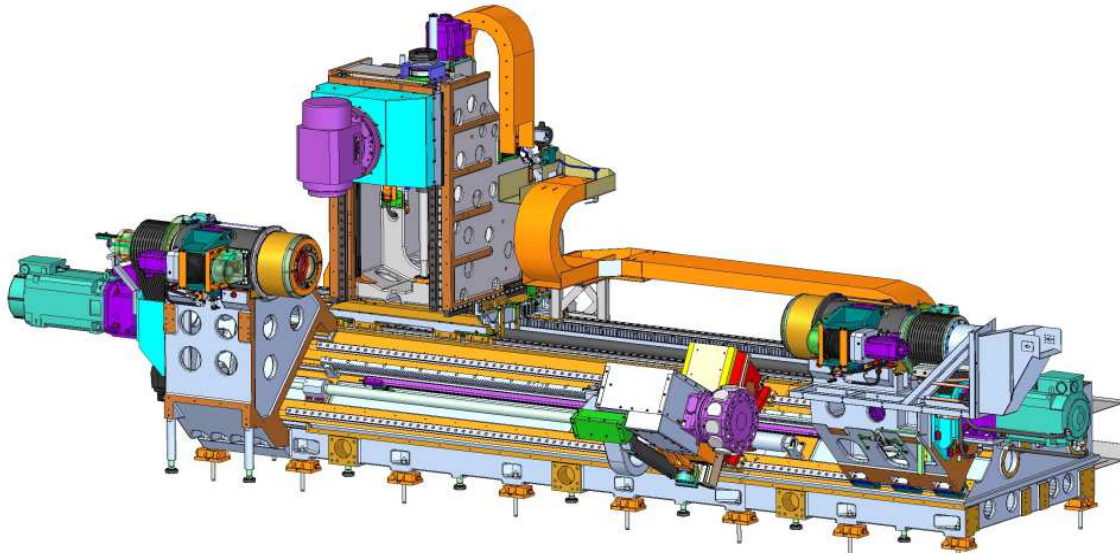
### 3.3.2 Základní parametry stroje

<b>Pracovní rozsah</b>		MULTICUT 630S/ 630T
Průměr soustružení B=45°	mm	930
Maximální délka obrábění	mm	1500, 3000, 4500,6000
<b>Obrobková vřetena</b>		
Maximální průměr při obrábění z tyče	mm	122
Výkon vřeten S1 a S2 (S1/S6 - 40%)	kW	41/43
Max. otáčky vřetena S1 a S2	ot / min	2 800
<b>Osa C - obrobkových vřeten</b>		
Maximální kroutící moment	Nm	2176
<b>Nástrojové vřeteno</b>		
Upínací kužel nástrojů	-	HSK - A63 (CAPTO C6)
Výkon nástrojového vřetena (S1/S6 - 40 %)	kW	25/30
Max. otáčky nástrojového vřetena	ot / min	12 000
<b>Osa B - nástrojového vřetena</b>		
Maximální úhel natočení	°	-120°/ +120°
Max. otáčky	ot / min	50
<b>Zásobník nástrojů</b>		
Počet míst v zásobníku	-	66/44
<b>Rozměry stroje</b>		
Délka x šířka x výška	mm	10300/5150/3100
Hmotnost	kg	25 000

**Tabulka 1: Základní parametry stroje [4]**

### 3.3.3 Skladba stroje Multicut 630

Základ multifunkčního obráběcího centra tvoří extrémně mohutné tuhé lože z šedé litiny, které je řešeno modulárně. Na trhu se stroj objevuje celkem ve čtyřech délkových variantách a to díky sestavování jednotlivých segmentů. Šedá litina byla pro výrobu stroje jednoznačnou volbou, díky jejím vlastnostem, jako je vysoká tuhost a tlumení vibrací. Téměř všechny části stroje jsou odlité z šedé litiny. Mohutným odlitkem s bočními nálitky je tvořen stojan obráběcího centra, zajišťující pohyb nástrojového vřetena v ose Y a Z. I zde byl hlavním důvodem dosažení co možno nejvyšší stability a tuhosti celé konstrukce, zejména pro vysoce produktivní soustružnické hrubovací operace, poskytující výkon na hlavních vřetenech. Co možno nejvyšší tuhost v celé délce zdvihu osy Y=400 mm zajišťuje výsuv celého stojanu do místa řezu s kinematickým řešením. S tímto řešením se můžeme setkat na horizontálních obráběcích multifunkčních centrech. Celková hmotnost stroje činí 25 tun.[2],[5],[3]



Obrázek 16: Konstrukce stroje Multicutu 630 [3]

### 3.3.4 Pracovní prostor stroje Multicut 630



Obrázek 17: Pracovní prostor stroje [3]

Točný průměr obrobku	1150 mm
Max. průměr soustružení B=0°/60°	790/1060 mm
Max. délka obrobku	3100 mm
Max. hmotnost obrobku	3500 kg

Točný průměr obrobku	1150 mm
Max. průměr soustružení B=0°/60°	790/1060 mm
Max. délka obrobku	4600 mm
Max. hmotnost obrobku	3500 kg

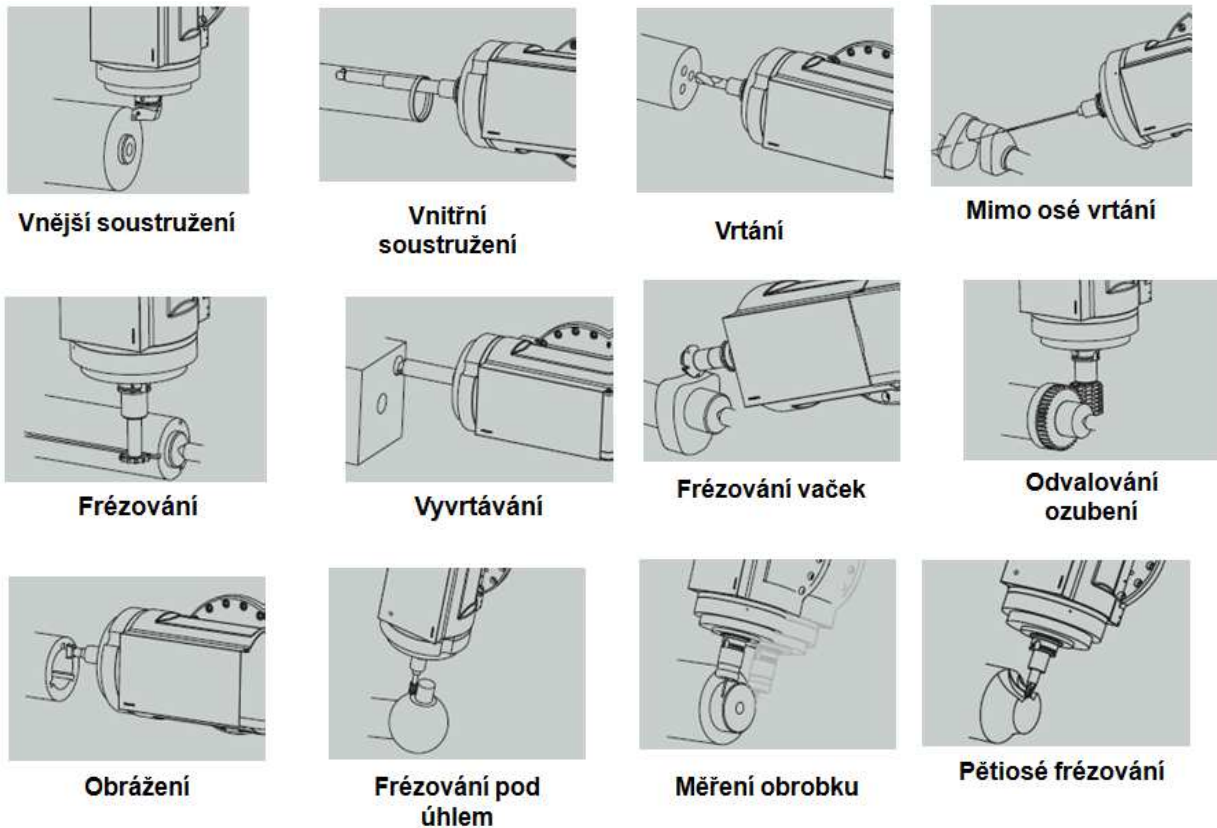
Točný průměr obrobku	1100 mm
Max. průměr soustružení B=0°/60°	800/1072 mm
Max. délka obrobku	6100 mm
Max. hmotnost obrobku	3500 kg

Tabulka 2: Pracovní prostor stroje při max. délce obrobku s příslušnými parametry [3]



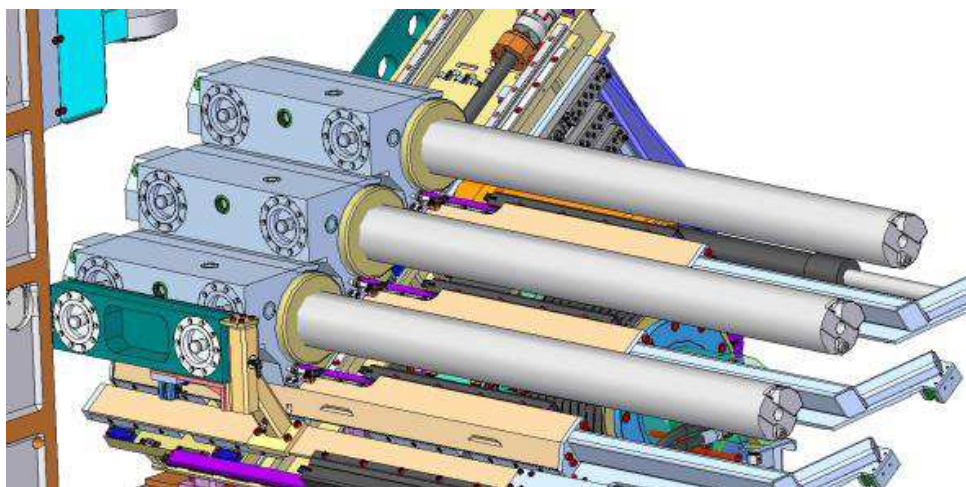
### 3.3.5 Technologické možnosti stroje Multicutu 630

Stroj Multicut 630 disponuje obrovskou škálou druhů operací které lze na stroji provádět. Zde jsou na obrázku zobrazeny technologické operace, se kterými se stroj vypořádá v provozu každý den.[3]



Obrázek 18: Technologické možnosti stroje [3]

Dalšími technologickými možnostmi, se kterými se můžeme s multifunkčním centrem setkat, jsou např. hluboké osové vrtání, manuální výměna tyčí, nebo automatická výměna do maximální délky tyče 1500 mm a průměru tyče 125 mm. Dále stroj poskytuje dvoubodové hydraulické upínání se zásobníkem až na 3 kusy vrtacích tyčí, jak je možno vidět na obrázku 21. Více informací bude podáno v kapitole číslo 4. [3]



Obrázek 19: Zásobník na 3 kusy vrtacích tyčí dvoubodovým hydraulickým upínáním [3]



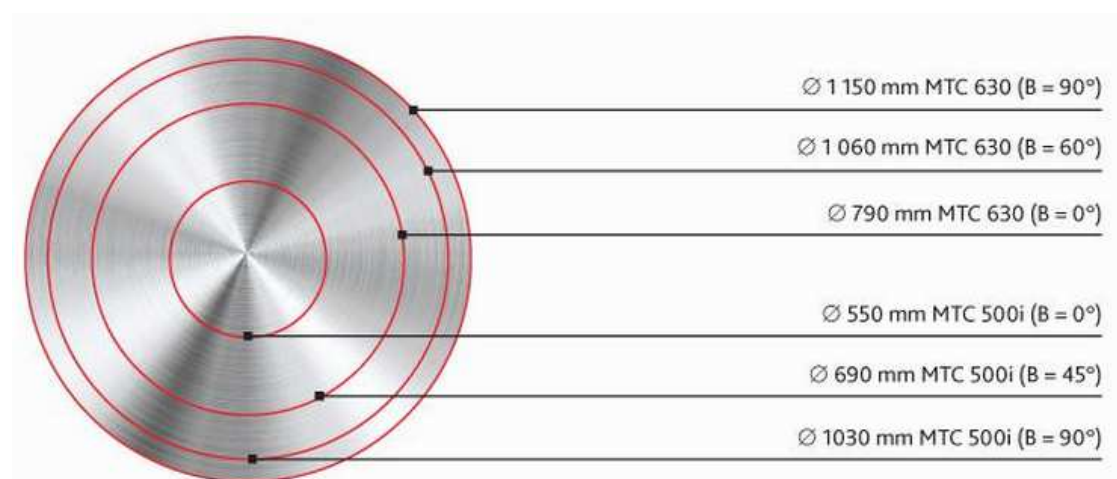
### 3.3.6 Popis jednotlivých komponentů a pohybů stroje

#### 3.3.6.1 Osa B

Co se týče řešení vřeten a B-osy, je schopen Kovosvit MAS vyhovět zákazníkům dvěma variantami od renomovaných dodavatelů. První variantou je od dodavatele Kessler a druhou od dodavatele Duplomatic. Pro dosažení co možno nejvíce špičkových parametrů bez vůlí a s vysokou dynamikou, zajišťuje pro souvisle řízenou B-osu přímý pohon s torque motoru. Uzel je také osazen oběhovým chlazením za účelem dosažení teplotní stabilizace. Pro zajištění vysoké tuhosti a brzdového momentu je zde hydraulická brzda. Osa B je souvisle řízená a obsahuje přímé rotační odměřování pro vysokou přesnost polohování. Také poskytuje možnost mimoosého vrtání a pětiosého frézování.[2],[3]



Obrázek 20: Nástrojové vřeteno[3]



Obrázek 21: Maximálně možný obráběný průměr při nastavení B-osy. Srovnání na strojích Multicutu 630 a Multicutu 500 [4]

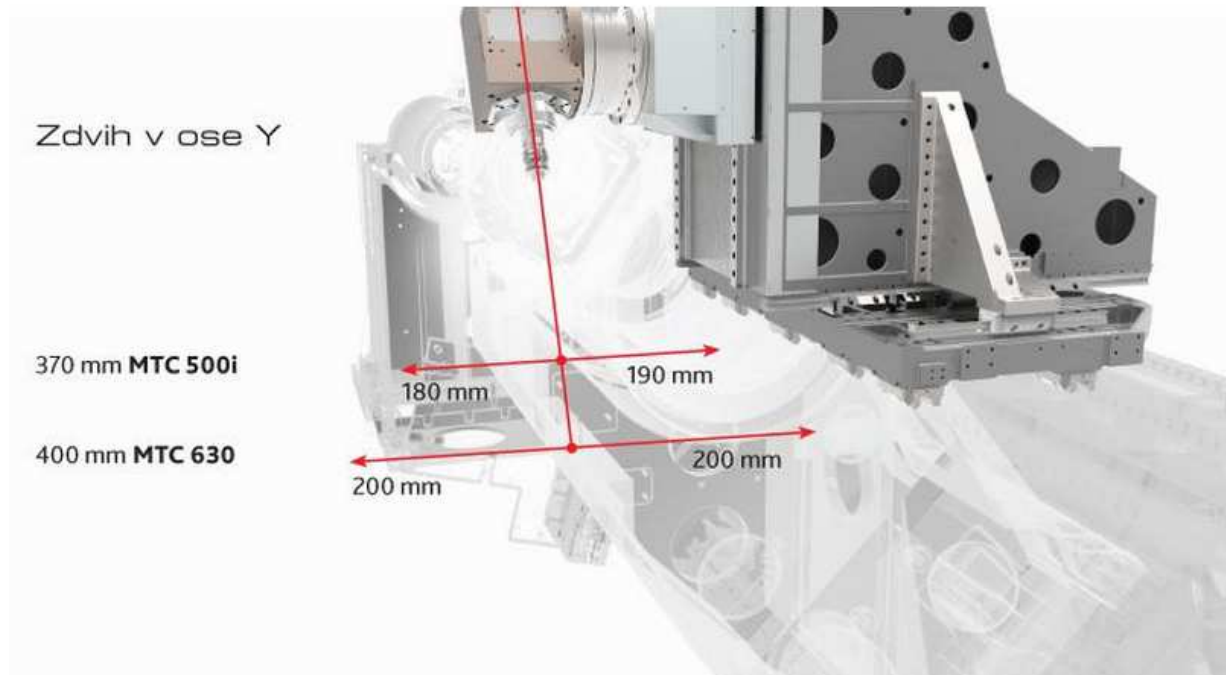
Obrázek 23 popisuje, jak velký je maximálně možný obrobitelný průměr ve vřetenu, při určitém sklopení osy B. Například při sklopení B osy pod úhlem 90°, je možno na Multicutu 630 obrábět až do průměru 1150 mm.

#### 3.3.6.2 Osa Y

Osa Y (stojan), zajišťuje výsuv celého stojanu do místa řezu, což je totožné s horizontálními obráběcími centry. Je zde vysoká tuhost oproti smykadlovému provedení v celé délce zdvihu (=400 mm) a stroj také disponuje zvýšenou tuhostí ve směru osy Z, jak je vidět na obrázku 24, pro maximálně produktivní soustružnické hrubovací operace. [2],[3]



Obrázek 22: Zvýšená tuhost v ose Z[3]



Obrázek 23: Zdvih v ose Y v porovnání se strojem Multicut 500[4]

### 3.3.6.3 Nástrojové vřeteno

U troje Multicut 630 máme možnost volby ze 3 typů vřeten. Teplotní stabilizace vřeten je zde zajištěna pomocí průtokového chlazení. Upínací kužely jsou v provedení HSK 63T, KSK 100T, Capto C6, Capto C8. Zde jsou v tabulce zaznamenány základní parametry každého typu vřetene. Obsahuje oddělené pohony pro soustružení a frézování-samostatná osa C.[2],[3],[5]



- Přímý pohon
- Aktivní chlazení
- Hydraulická indexace

Obrázek 24: Nástrojové vřeteno[4]

#### Základní

Max. otáčky	12 000	1/min
Výkon S1/S6 +40%	25/30	kw
Kroutící moment S1/S6 +40%	119/143	Nm

#### Univerzální

Max. otáčky	10 000	1/min
Výkon S1/S6 +40%	37/47	kw
Kroutící moment S1/S6 +40%	140/180	Nm

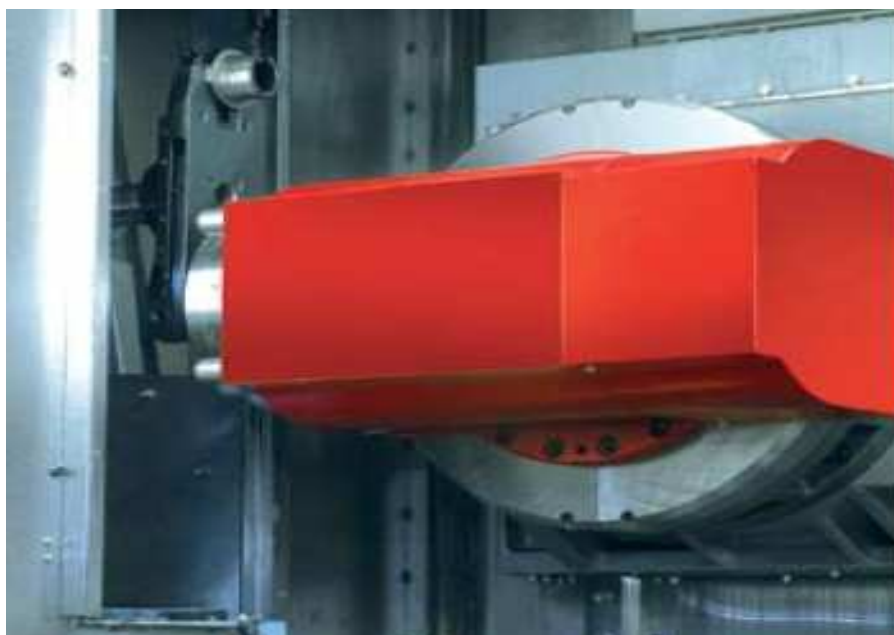
#### Silové

Max. otáčky	6 500	1/min
Výkon S1/S6 +40%	29/38	kw
Kroutící moment S1/S6 +40%	200/255	Nm

**Tabulka 3: Parametry jednotlivých druhů vřeten [3]**

#### 3.3.6.4 Zásobník nástrojů

Stroj Multicut 630 má k dispozici dva zásobníky nástrojů. Jeden zásobník slouží k automatické výměně až tří kusů vrtacích tyčí, které se upínají do speciálního adaptéru. Tento zásobník bude též popsán v kapitole číslo 4. Druhý z nich je zásobník nástrojů používaných při každodenních operacích. Vyniká komfortem a velkým prostorem pro použité nástroje. Je schopen pojmout až 180 nástrojů a dává tím stroji schopnost být připraven pro použití i pro několik technologií. Díky otočné ruce, kterou stroj Multicut 630 disponuje, je zde zajištěna co možná nejrychlejší výměna nástrojů. Je zde i automatické měření nástrojů pro jejich korekci v cyklech pomocí nástrojové sondy. Také je zde zajištěna rychlá nástrojová výměna rukou.[2],[3],[5]



**Obrázek 25: Automatická výměna nástroje [3]**

### 3.3.6.5 Obrobkové vřeteno

Obrobkové vřeteno je konstruované až do velikosti zatížení 3 500 kg s hrotem. Je zde oddělení pohonu pro soustružení a frézování (samostatná osa C). Silové vřeteno s mechanickou převodovkou zde zajišťuje vysoký krouticí moment. Protivřeteno je s možností opce jako funkce koníku.[2],[3]



- Přímé odměřování
- Mechanická s převodovkou a torque motorem

Obrázek 26: Obrobkové vřeteno [3]

Obrázek 27: Osa C [4]

Vřetenová jednotka	Hlavní	Protivřeteno	
Příruba vřetena	A11	A11	
Max. otáčky vřeteno / osa C	2 800 / 30	2 800 / 30	1/min
Max. výkon S1 / S6 40%	41 / 61,5	43 / 63	kW
Max. moment S1 / S6 40%	2 015 / 3 022,5	2 115 / 3 172,5	Nm
Max. moment osy C S6+40% / brzda	2 176 / 3 000	2 176 / 3 000	Nm
Průměr tyčoviny max.	127	127	mm

Tabulka 4: Parametry obrobkového vřetene a protivřetene [3]

### 3.3.6.6 Luneta

Pro obrábění hřídelových součástí je možno obráběcí centrum vybavit jednou až třemi lunetami podle varianty točné délky. Lunety ještě více rozšiřují základní technologické možnosti stroje. K poskytnutí jsou dva typy a to bez výsuvu v ose X a s výsuvem v ose X. Lunety stroje Multicut 630 jsou samostředící a stavitelné v ose Z.[2],[3]

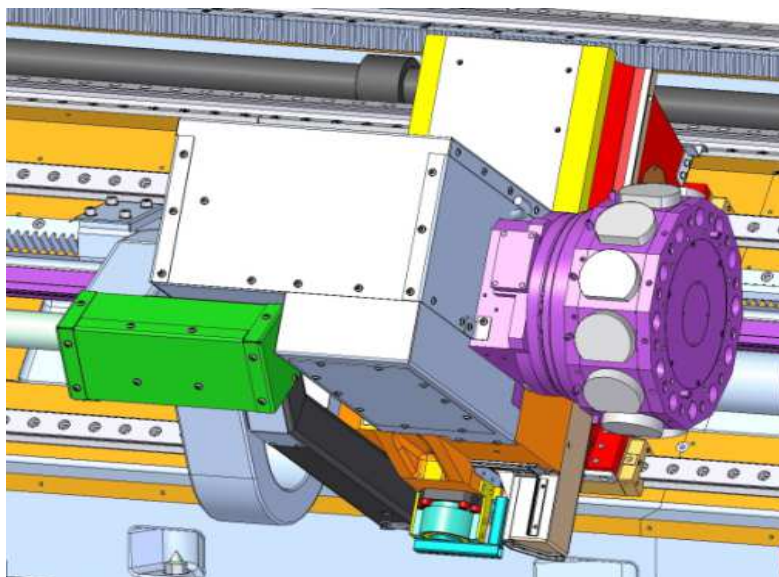




Obrázek 28: Luneta stroje Multicut 630[4]

### 3.3.6.7 Spodní hlava

Spodní hlava má 12 poloh a pohybuje se v ose X a Z, jak je vidět na obrázku 31. Jsou zde možné varianty s otvory VDI 50 nebo CAPTO C6. Všechny polohy mohou být naháněné a disponují výkonem 16 kW, krouticím momentem 50 Nm a 3000 ot/min. Jako opce tento celek umožňuje stroji technologii hlubokého vrtání osových a mimo osových otvorů. Vrtací a soustružnické tyče upínají pod saně Y. Tímto způsobem je stroj schopen vrtat hluboké otvory do průměru 120 mm a hloubky 1500 mm při následném soustružení vnitřních průměrů.[2],[3],[5]



Obrázek 29: Spodní hlava [3]

### 3.3.6.8 Příslušenství stroje

- Základní:

protivřetenno nebo koník, CNC Siemens Sinumerik 840D SL, dálkové ovládání s ručním kolečkem, Siemens Shop Turn, přímé odměřování polohy os X, Y, Z, B, C, automatické mazání pohyblivých částí, oběhové chlazení nástrojového vřeten, oběhové chlazení osy B, oběhové chlazení pohonu obrobkových vřeten, upínací válec průchozí pro levé vřetenno, upínací válec neprůchozí pro protivřetenno, ofukování čelistí pro protivřetenno, teplotní kompenzace nosné konstrukce, chladicí agregát pro vnější chlazení s filtrací, klimatizace elektro skříně, dopravník třísek, automatické otevírání dveří pracovního prostoru, sada náradí k obsluze, průvodní dokumentace

- Zvláštní

luneta 1 až 3, přizpůsobení protivřetenno pro funkci koníku, středové chlazení 20 nebo 70 bar, středové chlazení vzduchem, systém minimálního mazání nástroje, hluboké vrtání, odsávání pracovního prostoru, obrobková sonda infra, nástrojová sonda dotyková automatická, nástrojová sonda dotyková ruční, zvedací zařízení, sklíčidla a čelisti, nástroje a držáky, upínací válec průchozí, kleštinové upínání, podavač tyčí[2],[3]

### 3.3.6.9 Řídicí systém

Stroje jsou osazeny nejmodernějším CNC systémem Siemens Sinumerik 840D Solution Line. Vyniká svojí vysokou spolehlivostí, výkonem a také online podporou. Systém také podporuje funkci shop turn. Za hardware je zde k poskytnutí např.: velká 17" LCD obrazovka, dálkové ovládání s ručním kolečkem a také ergonomický panel na otočném ramenu.[2],[3]



Obrázek 30: Kinematické uspořádání stroje Multicut 630[3]

## 4 Hluboké vrtání na stroji Multicut 630

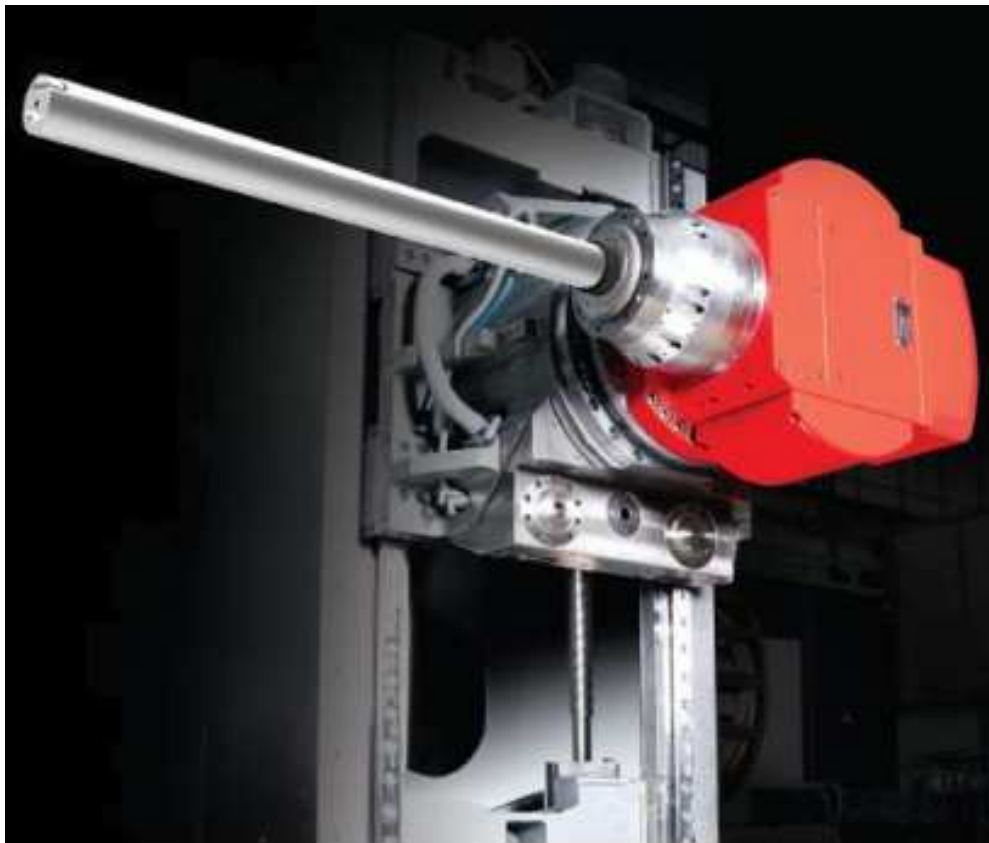
Je nutno podotknout, že se jedná o multifunkční obráběcí centrum, které umožňuje hluboké vrtání, kde určité parametry nemusí být shodné se stroji určenými výhradně pro hluboké vrtání, což může mít za následek v extrémních případech určité problémy s kvalitou hluboké díry.

### 4.1 Způsoby

Na stroji Multicut 630 je možno vrtat hluboké díry třemi způsoby.

#### 4.1.1 Vrtací tyč upnutá v nástrojovém vřetenu

Při takovém to způsobu upnutí vrtací tyče je zvolen systém hlubokého vrtání na principu dělového vrtáku, jak je vidět na obrázku 33. Do rozměrů vrtacích tyčí o  $D_{max}=90$  mm a  $L_{max}=500$  mm je zaručena automatická výměna nástroje. Stroj Multicut 630 má dva zásobníky nástrojů. První z nich slouží k automatické výměně klasických nástrojů pro celkové operace na stroji (mezi ně patří i vrtací tyče do  $D_{max}=90$  mm a  $L_{max}=500$  mm) a druhý zásobník slouží k automatické výměně až na tři kusy vrtacích tyčí (vrtací tyče do  $D_{max}=125$  mm a  $L_{max}=1500$  mm). Stroj Multicut je schopen upnout do nástrojového vřetene vrtací tyče o větších rozměrech (záleží na upínači), tím už není zaručena automatická, ale ruční výměna vrtací tyče. Pro dosažení co možno nejlepších hodnot, co se týče přesnosti odchylky od osy vývrtnu, je zde kinematika hlavního pohybu řešena tak, že hlavní pohyb rotační koná nástroj i obrobek. Nástroj a obrobek se pohybují proti sobě v určitém poměru s tím, že obrobek má daleko nižší otáčky a řezná rychlost se skládá z obou těchto pohybů. Maximální výkon nástrojového vřetene se liší podle zvoleného typu vřetene (30/47/38 kW). Přívod řezné emulze je pod tlakem 60 barů. Upnutí vrtací tyče do nástrojového vřetene je hydraulické.



Obrázek 31: Vrtací tyč upnutá v nástrojovém vřetenu[4]

#### 4.1.2 Vrtací tyč upnuta ve speciálním adaptéru

Zvolený systém hlubokého vrtání je zde stejný jako při systému upnutí vrtací tyče v nástrojovém vřetenu (na principu dělového vrtáku). I zde je maximální možný průměr a délka vrtací tyče omezena k tomu, aby došlo k automatické výměně. Aby mohla nastat automatická výměna nástroje z druhého zásobníku (až na tři kusy vrtacích tyčí) a ne ruční výměna, je nástroj limitován maximální délkou 1500 mm a maximálním průměrem 125 mm. V budoucnu se chystá i třetí zásobník, kde bude docházet k automatické výměně koncovek na vrtacích tyčích. Vrtací tyč je v adaptéru uchycena v hloubce 400 mm. Kinematika hlavního pohybu je zde řešena tak, že hlavní pohyb rotační koná obrobek a nástroj stojí. Touto zvolenou kinematikou stroj Multicut dosáhne nižších hodnot, co se týče přesnosti odchyly od osy vývrty, než u způsobu, kdy vrtací tyč je upnuta v nástrojovém vřetenu. Multicut ale při tomto způsobu upnutí dokáže vrtat hluboké díry o daleko větších hloubkách a průměrech. Maximální výkon obrobkového vřetene je 61,5 kW. Přívod řezné emulze je pod tlakem 120 barů. Upnutí vrtací tyče ve speciálním adaptéru je dvoubodové hydraulické.



Obrázek 32: Vrtací tyč upnuta v adaptéru [4] Obrázek 33: Přívod emulze do adaptéru [4]

#### 4.1.3 Vrtací hlava upnuta v protivřetenu

Při vrtání hlubokých děr o daleko větších rozměrech než v případech, kdy byla vrtací tyč upnuta v nástrojovém vřetenu, nebo ve speciálním adaptéru, slouží u stroje Multicut 630 protivřeteno, jak je vidět na obrázku 36. Při tomto způsobu vrtání hlubokých děr byl zvolen ejektorový systém vrtání. Zde už nedochází k automatické výměně vrtacích hlav, ale k ruční výměně. Vrtací hlavy jsou vyráběny na zakázku, tudíž je maximálně obrobitelný průměr hluboké díry individuální podle požadavků zákazníka. Maximálně možná délka nástroje, kterou lze při tomto způsobu vrtání použít je 3000 mm a maximálně možný obrobitelný průměr je vyráběn na zakázku. I zde je pro dosažení co možno nejlepších hodnot, co se týče přesnosti odchyly od osy vývrty, kinematika hlavního pohybu řešena tak, že hlavní pohyb rotační koná nástroj i obrobek. Nástroj a obrobek se pohybují proti sobě, v určitém poměru, s tím že obrobek má daleko nižší otáčky a řezná rychlost se skládá z obou těchto pohybů. Maximální výkon obrobkového vřetene je 63 kW. Natlakování řezné emulze je děláno na zakázku. Vrtací nástroj je s vnější trubkou sešroubován pomocí čtyřchodého vnitřního plochého závitu na konci vrtací trubky.





**Obrázek 34: Vrtací hlavice upnutá v obrobkovém vřetenu podepřená lunetou [4]**

	Nástrojové vřeteno	Spec. adaptér	Protivřeteno
Systém hlubokého vrtání	Princip dělového vrtáku	Princip dělového vrtáku	Ejektorový princip
D max nástroje [mm]	90	125	Závisí na vrt. Hlavici (na zakázku)
L max nástroje [mm]	500	1500	3000
Kinematika hlavního pohybu	Jak nástroj, tak obrobek	Obrobek	Jak nástroj, tak obrobek
Aut. výměna nástroje	Ano	Ano	Ne
Max výkon [kW]	30 / 47 / 38	61,5	63
Upnutí vrtací tyče	Hydraulické	Dvoubodové hydraulické	Speciální adaptér
Tlak řezného emulze	60	120	Individuální (na zakázku)

**Tabulka 5: Parametry při rozdílném způsobu upnutí nástroje**

Zde je popsán charakter jednotlivých způsobu upnutí nástroje při vrtání hlubokých děr na stroji Multicut 630. Proč firma Kovosvit zvolila u způsobu, kde je nástroj upnut do nástrojového vřetene nebo do speciálního adaptéru, systém na principu dělového vrtáku jako systém hlubokého vrtání a u způsobu, kde je nástroj upnut do protivřetene, ejektorový systém se budu dále věnovat v práci. Mým úkolem je porovnat tyto dvě metody zvolených systému hlubokého vrtání a sepsat odůvodnění, proč se firma tak rozhodla.

Při hlubokém vrtání na stroji Multicut 630 je nejvíce využíváno prvních dvou způsobů upnutí nástroje, kde je využíván systém na principu dělových vrtáků, který je daleko vhodnější systém pro hluboké vrtání v dnešní době, jak se dále v práci dozvíme, díky porovnání metod.

## 4.2 Metody

Pojmem vrtání hlubokých děr je rozuměno takové obrábění, kde je poměr vrtané délky a průměru vrtáku relativně velký. Spadají sem délky vrtání ležící v rozsahu  $10xD$  až po  $100xD$  i více. Velký výkon použitých obráběcích nástrojů stroje Multicut pro vrtání hlubokých děr (s ním spojená schopnost dosáhnouti co možno nejlepší jakosti povrchu a toleranci rozměrů) znamená, že vrtání hlubokých děr je již konkurenceschopné od hloubek vrtání  $2xD$ . Čím větší hloubka vrtané díry, tím více se zvyšují nároky na nástroje, pracovní postupy, na kterých je závislé dobré utváření a odvádění třísky z místa řezu, chlazení a mazání. Na stroji Multicut je možno rozlišit tři různé metody vrtání hlubokých děr [9]

### 4.2.1 Vrtání do plného materiálu

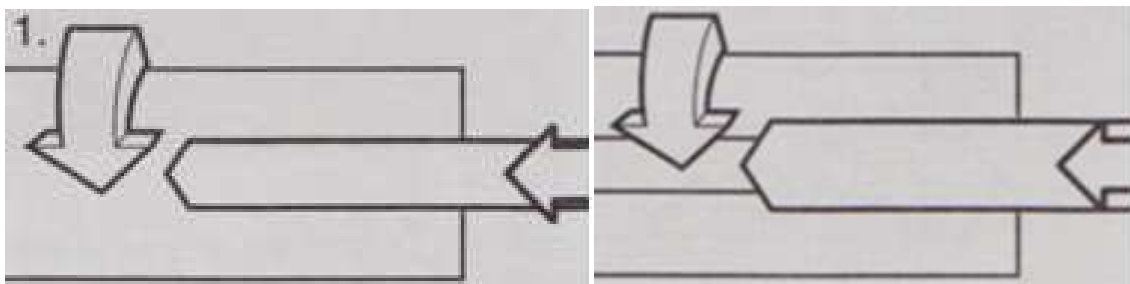
Jedná se o nejobvyklejší metodu vrtání děr malých a středních průměrů pro stroj Multicut.[9]

### 4.2.2 Vrtání na jádro

Obecně se tato metoda používá pro větší průměry děr, protože za použití této metody je v porovnání s vrtáním do plného materiálu menší výkon stroje. Použití tohoto typu vrtání pro stroj Multicut je zatím v budoucnu. Jedná se o operaci, při níž je potřeba speciálních nástrojů. Tato metoda je náročnější z hlediska odvodu třísek z místa řezu, protože je zde menší prostor pro jejich odvod. Tato metoda vrtání hlubokých děr není doporučována jako jedna z metod. Na stroji ještě nebyla odzkoušena.[9]

### 4.2.3 Vyvrtávání již existující díry

Použití této metody se provádí tam, kde mají být v jedné operaci obrobena vykované, odlité, vylisované nebo tažené obrobky, u nichž má být dosažena vysoká jakost obrobeneho povrchu a velká přesnost tolerancí rozměrů. Stroj Multicut je schopen obrábět pomocí této metody.[9]

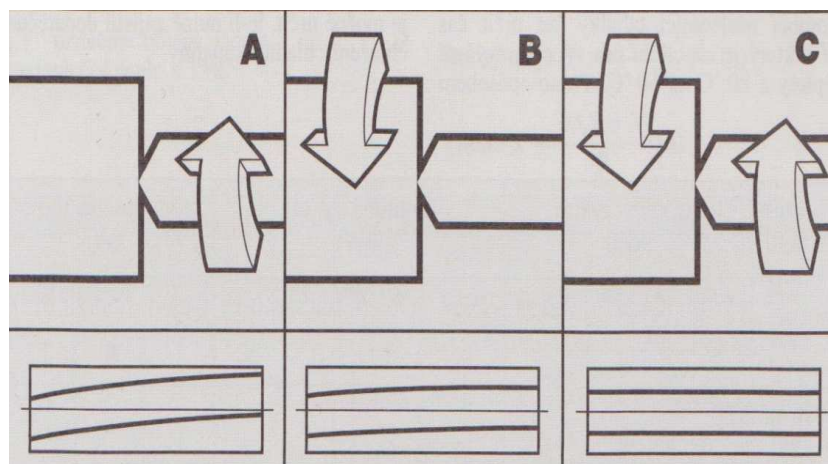


Obrázek 35: Hluboké vrtání na stroji Multicut 630 [9]

## 4.3 Provedení stroje pro vrtání hlubokých děr

Stroj Multicut umožňuje volbu ze tří metod, jak je vidět na obrázku 38. První z nich je metoda, kde hlavní pohyb rotační koná obrobek. Za použití tohoto typu obrábění, jsme schopni dosáhnout středních hodnot přesnosti odchylky od osy vývrtnu. Druhá je metoda rotujícího nástroje (hlavní pohyb rotační koná nástroj). Při tomto způsobu obrábění dochází k nejnižším hodnotám, co se týče přesnosti odchylky od osy vývrtnu. Třetí používanou metodou vrtání hlubokých děr pro stroj Multicut je metoda, kdy hlavní pohyb rotační konají nástroj i obrobek. Jedná se tak o nejproduktivnější a zároveň nejpresnější (co se týče odchylky od ideální osy) obrábění na stroji. Nejčastější používanou metodou je ta, kde hlavní pohyb rotační koná obrobek a nástroj stojí (vrták). Je-li hlavním požadavkem souosost otvoru, je nejvhodnější způsob

volby metody, kde hlavní pohyb rotační koná jak nástroj, tak obrobek. Zde se obrobek a nástroj otáčí proti sobě. Jestliže však dochází k vrtání asymetrických tvarů, tak stroj pracuje pouze s rotujícím nástrojem a nerotujícím obrobkem, protože obrobek nemůže vzhledem ke své nevyváženosti dosahovat dostatečného počtu otáček.[9]



**Obrázek 36: Kinematické metody stroje Multicut 630 pro hluboké vrtání [9]**

Tlak a množství řezné emulze má vliv na utváření a odchod třísky z místa řezu. Stroj Multicut poskytuje také filtraci a chlazení řezné emulze díky dostatečně velké nádrži na řezné médium. Objem nádrže pro řezné médium je minimálně 5x až 10x větší, než kolik je minutový průtok čerpadla. Objem nádrže a dopravníku třísek s daným příkonem čerpadla je u stroje Multicut zkonstruován tak, aby se od zpuštění vrtání naplnila celá soustava řeznou kapalinou (v nádrži zůstává jen rezerva řezné kapaliny), která prochází řezným procesem a opět se vrací do dopravníku. Řezná kapalina takto cykluje s tím, že v nádrži musí být určitá rezerva řezné kapaliny, protože dochází k jejímu odpařování. Během jednoho dne se přirozeným způsobem odpaří 40 až 50 litrů. Při použití stroje Multicut 630 s maximální možnou obrobiteľnou délkou 3 000 mm je obsah řezné emulze 700 litrů (i s rezervou). S větším maximálně možným obrobiteľným průměrem je větší i délka dráhy dopravníku, tudíž narůstá objem kapaliny v nádrži. Na stroji Multicut je použita pásová filtrace, kde se jednotlivými labyrinty zachytávají třísky od největších rozměrů po nejmenší. Následně dochází k separaci řezné kapaliny.

Jakost obrobeného povrchu závisí na mnoha faktorech, jakož jsou např. řezné podmínky, řezná rychlost, posuvy nástrojů a obrobků, volba řezné emulze, tuhost konstrukce, volba nástroje, z jakého druhu materiálu je nástroj a obrobek vyroben atd. Pro dosažení co možno nejlepší jakosti obrobené plochy musíme zajistit tyto faktory na určitou hodnotu. Musíme zde brát také v potaz, o jakou operaci se jedná. Podle druhu operace volíme optimální řezné podmínky. U hrubovací operace nastavíme vyšší úběr třísky a vyšší řezné rychlosti s vyššími posuvy, kdežto u hlazení navolíme menší posuvy a menší úběry třísek. Prvotní otázkou před zahájením vrtání hlubokých děr na Multicutu je, jakých má být dosaženo parametrů, co se týče přesnosti a jakosti obrobené plochy. Podle toho se volí způsob obrábění.[9]

#### 4.4 Příklady použitých nástrojů stroje Multicut 630

Nejdříve musí být ale určena celá řada parametrů, než bude provedena volba nástroje a volba řezných podmínek na stroji Multicut. Jednou z nejdůležitějších voleb je, zda přichází pro uvažované vrtání v úvahu použití nástrojů pro vrtání krátkých nebo dlouhých děr. Rozhodujících faktorů je zde několik, např.: průměr a délka vrtané díry, požadovaná přesnost rozměrů a tvaru, vybavení stroje, hospodárnost obrábění aj. V současné době mohou vrtáky pro vrtání krátkých děr být použity pro celou řadu operací, které dříve vykonávaly nástroje pro

vrtání hlubokých děr. Nástroje v provedení HSS byly nahrazeny nástroji s břity ze slinutých karbidů. Nástroje určené pro vrtání krátkých děr dosahují při vrtání stále větších hloubek a ve většině případů vrtané díry dosahují přesnosti, kterou dosahovali nástroje používané pro vrtání hlubokých děr.

Jedním z důležitých kritérií při volbě nástroje je výkonnost, která se vztahuje ke kvalitě obrobku, jenž má být dosažena a také ke spolehlivosti a k produktivitě obrábění na stroji Multicut. Ejektorové a destičkami osazené nástroje na principu dělového vrtáku, které stroj Multicut využívá, mohou být použity pro vrtání do plného materiálu buď jako nástroje s pájenými břity nebo také jako nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami. Průměrem vrtané díry se řídí volba typu vrtáku.

Volbu vyvrtávacích nástrojů pro stroj Multicut určuje jak požadovaná přesnost na rozměry a tvaru díry, tak přídatky na obrábění. Při obrábění s větší hloubkou řezu se používají nástroje s větším počtem břitu.

Tento typ vrtáku s vyměnitelnými břitovými destičkami, používaných na stroji Multicut, přispívá ke snížení celkových nákladů na obrábění, protože opotřebitelné části jsou snadno vyměnitelné. Takřka každá vrtací hlava, která je použita pro hluboké vrtání na stroji, je opatřena dvěma vyměnitelnými lištami. Prvním z nich je lišta opěrná a druhá je lištou vodičí. Dále je nástroj opatřen kazetami pro upínání břitových destiček, které jsou snadno vyměnitelné. Kazety v různých kombinacích určují požadovaný průměr a potřebné dělení šířky řezu. Vnější břit je díky vnější kazetě nastavitelný, takže je možno v ní použít standardní vyměnitelné břitové destičky o různých poloměrech špičky a tolerancí. [9]

#### 4.4.1 Jednobřítý dělový vrták upnut v nástrojovém vřetenu

Jednobřítý dělový vrták od firmy Botek, typu 111. Tento nástroj slouží k vrtání hlubokých děr na stroji Multicut 630 do plného materiálu. Dělový vrták je vyroben s ocelovou hlavicí s vpájenými karbidovými vodičky a břitem. Rozsah prvního kanálku činí 5,800 -40,009 mm a rozsah druhého 40,010 - 60,009 mm. [8]



Obrázek 37: Jednobřítý dělový vrták Botek typu 111[8]

#### 4.4.2 Dvoubřítý dělový vrták upnut ve speciálním adaptéru

Dvoubřítý dělový vrták od firmy Botek typu 120. Tento nástroj slouží k vrtání hlubokých děr na stroji Multicut 630 do plného materiálu. Dělový vrták je vyroben s celokarbidovou hlavicí. Rozsah průměru činí 6,000 - 26,500 mm. [8]



**Obrázek 38: Dvoubřítý dělový vrták Botek typu 120[8]**

#### **4.4.3 Ejektorový vrták upnut v protivřetenu**

Ejektorová hlava od firmy Botek, typu 62. Tento nástroj slouží k vrtání hlubokých děr na stroji Multicut 630 do plného materiálu. Ejektorová hlava je vyrobena s vyměnitelnými břitovými destičkami a vodítky. Je zde možnost nastavení průměru díky nastavovací podložce. Rozsah průměru činí 28,71 - 74,99 mm. [8]



**Obrázek 39: Ejektorový vrták typu Botek 62[8]**

#### **4.5 Zvolený systém vrtání, kdy je nástroj upnut v protivřetenu**

Při vrtání hlubokých děr na stroji Multicut, kde vrtací tyč je upnuta v protivřetenu, byl zvolen ejektorový systém vrtání pro jeho jednoduchost oproti STS (BTA) systému. U STS systému je zapotřebí vysoká těsnost celého systému a dosažení vysokého tlaku. Díky tomu, že je řezná emulze čerpána do prostoru mezi vnitřní a vnější trubkou, není nutné mezi obrobek a pilotní otvor (pouzdro) vkládat další těsnění. Výhodou zvoleného systému pro stroj Multicut je, že se používá tam, kde by mohli vzniknout při obrábění problémy s utěšňováním. Díky tomu se také tato metoda pro stroj uplatňuje při větším počtu navrtávání a výstupů. Nevýhodou zvoleného systému je, že jsou zde kladeny vyšší nároky na utváření třísky než u systému STS, protože zde máme menší světlost odvodové trubky pro třísky, ale také množství a tlak řezného média u ejektorového systému pro stroj Multicut je poloviční.

Jedná se o dvoutrubkový systém, kde je řezná emulze přiváděna mezi vnitřní a vnější trubkou. Většina řezné emulze je vedena k vrtací hlavě a zbytek je vrácen přes prstencovou trysku zpět. Díky tomu vzniká v přední části podtlak, jehož pomocí dochází k odsávání řezné emulze i s třískami. Na stroji Multicut se jedná o uzavřený systém vrtání. Součástí stroje Multicut je vnitřní a vnější trubka, tlumič kmitů včetně přípojky s upínací kleštinou a těsnícím pouzdem, nádrž vybavená filtrem, chlazení a čerpadlo.

Vrtací nástroj je s vnější trubkou sešroubován pomocí čtyřchodého vnitřního plochého závitů na konci vrtací trubky. Tento závit má výhodu v tom, že umožňuje nastavení vrtací hlavy do

čtyř poloh po 90°. Díky tomu by nemělo dojít ke kontaktu vnějšího břitu nástroje s pilotním otvorem. S pilotním otvorem budou v kontaktu pouze vodící lišty.

Velkou důležitost při vrtání má dobré utváření třísky a odvádění třísky z místa řezu. Odstraňování třísek z místa řezu musí probíhat tak, aby nenastalo poškození obrobených stěn vrtané díry. Ejektorový systém stroje Multicut tvoří uzavřený celek, který nepotřebuje ke správné funkci dobré utěsnění spojů, ani vysoký výkon čerpadla. Pro stroj Multicut je ejektorový způsob vrtání výhodou v tom, že se jedná o uzavřený systém a zabraňuje se tak ztrátám řezné emulze, tudíž je tato technologie vhodná pro přerušované obrábění.

Při vrtání do plného materiálu se hloubka řezu rovná polovině průměru vrtané díry. Řezná rychlost a posuvy se řídí podle průměru vrtáku.[9]

## 4.6 Výbava stroje Multicut 630

Pro vrtání hlubokých děr na stroji Multicut je známé, že se pracuje při vysokých posuvech, aby bylo zaručeno dobré utváření třísek. Právě proto musí stroj Multicut mít velký výkon. Díky udržování posuvu na konstantní hodnotě, dosáhneme kontrolovatelného utváření třísek. Díky tomu je stroj Multicut vybaven robustním posuvovým mechanismem, u něhož lze plynule měnit posuv. Díky plynulé změně otáček vřetene stroje Multicut může být posuv v poměru k řezné rychlosti optimalizován. Výsledkem toho může být i fakt, že se dosáhne maximální trvanlivosti břitu použitého nástroje na stroji.

Aby bylo možné na stroji Multicut dosáhnout požadované přesnosti rozměru a tvaru díry při vrtání hlubokých děr, musí být stroj stabilní a uložení vřetene nesmí vykazovat vůli. Neodfiltrované částice v řezném médiu se mohou ukládat na povrchu obráběné plochy a tím velice negativně mohou ovlivnit celkový výsledek obrábění tím, že opěrné lišty vrtáku zamáčknou tyto částice do materiálu obrobku. Právě kritéria jakožto materiál obrobku, jakost obrobeného povrchu a na doporučení výrobce čerpadel jsou rozhodujícím faktorem pro volbu správného filtru. Čím více a dobře filtrované řezné médium, tím dosahujeme vyšší životnosti nástroje a čerpadla.

Pro ochranu stroje Multicut, nástroje a obrobku jsou provedena určitá bezpečnostní opatření. Stroj je opatřen ochranou proti přetížení posuvového mechanismu. Vřeteno stroje Multicut nemůže být uvedeno do posuvového pohybu dřív, dokud nedosáhne tlak řezné emulze předem nastavené hodnoty. Také stroj Multicut splňuje podmínku, že před rozběhem musí být rovněž zaručené to, aby souhlasila určená teplota a průtokové množství řezného média. Obecně by určená hodnota, jako pojistka proti přetížení, neměla být větší než 10 až 30% nad hodnotou posuvové síly, doporučené pro zvolený nástroj, průměr vrtáku a použitý posuv (ochrana proti přetížení posuvového mechanismu). Upnutí obrobku na Stroji Multicut je hydraulické.

U tenkostěnných obrobků musí být věnována pozornost tomu, aby nedošlo k deformaci díry, a proto se tyto obrobky upínají do kleštiny. I pro stroj Multicut je doporučený fakt, že podle průměru díry by neměla být tloušťka stěn obrobku menší než 4 až 10 mm.

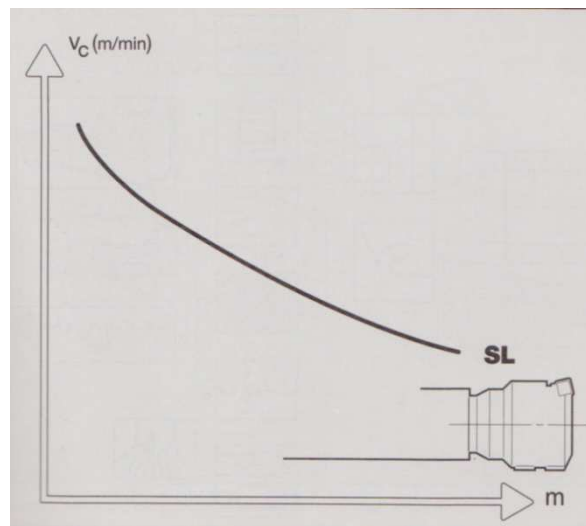
Při vrtání hlubokých děr na stroji Multicut vzniká na použitém vrtáku a čerpadle teplo, které je následně přenášeno do nádrže. Řezný výkon vrtáku vykazuje největší tepelný zdroj. Proto je pro rychlost, jakou se ohřívá obsah nádrže, rozhodující doba vrtání hlubokých děr na stroji Multicut. Nádrž je ochlazována díky tomu, že vzniklé teplo je jednak opět odváděno do okolního prostředí a také díky tomu, že na ochlazování obsahu nádrže se podílí chladicí efekt obrobku. Teplota řezného média se pro stroj Multicut pohybuje kolem 20 až 50°C, opět záleží na mnoha faktorech. Nejvyšší podíl vzniku tepla je z procesu řezání, protože dochází k přetváření materiálu a vzniká obrovské množství tepla. Malou část tepla převezme obrobek (což



také není žádoucí), ale ten nemá tak vysokou akumulaci schopnost. Z toho vyplývá, že veškeré vzniklé teplo se drží na třískách s tím, že při hlubokém vrtání na Multicutu jsou třísky při vývodu z místa řezu stále v kontaktu s řeznou emulzí a dochází k tomu, že veškeré teplo z třísek se předá médiu. Proto profesionální hlubokovrtací stroje mají téměř vždy aktivní chlazení řezného média.[9]

#### 4.7 Ovlivňující faktory

Při vrtání hlubokých děr na stroji Multicut má značný vliv k dosažení zadaných požadavků na přesnost rozměru a tvaru ve značné míře podpěrná luneta a opěrné lišty. Na nastavení řezné rychlosti je závislé opotřebení opěrných lišt. Na diagramu obrázku 42 je znázorněná řezná rychlost jako funkce pro trvanlivost opěrné lišty, která je vyjádřena v metrech obrobeneho povrchu. Při vrtání hlubokých děr na stroji Multicut řeznou rychlostí větší než 100 m/min, není opotřebení opěrných lišt nějak značně vysoké jako u jiných hlubokovrtacích strojů. Jestli tomu tak je u jiných strojů, mohou následkem toho vzniknout problémy jako je např.: nedostatečné vedení vrtáku.



Obrázek 40: Řezná rychlost jako funkce trvanlivosti opěrné lišty [9]

Souosost a dobré utváření třísky jsou také rozhodujícími faktory při vrtání hlubokých děr na stroji Multicut pro zajištění rozměrové stálosti vrtaných děr. Souosost je závislá na přesnosti stroje a také na opěrných lištách. Při opotřebení opěrných lišt vzniká přesazení os vrtáku a obrobku.

Jakost utváření třísky na stroji Multicut je ovlivňováno především materiálem obrobku, posuvem, volbou řezné emulze a správného nástroje.

Materiál obrobku, řezné podmínky, volba nástroje a řezného média na stroji Multicut rovněž ovlivňují jakost obrobeneho povrchu. Ale také jakost obrobeneho povrchu může být ovlivněna opěrnými lištami vrtacího nástroje v případě, jsou-li tyto lišty opotřebené. Vznik nepravidelností na obrobene ploše má příčinu v opotřebených opěrných lištách.

Značný vliv může mít také účinnost filtrování řezného média na stroji Multicut, protože zabrání poškození obrobeneho povrchu nečistotami a částicemi otěru, které jsou opěrnými lištami zatlačovány do obrobene plochy.

Vzniklá vlnitost povrchu na začátku vrtané díry může být způsobena nedostatečnou souosostí mezi vrtákem a obrobkem. Přesnost souososti je určena přesností stroje Multicut.

Kruhovitost na stroji Multicut je ovlivněna stejnými faktory jako u běžných metod vrtání. Při vrtání hlubokých děr na tomto stroji je vzhledem k větší délce vrtání, přímost kritičtější. Chceme-li na stroji Multicut dosáhnout co možno nejlepší válcovitosti, je zapotřebí použít způsob vrtání, kdy rotuje jak vrták, tak rovněž obrobek. Je-li na stroji Multicut kladen větší důraz na přímost při vrtání hlubokých děr, je použita luneta.[9]

## 4.8 Řezné médium stroje Multicut 630

Volba je určena podle druhu operace, materiálem obrobku, řezným materiálem a řeznými podmínkami. Lepší mazání by mělo být zajištěno například u těžkoobrobitelných materiálů, u problematického obrábění, u vyšších nároků na jakost, nebo také u nebezpečí vzniku nárůstku aj. Mazací a chladicí vlastnosti jsou prioritou při volbě chladicí kapaliny, ale nesmíme zapomenout na fakt, jak se chladicí kapalina chová k životnímu prostředí. V praxi se používá buď olej anebo řezná emulze. Na Stroji Multicut 630 je použita řezná emulze jako chladicí kapalina, protože se jedná o multifunkční stroj a olej pro vrtání hlubokých děr nemá dobré chladicí vlastnosti. Nicméně firma Kovsvit také vyvinula speciální vyvrtávací stroj, který je určen na hluboké vrtání osově, kde je chladicí kapalina použit olej. Aby bylo možné dosáhnout dobrých chladicích vlastností při vrtání hlubokých děr na stroji Multicut, musí řezné emulze vykazovat vysoký stupeň tepelné difúze. Voda splňuje tyto požadavky, ale víme, že její mazací vlastnosti jsou špatné a vyvolává korozi. Olej má skvělé mazací vlastnosti, chrání kov proti korozi, ale má nízký stupeň tepelné vodivosti. Použití emulze je způsob, kde je využít chladicích vlastností vody spojených s mazacími a antikorozními účinky oleje. [9]

### 4.8.1 Rozhodující faktory řezné emulze stroje Multicut 630

Rozhodujícími faktory pro volbu řezné emulze pro stroj Multicut, jejího tlaku a průtokového množství jsou materiál obrobku, zadání úkolu a řezné podmínky. Při vysokých nárocích na jakost obrobené plochy a pro vrtání obtížně obrobitelných materiálů by měly být pro stroj použity chladicí kapaliny s převažujícími lepšími mazacími vlastnostmi. Je vhodné, aby řezné emulze stroje Multicut obsahovala EP-příspěvky. Dodržení pokynu výrobce kapaliny (objem nádrže, tlak a množství řezné emulze) je zajištěno dobré utváření odvod třísky z místa řezu.[9]

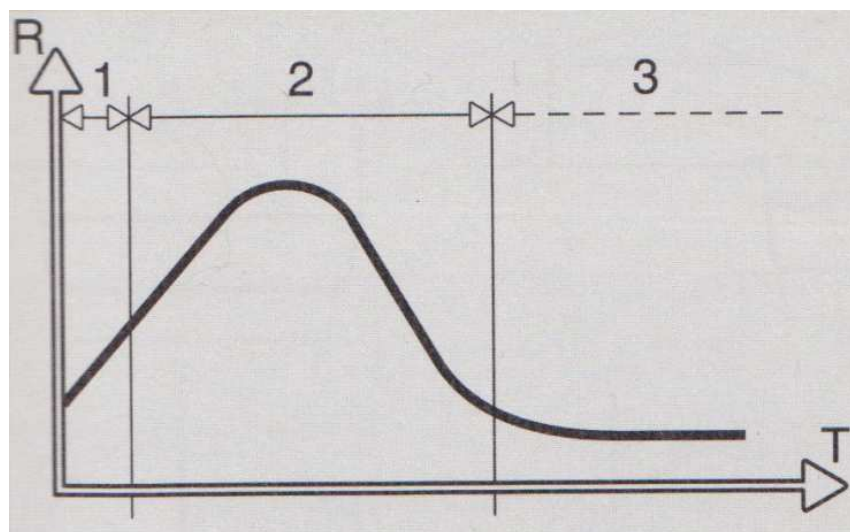
### 4.8.2 Hlavní úkoly řezné emulze stroje Multicut 630

Vlivem třecích sil mezi obrobkem a nástrojem při vrtání hlubokých děr na stroji Multicut, vznikají při procesu obrábění vysoké teploty. Tento stav by měl nepříznivý dopad na výsledky obrábění, kdyby do kritického místa nebyla přiváděna řezná emulze s hlavním úkolem mazat a chladit opěrné a vodící lišty a zajistit vyplachování třísek z místa řezu. Jestliže při vrtání není zajištěn dostatečný přísun řezné emulze, dochází ke styku vodiček se stěnou vývrtu. Materiál se zahřívá a částice se uvolňují z povrchové plochy. Mazací schopnosti řezné emulze použité na stroji Multicut snižují opotřebení mezi obrobkem a nástrojem díky vytvořenému filmu, který plochy odděluje od sebe. Při vrtání hlubokých děr na stroji Multicut je důležité snižovat opotřebení opěrných list, které jsou v neustálém kontaktu s plochou obrobku. Energie, která musí být vynaložena pro překonání odporu materiálu obrobku při utváření třísky, vyvolává vysoké teploty. Teplota ovlivňuje opotřebení břitů, což znamená, že musí být zajištěn dostatečný přísun řezné emulze.

Na diagramu obrázku 43 je drsnost povrchu  $R$ , znázorněna jako funkce teploty břitů  $T$ . Při silném vytvoření nárůstku dochází k nejhorší jakosti obrobeného povrchu (2). Při nízkých teplotách je vnik nárůstku pod znázorněnou hranicí (1). Zde je povrch daleko rovnoměrnější. V zóně, kde nevzniká žádný nárůstek (v zóně, kde při obrábění vznikají vysoké teploty) je dosaženo nejlepší jakosti obrobeného povrchu. Nebezpečí vzniku nárůstku je možné snížit



zvýšením řezných podmínek, tzn. zvýšením teploty na břitu. Dále je možno zabránit vzniku nárůstku při nízkých teplotách díky použití řezné emulze, která sníží teplotu v místě řezání pod hranici vzniku nárůstu. Zabránění, nebo vytváření nárůstků lze také odpovídající řeznou emulzí.[9]



**Obrázek 41: Drsnost povrchu znázorněna jako funkce teploty břitu [9]**

Řezné emulze slouží k mazání a tím také k prodloužení trvanlivosti vodicích list, opěrných lišt a břitů, dále slouží k chlazení vrtací hlavice, včetně opěrných a vodicích lišt, dále dochází u břitů ke zvýšení odolnosti proti opotřebení, odvádí třísky, přízniví vliv na utváření třísky, zamezení vzniku nárůstku.[9]

#### **4.8.3 Řezná emulze a životní prostředí pro stroj Multicut 630**

Řezná emulze pro stroj Multicut musí zajistit dobré mazání a chlazení, ale mnoho dalších požadavků. Řezná emulze nesmí vyvolávat vedlejší efekty (alergické reakce na pokožce, pach), neměla by pěnit, nesmí rozpouštět barvy (u povrchové úpravy stroje), neměla by na obrobku vyvolávat korozi, nebo by měla mít takové vlastnosti, aby nedocházelo nalepování třísek materiálu ke kovovým částem (zabránění vzniku problémů při čištění nádrží a poškození povrchových ploch obrobku).[9]

#### **4.8.4 Recyklace řezné emulze stroje Multicut 630**

Technologie využívaná pro recyklaci řezné emulze v cirkulačním systému stroje Multicut vyžaduje stálou kontrolu a údržbu. K zabránění znehodnocení řezné emulze, musí být sledována, aby nedošlo k jejímu znečištění, vzniku mikroorganismů a změny koncentrace. Také by měla být řezná emulze použitelná po co možno nejdelší dobu. Samozřejmě že, v případě centrálního systému, i u firmy Kovosvit, je používána taktéž ta samá řezná emulze pro větší počet strojů (kontrola a údržba jen u jedné nádrže). Musí ale být zvolen vhodný druh řezné emulze pro různé možnosti obrábění. Čisticí systém pro stroj Multicut se skládá z usazovací nádrže, vytápění, filtrů, řezné emulze, automatické kontroly a plnění aj. Usazování nerozpuštěných částic je nejjednodušší způsob odloučení nečistot z řezné emulze. Problémem je, že usazování trvá poměrně dlouho a hrozí komplikace způsobené vznikem bakterií. Nečistoty v řezné emulzi vedou k zhoršení jakosti obrobených ploch na stroji Multicut a mohou také způsobit výpadek čerpadel. Proto musí řezná emulze nejdříve projít přes filtr, než se dostane do čerpadla. Na stroji Multicut jsou použity usazovací nádrže pro zrychlení odlučování nečistot z řezné emulze. Ohřátím řezné emulze se urychlí proces oddělování, protože

zahřátím klesne viskozita kapaliny. Filtr nesmí mít až moc malou propustnost u stroje Multicut, protože filtr by zachytával přísady řezné emulze.[9]

#### 4.8.5 Skladování, ošetřování, a likvidace řezné emulze

Použití řezné emulze na stroji Multicut za vysokých teplot nastává urychlení výparu vody z řezné emulze. Naopak nízké teploty mohou mít za následek separaci některých složek. Sudy s řeznou emulzí jsou skladovány na zastřešeném místě, kde jsou chráněny před vlhkostí. Sudy se skladují položené, aby nedocházelo k vysrážení vody na víku a následnému proniknutí do sudů. Pro použitou řeznou emulzi pro stroj Multicut je důležité nejen nutnost omezení počtu mikroorganismů ve vodě zkracující její použitelnost (bakterie, plísně, řasy), ale také problémy s korozí, ucpávání přírodních potrubí a ventilů, zápach aj. Při čištění systému pro stroj Multicut se používají prostředky, které usmrcují bakterie. Složení a koncentrace se použité řezné emulze v průběhu mění (odpařováním vody, část kapaliny se ztratí odstříkáním a díky netěsnostem), proto se musí směs neustále kontrolovat. Stroj Multicut je vjevem automatickým zařízením pro měření, doplňování a míchání dodatečně přídavné řezné emulze. Znečištěná řezná emulze pro hluboké vrtání na stroji Multicut, která již nelze použít nesmí být vypuštěna do žádné veřejné kanalizační sítě. Pro odstraňování vyčerpané řezné emulze se používá síran železnatý, sůl a i některé kyseliny. S nadále již nevhodnou a nepoužitelnou řeznou kapalinou, podnik nakládá podle jasně stanovených norem. Většinou je vše zajištěno dodavatelem řezné kapaliny, který zajišťuje i její následnou likvidaci.[9]

#### 4.8.6 Pracovní postup hlubokého vrtání na stroji Multicut 630, kdy vrtací tyč je upnuta ve speciálním adaptéru

1. Do předem vyvrtaného pilotního otvoru je zaveden nástroj s nízkými otáčkami (50 ot/min), téměř 1 mm od dna pilotního otvoru. Nástroje může být také zaveden bez otáček. Špička dělového vrtáku není ve středu, proto pozor při výpočtu délky.

2. Poté dochází k zapnutí vysokotlakého výplachu, procházející skrze nástroj. Následuje zapnutí pracovních otáček vřetene a čekání na dosažení plného výkonu chlazení.

3. Vrtání požadované hloubky dochází při zapnutí nepřerušovaného plynulého pracovního posuvu. Při použití vysokých posuvových rychlostech a velmi dlouhého nástroje (40xD), je doporučeno vrtat několik prvních milimetrů s daleko nižším posuvem. Stejně podmínky platí i při zavrtávání šikmo k povrchu materiálu se skoseným vrtacím pouzdrem. Při dovrtávání, jako je např. výjezd do šikmé nebo válcové plochy, případně při křížení otvorů, je velmi nutné snížit tento posuv až na polovinu před dosažením této problematické části a vrtat celou tuto přechodovou oblast se zvoleným sníženým posuvem.

4. Jakmile bylo dosaženo požadované vrtané hloubky, tak následuje vypnutí posuvu, dále zastavení otáček vřetene a s malou prodlevou následuje vypnutí vysokotlakého výplachu.

5. Konečným bodem je vyvedení nástroje z otvoru díky rychloposuvu.

U křížení otvorů dochází k přerušovanému řezu. To znamená, že nástroj ztrácí vedení, které pro svou funkci potřebují, protože nástroj je bez vedení silně nevyvážený a mohl by dojít k jeho destrukci. Proto je důležité při křížení otvorů snížit pracovní posuv téměř na polovinu a to do okamžiku, kdy jsou všechna vodítka alespoň 2 mm trvale zavedená ve vyvrtaném otvoru. Nástroj však vodítka nemůže při vrtání ztratit úplně, proto je důležité vypočítat dostatečně dlouhou délku hlavice, aby se vodítka na nástroji mohla stále opírat.[7]

## 5 Problémy vznikající při hlubokém vrtání na stroji Multicut 630

### 5.1 Problematika pilotní díry pro stroj Multicut 630

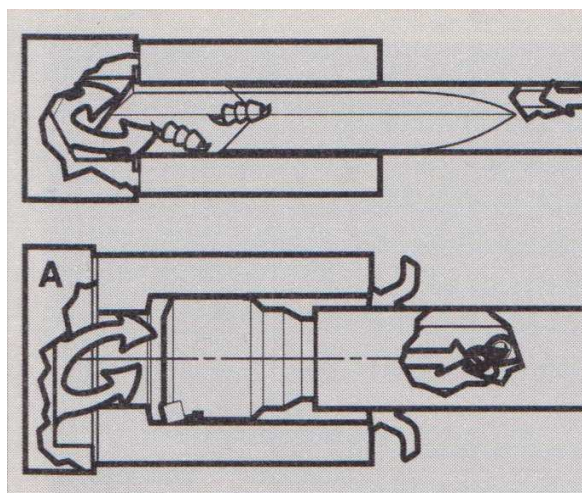
Vzhledem k velkému poměru délky vrtání k průměru vrtáku, asymetrii nástroje a požadované přesnosti rozměrů a tvarů je důležité, aby byl vrták při obrábění na stroji Multicut 630 dobře veden. Následkem toho je, že při vrtání hlubokých děr na stroji Multicut se používají opěrné a vodící lišty vrtáku, jejichž hlavním úkolem je zachycovat řezné síly, ale také zajisti polohu vrtáku tak, aby byl vrták opírán proti obráběné stěně díry a aby jej tímto způsobem vedly.

Jako vodítko pro vrták se v praxi při navrtávání používá vrtací pouzdro, nebo vodící díra, a to až do okamžiku, kdy stěny vyvrtané díry mohou spolehlivě usměrňovat vodící lišty vrtáku. Na stroji Multicut se používá jako vodítko pro vrták vodící díra. Vodící pouzdro se na stroji nepoužívá, ale jeho funkci zde může nahrazovat opěrná luneta (předem musí být také navrtaná pilotní díra).

Díky zhotovení takové vodící díry pomocí vrtání do plna, nebo vyvrtáváním na stroji Multicut je zaručen přímot a rozměrová stálost díry pro následné vrtání. Nejprve se navrtá pilotní díra menším nástrojem, která může být často zpřesněna soustružením a následně může na stroji Multicut proběhnout hluboké vrtání.

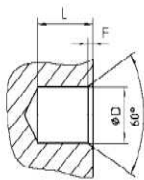
Pro ejektorové vrtání na stroji Multicut je vhodné, aby vodící díra měla délku takovou, aby při zahájení vrtání umožnila zasunutí celé vrtací hlavy a ještě minimálně 5 mm vrtací trubky do otvoru, který je vrtán. Při nedodržení těchto rozměrů, nemusí nastat ejektorový efekt, protože řezné médium uniká cestou nejmenšího odporu a ne středem nástroje. U systému s použitím nástroje na principu dělového vrtáku, není zapotřebí zhotovit až tolik hlubokou díru. Zde je pouze zapotřebí, aby se zavedla vodítka na nástroj.

Pro předvrtanou díru se pro stroj Multicut doporučuje tolerance F7 nebo G6. Je doporučeno, aby vodící díra byla vyvrtána do hloubky cca 10 mm, v toleranci 0 až 0,1 mm. Pro spolehlivé chlazení a mazání při vyvrtávání průchozích děr musí být výstupní otvor uzavřen zátkou. Velikou výhodou stroje Multicut spočívá v tom, že navrtávání pilotních děr dochází přímo na stroji, což má za následek zaručenou sousost pilotní díry s nástrojem. Jakmile by navrtávání pilotní díry na obrobku probíhalo na jiném stroji, tak po upnutí obrobku do vřetene může dojít k přesazení, což má za následek zhoršenou sousost.



Obrázek 42: Výstupní otvor uzavřen pomocí zátky [9]

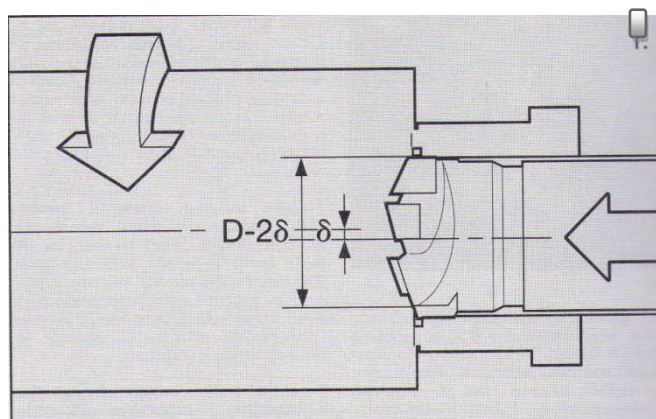
Hrany pilotních otvorů se nechávají srazit, aby došlo k odstranění otřepů a mohlo tak dojít ke snazšímu zavedení vrtáku do vrtaného otvoru. Náběžná hrana slouží k lepšímu zavedení vrtáku, protože vrták je svěšený díky své hmotnosti. Díky tomu nedochází ke škrtnutí vrtáku o hranu obrobku a nástroj není poškozen ještě před začátkem vrtání.[9]

vrtaný rozsah (mm)	rozměry zavedení (pilotní otvor)	L (mm)	D (mm)
0.70 - 2.50		ca. 2 x D	+ 0.005 do + 0.015
2.60 - 8.90		ca. 1.5 x D	+ 0.010 do + 0.020
9.00 - 50.00		ca. 1 x D	+ 0.015 do + 0.040

Obrázek 43: Doporučené rozměry pilotní otvor [7]

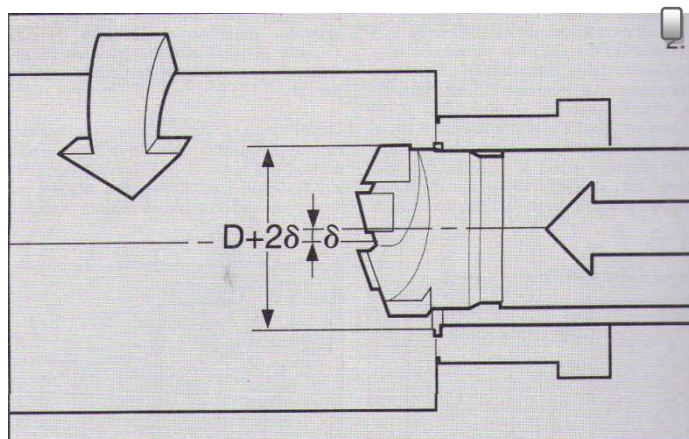
### 5.1.1 Problém procesu vzniku pilotní díry pro stroj Multicut 630

Při volbě metody, kde hlavní pohyb rotační koná obrobek a za použití dělového vrtáku, zvolme přesazení os  $\delta$ . Složky rezné síly lišty vrtáku tlačí nejprve na stěnu pilotní díry, což se na začátku vrtaného otvoru projeví jako vznik příliš malého průměru díry.



Obrázek 44: Vznik malého průměru díry [9]

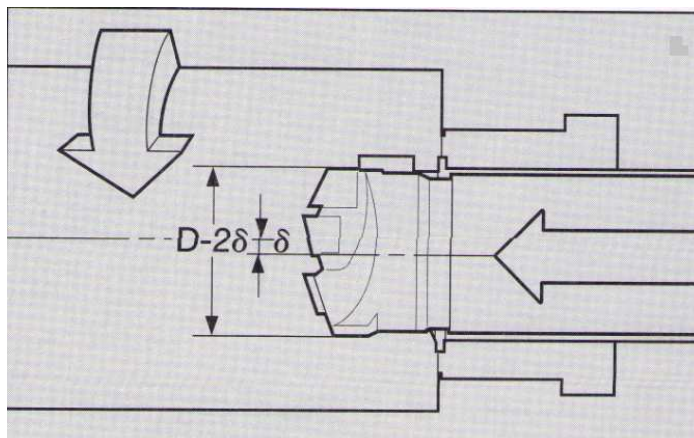
V okamžiku, kdy lišty budou již mít vedení v dosud vyvrtané dřevě, nastane přesunutí přesazených os ve směru k vnějšímu břit, čím vznikne příliš velká vyvrtaná díra.



Obrázek 45: Vznik velkého průměru díry [9]

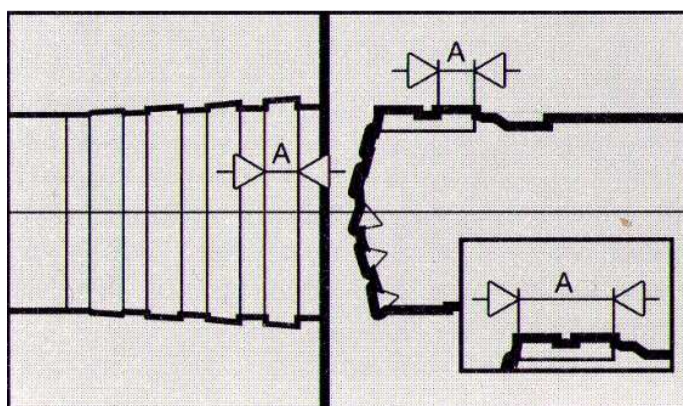


Jestliže poté dojde k přitlačení lišt ke stěnám zvětšené díry, posunou se osy znovu ve směru lišt.



Obrázek 46: Vznik opět malého průměru díry [9]

Díky tomuto jevu vzniknou na povrchu stěny vrtané díry prstencové rýhy, jak nástroj střídavě vrtá příliš malý a příliš velký otvor.[9]

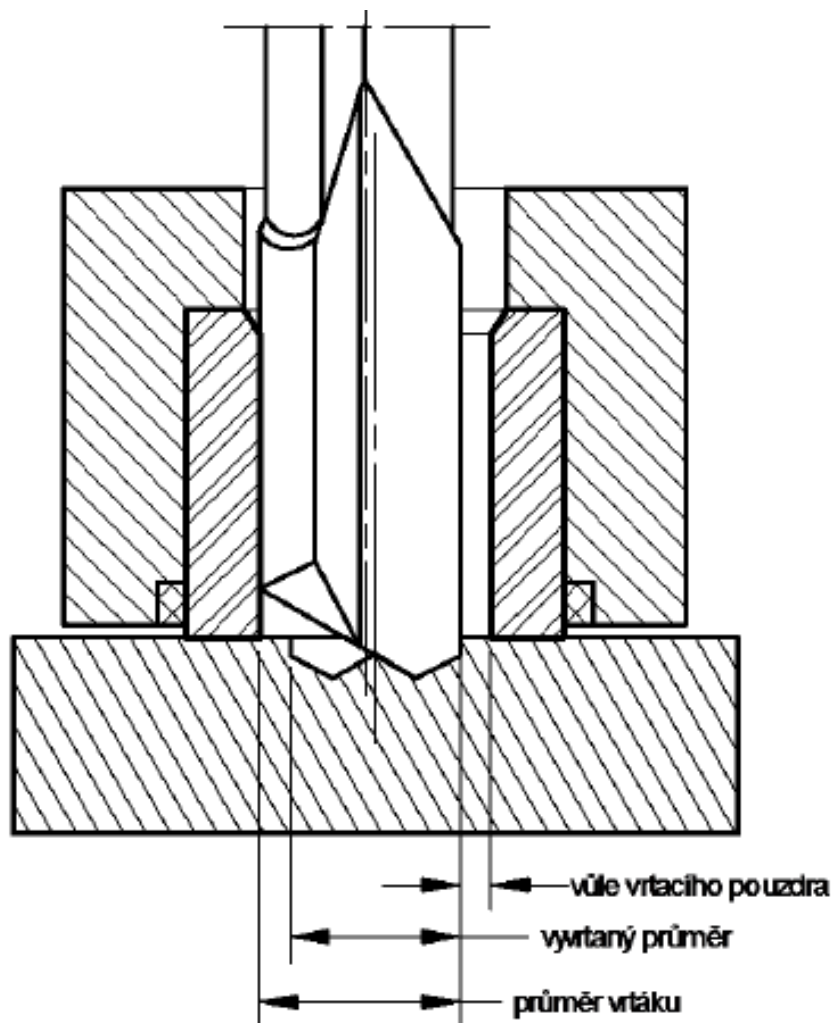


Obrázek 47: Vzdálenost mezi rýhami (A), která je závislá na typu opěrné lišty [9]

### 5.1.2 Názorný příklad pilotní díry pro stroj Multicut 630

U pilotního otvoru je jednobřítý nástroj řeznými silami tlačěn vodítky na stěnu vodícího průměru a nástroj začíná vrtat menší průměr, než je jeho jmenovitý, díky vůli mezi nástrojem a vodícím průměrem, jak je vidět na obrázku 50. Řezná hrana, která řeže materiál a vytváří průměr díry, je axiálně přesazena před vodítky. Poté nastává okamžik, kdy vodítka mají tendenci dostávat se do vyvrtaného otvoru. Z toho plyne, že se nástroj musí dostat do otvoru, který má ale menší průměr a díra se začne roztahovat. Tento průměr je menší o dvojnásobek vůle mezi pilotním otvorem a vlastním průměrem nástroje (příklad: když je průměr pilotní díry 10 mm a máme vůli 0,1 mm, tzn., že nástroj musí roztáhnout masu materiálu z průměru 9,8 mm na průměr 10,0 mm). Díra je vždy menší, musí být menší. Následně záleží, jak daleko je vodící část vzdálená oproti té části, která řeže průměr. Čím bude rozdíl větší, tím je hlubší vyvrtaná část díry a tím pádem je zde větší masa hmoty, která je zapotřebí roztáhnout vodítky a válcovou fazetkou. Tento princip nastává vždy, protože je vždy zapotřebí vůle mezi nástrojem a pilotním otvorem. Snahou je zajistit co možno nejmenší vůli, aby hmoty na roztahování bylo co nejméně, a proto je požadována přesnost pilotního otvoru G6. Když už je nástroj v díře, tak je vrtání ustálené a nástroj vrtá to, co si vyvrtal sám. Při příliš velké vůli nastane

destrukce nástroje v letovaném spoji, kvůli příliš velkému nárůstu krouticího momentu, protože musí roztáhnout velkou masu materiálu.



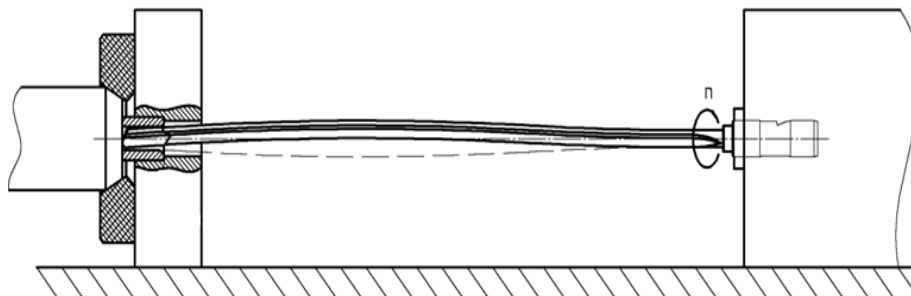
Obrázek 48: Pilotní otvor [7]

### 5.1.3 Vyhodnocení a důležitost pilotní díry pro stroj Multicut 630

Nejčastější chyba a příčina problému bývá špatná pilotní díra. Také častým problémem pilotní díry bývá, že je příliš velká. Pochopitelně, když je pilotní díra malá, tak nenastane ani proces vrtání, protože se nástroj do pilotní díry ani nedostane. Často nastává situace, kdy nástroj, při hlubokém vrtání na stroji Multicut 630, skokově uskočí do strany a potom zase zpátky. Tento jev může způsobit na začátku otvoru kmitavý až "plouvoucí" pohyb nástroje, který je poté příčinou vlnitosti povrchu na začátku vrtané díry (tedy zapříčiněním velké vůle). Dalším zapříčiněním velké vůle je pak zhoršená odchylka osy vývrtné a rozměrová přesnost otvoru a snížená životnost nástroje. V otvoru jsou patrné prstencové rýhy od toho, jak nástroj střídavě vrtá příliš malý a příliš velký otvor. Proto je volena přesnost pilotního otvoru G6. Část díry se na začátku řezání roztáhne, ne celá se úplně vyřízne, tzn., než dojde k ustálení a bude docházet k celkovému řezání díry (už ne roztahování), tak bude díra na začátku zvlněná a drsná. Přesnost souososti obrobku a vrtáku na stroji Multicut 630 určuje rozměrovou stálost vrtaného rozměru. Při sebemenším přesazením os obrobku a pilotní díry má za následek zvlněný povrch na začátku vrtané díry. Vlnitost se postupně snižuje. K úplnému odstranění vlnitosti povrchu vrtané díry na stroji Multicut 630, nastává po vyvrtání díry do délky, která činí pětinašobek délky vodících lišt.

## 5.2 Vybočení při vzpěru

Nástroj je při vrtání hlubokých děr na stroji Multicut 630 namáhaný na vzpěr v důsledku posuvové síly a hmotnostní nevyváženosti nástroje (nerovnoměrné rozložení hmoty po obvodu). Proto byly stanoveny maximální možné vzdálenosti mezi pilotní dírou a lunetou, která stabilizuje nástroj.



Obrázek 49: Vybočení při vzpěru [7]

Maximální neopřenu délku ( $L$ ) nástroje mezi opěrami, respektive mezi pilotním otvorem a vřetenem na stroji Multicut 630, ukazuje následující tabulka pro celokarbidový dělový vrták a dělový vrták s pájenou hlavicí. Při nedodržení maximální možné neopřené délky nástroje, může dojít k destrukci nástroje, zhoršení jakosti povrchu, přímosti, kruhovitosti, souososti díry a může vzniknout značná vlnitost povrchu díry.



dělový vrták	vrtaný- $\emptyset = D$	maximální neopřená délka ( $L$ ) nástroje
celokarbidový	0.700 - 0.999	cca. 80 x D
	1.000 - 1.999	cca. 100 x D
	2.000 - 6.349	cca. 80 x D
s pájenou hlavicí	1.850 - 20.999	cca. 40 x D
	21.000 - 30.999	cca. 35 x D
	31.000 - 40.999	cca. 30 x D
	41.000 - 55.000	cca. 25 x D

Obrázek 50: Maximální neopřená délka nástroje [7]

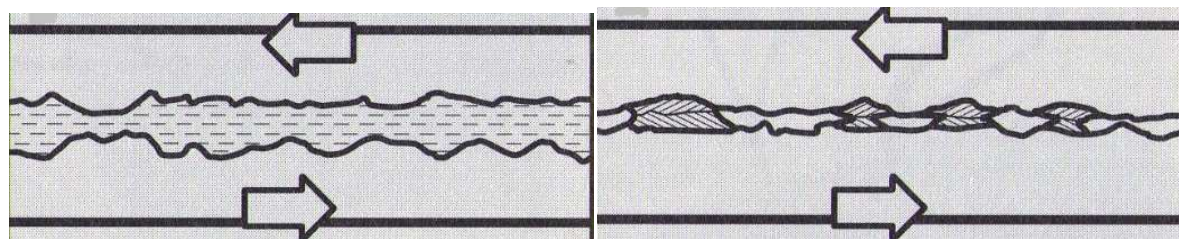
## 5.3 Problém řezného média pro stroj Multicut 630

Obecně pro hluboké vrtání platí, že nejlepší volbou pro chladicí a řeznou kapalinu je olej a to jednoznačně, protože při hlubokém vrtání dochází k obrovskému tření mezi vodícími plochami nástroje a materiálem. Také chrání materiál obrobku proti vzniku korozi. U jednobřitého nástroje výslednice sil působí proti prvnímu vodičku, což znamená, že první vodičko se daleko více opotřebovává než vodičko druhé. Na dělovém vrtáku jsou vodící kameny přímo vybroušeny a na vrtacích hlavicích jsou vodící kameny vyměnitelné s tím, že u některých nástrojů mohou být vodící kameny radiálně seřiditelné, ale většinou nástroj bývá vyroben na jeden konkrétní nástroj.

Obrábění s vyšší řeznou rychlostí způsobuje vyšší rychlost posuvu vodících lišt po materiálu, což má za následek vyšší tření a vyšší vznik teploty. Ano, voda v emulzi daleko rychleji odebere teplo z místa řezu než olej, ale daleko zásadnější je, že při použití emulze, při hlubokém vrtání, nevydrží olejový film a dochází tak k velkému nárůstu tření. Důležitost chladicí a řezné kapaliny je v tom, aby udržovala olejový film při extrémních tlacích i vyso-

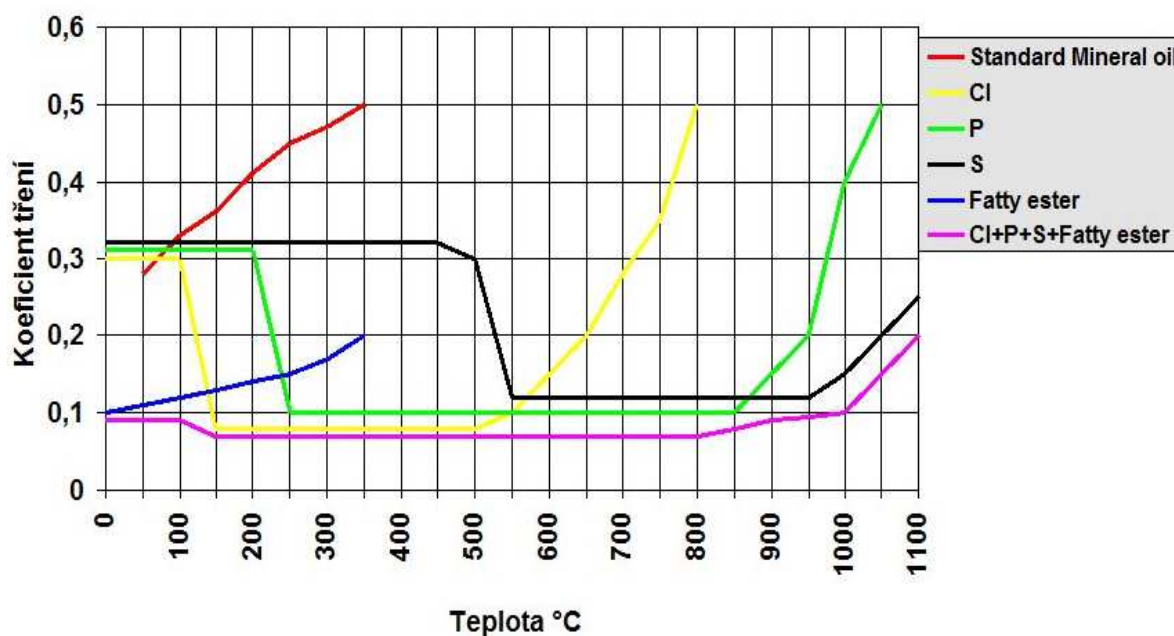


kých teplotách. Proto oleje bývají aditivované sírou. Jinak dochází působení kovu na kov a následné poškození nástroje.



**Obrázek 51: Vhodný a nevhodný olejový mazací film [9]**

Při hlubokém vrtání na stroji Multicut, za použití emulze, dochází ke kratší životnosti nástroje, než za použití oleje. Čím více je náročnější materiál z hlediska obrábění, tím více je znát rozdíl mezi emulzí a olejem, anebo mezi dobrou a špatnou emulzí. Emulze i oleje jsou aditivované různými přísadami (chlór, síra, fosfor, estery). Nejlepší výsledky se dosahují za použití chlóru jako aditiva, ale v dnešní době se nesmí tolik používat z ekologických důvodů. Většina firem vůbec nepovoluje chlorované produkty i přesto, že se může jednat o aplikace, kde je toto médium nejvhodnější volbou. Použití síry jako aditiva má nevýhodu v tom, že silně zapáchá, ale zabraňuje sváru mezi nástrojem a materiálem a uplatňuje se až při vysokých teplotách. Na grafu obrázku 54 je zaznamenána závislost teploty v procesu na koeficientu tření (na mazací schopnosti média). Standardní minerální olej okolo teploty 100°C ztrácí své mazací schopnosti. Chlór od 200°C až do 600°C má stále mazací vlastnosti. Fosfor nastupuje o něco později, až ve 300°C. Síra nastupuje až dokonce při 600°C a je stálá i při překročení teploty 1000°C. Výrobci také přicházejí na trh s médiem o různých aditivech, které je stále až do 1000°C, jedná se o ideálně nakombinované médium.



**Obrázek 52: Drsnost povrchu znázorněna jako funkce teploty bříty [9]**

Při hlubokém vrtání na stroji Multicut u nerezových materiálů platí, že jsou téměř nevrtnatelné za použití emulze, protože vyžadují jen olej. Čím více se jedná o ušlechtlejší materiál, tzn. čím více materiál obsahuje chrom a nikl, tím více potřebuje kvalitnější olej, než emulzi. Vše se odráží na trvanlivosti nástroje. Nástroj při vrtání hlubokých děr se otupuje. Při použití emulze, může nastat fakt, že vrtaná díra se nedovrtá díky degradaci nástroje. Jakmile



je udržen olejový film na vodítkách, tak nedochází ke svárům mezi vodítky a materiálem, tím pádem materiál obrobku zůstane na svém místě a výsledkem je hladký povrch a přímost díry.

### 5.3.1 Vyhodnocení řezného média pro stroj Multicut 630

Proč byla pro stroj Multicut 630 zvolena řezné emulze jako chladicí kapalina a ne olej je jednoduchá. Jedná se o multifunkční obráběcí centrum, kde není hluboké vrtání převládající operací, ale doplňuje operace soustružení, frézování a jiné. Proto byla zvolena řezná emulze jako univerzální chladicí a řezné médium. Kdyby se na stroji provádělo pouze hluboké vrtání, tak by bylo použito oleje jako chladicího a řezného média, protože za použití oleje při hlubokém vrtání se dosáhne lepší kvality vývrtu, ochrany proti korozi, výrazně lepší životnosti nástroje, lepší přímosti aj. i přesto, že olej má nižší stupeň tepelné vodivosti oproti emulzi.

### 5.4 Problém se zvoleným systémem vrtání v protivřetenu

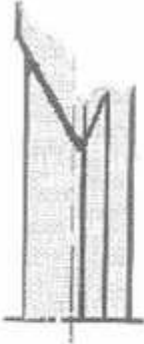

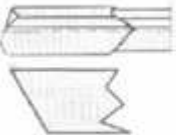
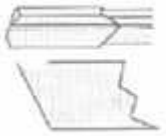
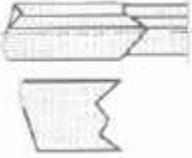
Ejektorové vrtání je jakási „z nouze ctnost“. V minulosti docházelo k vrtání hlubokých děr za pomoci dělových vrtáku a pomoci STS systému. STS systém znamená, že je zapotřebí speciální stroj, kde je za potřebí tlaková hlava, utěsnit atd., což není možné na klasickém horizontálním stroji, nebo soustruhu. Což znamená, že je zde k dispozici pouze dělový vrták. Ale vyrobít dělový vrták o velkém průměru je velice náročné, neproduktivní a nevhodné. Proto byl vymyšlený způsob jak použít hlavy, které vypadají stejně jako u systému STS, ale použít je na konvenčním stroji. To všechno za cenu nějakého omezení, ale fungujícího. V celkovém důsledku má ejektorový systém značné omezení než systém STS. V dnešní době význam ejektorového systému ještě více klesl, protože na trhu jsou dostupné destičkami osazené nástroje na principu dělového vrtáku, které jsou daleko spolehlivější a dosahují srovnatelné produktivity. Ejektorové vrtání je v dnešní době takřka pasé, aplikací tímto způsobem je stále méně. Proč se firma Kovošvit vydala touto cestou, není zcela jasné. Zřejmě proto, že mají dobré zkušenosti s ejektorovým hlubokým vrtáním, anebo důvodem může být neúplná znalost a vhodnost určitých systému. Systém na principu dělového vrtáku oproti systému ejektorovému má výhodu v tom, že zde je relativně kratší prostor pro odvod třísky. Dráha, kudy tříška musí projít, aby se dostala ven a byla volná, je jenom tak dlouhá, kolik je aktuálně vrtaná hloubka. U ejektorového způsobu je dráha stále stejně dlouhá, protože musí projít přes ejektorový aparát. Výhodou ejektorového systému oproti systému s vnějším odvodem je v tom, že se jedná o uzavřený celek a nikde řezné médium nestříká, než tam, kam je potřeba. Zde je otázkou proč se firma Kovošvit rozhodla pro ejektorový způsob vrtání, když stroj Multicut 630 je plně zakrytován a volba tohoto systému je spíše nevýhodou oproti systému s použitím nástrojů osazené destičkami na principu dělového vrtáku.



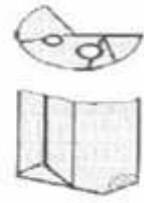
U STS systému je rourou o určitém průměru zajištěn odvod kapaliny s třískami, kdežto u ejektorového systému je roura stejného průměru, mezikružší (kde protéká řezné médium směrem dopředu) a vnitřní roura (skrže kterou řezné médium s třískami odchází zpět), tzn. je zde daleko menší světlost roury, kudy je zapotřebí odvést třísky z místa řezu. Proto je zapotřebí zajistit daleko menší rozměry třísek, aby nedošlo k ucpání systému. U STS systému je to jednodušší v tom, že přivedené řezné médium má daleko větší tlak a třísky jsou díky tomu odvedeny z místa řezu. Proto ejektorové vrtání není vhodné pro příliš malé průměry, protože roury jsou o tak malé světlosti, že stačí sebemenší, ne až tolik nadrobená tříška a systém je ucpán. U ejektorového systému není možné přivést řezné médium o daleko větším tlaku, protože musí dojít k nastartování ejektorového efektu. Tento efekt potřebuje konkrétní hodnoty tlaku, aby byl funkční. Při příliš velkém natlakování řezné médium unikne cestou nejmenšího odporu a ne vnitřkem roury. Pro průměry 25 mm a méně není tato metoda vhodná. U principu za použití dělového vrtáku není zapotřebí drahý ejektorový aparát. Díky tomu, že část kapaliny odchází pro vzniknutí ejektorového efektu, se tato kapalina nedostane ani do místa řezu.

#### **5.4.1 Vyhodnocení zvoleného systému**

Ejektorový systém vrtání na stroji Multicut 630, kde je nástroj upnut v protivřetenu, byl zvolen i přesto, že nedosahuje nejvyšších výkonů a produktivity s porovnáním s ostatními typy systému hlubokého vrtání. A zdaleka se nemusí jednat o ekonomičtější způsob vrtání. Nástroje na principu dělového vrtáku s vyměnitelnými břitovými destičkami jsou minimálně stejně produktivní jako ejektorový systém vrtání. Pro dosažení vyšší přesnosti rozměrů a dobré jakosti obrobeného povrchu je doporučeno obrobený povrch vyvrtat. Systém na principu dělového vrtáku a systém STS disponuje řadou výhod při hlubokém vrtání. Na stroji Multicut 630 je systém na principu dělového vrtáku možno použít, ale jen do omezené délky nástroje 1500 mm a maximálním průměru 125 mm. Při požadavku hlubokých děr o větších rozměrech je využíváno ejektorového způsobu v protivřetenu.

## 5.5 Hledání dalších problémů a jejich možná řešení

Problém	Zkontrolovat	Příčina/řešení
<p>Zlomený nástroj</p> 	<p>Nástroj</p> <p>Obrobek</p> <p>Chlazení</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tupý nástroj</li> <li>- vrták špatně naostřen</li> <li>- příliš vysoký posuv</li> <li>- zavrtání rychloposuvem</li> <li>ucpání třískami</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- obrobek špatně upnutý</li> <li>- obrobek není upnutý</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- příliš nízký tlak média, ucpání třískami</li> <li>- dlouhé třísky, ucpání</li> </ul>
<p>Nástroj vystřipaný</p> 	<p>Nástroj</p> <p>Pilotní díra</p> <p>Obrobek</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- přehřátí při ostření</li> <li>- Obvodová fazetka příliš široká, resp. řezná hrana není ostrá</li> <li>- Nedostatečné upnutí nástroje, zamačkne se</li> <li>změnit řeznou geometrii či profil vodících lišt</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- příliš velká vůle</li> <li>- pohyb mezi pilotní dírou a obrobkem</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nedostatečné upnutí</li> </ul>
<p>Nárůstek na řezné hraně</p> 		<p>zvýšit řeznou rychlost</p>
<p>Opotřebení s výraznou prohlubní na čele</p> 		<p>snížit řeznou rychlost</p>
<p>Opotřebení na podbrusu</p> 		<p>snížit řeznou rychlost</p>

Větší otřep od zavrtávání	Vůle mezi pilotním otvorem a obrobkem 	Zajistit co nejmenší vůli
Větší otřep při provrtávání	Zkontrolovat: Je nástroj ostrý? 	Výměna nástroje  Snižít posuv při provrtávání
Špatný povrch	Zkontrolovat roh řezné hrany a boční řeznou hranu 	Vyštípnutí rohu řezné hrany  Fazetka boční hrany příliš široká Optimum 0,2 mm  Zvýšít tlak na zadní vodítko  Nabrousit tlumící fazetku
Průměr příliš těsný	Rezná geometrie	změna řezné geometrie Posunout řeznou sílu více směrem k boční hraně
Třisky	Kontrola tlaku chlazení	Zvýšít tlak chlazení  Změna řezných parametrů  Změna geometrie tak, aby se třisky lámaly
Velké opotřebení nástroje	Vývrt v pořádku	použít jiný karbid na hlavici vrtáku  snižít řeznou rychlost a zachovat posuv na otáčku
Spirála v otvoru	Je ostrý nástroj?  Kontrola, zda vrtací hlavice sedí na rouře rovně  Vibrace	Vyměnit nástroj  V některých případech se dostane nástroj do rezonančního chvění.  Změnit profil vodítek. Upravit parametry. Použít tlumič chvění

Velká odchylka osy	Kontrola vůle nástroje  Kontrola souososti pilotního otvoru s vřetenem	Nevyhovující pilotní otvor  Zvolit jiný typ vodítek Snížit posuv
Průměr příliš velký	Rezná geometrie  Kontrola, zda vrtací hlavice sedí na rouře rovně	Posunout špičku z D/4 na D/3

**Tabulka 6: Problémy a možná řešení [7]**

## 6 Závěr

Tato práce je zaměřena na problematiku hlubokého vrtání a aplikována na stroj Multicut 630. Práce podává přehled dostupných informací o této problematice i z hlediska faktorů ovlivňující kvalitu obrobené plochy.

První část této práce se zaměřuje na shrnutí dostupných informací ohledně zmiňované problematiky hlubokého vrtání. Práce v této části pojednává o jednotlivých způsobech hlubokého vrtání v praxi. Je zde zahrnut jejich charakter a jejich použití. Nejvíce je zde rozebrána problematika hlubokého vrtání za pomoci dělového vrtáku, kde je dále rozepsán popis dělového vrtáku a jeho základní části, řezné materiály, geometrie vrtáku a jeho vedení.

V navazující kapitole je popsán charakter stroje Multicut 630, na kterém je hluboké vrtání prováděno. Dále popis jednotlivých komponentů stroje a základní parametry, skladba a pracovní prostor, i technologické možnosti. Také je zde zmínka o multifunkčních centrech v dnešní době a vznik prvního takového stroje právě ve firmě Kovosvit.

Další část bakalářské práce se už zaměřuje na hluboké vrtání uskutečňující se na stroji Multicut 630, což znamená jakými způsoby a metodami lze na stroji hluboké vrtání provádět. Je zde také zmínka o řezném médiu, které je dále rozebráno v další části práce.

Posledním bodem v bakalářské práci jsou problémy vzniklé při hlubokém vrtání na stroji Multicut 630. Zde jest rozebrána do hlubší míry problematika pilotního otvoru, její důležitost a vyhodnocení. Dále je zde řešen problém, co se týče řezného média pro použitý stroj a problém se zvoleným systémem hlubokého vrtání, kdy je vrtací nástroj upnut v protivřetenu. Práce dále pojednává o jednotlivých problémech, které mohou během hlubokého vrtání nastat a jsou zde naznačena jejich možná řešení.

Hluboké vrtání je obecně poměrně složitá problematika, a proto není ani dostatečné množství podkladových materiálů, které by tuto problematiku více nastínili. To i přesto, že hluboké vrtání je každodenní operace strojírenského závodu.

Vytváření bakalářské práce probíhalo bez větších problémů a to hlavně kvůli ochotnosti firmy Kovosvit, zvláště pak zvolených konzultantů, kteří se zájmem zodpovídali všechny mé dotazy a dopomohli tak k vytvoření práce. Cíl kladený v úvodu jsem splnil. Podařilo se mi shromáždit dostatek podkladů a informací, které odrážejí stávající stav hlubokého vrtání na stroji Multicut 630. Vytvořením této práce jsem se zdokonalil v odborných předmětech a veškeré informace získané ze školy jsem zde mohl uplatnit.

## Zdroje

- [1] KŘIKLÁN, R. *Technologie hlubokého vrtání a její aplikace na vzorovou součást*. Plzeň: ZČU, 2012.
- [2] VOLNÝ, M. *Rozšíření řady multifunkčních strojů*.  
<http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-52012/multicut-630-rozsireni-rady-multifunkcnich-stroju.html>
- [3] KOVOSVIT MAS. *Multicut 630 prezentace CZ 2013*, Sezimovo Ústí, 2013.
- [4] KOVOSVIT MAS. *Multicut line 500i /630*.  
<http://kovosvit.cz/upload/products/pdf/multicut-630-1384865799.pdf>
- [5] HOVORKA, J. *Nové multifunkční centrum*.  
<http://www.digitovarna.cz/clanek-84/nove-multifunkcni-centrum.html>. Praha, 2012.
- [6] STANĚK, J. *Metodika zpracování a úprava bakalářských prací*. Západočeská univerzita, 2005, ISBN 80-7043-363-9
- [7] BOTEK-WINTER SERVICE. *Technologie hlubokého vrtání*. Plzeň, 2008
- [8] BOTEK-WINTER SERVICE, *Přehled výrobků Botek*. Plzeň, 2010
- [9] SANDVIK CZ, *Příručka obrábění*. Praha: Scientia, 1997.
- [10] Astakhof, Viktor P., *Tribology and interface engineering series*, Elsevier, 2006, ISBN 0-444-52881-4
- [11] Shaw, Milton Clayton, *Metal cutting principles*, Oxford University Press, 2005, ISBN 0-19-514206-3
- [12] Juneja, B.L., *Fundamentals of Metal Cutting and Machine Tools*, New Age International, ISBN 978-81-224-1467-7

### Evidenční list

Souhlasím s tím, aby moje diplomová (bakalářská) práce byla půjčována k prezenčnímu studiu v Univerzitní knihovně ZČU v Plzni.

Datum:

Podpis:

Uživatel stvrzuje svým podpisem, že tuto diplomovou (bakalářskou) práci použil ke studijním účelům a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno	Fakulta/katedra	Datum	Podpis