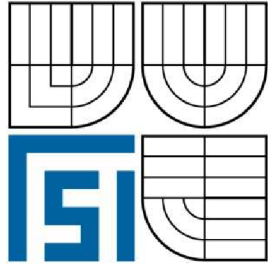


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**ROZBOR A VYUŽITÍ VYSOCE VÝKONNÝCH
NÁSTROJŮ NA VYHRUBOVÁNÍ A ZAHLUBOVÁNÍ**
TITLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUBOMÍR SVOBODA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

ING. OSKAR ZEMČÍK, CSC

BRNO 2008

ABSTRAKT

Cíle této bakalářské práce jsou studie a rozbor nástrojů na vyhrubování a zahlubování, porovnání nástrojů jednotlivých výrobců a doporučení využití.

Klíčová slova

Vyhrubování, nástroj pro vyhrubování, zahlubování, nástroj pro zahlubování

ABSTRACT

Objectives of this bachelor's thesis are the study and analysis of tools for core-drilling and recessing, comparison of tools from the producers and usage recommendation

Key words

Core-drilling, tool for core-drilling, recessing, tool for recessing

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SVOBODA, Lubomír. *Název: ROZBOR A VYUŽITÍ VYSOCE VÝKONNÝCH NÁSTROJŮ NA VYHRUBOVÁNÍ A ZAHLUBOVÁNÍ: Bakalářská práce.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 36s., 0 příloh. Vedoucí práce. Ing. Oskar ZEMČÍK, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma ROZBOR A VYUŽITÍ VYSOCE VÝKONNÝCH NÁSTROJŮ NA VYHRUBOVÁNÍ A ZAHLUBOVÁNÍ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 20.5.2008

.....
Lubomír SVOBODA

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Oskaru Zemčíkovi, CSc a firmě STIM ZET a.s. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt.....	1
Prohlášení.....	2
Poděkování.....	3
Obsah.....	4
Úvod.....	5
1 VYHRUBOVÁNÍ.....	10
1.1 Podstata metody.....	10
1.2 Popis metody.....	10
1.3 Základní vztahy.....	11
1.4 Nástroj.....	12
1.5 Konstrukční prvky.....	13
1.5.1 Řezné materiály.....	15
1.5.2 Řezné podmínky.....	16
1.5.3 Přídavky na opracování.....	16
1.5.4 Upínání nástrojů.....	17
1.6 Výrobci.....	18
2 ZAHLUBOVÁNÍ.....	19
2.1 Podstata metody.....	19
2.2 Popis metody.....	20
2.3 Základní vztahy.....	20
2.4 Nástroje.....	21
2.4.1 Zpětné záhlubníky firmy HEULE.....	23
2.4.2 Kombinované nástroje.....	26
2.5 Konstrukční prvky.....	27
2.5.1 Základní prvky.....	28
2.5.2 Geometrie nástroje.....	28
2.5.3 Řezné materiály.....	28
2.5.4 Řezné podmínky pro zahlubování.....	29
2.6 Výrobci.....	30
2.6.1 Porovnání jednotlivých výrobců.....	30
Závěr.....	32
Seznam použitých zdrojů.....	33
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	34
Seznam příloh.....	35

ÚVOD

Strojírenství zaujímá v dnešní době nejvyšší příčky a zaměstnává také největší počet lidí v průmyslových státech světa.

Dalo by se rozlišit na následující složky:

- a) Těžký průmysl - zajišťuje vybavení pro důležité hospodářské podniky, jako jsou např. doly, hutě, továrny
- b) Střední průmysl – výrobní prostředky pro většinu odvětví lehkého průmyslu, hlavně se jedná o obráběcí stroje
- c) Lehký průmysl – obory zabývající se výrobou spotřební elektrotechniky a elektroniky
- d) Přesný průmysl – obory jemné mechaniky, výroba měřících přístrojů atd.

Avšak dnešní průmyslové obory vypadají úplně jinak než průmysl např. v 18. století, tedy století, ve kterém proběhla tzv. průmyslová revoluce. Průmyslová revoluce vznikla na základě potřeby výroby továrních strojů, začalo to sice výrobou strojů pro textilní průmysl a to převážně v Anglii, ale začaly se také vyvíjet stroje pro obrábění. Vývoj těchto strojů byl vyvolán zejména požadavkem na přesnost a jakost práce, ale samozřejmě také požadavkem na zvýšení počtu vyrobených kusů. Před tím, než vznikly nové stroje se odhaduje, že průměrná efektivnost lidského těla jako stroje se pohybuje v rozmezí 10 až 25%, avšak tréninkem se dá dosáhnout hodnoty až 37%.

Samozřejmě musely vzniknout také zcela nové technologie a nástroje, neboť se zvedaly požadavky na přesnost rozměrů, jakost obrobeného povrchu, musel se také zvednout výkon obrábění atd. Z tohoto důvodu vznikly např. technologie jako je vyvrtávání, frézování, výroba přesných závitů, broušení v hrotech atd. Nástroje jako jsou: soustružnické nože s vyměnitelnými břitovými destičkami, výhrubníky, výstružníky a další.

Současně se také musely objevovat nové řezné materiály. Co se týče řezných materiálů, dají se tyto sestavit do následujícího sledu:

kámen – dřevo – železo – slinuté karbidy – plasty – materiály s vlákny kevlaru, uhlíku, skla atd.

Rozvoj těchto materiálů vedl k tomu, že se začala zvyšovat produktivita práce. Nejprve to byl vynález nízkolegované oceli, ve třicátých letech minulého století to byl vynález slinutého karbidu, poté keramických materiálů, přírodní diamant, uměle vyrobený diamant, kubický nitrid boru a v poslední době uplatnění tvrdých otěruvzdorných povlaků jako je např. TiN, TiAlN atd.

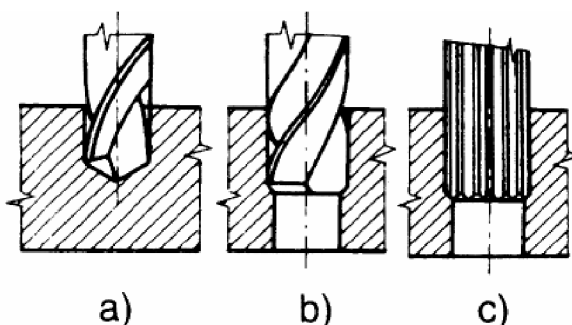
Pokud by se odehrála nějaká diskuze o tom, ve kterém století došlo k největšímu rozmachu průmyslu, tak to bude jednoznačně dvacáté století. V tomto století se začaly zlepšovat všechny obory lidské činnosti. Začaly se používat takové technologie a materiály, které dnešnímu člověku pomáhají nejenom zpříjemnit ale hlavně prodloužit svůj život.

Tématem této bakalářské práce je rozbor a využití vysoce výkonných nástrojů na vyhrubování a zahlubování. Tyto nástroje patří do skupiny nástrojů na výrobu otvorů a samozřejmě souvisí s novými technologiemi, které nám přineslo 20. století. Ovšem pojem vysoce výkonné nástroje si člověk může vysvětlit dvěma různými avšak spolu souvisejícími významy. Jeden význam může souviset např. s rychlostí obrábění, tzn. nové rezné materiály, jiné rezné úhly na rezné části. Druhým pojmem může být požadovaná kvalita obrobené plochy, protože ne vždycky převyšuje rychlost kvalitu. Někdy uživatelé těchto nástrojů sáhnou raději po nástroji, který vyrobí přesnou plochu, než po nástroji, který vyrobí velké množství výrobků, ale s nižší kvalitou. Samozřejmě každá firma by chtěla, aby nástroj vyrobil co největší počet kusů, ale také s co nejvyšší kvalitou. Bohužel ne vždy se toho dá dosáhnout.

1 VYHRUBOVÁNÍ

1.1 Podstata metody

Jestliže nevyhovuje přesnost a drsnost povrchu díry po vrtání, je třeba použít některé dokončovací metody. Zejména u děr menších průměrů (do 100 mm) se nejčastěji používá vyhrubování a vystružování (obr. 1.1). Díry do průměru 10 mm se pouze vystružují, díry větších průměrů se nejdříve vyhrubují a následně vystružují. Výhrubníky mohou zvětšit průměr díry o $0,2 \div 0,4$ mm v závislosti na rozměru díry a předcházejícího způsobu obrábění.



Obr 1.1. Postup obrábění přesné díry [1]

- a) vrtání
- b) vyhrubování
- c) vystružování

To znamená, že vyhrubováním a vystružováním se opracovávají vnitřní rotační plochy a těmito metodami se zvyšuje přesnost rozměrů a zlepšuje se také jakost obrobeného povrchu díry, neboť řezné síly jsou mnohem menší než u vrtání.

Dosahovaná přesnost při vyhrubování je IT10 a drsnost povrchu $Ra=3,2$. Při vystružování se dosahuje přesnosti IT6 a drsnosti $Ra=0,8$ při menších řezných rychlostech a posuvech.

1.2 Popis metody

Hlavní řezný pohyb (otáčivý) i posuv ve směru osy vykonává obvykle nástroj, jsou však možné i jiné varianty. Zvláštností rozměrových nástrojů na otvory, tzv. osových operací (mezi něž patří vrtání, vyhrubování, vystružování, zahlubování apod.), je to, že řezná rychlost je na obvodě nástroje nejvyšší a směrem k ose nástroje klesá k nule. Z toho plynou některé technologické problémy. Například příčný břit v ose nástroje vzhledem k nepříznivé geometrii v podstatě neodebírá třísku, ale materiál jen plasticky deformuje.

1.3 Základní vztahy

• *Řezná rychlost:*
$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{10^3} \quad [m \cdot \min^{-1}] \quad (1.1)$$

V_c	řezná rychlost [m.min ⁻¹]
π	Ludolfovo číslo [3,14]
D	průměr nástroje [mm]
n	počet otáček nástroje [min ⁻¹]

Řezné rychlosti pro vyhrubování se pohybují v rozsahu 15 až 45 m.min⁻¹, přičemž pro ocel a šedou litinu jsou tyto hodnoty 15 až 20 m.min⁻¹ a pro slitiny mědi a hliníku jsou to hodnoty 35 až 45 m.min⁻¹.

• *Posuvová rychlost*
$$v_f = 10^{-3} \cdot f \cdot n \quad [m \cdot \min^{-1}] \quad (1.2)$$

V_f	posuvová rychlost [m.min ⁻¹]
f	posuv na otáčku nástroje [mm]
n	počet otáček nástroje [min ⁻¹]

Posuvová rychlost je posuv nástroje vůči obrobku, případně posuv obrobku vůči nástroji, vyjádřený délkou dráhy za časovou jednotku. Tento údaj je znám také jako strojní posuv

• *Posuv na břit nástroje*
$$f_z = \frac{f}{z} \quad [mm] \quad (1.3)$$

f_z	posuv na břit nástroje [mm]
f	posuv na otáčku nástroje [mm]
z	počet zubů nástroje[-]

• *Hloubka řezu*
$$a_p = \frac{D-d}{2} \quad [mm] \quad (1.4)$$

a_p	hloubka řezu [mm]
D	průměr nástroje [mm]
d	průměr předvrtané díry [mm]

• *Průřez třísky*
$$A = f_z \cdot a_p \quad [mm^2] \quad (1.5)$$

A	průřez třísky (odebíraná vrstva materiálu) [mm ²]
f_z	posuv na zub [mm]
a_p	hloubka řezu [mm]

Průřez třísky odpovídá ploše materiálu obrobku, kterou odebírá jeden břit nástroje při záběru, to znamená, že se jedná o radiální hloubku řezu, vynásobenou posuvem na zub.

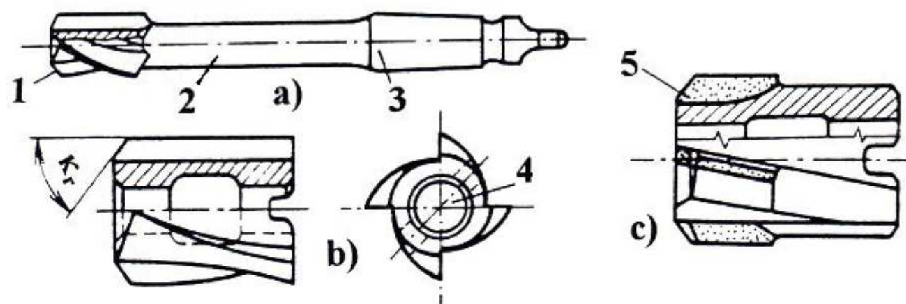
1.4 Nástroj

Nástrojem jsou výhrubníky. Jsou to tří- nebo čtyřbřité nástroje s břity ve šroubovici. Výhrubníky určené na odebrání velkých přídavek mají menší počet drážek (2÷3) na zvětšení prostoru zubové mezery, aby byl zabezpečen lepší odvod třísek. Výhrubníky větších průměrů (> 60 mm) se vyrábějí až se šesti zubovými drážkami.

Profil drážek výhrubníků bývá buď křivočarý, nebo složený z přímých úseků. Tento profil se volí obvykle u čtyřdrážkových výhrubníků. Třídrážkové výhrubníky mají profil drážek podobný spirálovému vrtáku. Rozdíl mezi výhrubníkem a spirálovým vrtákem je v tom, že výhrubník nemá příčnou řeznou hranu a tudíž lze s nimi dosáhnout větší přesnosti obráběného otvoru.

Výhrubníky se používají k vyvrtávání předvrtaných, předlitých nebo předděrovaných děr, které se následně vystružují. Výhrubníky mají díky většímu počtu břitů dobré vedení. Tím se zlepšuje poloha a kruhovitost předvyrobené díry. Pracovní část výhrubníku se skládá z řezného kužele s úhlem $K_r = 30 \div 60^\circ$ u rychlořezných ocelí, u slinutých karbidů $20 \div 30^\circ$ a z válcové kalibrovací (vodící) části.

Výhrubníky mohou být buď se stopkou (do průměru 30 mm - obr.1.2a) nebo nástrčné (nad 30 mm - obr.1.2b). Zuby jsou většinou frézované, v pravé šroubovici.



Obr. 1.2. Typy výhrubníků [1]

a) stopkový, b) nástrčný, c) nástrčný

1-řezný kužel, 2-tělo, 3-upínací stopka, 4-upínací díra, 5-pájené břitové destičky ze slinutého karbidu

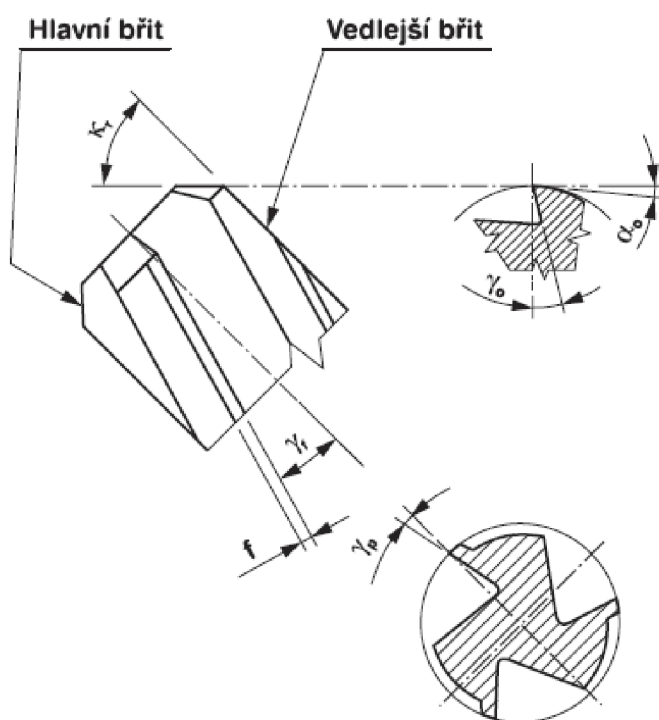
- výhrubníky s kuželovou stopkou dle ČSN 221414 DIN 222 (ISO 3314)
- třibřité výhrubníky s válcovou stopkou dle ČSN 221480 DIN 344 (ISO 7079) (obr. 1.3a.)
- třibřité výhrubníky s kuželovou stopkou dle ČSN 221482 DIN 343 (ISO 235) (obr. 1.3b.)
- výhrubníky nástrčné dle ČSN 221414 DIN 222N (ISO 3314)
- samozřejmě existují i kombinované nástroje, např. výhrubník a záhlubník jako jeden nástroj.



Obr. 1.3. Přehled výhruvníků dle ČSN [11]

1.5 Konstrukční prvky

Doporučený tvar a geometrie zubu výhruvníku z rychlořezné oceli jsou uvedeny na obr.1.4. a 1.5. Doporučené hodnoty příslušných nástrojových úhlů jsou uvedeny v tab.1.1. V závislosti na průměru nástroje se volí délka řezného kužele $l_1 = 1 \div 3$ mm, délka vodící části $l_2 = (0,75 \div 0,80)l_1$ a šířka fazetky $b_\alpha = 1 \div 3$ mm. U výhruvníků s břity ze slinutých karbidů má úhel sklonu šroubovice hodnotu $\alpha = 10^\circ$, nástrojový ortogonální úhel čela hodnotu $\gamma_0 = 5^\circ$. Ostatní parametry jsou stejné jako u výhruvníku z rychlořezné oceli



Obr.1.4. Geometrie výhrubníku [4]

K_r - úhel nastavení řezné hrany

α_0 - normálový úhel hřbetu hlavního břitu

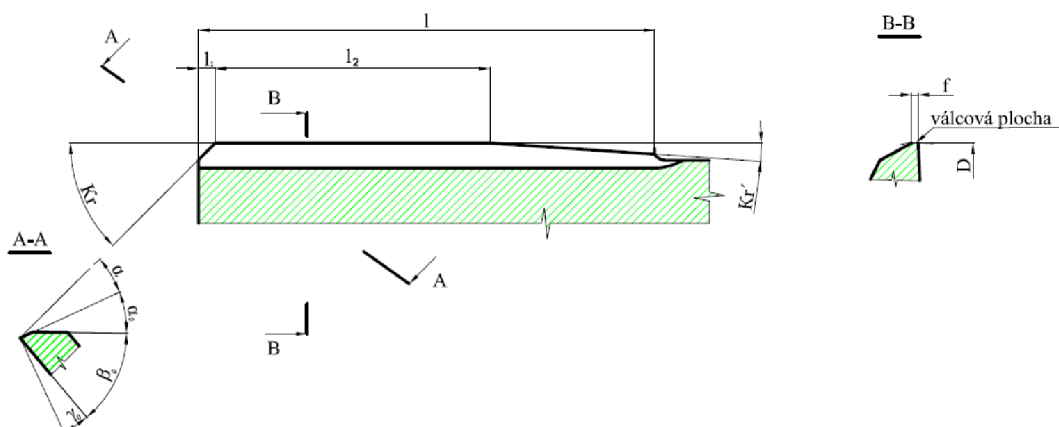
α_p - normálový úhel hřbetu vedlejšího břitu

γ_f - úhel šroubovice vedlejšího břitu

γ_0 - normálový úhel čela hlavního břitu

γ_p - normálový úhel čela vedlejšího břitu

f - šířka fazetky



Obr.1.5. Tvar a geometrie zubu výhrubníku z RO

Úhel nastavení řezné hrany K_r – má vliv na tvar a odvod třísky

Vodící část I_2 – (kalibrující) vede výhrubník při obrábění a dává konečný rozměr obráběnému otvoru. Volí se $(0,75 \div 0,80)l$

Na zmenšení tření má vodící část na každém zubu **fazetku f**

Úhel hřbetu α_0 – vytváří se podbroušením a je podél řezné hrany proměnný. Na venkovním průměru bývá $\alpha_0 = 6^\circ \div 10^\circ$, směrem k ose výhrubníku se zmenšuje

Délka řezného kužele I_1 – má rozhodující vliv na řezný proces. V závislosti na průměru nástroje se volí $1 \div 3$ mm.

Úhel čela γ_0 – jeho zvětšováním se řezná síla a kroutící moment zmenšují. Volí se v závislosti na druhu obráběného materiálu v rozmezí $0 \div 30^\circ$.

- Hliník, mosaz $25^\circ \div 30^\circ$
- Měkká ocel $15^\circ \div 20^\circ$
- Ocel střední tvrdosti $8^\circ \div 12^\circ$
- Litina střední tvrdosti $6^\circ \div 8^\circ$
- Tvrdá litina, tvrdá ocel $5^\circ \div 0^\circ$

Tab.1.1. Doporučená geometrie břitu výhrubníků z RO [2]

Obráběný materiál	ω [°]	α_0 [°]	K_r [°]	K_r' [']
Ocel $R_m = 600 \div 800$ MPa	8÷12	8	60	2÷5
Ocel $R_m = 800 \div 1200$ MPa	0÷5	6	60	
Šedá litina	6÷8	8	45	
Tvrzená litina	0÷5	6	45	
Hliníkové slitiny	25÷30	10	60	

U výhrubníků s břity ze slinutých karbidů je **úhel sklonu šroubovice $\omega = 10^\circ$ a nástrojový úhel čela $\gamma_0 = 5^\circ$** . Ostatní parametry jsou stejné jako u výhrubníků z rychlořezných ocelí.

1.5.1 Řezné materiály

Standardním nástrojovým materiálem je výkonná rychlořezná ocel ČSN 19 830 (HSS). Na přání je možné tyto nástroje vyrobit i z vysoce výkonné rychlořezné oceli ČSN 19 852 (HSS Co). Stopkové výhrubníky mají tělo z kvalitní konstrukční oceli a z rychlořezné oceli je vyrobena pouze jejich řezná část, která je k tělu přivařena tupým svarem. Oba typy mohou mít připájené břity ze slinutých karbidů (v tomto případě je celé tělo nástroje vyrobeno z konstrukční oceli).

Tab.1.2. Chemické složení materiálu 19830 a 19852

CZ, stand	Euronorm	Steel	Direction of chemical composition									
			C	W	Mo	Cr	V	Co	Mn	Si	Ni	
ČSN	EN 96-79											
19 830	HS 6-5-2	W-Mo-V (M)	1	6	5	4	2	-	< 0,45	< 0,45		
19 852	HS 6-5-2-5	W-Mo-V-Co (M)	1	6	5	4	2	5	< 0,45	< 0,45		

1.5.2 Řezné podmínky

V tab.1.3. se nachází doporučené řezné podmínky pro vyhrubování. Tyto podmínky platí pro výhrubníky dle ČSN 221411, 221414, 221480, 221482.

Tab. 1.3. Doporučené řezné podmínky [4]

MATERIÁL	Pevnost MPa	Chlazení	Řezná rychlost m/min	Posuv v mm/ot pro ØD výhrubníku v mm					
				5	10	18	25	40	63
Nelegovaná ocel	<500	E	30÷25	0,20	0,25	0,35	0,50	0,60	0,80
	<700	E	26÷22	0,16	0,20	0,25	0,40	0,50	0,60
	<900	E	22÷16	0,13	0,16	0,20	0,30	0,40	0,50
Legovaná ocel	<800	E	20÷15	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
	<1000	E	15÷10	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
Ocel nerezová	<850	O	10÷5	0,06	0,08	0,12	0,18	0,24	0,28
Šedá litina	<200 HB	E/L	20÷15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,55	0,70
	>200 HB	E/L	15÷10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,45	0,60
Temperovaná litina	<300 HB	E	22÷16	0,20	0,25	0,30	0,35	0,45	0,60
Titan a jeho slitiny	<850	O	10÷6	0,06	0,10	0,14	0,18	0,22	0,28
Al a jeho slitiny - tvářené	<450	E	70÷50	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,60
Al pro odlévání	<10%Si	<600	E	40÷25	0,20	0,25	0,35	0,45	0,60
	>10%Si	<600	E	30÷10	0,20	0,25	0,35	0,45	0,60
Elektrolit, měď	Cu>99%	<400	E/O	32÷25	0,20	0,25	0,45	0,40	0,50
Mosaz	- krátká tříška	<600	E	60÷40	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
	- dlouhá tříška	<600	E	45÷30	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
Bronz	<600	E/O	24÷10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50
Umělá hmota	- termoset.	<300	L	25÷12	0,15	0,15	0,22	0,26	0,32
	- termoplast	<600	L	30÷20	0,15	0,15	0,22	0,26	0,32

Chlazení: E - emulze, vrtací oleje
O - olej řepkový
L - vzduch

Jak je patrné z tab.1.3. je nutné při tomto způsobu obrábění používat chlazení. Chladit můžeme pomocí, řezných kapalin, jako jsou např. vodné roztoky, emulzní kapaliny, řezné oleje, vzduch atd.

Řezná kapalina má za úkol chladit, tzn. odvádět teplo z místa řezu. Dále musí mazat – vytvoření na povrchu obrobku a nástroje vrstvy, která brání přímému styku kovových povrchů a snižuje tření, ke kterému dochází mezi nástrojem a obrobkem. V neposlední řadě musí mít taky tzv. čistící účinek – odstraňování třísek z místa řezu atd.

1.5.3 Přidávky na opracování

V tabulce 1.4. a 1.5. jsou uvedeny přidávky na vyhrubování. Tyto přidávky závisí zejména na požadované přesnosti a drsnosti povrchu obrobené díry, ale i na druhu obráběného a nástrojového materiálu, konstrukci nástroje a dalších činitelích.

Tab.1.4. Nejmenší průměr předvrtané díry pro tříbřitý výhružník ČSN 221480 a ČSN 221482 [4]

Rozměr výhružníku	Rozměr vrtané díry	Rozměr výhružníku	Rozměr vrtané díry	Rozměr výhružníku	Rozměr vrtané díry
4,8÷5,0	3,5	16,75÷17,0	11,9	31,6÷32,0	22,0
5,8÷6,0	4,2	17,75÷18,0	12,6	33,6÷34,0	24,0
6,8÷7,0	4,9	18,7÷19,0	13,3	35,6÷36,0	25,5
7,8÷8,0	5,6	19,7÷20,0	14,0	37,6÷38,0	26,5
8,8÷9,0	6,3	20,7÷21,0	14,6	39,6÷40,0	28,0
9,8÷10,0	7,0	21,7÷22,0	15,3	41,6÷42,0	29,0
10,75÷11,0	7,7	22,7÷23,0	16,0	43,6÷44,0	30,5
11,75÷12,0	8,4	23,7÷24,0	16,6	44,6÷45,0	31,0
12,75÷13,0	9,1	24,7÷25,0	17,3	45,6÷46,0	32,0
13,75÷14,0	9,8	25,7÷26,0	18,5	47,7÷48,8	33,0
14,75÷15,0	10,75	27,7÷28,0	19,3	49,6÷50,0	34,5
15,75÷16,0	11,2	29,7÷30,0	20,5		

Tab.1.5. Nejmenší průměr předvrtané díry pro čtyřbřitý výhružník ČSN 221411 a ČSN 221414 [4]

Rozměr výhružníku	Rozměr vrtané díry	Rozměr výhružníku	Rozměr vrtané díry	Rozměr výhružníku	Rozměr vrtané díry
9,8÷10,0	D - 2 mm	35,6÷45,0	D - 6 mm	64,5÷75,0	D - 11 mm
10,75÷23,0	D - 3 mm	45,6÷52,0	D - 8 mm	79,5÷90,0	D - 13 mm
23,7÷28,0	D - 4 mm	54,5÷63,0	D - 9 mm	91,5÷100,0	D - 15 mm
29,7÷35,0	D - 5 mm				

1.5.4 Upínání nástrojů

Upínání nástroje do stroje je za stopku nástroje. Stopka může být kuželová s Morse kuželem (upínání samosvorné) anebo válcová (upínání do kleštiny) anebo Weldon. Morse kužel je velmi přesný způsob upínání nástroje. Výhodou tohoto mechanismu upínání je snadná vyměnitelnost nástroje a to, že uchycený nástroj je neustále udržován ve středu osy otáčení, čímž je umožněno velmi přesné obrábění. Existuje více normovaných velikostí, přičemž určujícím rozměrem je průměr v mm v nejširším místě kužele daného nástroje.

- MS0 = 9,045
- MS1 = 12,065
- MS2 = 17,780
- MS3 = 23,825
- MS4 = 31,267
- MS5 = 44,399
- MS6 = 63,348

1.6 Výrobci výhrubníků

V dnešní době vyrábí tyto nástroje velké množství výrobců po celém světě. Nejznámějším výrobcem výhrubníků v České republice je vsetínská firma STIM ZET a.s.. Tato firma, dříve známá jako Zbrojovka Vsetín nevyrábí pouze výhrubníky, ale také celou řadu dalších nástrojů na otvory, jako jsou např. vrtáky, výstružníky, záhlubníky.

Mezi nejznámější evropské firmy zabývající se výrobou nástrojů na otvory je německá firma August Beck GmbH & Co. Präzisionswerkzeugfabrik, která sídlí ve Winterlingenu. V České republice tuto firmu zastupuje firma SK Technik, spol. s r.o.. I Tato firma nabízí širokou škálu nástrojů na otvory.

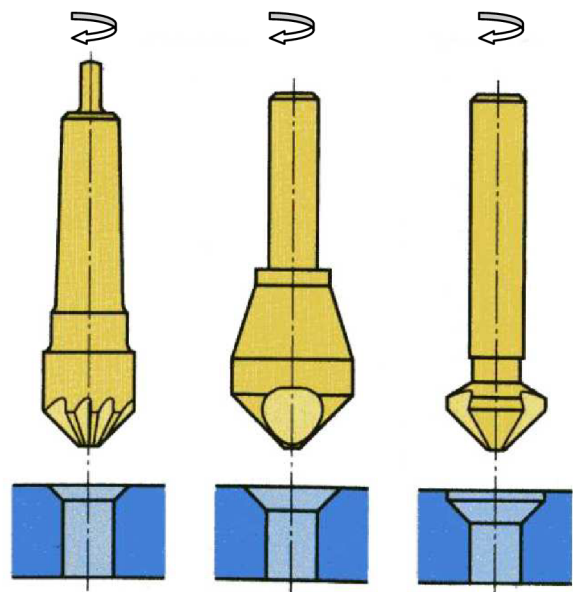
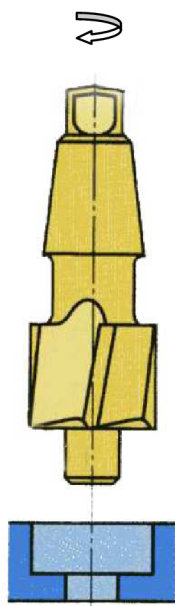
Další známou firmou, která vyrábí také rezné nástroje na otvory je německá firma GÜHRING OHG, sídlící v Albstadtu. I tato firma má v České republice svého zástupce. V tomto případě si u nás otevřela svojí pobočku. Tato firma vyrábí tyto nástroje již přes 100 let a dle svého katalogu nabízí takovou škálu nástrojů jako žádná jiná.

Porovnáním jednotlivých výrobců zjistíme, že každý výrobce používá stejné rezné materiály, shodné geometrické prvky. A tyto jsou dány normou. Bohužel v dnešní době jsou vyráběny vrtáky s VBD, které jsou schopny samy díru vyhrubovat, neboť jejich parametry tuto operaci vyhrubování také zvládnou. Pokud je potřeba vyšší kvalita, tak se tato díra už jen vystruží.

2 ZAHLUBOVÁNÍ

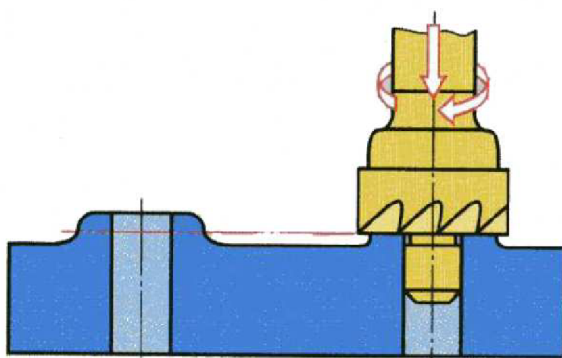
2.1 Podstata metody

Zahlubování je operace sloužící k obrobení souosého válcového (obr.2.1) nebo kuželového zahloubení děr (obr.2.2.) pro válcové anebo kuželové hlavy zapuštěných šroubů, dále je možno srážet hrany vrtaných děr. Za zahlubování se považuje i zarovnání čelní plochy (obr.2.3.) kde lze použít i ploché dvoubřité záhlubníky.



Obr.2.1. Válcové zahloubení děr [3]

Obr.2.2. Kuželové zahloubení děr [3]



Obr.2.3. Zarovnání čelní plochy [3]

2.2 Popis metody

Hlavní řezný pohyb je rotační pohyb nástroje, řezná rychlost je obvodová rychlost nástroje. Posuv ve směru osy vykonává obvykle nástroj a je vázán na otáčky nástroje

2.3 Základní vztahy

Základní vztahy platí stejně jako u vyhrubování.

- *Řezná rychlost:*
$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{10^3} \quad [m \cdot \min^{-1}] \quad (2.1)$$

V_c řezná rychlost [$m \cdot \min^{-1}$]
 π Ludolfovo číslo [3,14]
 D průměr nástroje [mm]
 n počet otáček nástroje [\min^{-1}]

- *Posuvová rychlost*
$$v_f = 10^{-3} \cdot f \cdot n \quad [m \cdot \min^{-1}] \quad (2.2)$$

V_f posuvová rychlost [$m \cdot \min^{-1}$]
 f posuv na otáčku nástroje [mm]
 n počet otáček nástroje [\min^{-1}]

- *Posuv na břit nástroje*
$$f_z = \frac{f}{z} \quad [mm] \quad (2.3)$$

f_z posuv na břit nástroje [mm]
 f posuv na otáčku nástroje [mm]
 z počet zubů nástroje [-]

- *Hloubka řezu*
$$a_p = \frac{D-d}{2} \quad [mm] \quad (2.4)$$

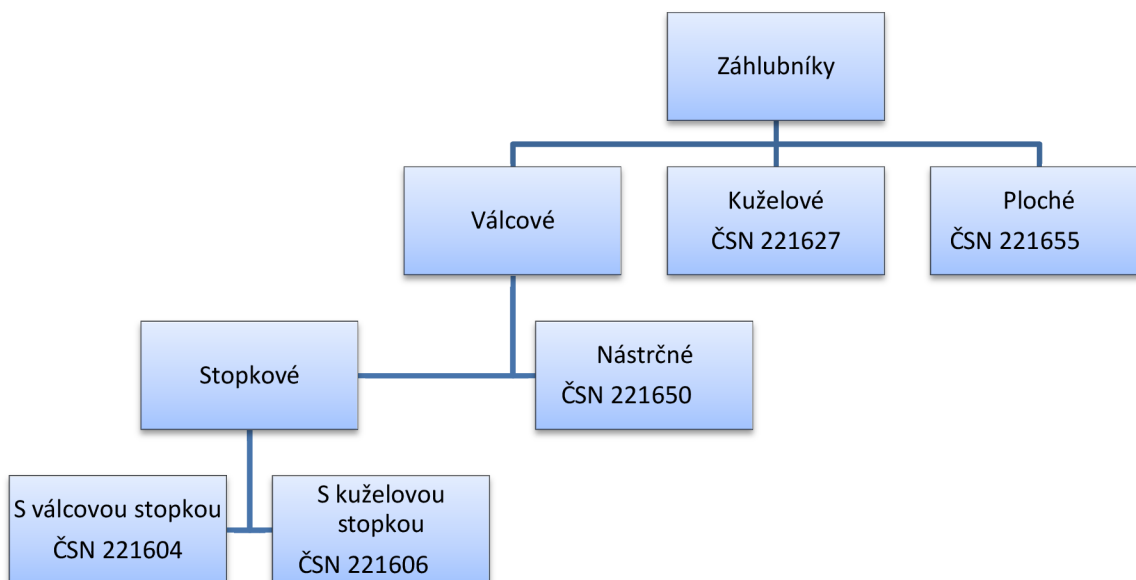
a_p hloubka řezu [mm]
 D průměr nástroje [mm]
 d předvrtaná díra [mm]

- *Průřez třísky*
$$A = f_z \cdot a_p \quad [mm^2] \quad (2.5)$$

A průřez třísky (odebíraná vrstva materiálu) [mm^2]
 f_z posuv na zub [mm]
 a_p hloubka řezu [mm]

2.4 Nástroj

Nástroje se nazývají záhlubníky (ČSN 2216xx) a jsou to dvou nebo vícebřité nástroje. Hlavní rozdělení viz obr. 2.4 Všeobecně platí, že záhlubníky se používají pro zahlubování otvorů pro všechny železné a neželezné kovy, jejich slitiny a plastické hmoty.



Obr..2.4 Rozdělení nástrojů na zahlubování a příklady norem

- *Válcové záhlubníky* (obr.2.5.) a *ploché záhlubníky* (obr.2.8) slouží převážně k válcovému zahlubování pro hlavy šroubů.
- *Válcové záhlubníky k čelnímu zarovnávání* jsou určeny k výrobě náběhových ploch a dosedacích ploch pro šrouby a matice. Tyto záhlubníky mají zuby pouze na čele a mají 4÷12 zubů.
- *Kuželové záhlubníky* (obr.2.6) slouží k tvarovému zahlubování kuželových zahloubení pro šrouby a nýty a k odstraňování otřepů z děr (obr.2.7). Vrcholové úhly jsou normované, např. 60° pro odstraňování otřepů, 75° pro hlavy nýtů, 90° pro šrouby se zápusnou hlavou a 120° pro nýty do plechu.
- *Ploché záhlubníky* (obr.2.8.) slouží ve spojení s držákem (obr. 2.8) pro zahlubování velkých průměrů.
- *Záhlubníky pro zpětné zahlubování* (obr.2.9) mají těleso s řeznou částí umístěno vůči upínací stopce excentricky (hodnota e na obr.2.9). Po zasunutí nástroje do předvrtaného otvoru dojde k přesunu obrobku ve směru kolmém k ose vřetena obráběcího stroje (o příslušnou hodnotu, maximálně e) a po

spuštění rotace vřetena je pomocí zpětného osového posuvu vytvořeno požadované zhloubení

- *Nástrčné zhlubníky* se používají pro velké průměry.



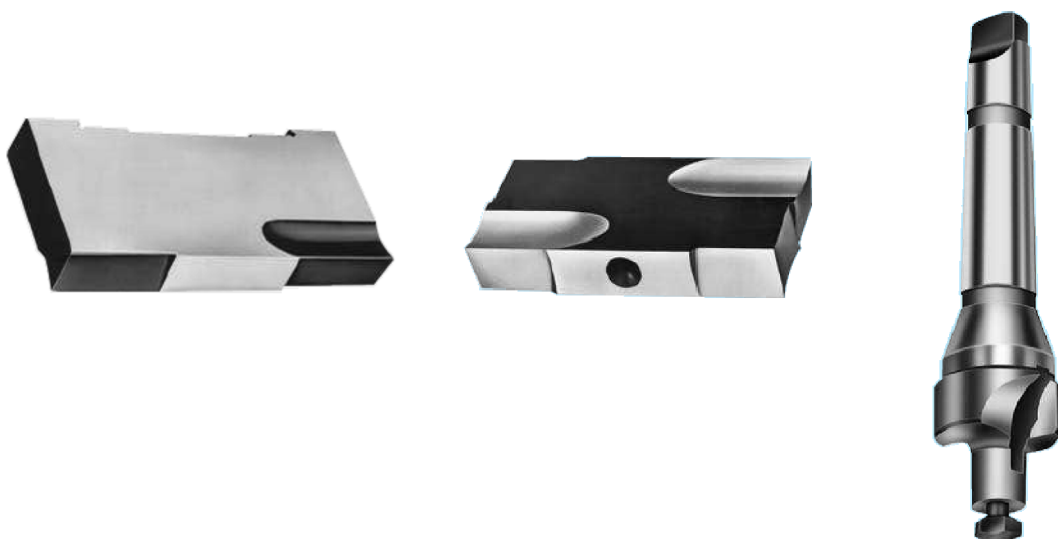
Obr.2.5. Válcové zhlubníky



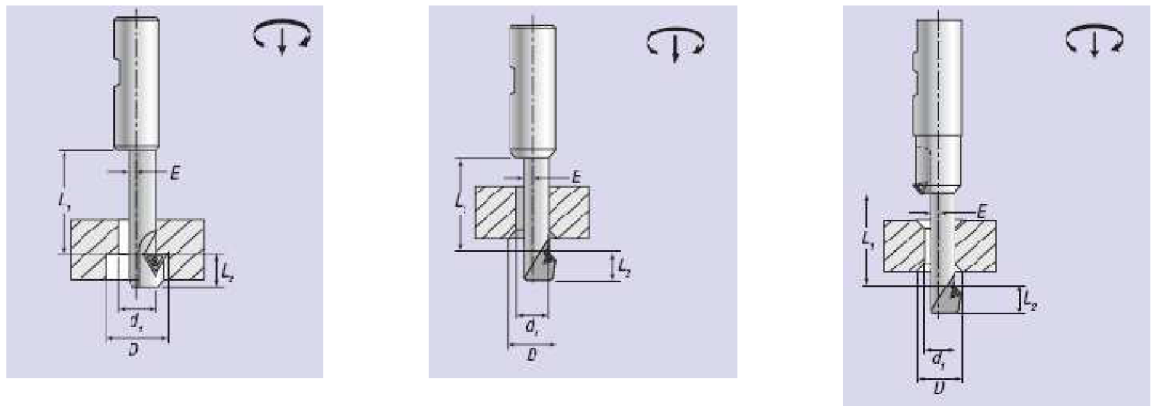
Obr.2.6. Kuželové zhlubníky



Obr.2.7. Odjehlovací zhlubníky



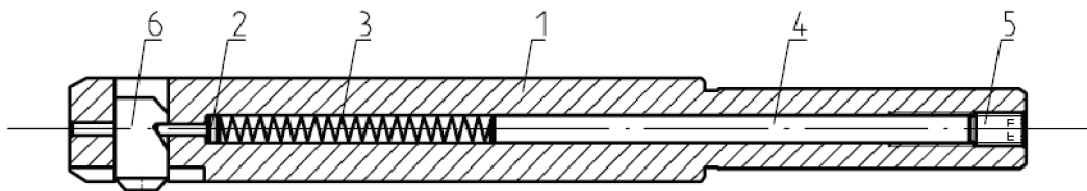
Obr.2.8. Ploché zhlubníky (ČSN 221655 a ČSN 221657) + držák pro zhlubovací nože (ČSN 241213) [4]



Obr.2.9. Záhlubníky pro zpětné zahlubování s vyměnitelnou břitovou destičkou firmy Granlund [13]

2.4.1 Zpětné záhlubníky švýcarské firmy HEULE [10]

Nástroje švýcarské firmy Heule představují v současné době bezkonkurenčně nejlepší výrobek v oblasti odstranění ostřin a srážení hran při vrtání otvorů v kovových materiálech a v oblasti zpětných zahloubení. Výsadní postavení tohoto výrobce spočívá především v technickém provedení nástrojů (obr.2.10), které umožňuje nalézt řešení pro většinu případů v praxi.



Obr. 2.10 Konstrukční části nástroje pro zpětné zahlubování firmy HEULE [9]
1 – těleso nástroje; 2 – čep; 3 – pružina; 4 – distanční čep; 5 – stavěcí šroub;
6 – odjehlvací nůž (nastavení síly nože)

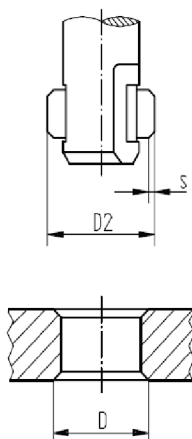
První skupina nástrojů je určena pro odstranění ostřin po vrtání, a to jak na vstupní, tak i na výstupní hraně otvoru. Je možné použít i u průniku dvou válcových ploch. Standardním nástrojem lze pracovat od minimálního průměru vyvrtaného otvoru 4 mm, horní hranice je přes 100 mm. Je použitelný i pro slepé otvory. Významnou předností nástrojů Heule je skutečnost, že u hlubokých otvorů lze celou hloubku projet rychloposuvem tam i zpět, aniž by přitom došlo k poškození povrchu otvoru.

Pracovní část nástroje, tzn. nůž, je ze slinutého karbidu opatřeného povlakem. Druh povlaku se volí podle obráběného materiálu. Rovněž podle materiálu obrobku lze měnit i přitlačnou sílu pružiny. Výměna nože nebo přitlačné pružiny je velmi jednoduchá.

Druhá skupina nástrojů je určena pro srážení hran na vstupní i výstupní straně vrtaného otvoru pro případy, kdy je hrana v rovině kolmé na osu nástroje. Standardním nástrojem lze pracovat od minimálního průměru vyvrtaného otvoru 5 mm. Podobně jako u předchozího typu je možné celou

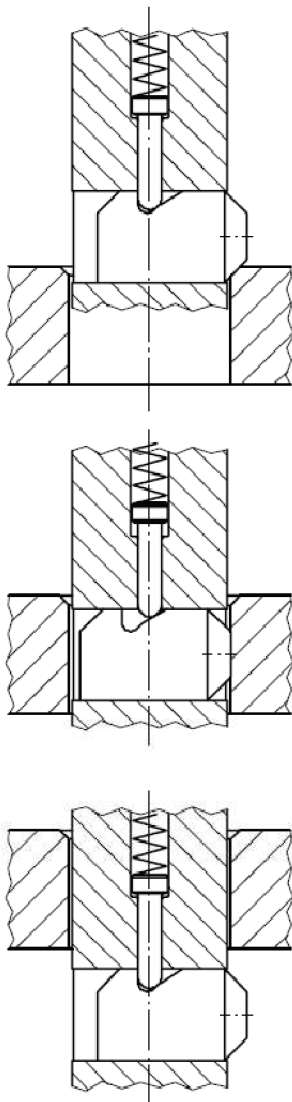
hloubku otvoru projet rychloposuvem tam i zpět, aniž by přitom došlo k poškození povrchu otvoru.

$$D2 \approx D + 2s$$



Obr. 2.11 Výpočet velikosti sražené hrany se zpětným záhlubníkem firmy HEULE [9]

Třetí skupina nástrojů je určena pro výrobu válcových, kuželových nebo i tvarových zahloubení na přední nebo zadní straně vyvrtaného otvoru, a také pro zaoblení hran. Nástroj je použitelný pro rozsah průměrů otvorů 6 až 80 mm. Podle typu nástroje se nože při roztočení nástroje vysunou nebo zasunou. Na rozdíl od některých konkurenčních výrobků je proces obrábění zcela bezpečný, nemůže dojít ke kolizi nože s obrobkem díky tomu, že se nůž nevrátí do neutrální polohy.



Odjehlovací nůž je pohyblivě držen čepem, který je pod tlakem pružiny upevněn v tělese.

Speciálně broušený odjehlovací nůž pro obrábění zpětné i pro obrábění vpřed obrábí při pohybu vpřed požadovanou sraženou hranu.

Jakmile je dosaženo požadované velikosti sražené hrany, zajede plynule do tělesa nástroje.

Na speciálně vytvořené kluzné části projede tento nůž dírou, aniž by jí poškodil. Také vystružené díry projede tento nástroj aniž by je poškodil. Po projetí dírou je tento nůž přes speciální drážku pomocí čepu opět uveden do výchozí polohy.

Bez toho, aniž by se muselo zastavit vřeteno nebo měnit otáčky vřetena obrábí tento nástroj při zpětném pohybu spodní sraženou hranu. Pomocí rychloposuvu může pak tento nástroj být uveden do výchozí polohy.

Výsledkem je čisté odjehlení nebo sražení hrany.

Obr.2.12 Princip srážení hran zpětným záhlubníkem firmy HEULE [9]



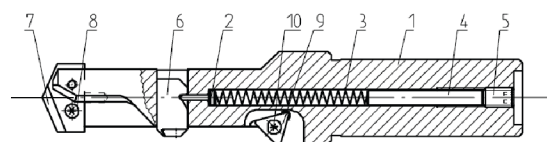
Obr.2.13. Zpětný záhlubník firmy Heule [9]

2.4.2 Kombinované nástroje

Zvláštní skupinou záhlubníků, jsou tzv. kombinované záhlubníky [obr. 2.14]. Jedná se v podstatě o vrták se záhlubníkem. Vrták vyvrtá požadovanou díry, zpětný záhlubník odstraní otřepy a vrchní nástroj (válcový záhlubník) provede zahloubení (obr. 2.15)



Obr. 2.14 Kombinovaný nástroj pro vrtání a zahlubování [9]



- 1 – těleso nástroje
- 2 - čep
- 3 - pružina
- 4 – distanční čep
- 5 – stavěcí šroub
- 6 – odjehlovací nůž
- 7 – vrtací destička
- 8 – Torx šroub
- 9 – břitová destička
- 10 – Torx šroub

Obr. 2.15 Konstrukce kombinovaného nástroje [9]

2.5 Konstrukční prvky

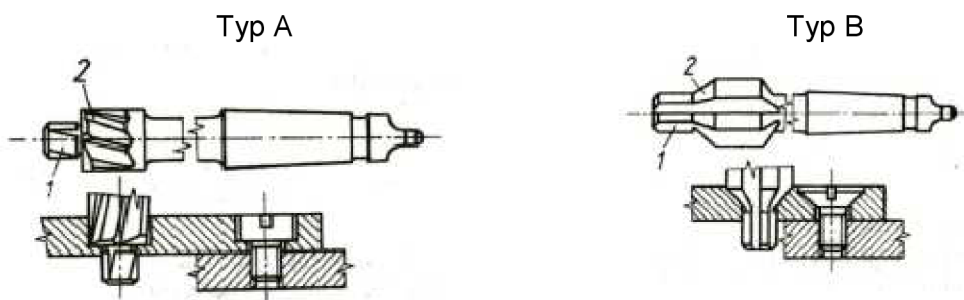
2.5.1 Základní prvky

Válcové (obr.2.16a.), ale i kuželové (obr.2.16b.) záhlubníky se skládají ze stopky (upínací část) a řezné části. Válcové a ploché záhlubníky jsou vedeny v předvrtané díře ještě vodícím čepem (obr. 2.17). Vodící čep tak zajišťuje souosost předvrtané díry a vyrobeného záhlubení. Kuželové záhlubníky mají samostředící efekt a proto většinou vodící čep nemají.

Vyměnitelné vodící čepy (obr.2.17.) jsou vyrobeny z konstrukční oceli, jsou cementovány a kaleny, a protože jsou vyměnitelné umožňují použití při různých průměrech díry. Další výhodou těchto nástrojů s vyměnitelnými čepy je to, že usnadňují ostření záhlubníků.

Upínání je provedeno tak jako v případě výhrubníků, také za stopku do upínací části stroje. Vysoce výkonné nástroje pro zahlubování s vyměnitelnými břitovými destičkami používají stopku Weldon.

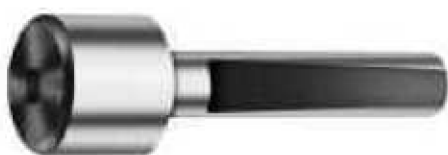
Zuby záhlubníků (obvykle čtyři, u kuželových záhlubníků na skosení hran $6\div 10$) jsou vyrobeny frézováním nebo podsoustružením a mohou být přímé nebo v pravé šroubovici.



Obr.2.16. Záhlubníky [1]

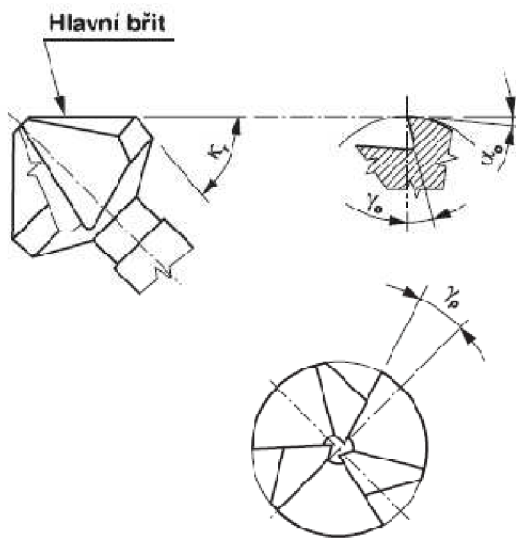
1 – vodící část; 2 – řezná část

Typ A slouží pro válcové hlavy šroubů; Typ B pro kuželové hlavy šroubů



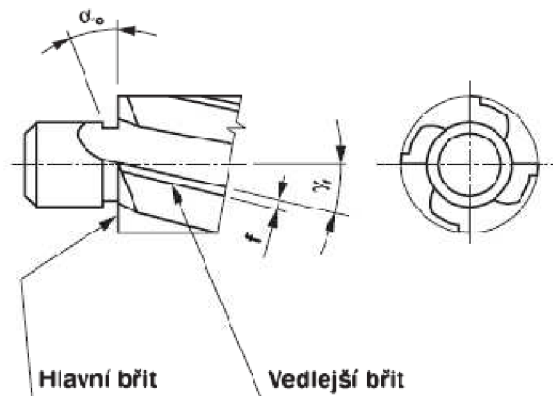
Obr.2.17. Vodící čep pro záhlubníky ČSN 221608 [4]

2.5.2 Geometrie záhlubníků



Obr.2.18. Kuželový záhlubník [4]

K_r – úhel nastavení řezné hrany
 α_0 – normálový úhel hřbetu hlavního břitu
 γ_0 – úhel šroubovice vedlejšího ostří
 γ_p – normálový úhel čela vedlejšího břitu
 f – šířka fazetky



Obr.2.19. Válcový záhlubník [4]

2.5.3 Řezné materiály záhlubníků

Záhlubníky se vyrábějí z rychlořezné oceli označované jako HSS (ČSN 19830) nebo vysoce výkonná ocel HSSCo5 či HSSCo8. Materiál HSSCo (ČSN 19852) je vícelegován než materiál HSS. Tyto nástroje mohou být povlakované nebo nepovlakované. Povlakem může být vrstva TiN popř. TiAlN. TiN (nitrid titanu – obr.2.20.) je univerzální povlak, který má za úkol snížit opotřebení.

Dalším možným povlakem je TiAlN (jedná se o kombinovaný povlak titanu a hliníku – obr.2.21.). Příčina přidání hliníku do TiN slitiny spočívá ve schopnosti odolávat o 300°C vyšším obráběcím teplotám než vrstvy TiN, tím pádem se zvyšuje odolnost proti oxidaci povrchu při vysokých teplotách (800°C) a dále se zvyšuje otěruvzdornost. Dalším důvodem je snížení nároků na mazné a chladicí látky.



Obr.2.20. Záhlubník s povlakem TiN [5]



Obr.2.21. Záhlubník s povlakem TiAlN [5]

- Materiály HSS se používají na materiály do pevnosti 800 MPa.
- Materiál HSS Co5 (obsahuje 5% Kobaltu) se používá na materiály s pevností nad 800 MPa
- Pro materiály s pevností nad 1200 MPa se používají slinuté karbidy

Problémem u povlakovaných nástrojů je ten, že tyto nástroje se musí také po určité době přestřovat. Přestřením těchto nástrojů dochází k odstranění část povlaku a tím ke snížení výkonu při dalším obrábění. Dalším povlakováním se může dosáhnout původních vlastností. Další povlakování ovšem nelze obecně označit za nejvýhodnější obnovu rezných vlastností. Zda znovu povlakovat, to je třeba pečlivě posuzovat v jednotlivých konkrétních případech jak z technického, tak i ekonomického hlediska. Odstraněním tohoto problému mohou být nástroje s vyměnitelnou břitovou destičkou (obr.2.22) nebo (obr.2.23)



Obr.2.22 Válcový záhlubník s vyměnitelnými břitovými destičkami firmy Hollfelder [8]



Obr. 2.23 Záhlubníky s vyměnitelnými břit. destičkami švédské firmy Granlund [13]

Další možným produktem jsou záhlubníky, které mají reznou část vyrobenou ze slinutého karbidu (bez povlaku i s ořezuvzdorným povlakem)

2.5.4 Řezné podmínky pro zahlubování

V tab. 2.1 se nachází doporučené řezné podmínky. Tyto podmínky platí pro záhlubníky dle ČSN 221604, 221605, 221607, 221623, 221624, 221625, 221626, 221627, 221628, 221650

Tab. 2.1 Doporučené řezné podmínky pro nástroje firmy STIM ZET [4]

MATERIÁL	Pevnost MPa	Chlazení	Řezná rychlost m/min	Posuv v mm/ot pro ØD záhlubníku v mm							
				4	6	10	15	20	25	40	
Nílegovaná ocel	<500	E	30÷25	0,07	0,09	0,12	0,14	0,16	0,20	0,25	
	<700	E	26÷22	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,18	0,22	
	<900	E	22÷16	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,18	
Legovaná ocel	<300	E	20÷15	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	
	<1000	E	15÷10	ručně	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	
Ocel nerezová	<350	O	10÷5	ručně	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,12	
Sedlá litina	<200 HB	E/L	20÷15	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,25	0,30	
	>200 HB	E/L	15÷10	0,06	0,07	0,08	0,12	0,16	0,20	0,25	
Temperovaná litina	<300 HB	E	22÷16	0,06	0,07	0,08	0,12	0,16	0,20	0,25	
Titan a jeho slitiny	<350	O	10÷6	ručně	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	
	<450	F	70÷50	0,10	0,12	0,14	0,18	0,22	0,26	0,30	
Al a jeho slitiny - tvářené	<600	E	40÷25	0,10	0,12	0,14	0,18	0,22	0,26	0,30	
	>10%Si	F	30÷10	0,10	0,12	0,14	0,18	0,22	0,26	0,30	
Al pro odlévání	<600	F	30÷10	0,10	0,12	0,14	0,18	0,22	0,26	0,30	
Elektrolit, měď	Cu>99%	E/O	32÷25	0,06	0,07	0,09	0,12	0,14	0,16	0,18	
Mosaz	- krátká tříška	<600	E	60÷40	0,10	0,12	0,14	0,18	0,20	0,24	0,30
	- dlouhá tříška	<600	E	45÷30	0,10	0,12	0,14	0,18	0,20	0,24	0,30
Bronz	<300	E/O	24÷10	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,24	
Umělé hmota	- termoset	<300	L	25÷12	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20
	- termoplast	<500	L	30÷20	0,04	0,04	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20

Chlazení: E - emulze, vrtací oleje
O - olej řepkový
L - vzduch

V tab. 2.2 jsou uvedeny řezné podmínky pro záhlubník s vyměnitelnými břitovými destičkami firmy Granlund:

Tab. 2.2 Řezné podmínky pro záhlubník s vyměnitelnými břitovými destičkami firmy GRANLUND Švédsko [13]

V – řezná rychlost Vorschub - posuv

Zerspanungsrichtwerte für Spitzsenker und Anfasfräser					
Werkstoff	V	Vorschub	Werkstoff	V	Vorschub
Stahl <450 N/mm ²	75 -120 m/min	0,1 - 0,5 mm/U	Grauguss	80 - 110 m/min	0,1-0,5 mm/U
Stahl <600 N/mm ²	65 -110 m/min	0,1 - 0,4 mm/U	Aluminiumguss	80 - 150 m/min	0,1-1,0 mm/U
Stahl <1000 N/mm ²	55 -100 m/min	0,1 - 0,3 mm/U			

Zerspanungsrichtwerte für Anfasfräsen = 1,5 X Richtwerte für Spitzsenker.

2.6 Výrobci nástrojů na zahlubování

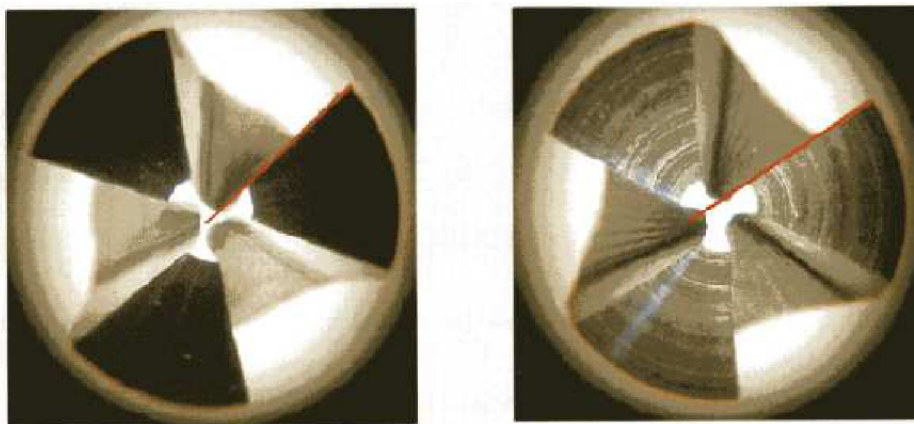
Po celém světě se nachází velké množství výrobců těchto nástrojů např.v:

- České republice
STIM ZET a.s.
Zbrojovka Vsetín-Nástroje a.s.
- V Německu
August BECK GmbH & Co. Präzisionswerkzeugfabrik
Gühring oHG
- ve Švýcarsku
Heule Werkzeug AG (specialista na zpětné zahlubování)
- V Itálii
Cerin® SpA

2.6.1 Porovnání jednotlivých výrobců

Nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami (dále VBD) dosahují několikanásobně větší řeznou rychlost v_c , a vyšší hodnotu posuvu f , než nástroje s řeznou částí s rychlořezné oceli. Nástroje S VBD jsou sice výkonnější, ale také podstatně dražší. Výhodou je vysoká produktivita.

Srovnáním kuželového záhlubníku firmy August BECK s ostatními výrobci těchto nástrojů se zjistí, že firma August BECK vyrábí tyto nástroje s jinou geometrií. Rozdíl těchto geometrií je vidět na obr. 2.24.



Obr.2.24. Geometrie kuželového záhlubníku firmy August BECK a stejného produktu, ale jiného výrobce [5]

Firma A.B. uvádí, že jejich geometrie je výhodnější. Tento kuželový záhlubník má konstantnější úhel čela, větší prostor pro odvod třísek a tím je zajištěn lepší odvod třísek u materiálů, které tvoří dlouhou třísku.

Pokud by se srovnaly nástroje na zpětné zahlubování firmy HEULE a firmy GRANLUND zjistilo by se, že u záhlubníků firmy HEULE není nutné vyosení nástroje vůči díře. Konstrukce nástrojů firmy HEULE je technicky zajímavější než konstrukce ostatních výrobců podobných nástrojů.

3 ZÁVĚR

Požadavky na řezné nástroje jsou v dnešní době opravdu vysoké. Jednotlivý uživatelé těchto nástrojů požadují, aby tyto nástroje měly univerzální použití, vysoký výkon řezání, dosahovaly vysokého stupně jakosti obrobené plochy atd. Tyto požadavky tak zvyšují nároky na jejich provedení a širší uplatnění nových řezných materiálů. Kvůli této politice se tak zvyšují nejen náklady na provoz těchto nástrojů, ale i náklady na jejich použití.

Protože dnes již existuje řada světoznámých firem, které tyto vysoce výkonné nástroje nejen vyrábí, ale i vyvíjí, dochází tak opravdu k zproduktivnění výroby. Tito výrobci experimentují s novými řeznými materiály, zlepšují současnou geometrii nejen řezné části nástroje, ale i celého nástroje. Testují nový druh upínání, chlazení atd.

Jelikož po celém světě existuje mnoho firem vyrábějících tyto produktivní nástroje je velmi obtížné se mezi těmito výrobci orientovat. Rozdíly mezi jednotlivými nástroji jsou buď v konstrukci nástroje anebo pouze v „maličkosti“, která však dokáže při správném použití zajistit zproduktivnění celé výroby. Pomocí tohoto zlepšení se dá dosáhnout snížení výrobního času, snížení počtu operací, snížení nákladů na obrábění apod.

Rozhodnout se tak, který výrobce nabízí nejkvalitnější a nejvýhodnější nástroj je tak v rukou technologa, který by měl s těmito nástroji sám experimentovat a sám se tak rozhodnout, který nástroj je pro tu kterou operaci nejvýhodnější. Samozřejmě by se nemělo brát pouze zřetel na vlastní náklady nástroje, ale i na ostatní činitele.

Co se týká doporučení využití těchto nástrojů. To už vyplývá z vlastního názvu nástroje, pro který je určen. Rozhodnout se tak, jestli je dobré použít samostatný nástroj jako je výhrubník, či záhlubník nebo použít kombinovaný nástroj se musí rozhodnout sám technolog, který tvoří technologii na součást, která se má obrábět.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ŘASA, J.-GABRIEL, V.: *Strojírenská technologie 3. Metody, stroje a nástroje pro obrábění*, 2. vyd., Praha, Scientia, spol. s r. o., 2005, 256s. ISBN 80-7183-337-1
2. KOČMAN, K.-PROKOP, J.: *Technologie obrábění*. 2. vyd., Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 272s. ISBN 80-214-3068-0
3. FISCHER, U. a kol.: *Základy strojnictví*, 1. vyd., Praha, Europa-Sobotáles cz, 2004, 296s. ISBN 80-86706-09-5
4. STIM ZET: *Výroba a prodej nástrojů na opracování otvorů, 3., Vsetín*
5. BECK PRÄZISIONSWERKZEUGE, Hauptkatalog Standardprogramm, Deutschland, 2001,
6. GÜHRING: Präzisions-Schneidwerkzeuge, Preisliste 40, Deutschland, 2006
7. AB SNADVIK COROMANT-SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění – Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1.vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: *Modern Metal Cutting – A Practical Handbook*. ISBN 91-97 22 99-4-6
8. HOLLFELDER CUTTING TOOLS. *Rotierende Werkzeuge.*, Germany, 1.A 9.06/1.0, dostupné na World Wide Web: URL: <http://www.hollfelder-cuttingtools.de/pdf_both_languages/Rotierende_Werkzeuge.pdf>
9. SNAP ENTGRAT&FASSYSTEM, HEULE WERKZEUG AG, Switzerland, 26 s., V3.4
10. ŠKABRAHA, S. *Odstranění ostřin, sražení hran a zahloubení*. MM Průmyslové spektrum, únor 2008, URL: <<http://www.mmspektrum.com/vydani/2008/1>> [cit. 2008-05-15]
11. ALPEN-MAYKESTAG: *Katalog: výhrubníky*, dostupné na World Wide Web: URL: <<http://www.alpenmaykestag.cz/katalog.php?kat=T11>> [cit. 2008-05-15]
12. ŽEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. 1. vyd., Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.
13. GRANLUND TOOLS AB. *Hauptkatalog DE, švédsko*. dostupné na World Wide Web: URL: <http://www.granlund.de/includes/show_attach.php?itemId=229&attachType=A> [cit. 2008-05-12]

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
V_c	$m \cdot min^{-1}$	Řezná rychlost
D	mm	Průměr nástroje
n	min^{-1}	Počet otáček nástroje
π	-	Ludolfovo číslo [3,14]
v_f	$m \cdot min^{-1}$	Posuvová rychlost
f	mm	Posuv na otáčku nástroje
f_z	mm	Posuv na břit nástroje
z	-	Počet břitů nástroje
e	mm	Excentricita
a_p	mm	Hloubka řezu
d	mm	Průměr předvrtaného otvoru
A	mm^2	Průřez třísky (odebíraná vrstva materialu)

SEZNAM PŘÍLOH

