

Optimalizace technologie broušení nástrojů na výrobu děr

Pulcová Tereza



Vložit oficiální zadání bakalářské práce

Chtěla bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Doc. ing. Imrichovi Lukovicsovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uvedena jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala.

Ve Zlíně, 07. 06. 2005

.....

podpis

RESUMÉ

Anotace česky

Tato práce se zabývá problematikou vrtání, přesností a drsností vrtaných děr a faktory, které tuto přesnost a drsnost povrchu ovlivňují. Jedná se zejména o vyosení špičky osy nástroje, rychlosti posuvu a mechanických vlastností vrtaného materiálu.

Anotace ve anglickém jazyce

The subject of this document is accuracy and surface quality of hole drilling including factors effecting the accuracy and surface of hole drilling. It primarily describes the tool deviation from the tool axis, speed of drilling and mechanical properties of material which is being drilled.

OBSAH

ÚVOD.....	6
1 STUDIJNÍ A TEORETICKÁ ČÁST	7
1.1 Vrtací nástroje.....	7
1.1.1 Vrtací nástroje pro vrtání krátkých děr	7
1.1.2 Vrtací nástroje pro vrtání hlubokých děr.....	9
1.2 Ostření vrtáků, ostříčky a pomůcky ke kontrole naostřených vrtáků.....	11
1.3 Trvanlivost břitu nástroje.....	18
1.3.1 Trvanlivost a životnost břitu nástroje	18
1.3.2 Trvanlivost břitu T	19
1.4 Hliník a slitiny hliníku.....	20
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	22
2.1 Příprava vrtáků	22
2.2 Vrtání.....	23
2.2.1 Univerzální frézka s digitálním odměřováním FHV-50 PD.....	23
2.2.2 Měření drsnosti povrchu	24
2.2.3 Zjištění závislosti drsnosti povrchu vrtaného otvoru na vyosení špičky vrtáku	25
2.2.4 Zjištění závislosti drsnosti povrchu vrtaného otvoru na rychlosti posuvu a vrtaného materiálu	27
2.2.5 Vliv vyosení špičky vrtacího nástroje na velikost vrtaného průměru	27
2.2.6 Vliv velikosti vrtaného průměru na rychlosti posuvu nástroje.....	29
2.2.7 Vliv obráběného materiálu na velikost vrtaného otvoru	30
3 ZÁVĚR.....	32
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	33
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	34
SEZNAM OBRÁZKŮ	36
SEZNAM GRAFŮ	37

ÚVOD

Ve výrobním procesu je nezbytné zhotovování děr a to různých rozměrů a délek, v různých materiálech a s různou přesností. Vzhledem k těmto požadavkům byly vyvinuty různé způsoby provedení nástrojů ke zhotovování válcových otvorů, jejichž snahou je, aby v maximální míře mohla tato provedení uspokojit požadavky nutné pro výrobek. Mimo požadavek přesnosti zhotovených otvorů je rovněž nutné sledovat zhotovování nástrojů, které tyto otvory vyrábějí. V následující části zprávy se snažím tyto skutečnosti rozvést.

1 STUDIJNÍ A TEORETICKÁ ČÁST

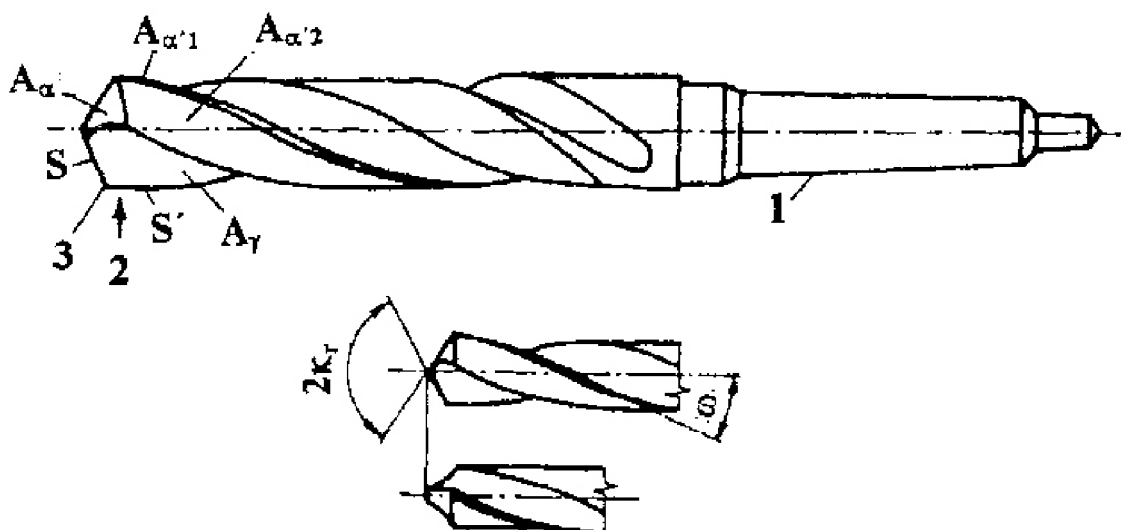
1.1 Vrtací nástroje

Vrtací nástroje je možné rozdělit na nástroje pro výrobu krátkých děr a nástroje pro obrábění hlubokých otvorů.

1.1.1 Vrtací nástroje pro vrtání krátkých děr

Pro vrtání krátkých děr se používají různé druhy vrtáků, z nichž jsou dále charakterizovány šroubovitě, kopinaté a frézovací vrtáky.

Šroubovitě vrtáky z RO mají tvrdost řezné části 760HV



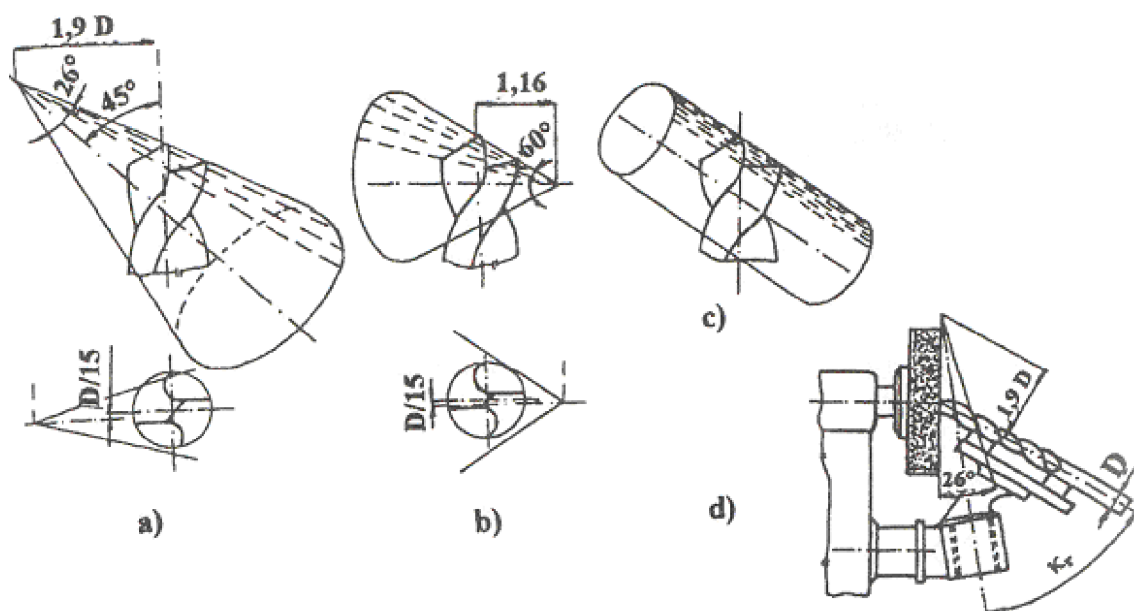
Obr. 1. Ostří a plochy na řezné části šroubovitěho vrtáku
1- stopka, 2- řezná část, 3- špička, A_γ - čelo, A_α -hlavní hřbet, $A'_{\alpha 1}$ -první vedlejší hřbet, $A'_{\alpha 2}$ -druhý vedlejší hřbet, S- ostří, S'-vedlejší ostří, κ_r - úhel nastavení hlavního ostří, ω -úhel stoupání šroubovice

Do průměru $D=20\text{mm}$ mají válcovou stopku, pro $D=10$ až 100 mm stopku Morse. Vysoce výkonné vrtáky jsou s oceli 19 857 a 19 861. Vrtáky pro běžné použití mají úhel $\omega=27^\circ$. Vrtáky s $\omega=12^\circ$ jsou vhodné pro vrtání tvrdších materiálů, dávajících drobnou třísku (bronz, mosaz, slitiny hořčíku, tvrdá pryž, bakelit, skelný laminát, tvrzený papír, umakart, novodur, silon, Polystyrén, plexisklo). U nekovových materiálů se doporučuje $\kappa_r=45^\circ$. Vrtáky s $\kappa_r=40^\circ$ jsou vhodné pro vrtání měkkých materiálů, dávajících dlouhou třísku (hliník, měď, teflon, měkčený PVC, polyuretan). Vysoce výkonné vrtáky jsou vhodné

pro vrtání chromové, austenitické, manganové, korozivzdorné, žáruvzdorné a žárupevné oceli, oceli na odlitky, šedé litiny vysoké tvrdosti, temperované litiny apod. Pro vrtání velmi tvrdých materiálů a také pro vrtání lehkých kovů a mědi se doporučuje $\kappa_r=70^\circ$.

Vrták je ve vrtané díře veden fazetkou. Průměr jádra vrtáku se od špičky ke stopce zvětšuje o 1,4 až 2 mm na 100 mm délky. Průměr vrtáku D se směrem ke stopce zmenšuje o 0,02 až 0,08 mm na 100 mm délky (zpětná kuželovitost).

Základní podmínkou pro vrtací proces je správné, zpravidla strojní ostření šroubovitého vrtáku, které se provádí podbroušením hřbetu



Obr. 2. Způsoby ostření šroubovitého vrtáku

- a) kuželová plocha, osa kužele je mimoběžná s osou vrtáku
- b) kuželová plocha, osa kužele je kolmá na osu vrtáku
- c) válcová plocha, osa válce je skloněná k ose vrtáku
- d) šroubová plocha

Nové typy šroubovitých vrtáků mají zvětšený prostor pro odchod třísky, zesílené jádro, leštěné řezné drážky (případně povlakované TiN). Těmito vrtáky lze vrtat díry do poměru $L:D = 15:1$ i u ocelí o pevnosti 1000 MPa.

1.1.1.1 Kopinaté vrtáky

Jsou velmi tuhé a umožňují vrtat díry o průměru 28 až 128 mm do poměru $L:D = 3:1$ bez navrtávání. Parametry drsnosti povrchu díry jsou horší než po šroubovitém vrtáku. Břítová destička může být z RO nebo SK a zapadá do vybraní vrtáku. Úhel $\kappa_r = 66^\circ$, vybroušení fazetky na hřbetě snižuje tření v díře. Šířka ostří mezi dělicími drážkami nemá překročit 6 mm.

1.1.1.2 Frézovací vrtáky

Mají 2 až 3 vyměnitelné břítové destičky ze SK a pozitivní geometrií, upnuté šrouby se zapuštěnou hlavou. Třísky se odvádějí přímými drážkami, řezná kapalina je dírami v tělese vrtáku přiváděna do místa řezu. Vrták umožňuje 5 až 10krát vyšší úběr materiálu než šroubovité vrták z RO. Používá se pro vrtání krátkých děr – $L:D = 2:1$, $D = 16$ až 60 mm. U frézovacích vrtáků velkých průměrů se břítové destičky upínají pomocí výměnné kazety. To umožňuje změnu vrtaného průměru beze změny tělesa vrtáku. Maximální velikost vrtané díry je pak omezena jen výkonem stroje. Řezná rychlost $v_c = 100$ až 120 m.min⁻¹.

1.1.2 Vrtací nástroje pro vrtání hlubokých děr

Pro vrtání hlubokých děr jsou vyvinuty speciální metody a nástroje, které zaručují plynulý vrtací proces bez zpětného vyjíždění a vyprazdňování třísek. Příslušné vrtací stroje jsou vybaveny přívodem tlakové řezné kapaliny až k ostří nástroje. Tlak a množství řezné kapaliny se volí v závislosti na vrtaném průměru.

Podle způsobu, jakým je kapalina přiváděna k ostří se rozlišují nástroje s vnitřním, vnějším a kombinovaným přívodem kapaliny.

Typické nástroje pro vrtání hlubokých děr jsou hlavňové vrtáky, korunové trepanační hlavy a nástroje BTA.

1.1.2.1 Hlavní vrtáky

Jsou připájeny na trubky potřebné délky. Řezná kapalina je přiváděna pod tlakem otvorem v tělese vrtáku a vyplavuje třísky. Charakteristickým znakem hlavního vrtáku je, že mimo řezný plátek má ještě dva vodící plátky. Řezné a vodící plátky mohou být z RO, ale často se používá SK.

1.1.2.2 Korunové trepanační hlavy

Se používají v širokém rozmezí průměrů –30 až 500mm. Jedná se o několikabřité vrtací nástroje, u nichž je řezná kapalina přiváděna k místu řezu vnitřkem nástroje a odchází spolu s třískami vnějškem nástroje mezi jednotlivými břity ven z otvoru. Protože prostor pro odvod třísek je velmi omezen, je nutno věnovat velkou pozornost pečlivému rozdělení a tvarování třísek.

1.1.2.3 Nástroje BTA (Bohring and Trepanning Association)

Umožňují nejproduktivnější vrtání hlubokých děr. Vrtat lze do plného materiálu, na jádro, nebo zvětšovat předvrtanou díru.

1.1.2.4 Vrtací hlava do plna

Je používána pro výrobu hlubokých otvorů v rozsahu průměrů 20 až 60 mm. U menších průměrů jsou řezné i vodící plátky připájeny přímo do vrtací trubky, u větších průměrů je vrtací hlava přišroubována zpravidla plochým závitem k vrtací trubce. Protože šířka třísky vytvořená řezným plátkem je z hlediska jejího odplavování z místa řezu příliš velká, je hlavní ostří provedeno odstupňovaně, aby došlo k rozdělení na menší celky.

1.1.2.5 Vrtací hlava na jádro

Je používána pro vrtání děr průměru 60 až 200mm. Řezný plátek odebírá pouze mezikruží materiálu, takže uprostřed zůstává „jádro“. Tento způsob je výhodný zejména z energetického hlediska. Vyžaduje však zajištění dobrého dělení třísek.

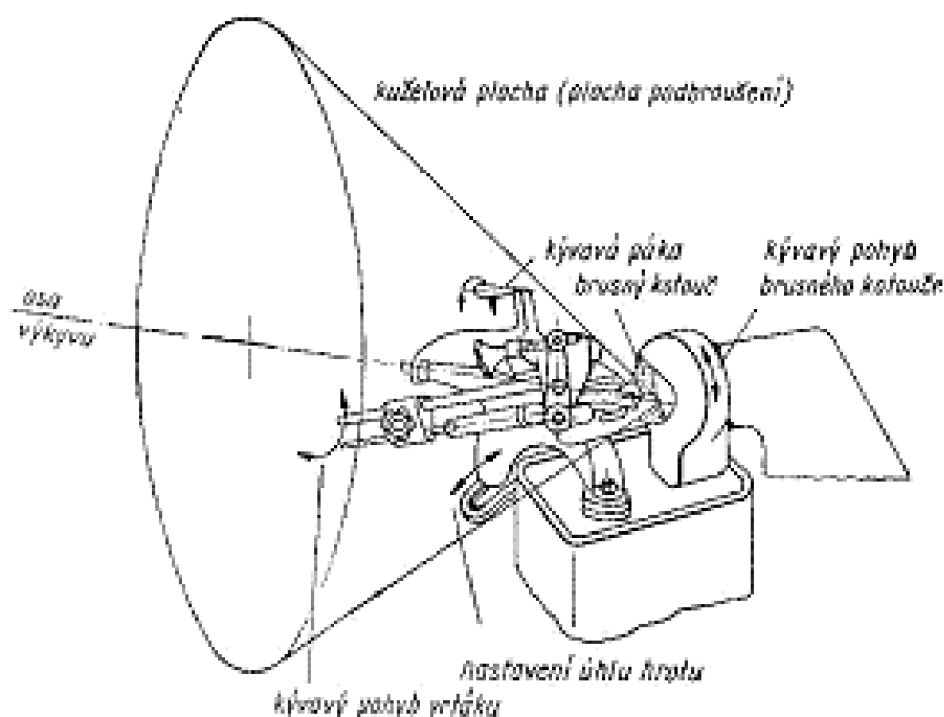
1.1.2.6 Vrtací hlava pro zvětšování již vyvrtané díry

Odebírá třísky o malém průřezu. Hlava je opatřena v přední části dvěma vodícími plátky ze SK a v zadní části ještě třemi vodícími lištami z umělé hmoty.

1.2 Ostření vrtáků, ostříčky a pomůcky ke kontrole naostřených vrtáků

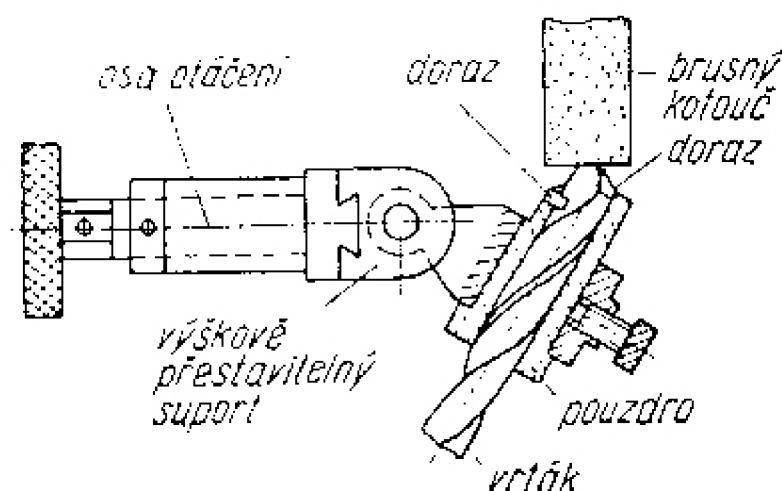
O výkonu nástrojů na díry rozhoduje jakost břitů. Protože břity jsou při vrtání, zahlubování, vystružování a závitování vystaveny opotřebení, je nutné obnovovat jejich řezivost novým naostřením. Od běžných způsobů ostření se odlišuje zejména ostření šroubovitých vrtáků.

Hlavní metodou ostření vrtáků je *podbrušování hřbetních ploch hlavních břitů* kuželovými plochami. Ostří se podle obr. 3 tak, že držák s vrtákem upnutým v čelistech se vzhledem k ložisku vykloní a pákou se natočí kolem osy kužele, jehož povrchová plocha vytvoří odvalením po čelní ploše brusného kotouče hřbetní plochu břitu. Ložisko, v němž se držák vrtáku otáčí, lze ustavit do různého úhlu vzhledem k čelní ploše brusného kotouče, a tím se mění úhel hrotu vrtáku. Sklon držáku vzhledem k ložisku je neměnný. Podle průměru vrtáku se však mění poloha osy kužele vzhledem k ose vrtáku. Ložisko brusného kotouče je upraveno tak, že při vykyvování vrtáku se brusný kotouč posouvá podél broušené plochy. Účelem toho je zajistit rovnoměrné opotřebení brusného kotouče a u větších vrtáků při úzké čelní ploše brusného kotouče obsáhnout celou délku břitu.

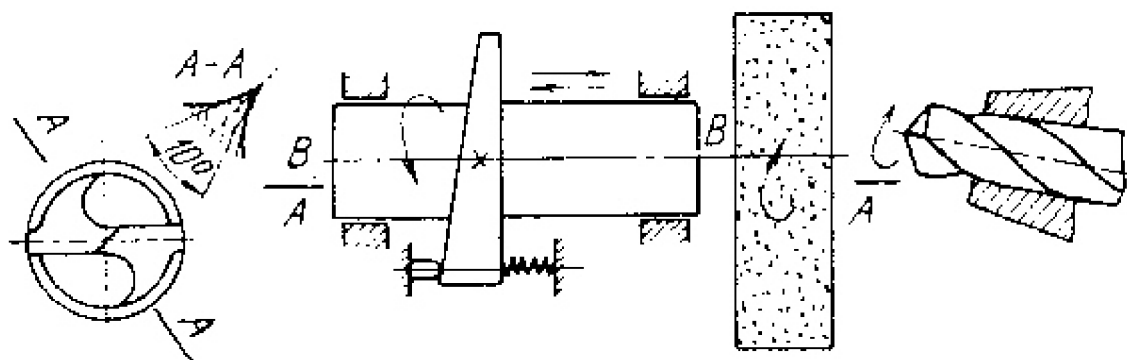


Obr. 3. Kinematické schéma ostříčky na vrtáky

Vrtáky do průměru 13 mm se ostří podle obr.4 na malé ostříčce tak, že hřbetní plochy hlavních břitů jsou vytvořeny válcem. Často používané jsou i ostříčky podle obr. 5 Vrták se otáčí v závislosti na pohybech brusného kotouče, na jehož čelní ploše se lišty vrtáku ostří. Planetovým pohybem brusného kotouče, spojeným s podélným osovým pohybem řízeným vačkou, vytvoří se dutý výbrus hřbetní plochy u příčného břitu, sníží se podstatně vrcholový úhel příčného břitu a s ním i osové tlaky při vrtání.



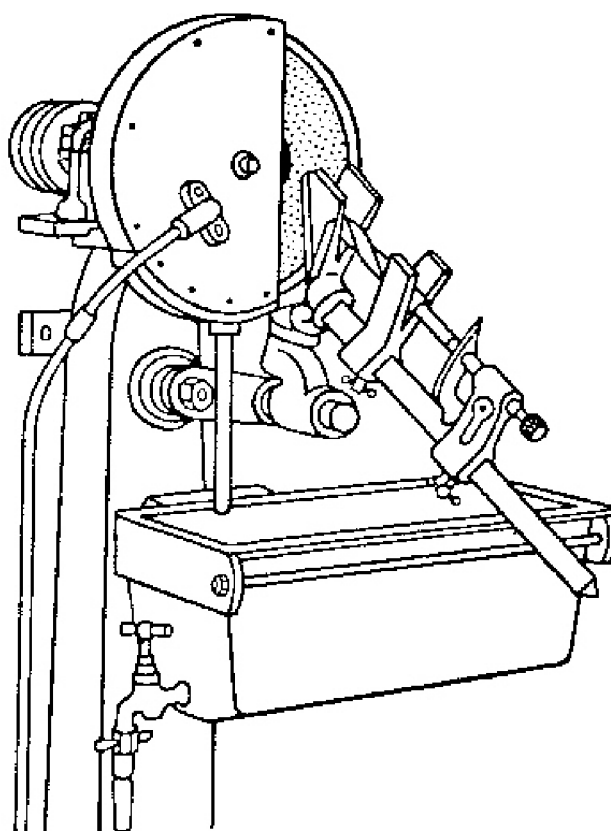
Obr. 4. Uložení vrtáků při podbrušování hřbetu válcovou plochou



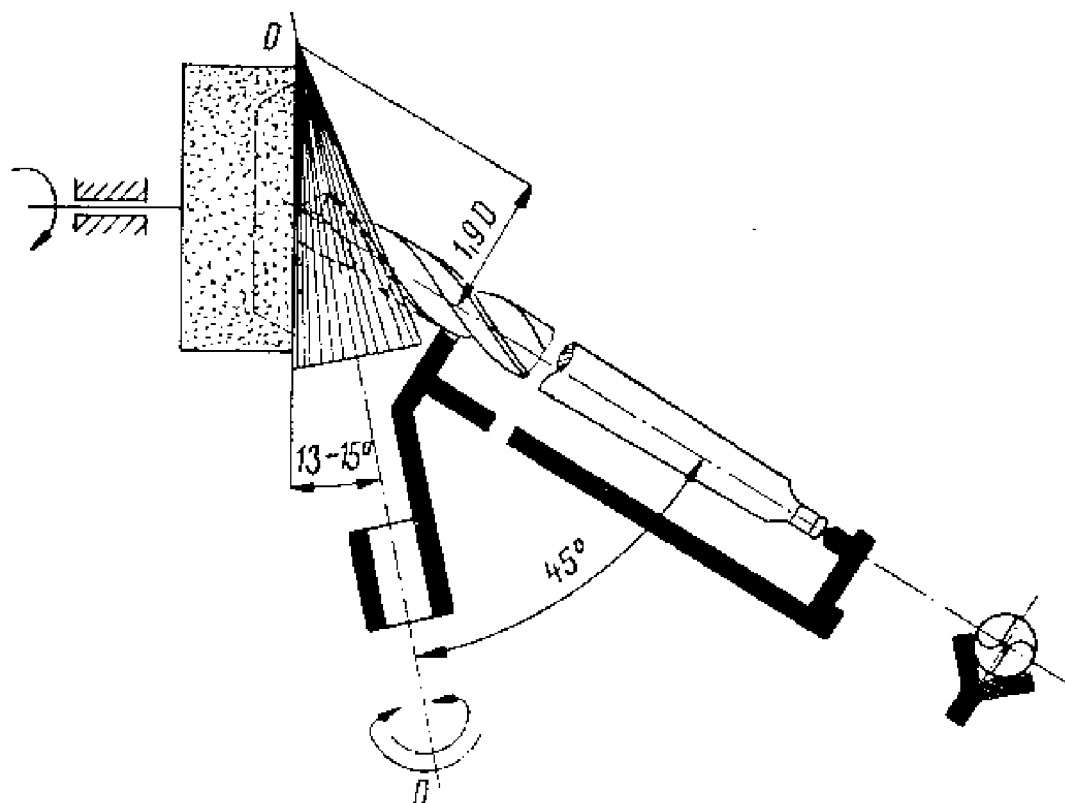
Obr. 5. Kinematické schéma ostříčky na šroubovitě vrtáky

Z kinematických důvodů je otáčivý pohyb hlavičky k upnutí vrtáku mechanický.

K občasnému ostření vrtáku se používá *přídavných pomůcek* k dvoukotoučovým stolním brusům (obr. 5). Pomůcka podle obr. 6 je k ostření metodou Washburneovou a jde o již zmíněné *podbrušování kuželovými plochami*. Vrták se natáčí kolem čepu v ose kužele s vrcholem nad hrotem vrtáku.

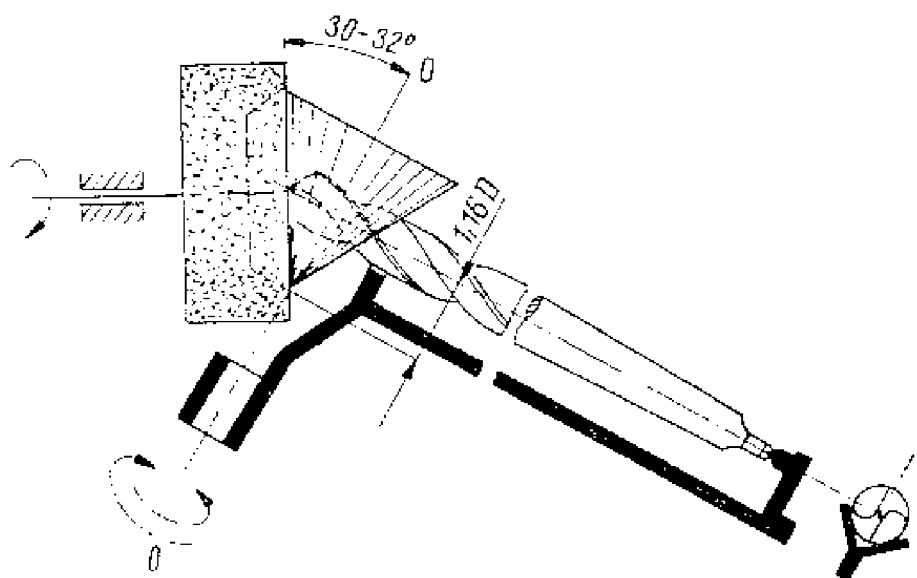


Obr. 6. Přídavná pomůcka k ostření vrtáku na dvoukotoučové brusce



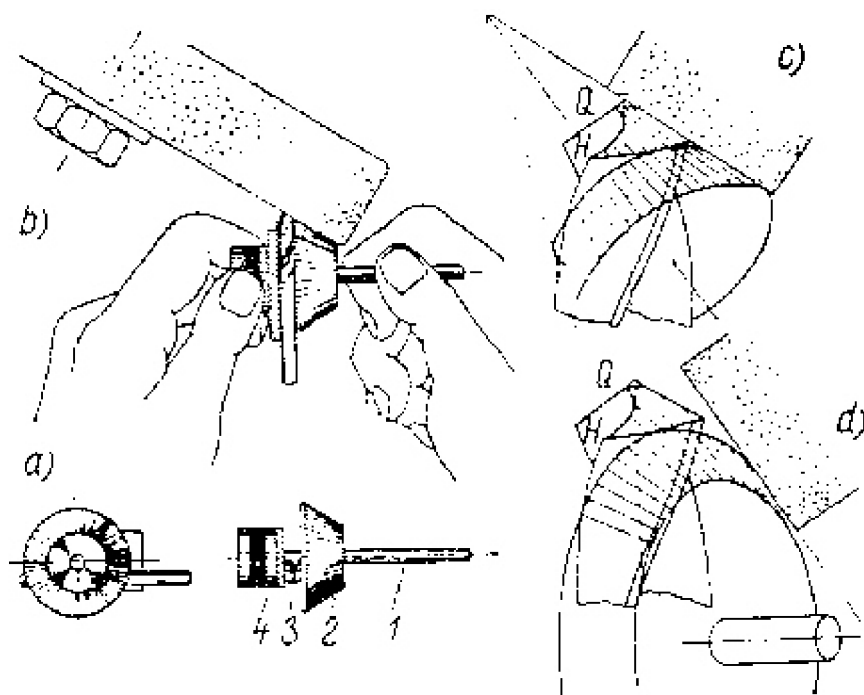
Obr. 7. Přídavná pomůcka k ostření metodou Washburneovou

Pomůcka podle obr. 8 je k ostření vrtáků metodou Weiseckerovou. Osa kužele 60° je kolmá k ose vrtáku. Vybrušuje se hrot vrtáku s úhlem 120° . Vrchol kužele je pod hrotem vrtáku ve vzdálenosti $1,16 D$.



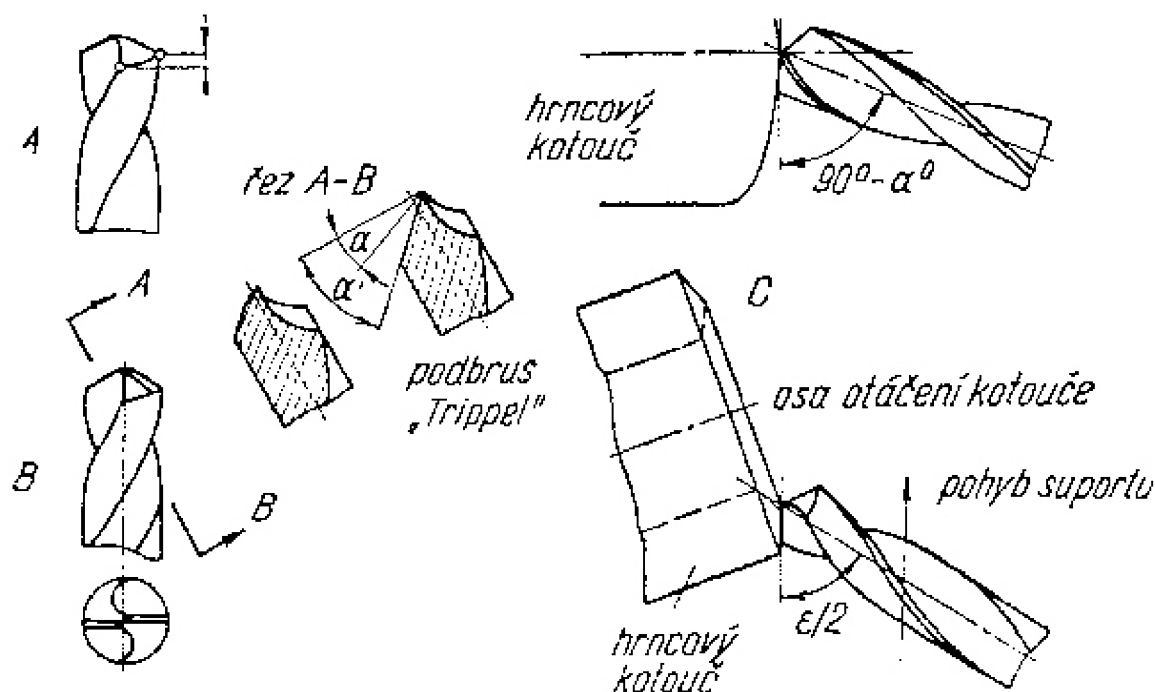
Obr. 8. Přídavná pomůcka k ostření metodou Weiseckerovou

Na obr.9 je pomůcka k ostření vrtáků „od ruky“, založena na využití Weiseckerova způsobu. Pomůcka (obr. 9a) se skládá z trnu 1, z kuželového vodítka 2, z upínací příložky s prizmatickými drážkami a z upínací matice 4. Při ostření vrtáku (obr. 9b) se pomůcka odvaluje po člení ploše brusného kotouče. Z obr. 9c a 9d je patrný rozdíl mezi metodou Washburneovou a Weiseckerovou.

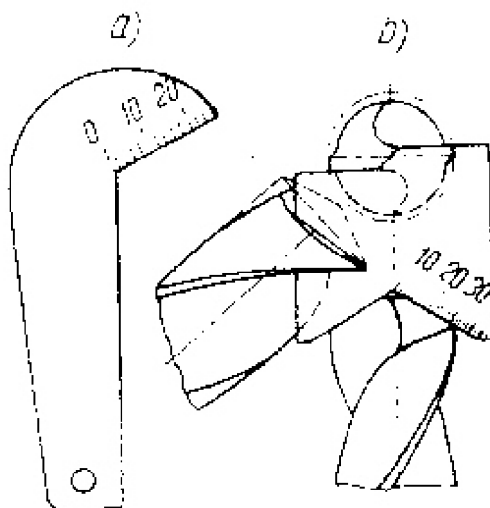


Obr. 9. Pomůcka k upnutí vrtáku při ručním ostření: a,b,d- nový způsob ostření, c- nejčastěji používaný způsob ostření,
1- trn, 2- kuželové vodítko, 3- vrták, 4- upínací předložka a upínací matice

Nejmenší vrtáky jsou naostřeny tak, aby *podbrus hřbetní plochy* byl rovný. Výhodou je možnost ostřit na témž stojí pravé i levé vrtáky. *Plochý podbrus* (obr. 10A) se upravuje na ostříčce Shaublin SV 27, která je na vrtáky do průměru 3 mm. U větších vrtáků se uplatňuje plochý podbrus, u něhož je hřbet podbroušen na dvakrát (obr. 10B). Tento způsob, zvaný podle původce „Trippel“, se liší od *kuželového podbrusu* tím, že eliptický pronik je nahrazen rovinným a že při ostření se po určitou dobu brousí jen úzká fasetka na hřbetní ploše. Bruska Trippel-Swiss Tool (obr.10C) má kuželovitě zkosený brusný kotouč. Vrták je zasunut do díry upínacího bubnu, který je na suportu ručně posouván podél zkosené čelní plochy brusného kotouče. Sklon vrtáku je určen polohou díry v upínacím bubnu, poloha břitu v upínací díře je určena nárazkou.



Obr. 10. Druhy podbrusu šroubových vrtáků: A- plochý, B- kuželový a lomený, C- hrncovým kotoučem

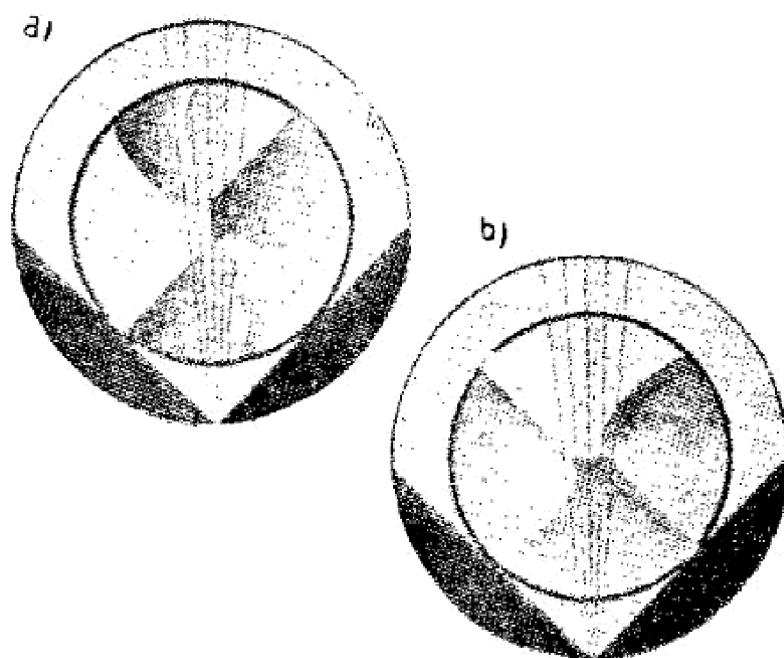


Obr. 11. Šablony používání při kontrole vrtáku po naostření

Naostřený vrták se kontroluje šablonami a lupou. Šablony podle obr. 11 jsou pro kontrolu hlavních břitů, lupa podle obr. 12 je pro kontrolu příčného břitu. Šablona na špičky šroubových vrtáků (obr. 11) podle ÚN 25 3865 je pro vrták do průměru 40 mm, s úhlem hrotu 118° . Stupnice dělená po 1 mm umožňuje změřit délku hlavních břitů, a tím zkontrolovat jejich symetrii k ose vrtáku. Na průsvit lze také kontrolovat symetrii

vrcholového úhlu hrotu. *Univerzální šablona* podle obr. 11b měří úhly hrotu, délku hlavních břitů a úhel břitu, kontroluje symetrii příčného břitu.

Lupy podle obr. 12, které vyrábí n.p. Somet Teplice pro vrtáky $\varnothing 0,3$ až 3 mm, $\varnothing 3$ až 8 mm a $\varnothing 8$ až 30 mm, jsou na kontrolu symetrie příčného břitu. Vloží-li se vrták do prizmatu přístroje a natočí podle obr 12a, musí příčný břit probíhat po půlící rysce stupnice. Nekryje-li se příčný břit se střední ryskou, je vrták naostřen jednostranně. *Souměrnost příčného břitu* s hlavními břity se kontroluje podle obr. 12b tím, že se vrták natočí a podle šikmých rysek se zkontrolují průsečíky hlavních břitů a příčného břitu. U správně naostřeného vrtáku musí být průsečíky symetrické.



Obr. 12. Lupa na kontrolu symetrie břitu vrtáku

Nutnost kontrolovat vrtáky po naostření se zmenšuje, popřípadě odpadá *mechanizací a automatizací ostření*. Stroji ostření na ostříčce BNV 75 zajišťuje větší symetrii úhlu hrotu a délky hlavních břitů než ruční ostření v pomůcce k dvoukotoučové brusce. Další vývoj směřuje k tomu, aby se při jednom upnutí vrtáku bez přepínání kontinuálně ostřily oba břity vrtáku, a tím se vytvořily podmínky k úplné automatizaci ostření, důležité pro hromadnou výrobu vrtáků.

1.3 Trvanlivost břítu nástroje

Doba trvání řezného procesu, která koresponduje s provozuschopným stavem břítu se označuje jako *trvanlivost*. Je to doba, po kterou je nástroj schopen efektivně plnit požadované funkce, které jsou identifikovatelné příslušnými parametry. Trvanlivost nástroje je tedy určena intervalem mezi nasazením nástroje do řezného procesu a vznikem poruchy, kterou končí provozuschopný stav nástroje.

Poruchy nástroje lze třídit z různých hledisek, přičemž z technologického hlediska se rozliší poruch *postupná* (postupná změna jednoho nebo více parametrů – např. opotřebení nástroje) a *náhlá* (prudká změna jednoho nebo více parametrů – např. vylomení břítu, celková destrukce nástroje). Postupná porucha může být v závislosti na čase predikována, zatímco predikce náhlé poruchy je prakticky nemožná.

Jako kritérium vzniku poruchy resp. ukončení provozuschopného stavu nástroje se mohou diagnostikovat parametry opotřebení břítu, drsnost povrchu obrobené plochy, úchylka rozměru obrobené plochy, velikost řezné síly a pod. V technologické praxi se velmi často trvanlivost vztahuje ke kritériu opotřebení břítu nástroje.

Z hlediska teorie spolehlivosti se řezný nástroj posuzuje jako neobnovovaný objekt, kdy po vzniku poruchy se neobnovuje jeho provozuschopný stav (vyměnitelná břitová destička s jedním břitem), nebo jako obnovovaný objekt, kdy po vzniku poruchy se provozuschopný stav obnovuje (šroubovitý vrták – přeastření). U neobnovovaných nástrojů je trvanlivost identická s životností a koresponduje s dobou do poruchy. Pro obnovované nástroje koresponduje trvanlivost s dobou mezi poruchami a životnost s dobou technického života, která je dána součtem trvanlivosti za celou dobu používání.

1.3.1 Trvanlivost a životnost břítu nástroje

Je nejčastěji vyjadřuje jako čas řezného procesu [min] nebo jako dráha řezu [m,km]. Pro vrtání, vyhrubování a vystružování děr se trvanlivost nástroje často vyjadřuje jako délka obrobené díry [m,km].

V hromadné automatizované výrobě je vhodné určit trvanlivost břítu s ohledem na přeseřizování v počtech kusů obrobených součástí určitého typu.

1.3.2 Trvanlivost břitu T

Je obecně závislá na řezných podmínkách. Závislost trvanlivosti na řezné rychlosti se pro jinak konstantní podmínky popisuje jednoduchým *Taylorovým vztahem* ve tvaru.

$$T = f(v_c) = C_T \cdot v_c^{-m} [\text{min}] \quad (1)$$

C_T – konstanta [-]

m – exponent [-]

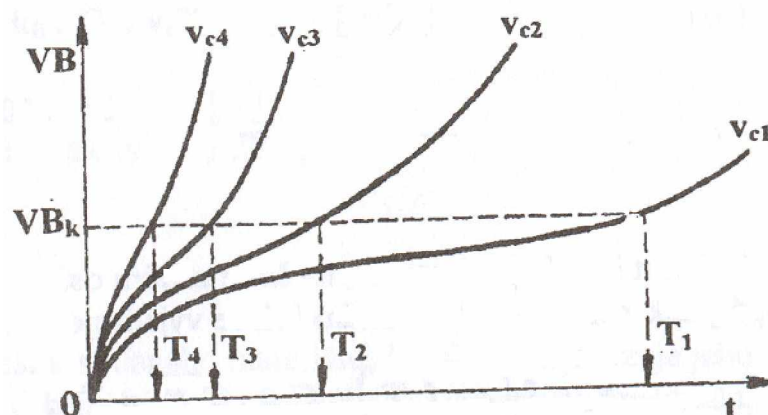
v_c – řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]

Konstanta C_T závisí především na materiálu obrobku a nástroje a nabývá hodnot 10^8 a 10^{12} .

Velikost exponentu m charakterizuje především vlastnosti řezného nástroje:

nástrojové oceli	$m = 10 - 8$
rychlořezné oceli	$m = 8 - 5$
slinuté karbidy	$m = 5 - 2,5$
řezná keramika	$m = 2,5 - 1,5$

Stanovení trvanlivosti břitu pro kritické opotřebení hřbetu VB_k se provede při zvolených řezných rychlostech – obr.13



Obr. 13. Stanovení trvanlivosti břitu T_1, T_2, T_3, T_4 v závislosti na řezných rychlostech $v_{c1}, v_{c2}, v_{c3}, v_{c4}$, pro kritické opotřebení břitu VB_k .

$$T_1 > T_2 > T_3 > T_4, \quad v_{c1} < v_{c2} < v_{c3} < v_{c4}$$

1.4 Hliník a slitiny hliníku

Technický hliník je znečištěn železem, křemíkem, mědí a zinkem. Stupeň čistoty – obsah čistého hliníku – je dán značkami Al 99,5, Al 99 a Al 98/99. Nejčistší hliník má po vyžhání pevnost v tahu 7 až 8 kg/mm²; železo a křemík pevnost zvětšují.

Při teplotách mezi 250 a 350°C se vylučuje volný křemík, čímž se zmenšují pevnost a tažnost.

Nejpříznivější pevností vlastnosti v měkce žíhaném stavu získáme, jestliže hliník po co největším tváření za studna (po 70 procentní až 90 procentní redukci průřezu) měkce vyžháme při 360 až 400 °C. Abychom dosáhli největší chemické odolnosti, žháme jej při 450 až 500 °C. Materiál má teplotním rozmezím 250 až 350 °C projít co nejrychleji; proto je výhodné žhat jej v olověné nebo dusičnanové lázni. Zvláštní přednost hliníku jsou jeho malá měrná váha, velká odolnost proti vlivům atmosféry a mnohým chemickým látkám, jakož i velká tepelná a elektrická vodivost. Jeho použití je omezeno malou pevností.

Hliník a slitiny hliníku nesmějí být bezprostředně spojovány s těžkými kovy, jako je měď a mosaz. Pro značnou negativní elektrolytický potenciál v řadě napětí kovů jsou při přímém spojení s elektropositivními kovy vystaveny značné místní korosi.

Slitiny hliníku byly většinou vytvořeny jako slitiny na odlévání a tváření. Nejhlavnějšími legujícími prvky jsou měď, křemík, hliník, hořčík, zinek, nikl, mangan, titan, antimon. Hliníkokřemíkové slévárenské slitiny jsou zjemňovány přidáním zvláštních solí. Slitiny hliníku s mědí a hořčíkem, hliníku s mědí a niklem, hliníku s mědí a hliníku s hořčíkem a křemíkem je možno vytvrzovat, čímž se podstatně zvětšuje pevnost bez újmy houževnatosti. Vytvrzuje se ohřátím na teplotu, která je pro každou slitinu přesně předepsána (asi 500°C), zakalením do vody a stárnutím. Stárnutí probíhá u mnohých slitin např. u slitiny Al – Cu - Mg při teplotě okolí, u jiných slitin, např. u slitiny Al – Mg – Si, při 100 až 200°C. Hliníkové slitiny obsahují měď jsou málo odolné proti korosi.

Slitiny hliníku se dají svařovat a pájet s použitím zvláštních tavidel, která se pak musí pro nebezpečí korose pečlivě odstranit. Při sváření plamenem se pevnost a odolnost proti korosi vytvrzených nebo mechanicky zpevněných slitin zmenšují; proto je výhodnější nýtování. Provozní teplota vytvrzených slitin je nižší než 120°C. Až do teploty -80°C jsou pevnostní vlastnosti dobré. Slitiny se žhají na měkko při 360 až 400°C. Jejich povrch

chráníme lakováním, stříkáním, plátováním čistým hliníkem, oxidací elektrolytickým eloxováním.

Dural slitina hliníku, mědi (3,5 – 4,5%), hořčíku (0,4 – 0,8%) a manganu (0,4 – 1%)

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Cílem experimentální části bylo najít závislosti mezi veličinami charakterizujícími kvalitu vrtaného otvoru, v tomto případě drsnost povrchu a velikost (rozhození) vrtaného otvoru a faktorů je ovlivňujících. Za faktory, které by mohly potenciálně ovlivnit kvalitu procesu vrtání byly předpokládány následující:

- a) vyosení špičky vrtáku
- b) velikost rychlosti posuvu
- c) průměr vrtacího nástroje
- d) materiál vrtaného otvoru

V praxi nelze stoprocentně zajistit souosost špičky vrtáku s jeho osou, resp. ji lze zajistit jen s dodatečnými náklady na proces broušení a proto je třeba ohodnotit citlivost jakosti povrchu vrtaného otvoru resp. dodržení vrtaného průměru (geometrii) na tento vliv.

Rychlost posuvu ovlivňuje velikost odebírané třísky a tepelné procesy při řezání. Průměr vrtacího nástroje charakterizuje řeznou rychlost a rovněž ovlivňuje velikost třísky a tepelné poměry při řezání.

Mechanické vlastnosti obráběného materiálu jsou základním faktorem při obrábění.

Z výše uvedených důvodů byla experimentální část rozdělena jednak na přípravu nástrojů (vrtáků) a jednak na vlastní vrtání.

2.1 Příprava vrtáků

V rámci přípravy nástrojů pro vrtání bylo provedeno broušení vrtáku na dvoukotočové brusce metodou Washburneovou, která je popsána ve studijní části. Pro hledání závislostí, které jsou uvedeny níže, bylo třeba provést různé vyosení špičky nástroje proti jeho ose. Vyosení bylo zajištěno takovým způsobem, že se pod vrták při broušení podkládaly podložky různé tloušťky. V tomto konkrétním případě 0,5, 0,7 a 1mm. Přípravné práce se prolínaly s vlastním vrtáním, neboť ostří nástrojů bylo nutné několikrát přebroušovat.

2.2 Vrtání

2.2.1 Univerzální frézka s digitálním odměřováním FHV-50 PD

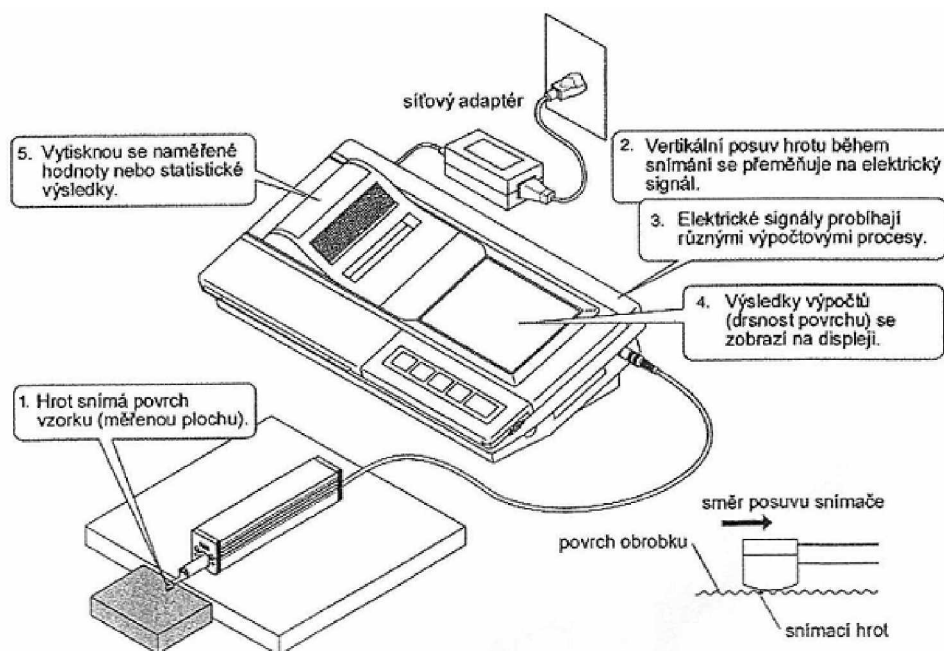
Vrtání bylo prováděno na digitální univerzální frézce s odměřováním FHV-50 PD. Univerzální frézka se používá pro obrábění kovových i nekovových dílců. Stroj je určen pro všechny důležité funkce vrtání a frézování: vertikální, horizontální, ale i úhlové. Posuv je řízený ručně nebo strojně. Frézku lze využít v nástrojařských dílnách, údržbách, malých a středních výrobních provozech. Univerzální frézky FHV-50PD jsou střední typovou řadou nástrojařských frézek. Stojan s podstavcem slouží jako vedení konzoly. Na zadní straně stojanu je hnací mechanismus horizontálního vřetene. Příčný a podélný stůl je umístěn na svisle se pohybující konzole. Úhlově nastavitelný vřeteník s valivě uloženým vřetenem je připevněn k ramenu, které je v prizmatickém vedení na sloupu stroje.



Obr. 14. Univerzální frézka s digitálním odměřováním FHV-50 PD

2.2.2 Měření drsnosti povrchu

Měření drsnosti bylo prováděno přístrojem Mitutoyo SJ – 301. Tento měřicí přístroj je určený na měření drsnosti povrchu pro použití v dílenském prostředí. Svým snímacím hrotem dokáže měřit strukturu povrchu a charakterizovat ji za pomoci řady parametrů podle různých národních a mezinárodních norem (měření bylo charakterizováno za pomoci normy ČSN EN ISO 4287). Výsledky měření se zobrazí digitálně a graficky na speciální na dotek citlivé ovládací obrazovce a pomocí vestavěné tiskárny se mohou vytisknout.



Obr. 15. Přístroj na měření drsnosti povrchu Mitutoyo SJ – 301.

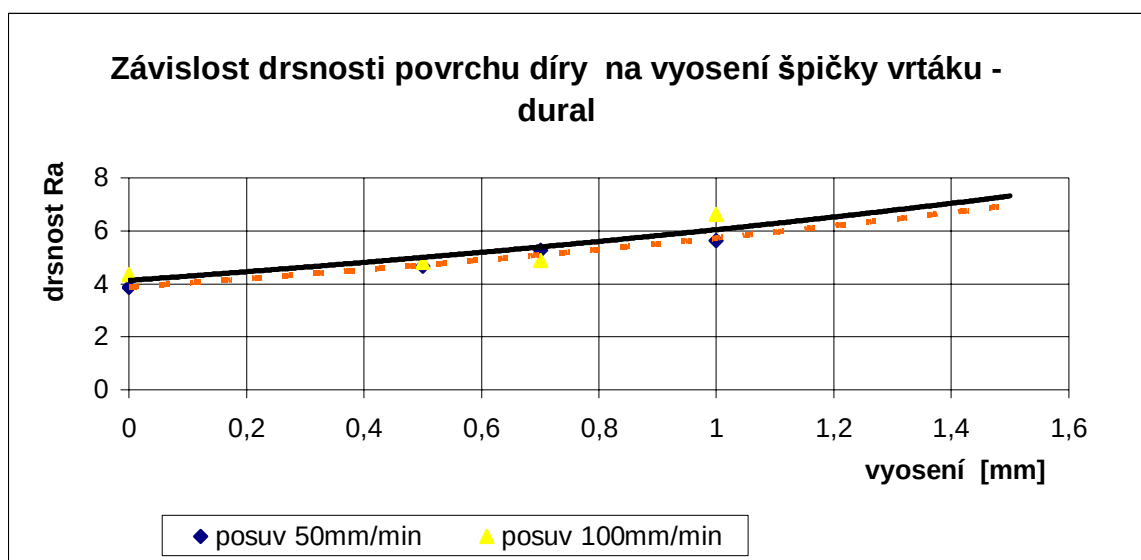
Snímací hrot přístroje zaznamenává i nejmenší nepravidelnosti povrchu vzorku. Drsnost povrchu se vypočítá z vertikálního posuvu snímacího hrotu, ke kterému dochází, když snímací hrot přejíždí přes nepravidelnosti povrchu. Poloha snímacího hrotu vůči obrobku musí být zajištěna tak, aby posuv při měření byl rovnoběžný s povrchem obrobku.

Měření průměru bylo provedeno digitálním posuvným měřidlem.

Pro získání hledaných závislostí na faktorech uvedených na začátku byla provedena celá řada vrtů jednak s vrtáky s jednotlivým vyosením, jednak pro různá nastavení stroje (rychlost posuvu) a jednak pro různé materiály (dural, ocel). Ze získaných výsledků byly poté zpracovány hledané závislosti.

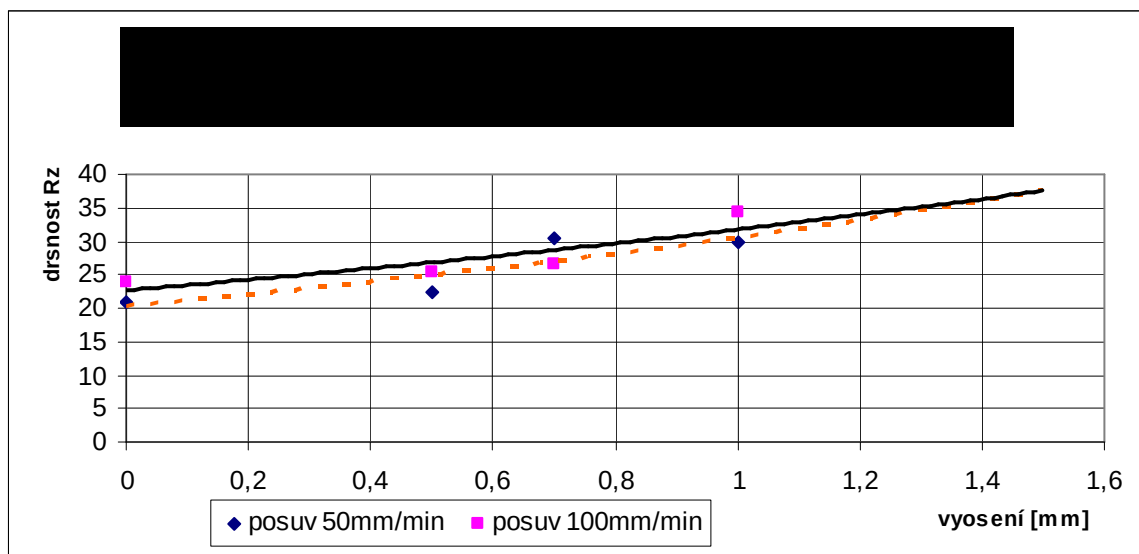
2.2.3 Zjištění závislosti drsnosti povrchu vrtaného otvoru na vyosení špičky vrtáku

Pro zjištění vlivu vyosení na jakost vrtaného otvoru byly zvoleny 4 hodnoty vyosení a to 0mm, 0.5mm, 0.7mm a 1mm. Dalším ovlivňujícím parametrem byl uvažován posuv nástroje a obráběný materiál. Jak je zřejmé z grafu 1 roste drsnost R_a povrchu vrtaného otvoru s vyosením. Hodnoty drsnosti R_a byly získány jako aritmetický průměr ze zjištěných drsností po délce otvoru. Na grafu jsou vyneseny tyto zjištěné střední hodnoty jako jednotlivé body. Hledaná závislost byla získána aproximací těchto bodů metodou nejmenších čtverců. Jak je dále z grafu zřejmé, tak se drsnost se změnou velikosti rychlosti posuvu nástroje výrazně nemění.



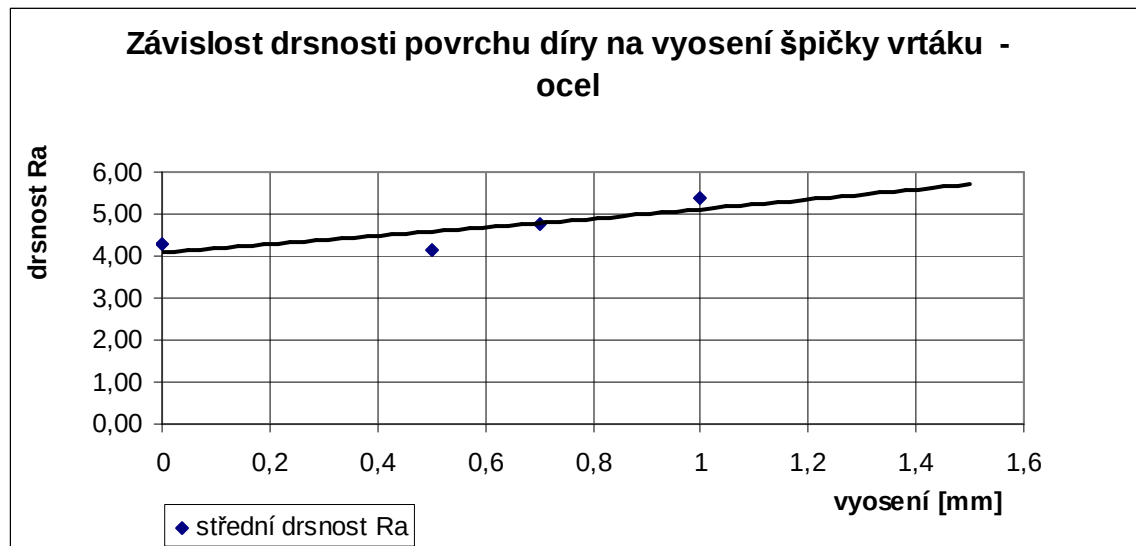
Graf 1. Závislost drsnosti povrchu díry na vyosení špičky vrtáku - dural

Obdobným způsobem byla získána závislost drsností $R_z[\mu\text{m}]$, která ukazuje na mírný vliv rychlosti posuvu v oblasti malých vyosení, v oblasti větších vyosení pak vliv vlastního vyosení nad rychlosti posuvu převládne. Jak je zřejmé z grafu 2 tak se vynesené závislosti v oblasti větších vyosení špičky vrtáku sbíhají.



Graf 2. Závislost drsnosti povrchu díry na vyosení špičky vrtáku - dural

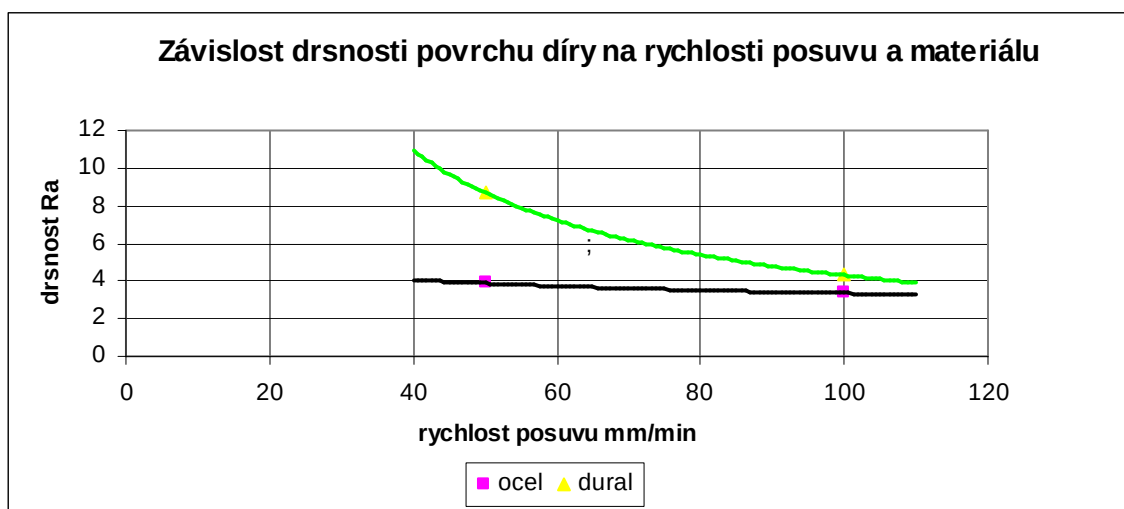
Z vynesené závislosti drsnosti povrchu $Ra[\mu m]$ vrtaného otvoru na vyosení špičky nástroje pro dural na grafu 1 a pro ocel na grafu 3 zřejmé, že charakter závislosti zůstává stejný a jen strmost je pro ocel poněkud menší. Menší citlivost oceli na velikost vyosení lze snad vysvětlit jejími lepšími mechanickými vlastnostmi.



Graf 3. Závislost drsnosti povrchu díry na vyosení špičky vrtáku - ocel

2.2.4 Zjištění závislosti drsnosti povrchu vrtaného otvoru na rychlosti posuvu a vrtaného materiálu

Pro objektivní stanovení hledané závislosti nebyl pořízen reprezentativní počet měření. Nic méně jak je zřejmé z grafu 4, není ocel na změnu rychlosti posuvu v rozsahu od 50 mm/min do 100 mm/min prakticky vůbec citlivá. V případě duralu byla získaná závislost vypovídající o zlepšující se drsnosti povrchu vrtaného otvoru s velikostí rychlosti posuvu.

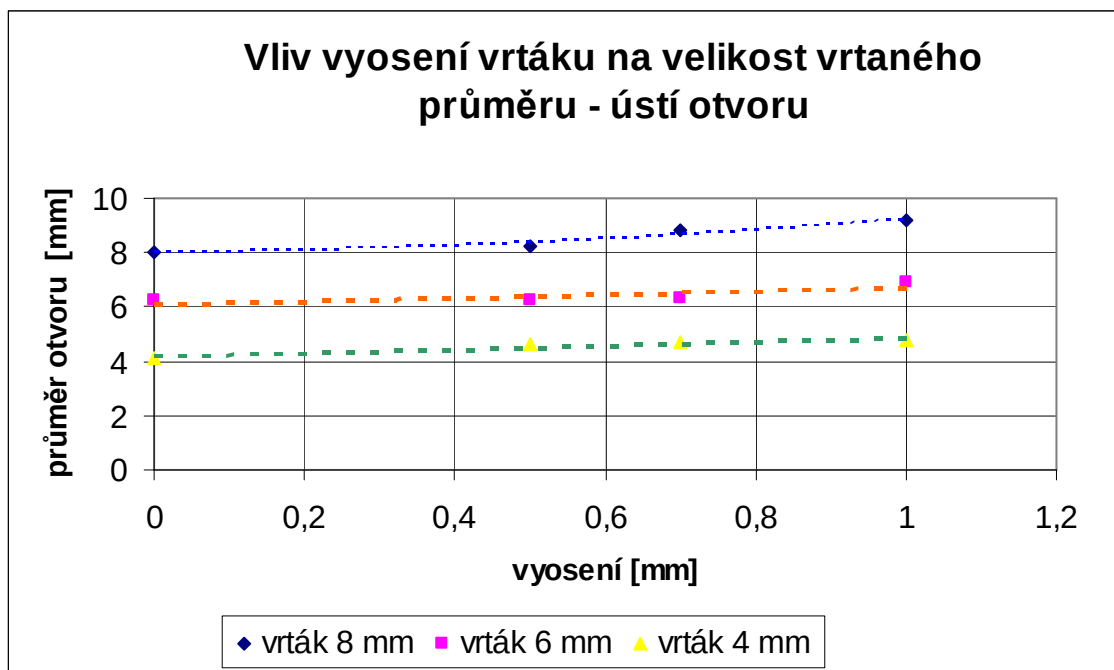


Graf 4. Závislost drsnosti povrchu díry na rychlosti posuvu a materiálu

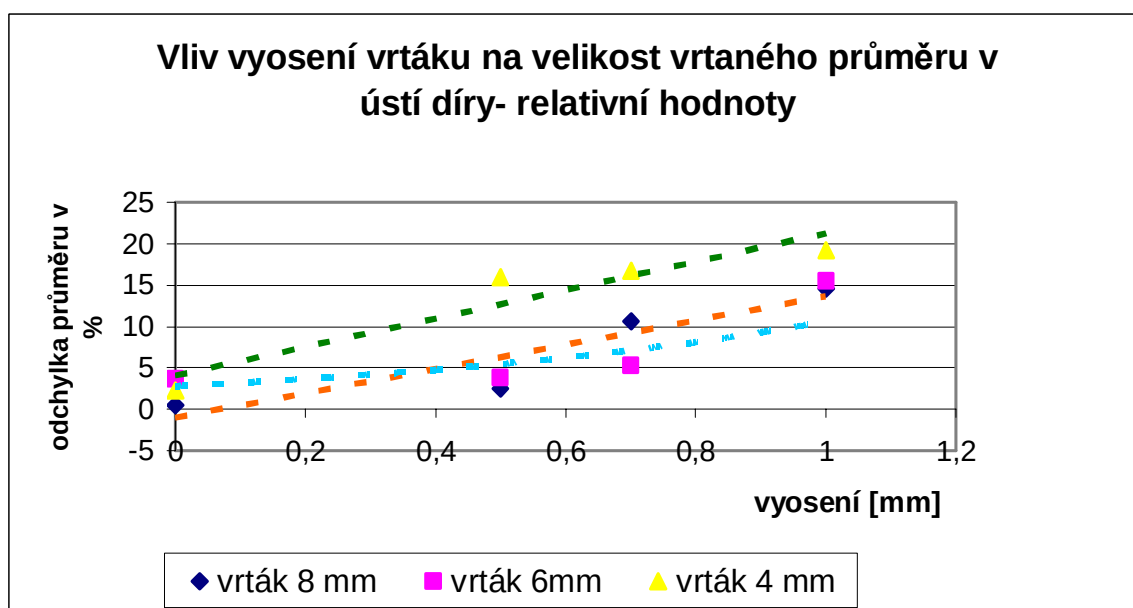
2.2.5 Vliv vyosení špičky vrtacího nástroje na velikost vrtaného průměru

Při hledání vlivů vyosení vrtáku na velikost vrtaného otvoru byl jako měnící se parametr uvažován průměr vrtacího nástroje 4, 6 a 8 mm. Dalším parametrem byl pak začátek či konec vrtaného otvoru. Jak je zřejmé z grafu 5 roste s vyosením špičky vrtacího nástroje velikost vrtaného průměru v ústí otvoru. Jak je rovněž zřejmé s tohoto obrázku citlivost velikosti vrtaného průměru na průměru vrtáku absolutní hodnotě klesá.

Pro objektivnost byla vynesena závislost relativní odchylky průměru v % na velikosti vyosení, která lépe ukazuje citlivost menších průměrů vrtaných otvorů s tímto parametrem. Zde se ukazuje, že poměrná hodnota "rozhození" otvoru s menšími průměry v závislosti na vyosení výrazněji roste. Toto je zřejmé z grafu 6.

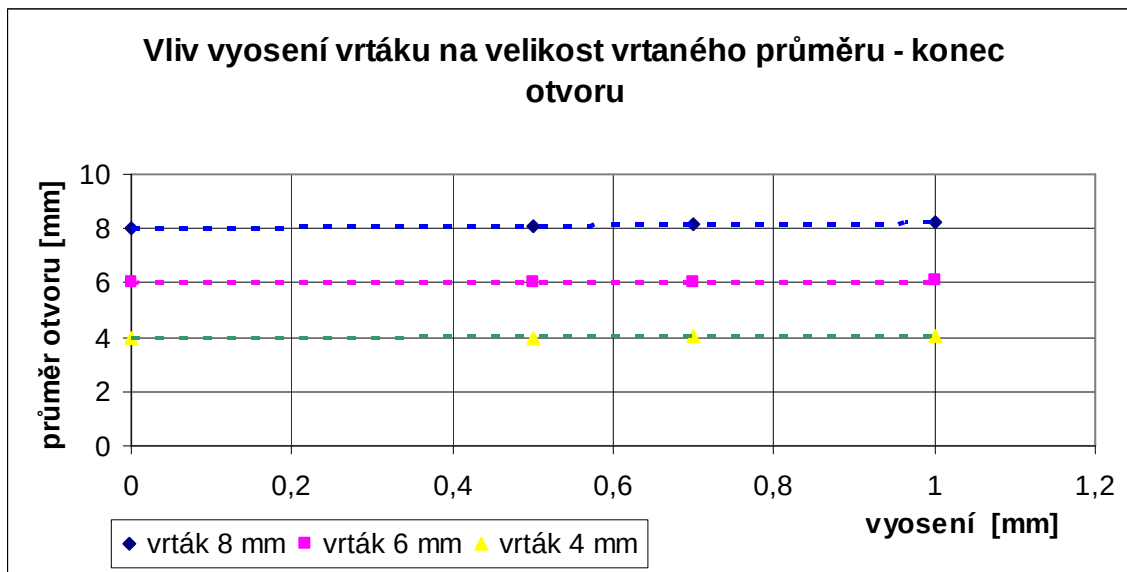


Graf 5. Vliv vyosení vrtáku na velikost vrtaného průměru – ústí otvoru



Graf 6. Vliv vyosení vrtáku na velikost vrtaného průměru v ústí díry – relativní hodnoty

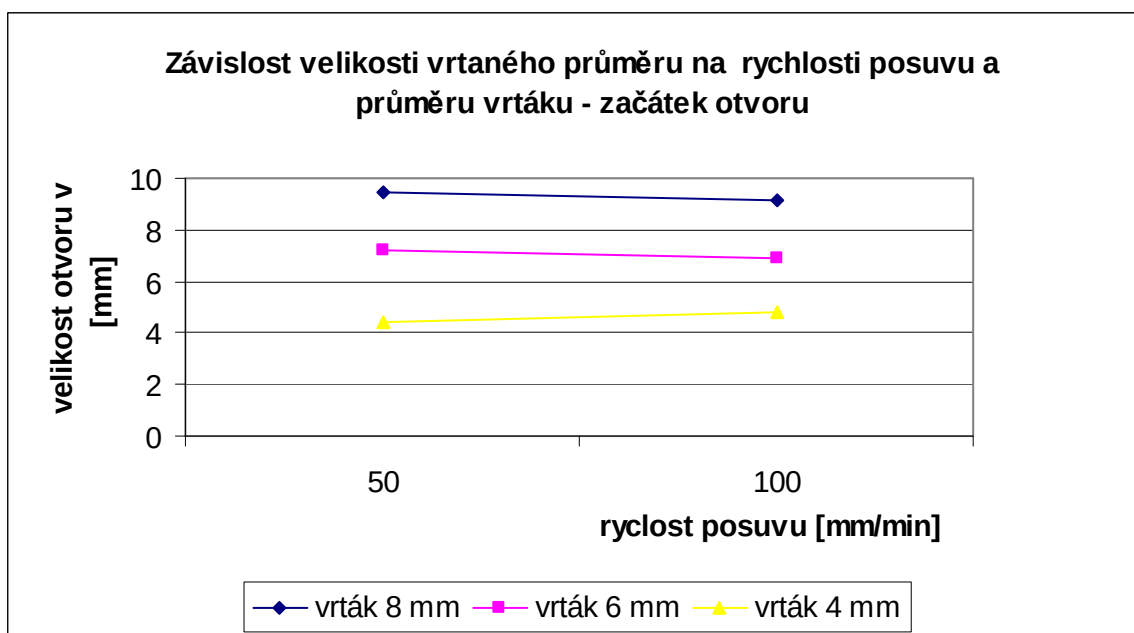
Jiné skutečnosti byly však zjištěny v oblasti konce otvoru, kdy prakticky nedochází ke změně vrtaného průměru s velikostí vyosení v rozsahu 0-1mm. Tato skutečnost je z největší pravděpodobností způsobena vedením nebo stabilizací osy vrtacího nástroje v průběhu vrtání vrtanou dírou. Výše uvedená závislost je zřejmá z grafu 7.



Graf 7. Vliv vyosení vrtáku na velikost vrtaného průměru – konec otvoru

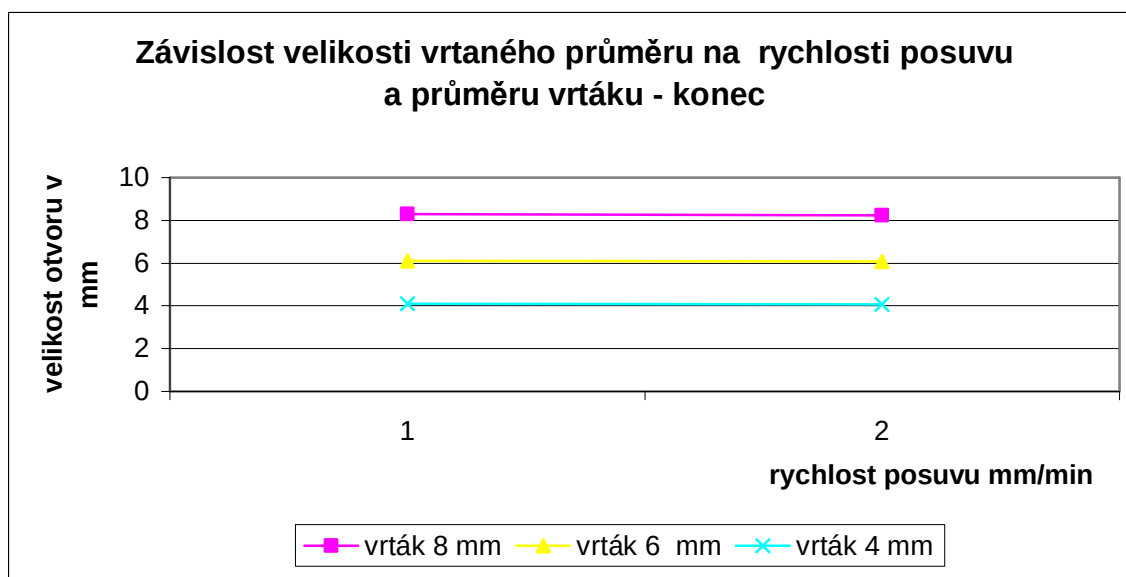
2.2.6 Vliv velikosti vrtaného průměru na rychlosti posuvu nástroje

V rámci měření pro hledání výše uvedených závislostí byla z naměřených hodnot vynesena také závislost velikosti vrtaného otvoru na rychlosti posuvu vrtacího nástroje pro jednotlivé velikosti vrtáků 4, 6 a 8mm. Pevným neměnným parametrem byla velikost vyosení špičky vrtacího nástroje – 1mm. Jak je zřejmé z grafu 8 má pro průměry vrtáku 8 a 6mm rychlost posuvu mírně příznivý vliv na velikost (rozhození) vrtaného otvoru.



Graf 8. Závislost velikosti vrtaného průměru na rychlosti posuvu a průměru vrtáku – začátek otvoru

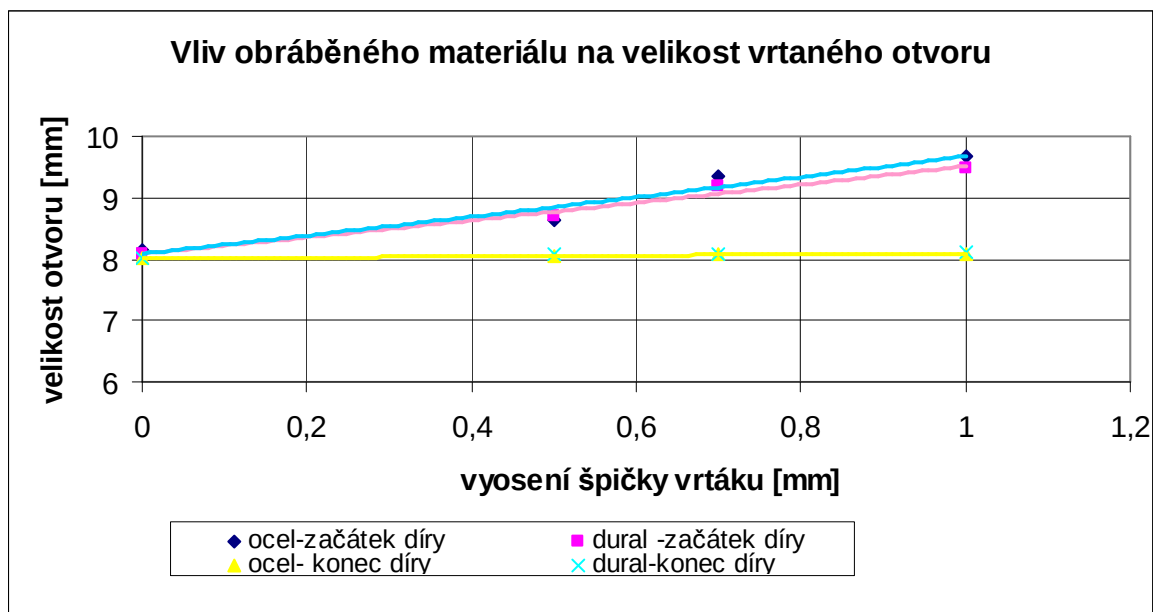
Tato skutečnost je zřejmě způsobena kratší dobou kontaktu vrtacího nástroje s vrtaným materiálem. U vrtáku průměru 4mm tato závislost naměřena nebyla. Obdobně jako u závislosti velikosti vrtaného otvoru na vyosení špičky vrtacího nástroje je i v tomto případě konec otvoru velmi málo citlivý na změny rychlosti posuvu nástroje. Tato závislost je zřejmá z grafu 9.



Graf 9. Závislost velikosti vrtaného průměru na rychlosti posuvu a průměru vrtáku – konec otvoru

2.2.7 Vliv obráběného materiálu na velikost vrtaného otvoru

Jako poslední závislost byl hledán vliv vrtaného materiálu (jeho mechanických vlastností) na velikost vrtaného otvoru. Na grafu 10, kde jsou vyneseny závislosti velikosti otvoru (rozhození) na vyosení vrtacího nástroje v ústí a konci vrtaného otvoru vidíme, že po aproximaci naměřených bodů metodou nejmenších čtverců rozhození ústí otvoru s vyosením špičky vrtacího nástroje mírně roste a je pro dural i ocel prakticky stejné. Jak již bylo zjištěno u předcházejících závislostí je citlivost konce otvoru na změny vyosení špičky rezného nástroje u obou materiál nízká.



Graf 10. Vliv obráběného materiálu na velikosti vrtaného otvoru

3 ZÁVĚR

Provedené experimenty ukazují na následující závislosti

- drsnost povrchu otvoru se zvyšuje s rostoucím vyosením nástroje, při čemž se charakter této závislosti na rychlosti posuvu v rozsahu 50 – 100 mm/min prakticky nemění. Se zlepšujícími mechanickými vlastnostmi se strmost snižuje
- drsnosti povrchu vrtaného otvoru se s rychlostí posuvu nástroje mění u oceli jen velice mírně, kdežto u duralu byl pokles drsnosti s rostoucí rychlosti posuvu nástroje naměřen výraznější
- rozšíření (rozhození) ústí vrtaného otvoru se s rostoucím vyosením špičky nástroje zvyšuje
- rozšíření (rozhození) se v důsledku zvyšující rychlosti posuvu mírně snižuje, při čemž nezávisí na mechanických vlastnostech vrtaného materiálu
- konec vrtaných otvorů je na sledované vlivy mnohem méně citlivější

Pro objektivnost je třeba konstatovat, že zjištěné a naměřené hodnoty jsou získány na základě omezeného počtu měření a proto nemusí být dostatečně reprezentativní. Pro objektivní určení míry výše uvedených vlivů je potřeba provedení značně většího počtu měření spolu s jeho statistickým zpracováním. Pokud je možné tedy vyslovit nějaké zobecnění tak jen k problematice vyosení špičky nástroje, které je nutné minimalizovat a k otázce ústí a konce díry, z které vyplývá, že při měření vrtaných děr je třeba měřit ústí děr, které jsou na nepřesnosti výrazně citlivější. Z ostatních vlivů jako je vliv materiálu a vliv rychlosti posuvu nástroje zobecnění na základě provedených měření možné není.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- (1) Vadavovič, A.: Vrtání kovů. SNTL Praha 1976.
- (2) Schmidt, E.: Řezné nástroje. SNTL Praha 1978.
- (3) Mádl, J.aj.: Jakost obráběných povrchů UJEP 2003. ISBN 80-7004-539-4.
- (4) Kocman, K.-Prokop,J.: Technologie obrábění. CERM 1996. ISBN 80-214-1996-2.
- (5) Dubbel: Inženýrská příručka pro stavbu strojů , I díl. SNTL Praha 1961.
- (6) Černoch, S.: Strojně technická příručka. SNTL Praha 1959.
- (7) Mitutoyo SJ – 301, Přístroj na měření drsnosti povrchu. Návod k použití.
- (8) FHV – 50 PD, Univerzální frézka s digitálním odměřováním. Návod k použití.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

RO	rychlořezná ocel	
A_γ	čelo vrtáku	
A_α	hlavní hřbet	
$A'_{\alpha 1}$	první vedlejší hřbet	
$A'_{\alpha 2}$	druhý vedlejší hřbet	
S	ostří	
S'	vedlejší ostří	
κ_r	úhel nastavení hlavního ostří	[°]
ω	úhel stoupání šroubovice	[°]
D	průměr vrtáku	[mm]
PVC	polyvinylchlorid	
TiN	titan nitridu	
L	délka vrtáku	[mm]
SK	slinutý karbid	
V_c	řezná rychlost	[m/min]
BTA	bohring and trepanning association	
C_T	konstanta	[-]
m	exponent	[-]
T	trvanlivost	[min]
VBk	trvanlivost břitů pro kritické opotřebení	
	hřbetu	[min]
Al	hliník	
Cu	měď	
Mg	hořčík	
Si	křemík	
Rz	výška nerovnosti profilu z deseti bodů	[μm]

Ra	střední aritmetická úchylka profilu	[μm]
ČSN	česká technická norma	

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Ostří a plochy na řezné části šroubovitého vrtáku.....	7
Obr. 2. Způsoby ostření šroubovitého vrtáku	8
Obr. 3. Kinematické schéma ostříčky na vrtáky	12
Obr. 4. Uložení vrtáků při podbrušování hřbetu válcovou plochou	12
Obr. 5. Kinematické schéma ostříčky na šroubovité vrtáky.....	13
Obr. 6. Přídavná pomůcka k ostření vrtáku na dvoukotočové brusce	13
Obr. 7. Přídavná pomůcka k ostření metodou Washburneovou.....	14
Obr. 8. Přídavná pomůcka k ostření metodou Weiseckerovou	14
Obr. 9. Pomůcka k upnutí vrtáku při ručním ostření:	15
Obr. 10. Druhy podbrusu šroubovitých vrtáku	16
Obr. 11. Šablony používání při kontrole vrtáku po naostření	16
Obr. 12. Lupa na kontrolu symetrie břitu vrtáku.....	17
Obr. 13. Stanovení trvanlivosti břitu	19
Obr. 14. Univerzální frézka s digitálním odměřováním FHV-50 PD.....	23
Obr. 15. Přístroj na měření drsnosti povrchu Mitutoyo SJ – 301.	24

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1. Závislost drsnosti povrchu díry na vyosení špičky vrtáku – dural	25
Graf 2. Závislost drsnosti povrchu díry na vyosení špičky vrtáku – dural	26
Graf 3. Závislost drsnosti povrchu díry na vyosení špičky vrtáku – ocel.....	26
Graf 4. Závislost drsnosti povrchu díry na rychlosti posuvu a materiálu	27
Graf 5. Vliv vyosení vrtáku na velikost vrtaného průměru – ústí otvoru.....	28
Graf 6. Vliv vyosení vrtáku na velikost vrtaného průměru v ústí díry – relativní hodnoty ..	28
Graf 7. Vliv vyosení vrtáku na velikost vrtaného průměru – konec otvoru.....	29
Graf 8. Závislost velikosti vrtaného průměru na rychlosti posuvu a průměru vrtáku – začátek otvoru	29
Graf 9. Závislost velikosti vrtaného průměru na rychlosti posuvu a průměru vrtáku – konec otvoru.....	30
Graf 10. Vliv obráběného materiálu na velikosti vrtaného otvoru.....	31