



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ANALÝZA TECHNOLOGIE OSTŘENÍ ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ

ANALYSIS OF CUTTING TOOLS SHARPENING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAROMÍR ŠTEFEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. OSKAR ZEMČÍK, CSc.

BRNO 2008

ABSTRAKT

V této práci je uvedeno základní rozdělení technologií a metod používaných při broušení a ostření řezných nástrojů a jejich následný rozbor. Dále jsou uvedeny základní stroje a nástroje používané při ostření. Poznatky o jednotlivých metodách jsou porovnány a doporučeny k využití v praxi.

Klíčová slova:

Ostření, broušení, nástroj, brousící kotouč, řezný nástroj, stroj, bruska, břit.

ABSTRACT

In this work is quote basic division technologies and method used at cut and sharpening cutting tools and their successive analysis. Next are quote basic machines and tools used at sharpening. Knowledge about individual method are compared and recommend to utilization in practice.

Key words :

Sharpening, cut, tool, sharpen reel, cutting tool, machine, grinder, sharpness.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠTEFEK, J. *Analýza technologie ostření řezných nástrojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 34 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Oskar Zemčík, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Analýza technologie ostření rezných nástrojů* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 22.května 2008

.....

Jaromír Štefek

Poděkování

Děkuji tímto všem, kteří mi během práce pomáhali. Především děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Oskarovi Zemčíkovi, CSc za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt.....	2
Prohlášení.....	4
Poděkování.....	5
Obsah	6
Úvod	7
1 TECHNOLOGIE A METODY OSTŘENÍ ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ.....	8
1.1 Konvenční metody.....	8
1.1.1 Ostření abrazivními nástroji.....	8
1.1.2 Ostření diamantovými nástroji a nástroji z kubického nitridu boru.....	9
1.2 Nekonvenční metody.....	10
1.2.1 Elektrolytické broušení a ostření metodou vázaného brusiva	10
1.2.2 Elektrolytické ostření a broušení metodou volného brusiva	11
1.2.3 Elektrochemické tvarování řezných nástrojů ocelovým kotoučem	12
1.2.4 Eroze drátovou elektrodou	13
2 ROZBOR JEDNOTLIVÝCH METOD OSTŘENÍ	14
2.1 Ostření abrazivními nástroji, diamantovými nástroji a nástroji z KNB.....	14
2.1.1 Nastavování řezných úhlů	14
2.1.2 Ostření soustružnických nožů	14
2.1.3 Ostření fréz	17
2.1.4 Ostření vrtáků.....	18
2.1.5 Ostření závitníků	20
3 STROJE A NÁSTROJE POUŽÍVANÉ PŘI OSTŘENÍ.....	24
3.1 Stroje pro ostření nástrojů	24
3.1.1 Univerzální nástrojové brusky	24
3.1.2 Jednouúčelové a speciální nástrojové brusky	24
3.1.3 Příklad univerzální nástrojové brusky s CNC řízením BN 102 CNC... ..	26
3.2 Nástroje pro ostření	27
4 PARAMETRY OSTŘENÍ	30
5 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH METOD A DOPORUČENÍ VYUŽITÍ.....	31
Závěr.....	32
Seznam použitých zdrojů	33
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	34

ÚVOD

Vývoj technologie obrábění součástek třískovým obráběním ve strojírenství a v dalších oborech je úzce spjatý s úrovní řezných nástrojů, které jsou hlavním činitelem procesu řezání. Potvrzuje to i výrok prof. Hirschfelda, tvůrce technologické školy v bývalém Československu, který říká: „ekonomika obrábění se vytváří na hrotu nástroje“.

Řezné nástroje procházejí neustálým vývojem, ve kterém se zdokonaluje jejich geometrický tvar, zejména tvar břitu, a tím dochází i ke zdokonalování řezných vlastností řezných nástrojů. Tyto vlastnosti se projevují vzájemnou reakcí mezi nástrojem, obrobkem a třískou v řezném procesu a ovlivňují ekonomiku obrábění, hlavně tu část, kterou charakterizujeme jako „náklady na nástroj“. Neustále se definuje funkce nástroje v řezném procesu, navrhuje se jeho optimální druh a tvar pro předem definované podmínky při obrábění libovolného materiálu tak, aby bylo obrábění co nejefektivnější. Vlastnosti řezných nástrojů v určitém měřítku závisí na způsobu technologie jejich výroby. Požadovaná přesnost tvaru nástroje, struktura povrchu funkčních ploch a vlastnosti povrchových vrstev nástroje jsou docela podstatně ovlivněny technologií broušení a ostření daného řezného nástroje. Při ostření a broušení, což je dokončovací způsob obrábění, dostává řezný nástroj konečný tvar z hlediska makrogeometrie i mikrogeometrie. Je však nutné nezapomenout na to, že broušení je mechanicko-tepelný proces, při kterém v důsledku zahřívání vznikají změny v povrchových vrstvách řezné části. Proto se nezbytně věnuje problematice výroby a obnovy řezných nástrojů mimořádná pozornost. Při neustálém vývoji techniky se v posledních letech využívá mnoho nových technologických metod a zařízení na broušení. Jedná se například o aplikaci nových druhů vysokovýkonných brousících materiálů a nových technologií broušení, založených například na elektrických metodách úběru kovu. [1]

1 TECHNOLOGIE A METODY OSTŘENÍ ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ

Metody jsou popsány od jednoduchých konvečních metod, po novější metody broušení a dokončování řezných hran nástrojů z hůře obrobitelných nástrojových materiálů.

1.1 Konvenční metody

Při těchto metodách jsou brousícími nástroji brousící kotouče, které jsou složeny z ostřiva a pojiva. Úběr materiálu probíhá interakcí mezi broušeným nástrojem a brousícím kotoučem. Podrobnější popis ostření pro základní řezné nástroje těmito metodami bude uveden v kapitole 2, používané nástroje v kapitole 3. Tyto metody se dělí podle použitého nástroje:

1.1.1 Ostření abrazivními nástroji

I přes stále se rozvíjející druhy brousících nástrojů ze syntetického a přírodního diamantu a kubického nitridu boru (KNB), má brusivo a brousící nástroje z konvenčních brusných materiálů i v blízké budoucnosti své efektivní využití. Jsou to například tyto brusičské operace:

- hrubovací a polohrubovací práce při odbrušování nadměrně opotřebovaných řezných nástrojů z rychlořezné oceli (RO) i slinutých karbidů (SK).
- pomocné brusičské operace při výrobě nových a při přeastřování opotřebovaných nástrojů (např. odbrušování přečnívajících funkčních i nefunkčních částí, odlehčování ocelové části nástroje před broušením apod.)
- tvarové broušení nástrojů z RO a SK v kusové a malosériové výrobě speciálních řezných nástrojů

Základními materiály těchto nástrojů jsou:

- oxid hlinitý (korund) – Al_2O_3
- oxid křemičitý – SiO_2
- karbid křemíku – SiC
- karbid bóru – B_4C [1]

1.1.2 Ostření diamantovými nástroji a nástroji z kubického nitridu boru

Neustálý vývoj techniky si vyžaduje používání nových konstrukčních materiálů, s vysokými fyzikálně–mechanickými vlastnostmi. Obrábění těchto těžkoobrobitelných materiálů vyžaduje typy nástrojů, které jsou schopné obrábět tyto materiály s vysokou přesností, požadovanou kvalitou opracovaného povrchu a vysokou produktivitou.

Takovými nástroji jsou nástroje s podstatně vyššími fyzikálně–mechanickými vlastnostmi, než výše zmíněné abrazivní nástroje. Jsou to především nástroje ze syntetického diamantu a KNB. Tyto materiály jsou oproti Al_2O_3 a SiO_2 podstatně výkonnější a efektivnější.

Při použití diamantových brousících kotoučů na ostření RO se projevuje nežádoucí vlastnost a to, že vlivem chemické reakce uhlíku z diamantu se železem a legujícími prvky způsobuje tvoření karbidů kovů na povrchu. To má vliv na otupení hran. Na omezení tohoto vlivu je třeba použít chladicí kapaliny. Tyto uvedené nedostatky diamantu při broušení RO nemá KNB, protože nereaguje se železem a jinými legujícími karbidotvornými prvky. Kotouče z KNB mají také schopnost při broušení RO výrazně snižovat řezné síly a řezné teploty. KNB je také méně náchylný na lom jako diamant, to mu umožňuje štěpení zrn při vysokých a těžkých podmínkách broušení. Křehkost zrn KNB a stálé tvoření nových řezných hran rozložených po obvodě kotouče a vyšší odolnost vůči tepelnému namáhání zabezpečují konstantní řezné vlastnosti brousícího kotouče. Jev štěpení zrn a tvoření nových řezných hran se pojí se zvýšením křehlosti KNB při teplotách 900 až 1000°C. Chemické opotřebení brousícího zrna, způsobené vzájemnou afinitou prvků při použití diamantu, se u brusiva z KNB vůbec nevyskytuje.

Z výše uvedeného vyplývá, že se diamantové kotouče používají výhradně pro broušení SK, zatímco kotouče z KNB pro broušení RO. [1]

1.2 Nekonenční metody

Tyto metody využívají jiných nástrojů a principů obrábění, než klasických brousících kotoučů z ostřiva a pojiva.

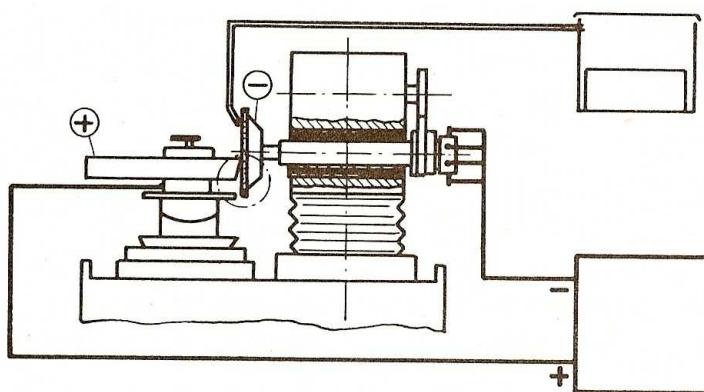
1.2.1 Elektrolytické broušení a ostření metodou vázaného brusiva

Při této metodě broušení a ostření řezných nástrojů z těžkoobrobitelných nástrojových materiálů, zejména SK, se používá jako nástroj kovový kotouč, který má po obvodu speciálními technologiemi (galvanicky apod.) nanesené brusivo. Charakteristickou metodou je broušení pomocí diamantového kotouče.

Metoda používá kombinovaný účinek dvou základních principů úběru kovu: elektrického a mechanického. V procesu úběru se využívají velmi dobré řezné vlastnosti diamantu, podmíněné fyzikálně–mechanickými vlastnostmi diamantu a geometrickými parametry jeho brusných zrn.

Diamantové zrno při řezání zabezpečuje přenos vysoce koncentrovaných napětí ve velmi malém průřezu obráběného materiálu, což podmiňuje specifický charakter tvoření třísky, přičemž hloubka třísky může být několikrát menší než při použití jiných brusiv. Například při broušení diamantem se krystalová zrna SK a karbidů keramiky rozrušují v důsledku smyku, i když iontové vazby atomů v krystalech těchto materiálů obvykle nedovolují smykové deformace před rozrušením mřížky. Taková fyzikálně–mechanická vazba diamantu s nástrojovými materiály zabezpečuje vysoce kvalitní opracovaný povrch a řeznou hranu ostřeného nástroje, snížení řezných sil a teplot řezání.

Elektrolytické rozpouštění SK a RO probíhá tehdy, když diamantové zrno jako dielektrikum tvoří mezeru mezi kotoučem a obráběným povrchem. Pokud se do této mezery přivádí elektrolyt, nastává průtok elektrického proudu v obvodu podle obr. 1.1. [1]



Obr. 1.1 Schéma metody broušení vázaným brusivem [1]

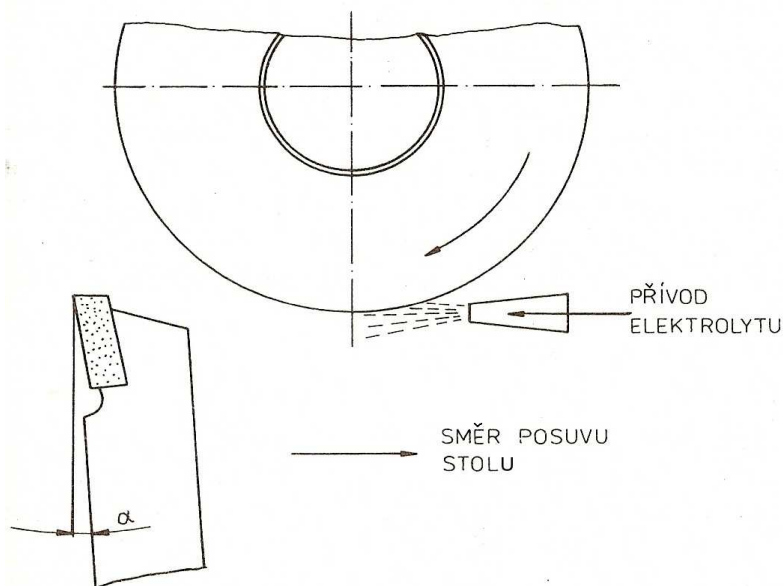
1.2.2 Elektrolytické ostření a broušení metodou volného brusiva

Při elektrolytickém broušení s použitím volného brusiva se používá podobný způsob úběru materiálu jako při elektrochemickém tvarovém obrábění. Brusivo je součástí elektrolytu. Elektrolyt se přivádí na obvod kotouče požadovaného tvaru. Rotací kotouče a přítomností elektrolytu tak vzniká úběr materiálu. Jedná se zejména o rovinné a tvarové obrábění polotovarů z elektricky vodivých tvrdých materiálů a SK.

Výhody elektrochemického obrábění SK a tím i této metody :

- elektrochemická obrobitelnost nezávisí na mechanických vlastnostech obráběného SK
- proces anodového rozpouštění je prakticky studený, nevzniká nebezpečí tepelného ovlivnění, například tvorby trhlinek
- při procesu vznikající řezné síly mají řádově nižší hodnotu, než při mechanickém obrábění, proto nevznikají deformace od řezných a upínacích sil, tím se zjednodušuje upnutí obrobku
- na tvarové broušení se používá tvarový ocelový kotouč, jehož výroba a obnova tvaru nevyžaduje vysoké náklady. [1]

Kinematické schéma tohoto způsobu obrábění je znázorněno na obr. 1.2.



Obr. 6.2 Schéma elektrochemického broušení volným brusivem [1]

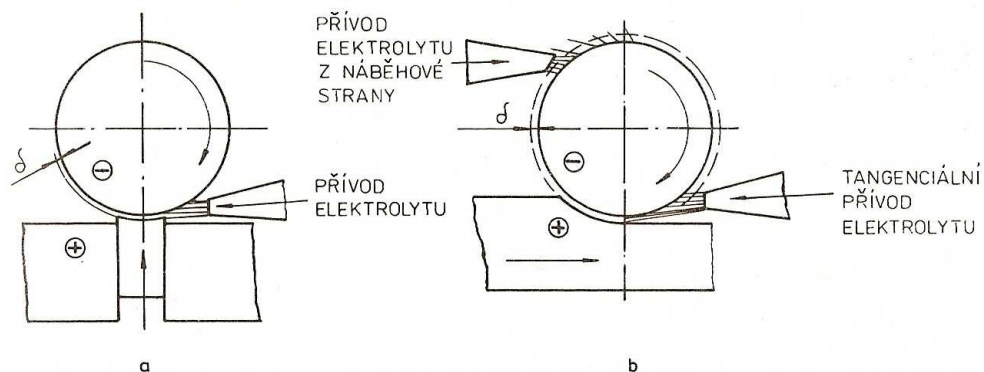
1.2.3 Elektrochemické tvarování řezných nástrojů ocelovým kotoučem

Tato metoda patří k bezdotykovým elektrofyzikálním metodám. Nazývá se také rotační elektrochemické obrábění. Je s ní možné obrábět všechny elektricky vodivé nástrojové i konstrukční materiály, s výjimkou SK.

Fyzikální podstatou elektrochemického úběru s platností Faradayových zákonů elektrolýzy se vysvětluje možnost obrábění touto metodou i těžkoobrobitelných ocelových nástrojových materiálů. Při použití této metody nejsou typické mechanicko–technologické vlastnosti těchto materiálů tak rozhodující, jako při klasickém broušení.

Způsob rotačního elektrochemického obrábění při tvarovém obrábění RO se v podstatě shoduje s metodou tvarového elektrolytického broušení SK s volným brusivem. Používá se i shodné strojové zařízení. Zásadní rozdíl mezi uvedenými metodami je v tom, že rotační tvarové elektrochemické obrábění v průběhu pracovního procesu nepoužívá na odstraňování elektrochemicky naleptané vrstvičky materiálu brousící prostředky. Zplodiny reakčních procesů, stejně tak i odebraný materiál jsou unášeny z pracovní mezery v momentě vytváření pasivní vrstvičky vysokým tlakem a rychlostí proudění elektrolytu. [1]

Kinematické schéma elektrochemického tvarového obrábění je na obr. 1.3.



Obr. 1.3 Kinematické schéma elektrochemického tvarového obrábění [1]
a – schéma s vertikálním přísuvem, b – schéma s protisměrným posuvem obrobku

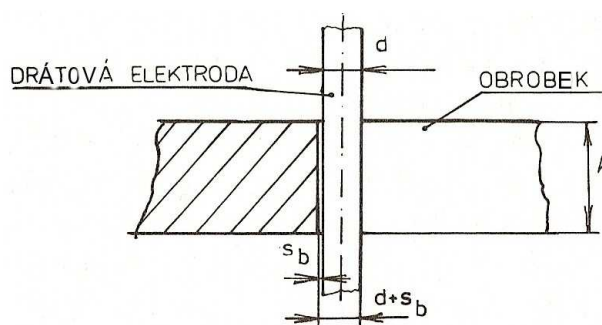
1.2.4 Eroze drátovou elektrodou

Princip elektrojiskrového řezání a elektrojiskrového obrábění se skládá z erozivního účinku elektrických výbojů na povrch elektrod.

Obě elektrody jsou ponořeny do dielektrické kapaliny, nebo jsou kapalinou alespoň zaplavovány. Vzájemná vzdálenost elektrod se udržuje automatickým regulátorem posuvu na vzdálenost v rozmezí několika desítek mikrometrů. Elektrody jsou poté připojeny ke generátoru elektrických impulzů, který dodává energii do jednotlivých výbojů. Na elektrodách se po dobu výbojů vytváří mikrokrátery, které jsou stopami po odebraném materiálu. Při správném nastavení elektrických impulzů a ostatních podmínek je možné dosáhnout takový stav, kdy objem kráteru na jedné z elektrod je v řádu stovek několikrát větší než na druhé elektrodě. Pak se elektroda s řádově menšími krátery stává nástrojem, jehož tvar se kopíruje do druhé elektrody, která je obrobkem.

Elektrojiskrové řezání je určeno zejména na výrobu tvarově složitých průběžných otvorů a obvodů, například funkčních obvodů ve střížnicích, vodících a kotvících desek, složitých tvarových šablon, mimořádně složitých tvarů v SK nástrojích apod. [1]

Schéma obrábění drátovou elektrodou je znázorněno na obr.1.4.



Obr. 1.4 Schéma řezání drátovou elektrodou [1]

2 ROZBOR JEDNOTLIVÝCH METOD OSTŘENÍ

Budou zde dále popsány zejména konvenční metody ostření jednotlivých řezných nástrojů.

2.1 Ostření abrazivními nástroji, diamantovými nástroji a nástroji z KNB

2.1.1 Nastavování řezných úhlů

Pro správné naostření nástroje je důležité, aby brusič znal vhodný způsob nastavení nástrojů do správných poloh. [1]

Pro ostření nástroje je proto nutná dokonalá znalost geometrie břitu a jejího vlivu na proces obrábění. Zjišťování a určování všech úhlů a prvků geometrie břitu potřebných k ostření nástrojů lze provádět metodou početní, grafickou a graficko-početní. V praxi se nejčastěji používá metoda graficko-početní, která je poměrně rychlá a dostatečně přesná. Provádí se použitím tzv. břitových diagramů nebo monogramů. Význam břitových diagramů spočívá ve zjednodušeném nastavování nástrojů při jejich výrobě a ostření. Metoda nastavování nástrojů s využíváním břitových diagramů je použitelná při ostření všech nožů soustružnických, hoblovacích a nožů frézovacích hlav. Lze ji aplikovat i při výrobě a ostření ostatních nástrojů, jako u šroubovitých vrtáků, výhrubníků, výstružníků, fréz atd. [2]

U nástrojů s více řeznými hranami, jako například frézy, výstružníky, výhrubníky apod., se nastavují polohy zubů při broušení hřbetu pomocí zubové opěrky. [1]

Obecně se běžné řezné nástroje ostří broušením na hřbetu, tvarové řezné nástroje (závitníky apod.) se brousí na čele.

2.1.2 Ostření soustružnických nožů

Soustružnické nože jsou dvojího druhu. V dnešní době se ještě setkáme v malosériové době s noži z RO, ale ve velkosériové výrobě s noži s vyměnitelnými destičkami z SK.

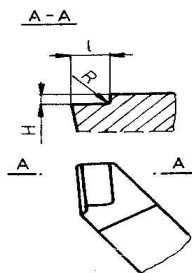
Nože je možné ostřit ručně či na stroji. Ruční ostření má z hlediska pohotovosti a volnosti pohybů ostříče (při jeho značné zkušenosti) do jisté míry výhodu vůči strojnímu ostření. Na druhé straně, zejména z hlediska přesnosti a opakovatelnosti řezné geometrie je jednoznačně strojní broušení výhodnější než ruční. Ruční broušení se uvažuje spíše v případě odbroušení materiálu držáku pod připájenou řeznou destičkou SK při ostření nového resp. poškozeného nástroje.

Při ostření soustružnických nožů z RO se nastaví například potřebný úhel hřbetu vykloněním opěrného stolu nebo nakloněním v přípravku (v upnutém stavu) jak ukazují obrázky 2.1 a 2.2 na další straně. Nejčastěji se brousí prstencovými a hrncovými brousícími kotouči SiC a korundu. [1]

Při ostření nožů s vyměnitelnými destičkami ze SK se postupuje následujícím způsobem:

- Obrousí se držák korundovým kotoučem pod úhlem o 2° větší než je úhel hřbetu α_0 destičky SK. Kontrola šablonou.
- Destička se ohrubuje rovným kotoučem SiC. Kontrola šablonou.
- V případě potřeby se vybrousí tvarovač třísek (viz obr. 2.3).
- Destička se brousí na čisto na vyklápěcím stole resp. v přípravku hrncovým kotoučem. Kontrola šablonou.
- Po nabroušení hřbetové plochy se zaoblí hrot.
- Po přeastření čela a hřbetu se srazí hrana diamantovým nebo SiC lapovacím segmentem.
- Pro nejjemnější obrábění se lapuje na ostří lapovacím kotoučem fázka šířky 0,5 až 1 mm pod úhlem 5° .

Výhodou nožů s vyměnitelným destičkami z SK je právě jejich přeastřování a také možnost otočení opotřeбенé řezné hrany o úhel daný tvarem destičky. [1]



Obr. 2.3 Rozměry tvarovače třísky [1]

2.1.3 Ostření fréz

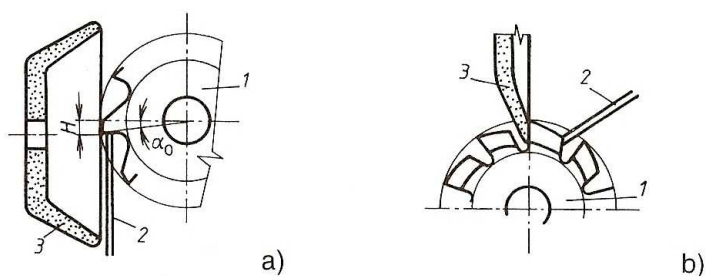
Frézy jsou dvojího druhu podobně, jako soustružnické nože. Celistvé frézy a frézy s pájenými břitovými destičkami.

Pro ostření fréz z RO se používají buď klasické brousící kotouče z oxidu hlinitého (Al_2O_3), zrnitostí 32 až 25, nebo modernější brousící kotouče z KNB. Pro ostření fréz z SK se používají kotouče z karbidu křemíku (SiC), zrnitosti 40 až 25, nebo moderní diamantové brousící kotouče.

Frézy s frézovanými zuby se ostří na hřbetě zubu hrncovým nebo miskovým brousícím kotoučem. Zub se při tom opírá o opěrku, která je níže než osa frézy. Výškou opěrky se nastaví velikost úhlu hřbetu α_0 (viz obr. 2.4 a). Při ostření se fréza posouvá ve směru osy podél stojící opěrky a zub se k opěrce přitlačuje. Tímto způsobem lze ostřit i zuby ve šroubovici.

Frézy s podsoustruženými zuby se ostří na čele zubu (viz obr. 2.4. b), tím se zachová tvar profilu frézy. Ostří se talířovým brousícím kotoučem, u přímých zubů plochou stranou a u zubů do šroubovice kuželovou stranou kotouče.

U moderních ostřících strojů s CNC řízením se používají obvykle kotouče z polykrystalického kubického nitridu boru (PKNB) nebo diamantové kotouče, které mají vysoký výkon a zejména velkou trvanlivost. Na těchto strojích je ostření ploch řízeno programem. [3]



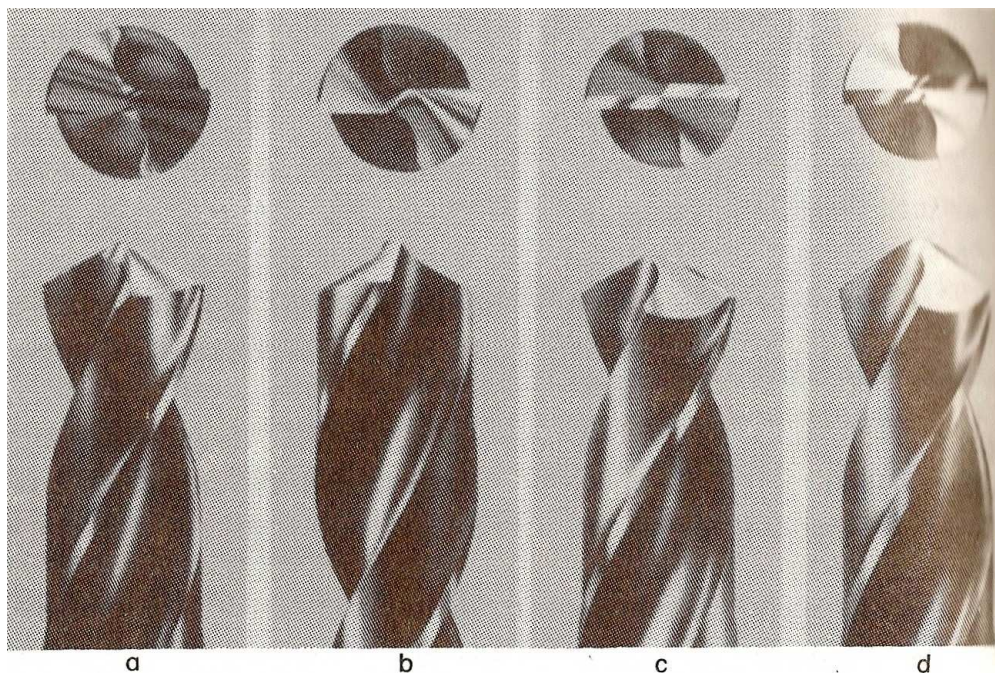
Obr. 2.4 Ostření fréz [3]

a) s frézovanými zuby, b) s podsoustruženými zuby
1 - ostřená fréza, 2 - opěrka zubu frézy, 3 - brousící kotouč

2.1.4 Ostření vrtáků

Šroubové vrtáky z RO se ostří na speciálně konstruovaných strojích, případně se k univerzálním strojům dodávají speciální zařízení. Malé vrtáky, nebo vrtáky v kusové výrobě se brousí i ručně, což však vyžaduje vysokou zručnost ostříče a důslednou kontrolu příslušnými měřidly. [1]

Na obr. 2.5.a,b,c,d jsou čtyři druhy ostření vrtáků, které kromě tvaru a vyžadují speciální jednoúčelové brusky.



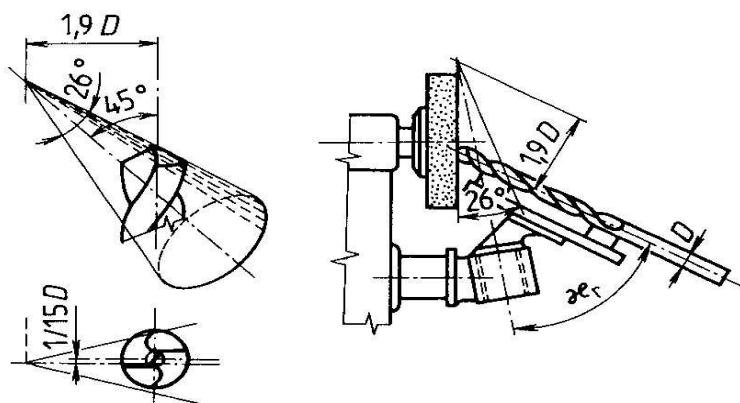
Obr. 2.5 Druhy ostření šroubovitých vrtáků [1]

a) vrták s kuželovou plochou hřbetu, b) vrták se šroubovou plochou hřbetu, c) čtyř rovinné ostření, d) šesti rovinné ostření

a) Ostření hřbetu vrtáku s kuželovým povrchem s normální, případně zkrácenou příčnou řeznou hranou.

Tento typ vrtáku je možné brousit na univerzálních bruskách s uvedeným přídatným zařízením. Vzhledem ke své jednoduchosti je zároveň nejrozšířenějším tvarem. Je možné jej použít při vrtání všech materiálů a vrtacích operacích jednoduchou změnou úhlu nastavení hlavního ostří a zkrácením příčné řezné hrany. Běžné broušení bez zkrácení příčné hrany způsobuje poměrně velké axiální síly působící nepříznivě na vrták. [1]

Způsob ostření šroubovitého vrtáku s kuželovým povrchem je znázorněn na obr. 2.6 na další straně.

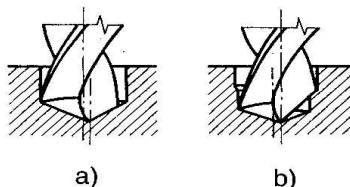


Obr. 2.6 Ostření šroubovitého vrtáku [3]

D – průměr vrtáku, κ_r – úhel nastavení hlavního ostří

Výhody kuželového výbrusu: Dobrý odvod tepla z hlavní řezné hrany, vysoká pevnost řezné hrany zejména při vysokém namáhání, univerzální tvar pro více operací vrtání a jednoduchý způsob broušení. [1]

Nevýhody: Při ostření je třeba dbát na to, aby obě ostří byla symetrická podle osy vrtáku. Pokud je vrták nesprávně naostřen (často při ostření v ruce), je vrtaná díra větší a vrták má velký odpor v axiálním směru. Typické chyby naostření vrtáku jsou znázorněny na obr. 2.7. [3]



a)

b)

Obr. 2.7 Chyby ostření vrtáku [3]

a) ostří jsou různě dlouhá, b) ostří mají různý úhel nastavení

b) Ostření šroubovice vrtáku

Tento způsob ostření je možné provádět jen na speciálních bruskách. Při broušení se vrták otáčí a zároveň posouvá. Tento pohyb odpovídá hodnotě úběru při broušení. Brousící pohyb vykonává axiální i radiální pohyb kolem řídící křivky, což vytváří velmi komplikovaný výsledný pohyb, a proto ruční broušení není možné.

Výhodou tohoto způsobu ostření: Díky ploše hřbetu, která má tvar šroubovice, má příčná řezná hrana tvar mírné šroubovice a uprostřed nejvyšší bod. Tím se dosáhne výrazného snížení axiálních tlaků, vyšší schopnost středění vrtáku a dobře obrobitelné materiály lze vrtat vyššími posuvy. [1]

c) Čtyř rovinné ostření (dvojfazetkové)

Tento způsob ostření je možné provádět opět jen na speciálních bruskách. Fazetky mají hodnotu poloviny jádra a jejich průnik uprostřed vrtáku vytváří střed příčné řezné hrany. Přesným vybroušením těchto rovin se vrták velmi dobře středí a osově síly jsou poměrně nízké. [1]

d) Šesti rovinné ostření (trojfazetkové)

Vzniká tím, že se dvojfazetkový hřbet vykloní o další rovinu tak, že se v blízkosti jádra vrtáku vytvoří přídatná rovná ploška. Výhody tohoto způsobu jsou obdobné jako u metod b) a c). Nevýhodou je delší čas broušení v porovnání s klasickým tvarem hřbetu vrtáku a je méně univerzální. [1]

Při ostření vrtáků s připájenou destičkou SK se postupuje podobně jako u vrtáků z RO. [1]

2.1.5 Ostření závitníků

Ostření závitníků vyžaduje použití speciálních ostřiček se speciálním strojovým přídatným zařízením nebo přípravky. Dohromady s tímto a použitím vhodných brousících nástrojů je možné dosáhnout požadovanou přesnost, rovnoměrné rozdělení řezných hran a dodržení předepsané geometrie břitu.

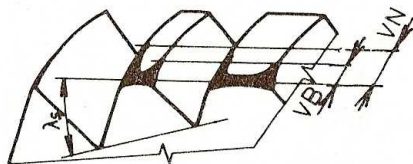
Při volbě způsobu přeostrřování je třeba brát zřetel především na charakteristiku a velikost otupení závitníků, z tohoto důvodu je možné závitníky ostřit třemi způsoby :

- a) ostření v drážkách – na čelech zubů
- b) ostření na řezném kuželi
- c) kombinované na čelech i na kuželi

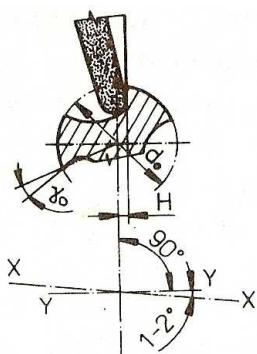
Pro běžné otupení se používají první dva způsoby, pro nadměrné otupení případně poškozené závitníky se použije třetí způsob. [1]

a) Ostření na čelech zubů

Tento způsob je vhodný jen na ostření málo otupených závitníků. Na ostření čel závitníků do M10 se používají tvarové brousící kotouče, případně talířové brousící kotouče. Kotoučem se z čela zubu odebere vrstva hodnoty VN viz obr. 2.8. Schéma ostření závitníku na čele zubu je znázorněno na obr. 2.9.



Obr. 2.8 Opotřebovaný závitník [1]



Obr. 2.9 Schéma ostření závitníku na čele zubu [1]

Nastavení H čela kotouče vzhledem k ose závitníku se určí ze vztahu

$$H = \frac{d_z}{2} \cdot \sin \gamma_0 \text{ [mm]} \quad (2.1)$$

kde d_z - jmenovitý průměr závitníku [mm]

γ_0 - je úhel čela ostřeného závitníku [°]

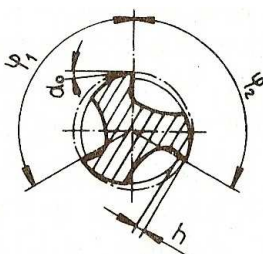
Při ostření se doporučuje vychýlit osu brousícího kotouče Y–Y o 1 až 2° od osy závitníku X–X, aby kotouč ostřil jen jednu polovinu obvodu zaoblení kotouče a nezahříval nástroj. Při přeastřování čel je třeba dbát na zachování původního úhlu čela γ_0 , dodržení rozestupu zubů a tvar drážky závitníku.

Nevýhodou ostření na čele je vznik ostřin na bocích závitového profilu, zejména při vyšších hodnotách hloubky třísky. Ostření na čele je výhodné tehdy, kdy je třeba změnit úhel čela γ_0 při použití závitníku v jiném druhu obráběného materiálu. [1]

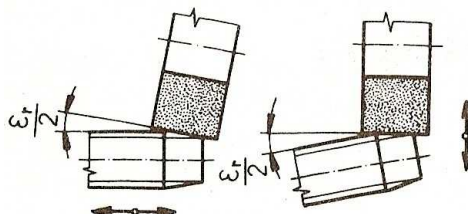
b) Ostření na řezném kuželi

Přeostrřování závitníků na řezném kuželi je nejvýhodnějším a nejehospodárnějším způsobem ostření, protože se odebírání minimální množství materiálu závitníku. Zahřívání nástroje je poměrně malé, a proto nenastává vyhrátí řezné hrany. Zachovává se i velikost původního úhlu čela zubu a nezvětšuje se házení řezného kužele.

Při ostření řezného kužele musí vzniknout dostatečně velké podbroušení h a potřebný úhel hřbetu α podle obr. 2.10. Řezný kužel je možné podbrousit několika způsoby. Obvykle se používá strojové přípravkové broušení, které umožňuje podbroušení axiálním pohybem závitníku při vykloněném brousícím kotouči o úhel $\varepsilon/2$ (viz obr. 2.11), radiálním pohybem kotouče nebo závitníku. Při podbroušování se závitník otáčí plynule, proto jsou podbroušeny všechny zuby najednou. [1]



Obr. 2.10 Velikost podbroušení při ostření řezného kužele závitníku [1]



Obr. 2.11 Podbroušení závitníku na řezném kuželi [1]

Nejčastěji se závitníky podbroušují pomocí křivky. Velikost podbroušení h (zdvih křivky) pro požadovaný úhel hřbetu při radiálním podbroušení se určí ze vztahu

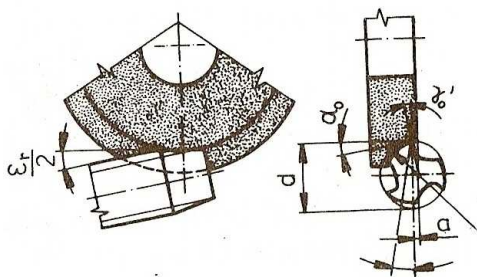
$$h = \frac{\pi \cdot d_z \cdot \operatorname{tg} \alpha_0}{z} \text{ [mm]} \quad (2.2)$$

kde d_z - jmenovitý průměr závitníku [mm]

α_0 - úhel hřbetu závitníku [°]

z - počet zubů závitníku [-]

Podbroušení řezného kužele je možné i podélným broušením tvarovým kotoučem. Při tomto způsobu je posuv kotouče rovnoběžný s povrchem řezného kužele závitníku, vykloněného o úhel $\varepsilon/2$ (viz obr. 2.12). Při podbroušování se podbroušují jednotlivé zuby otočením o jednu zubovou mezeru postupně. Žádaný úhel α_0 se dosáhne posunutím středu tvaru kotouče z osy nástroje ve vodorovném směru o hodnotu a . [1]



Obr. 2.12 Podbroušení řezného kužele závitníku podélným broušením tvarovým kotoučem [1]

Velikost posunutí a se určí ze vztahu

$$a = \frac{d_z}{2} \cdot \sin \alpha_0 \quad [\text{mm}] \quad (2.3)$$

kde d_z - jmenovitý průměr závitníku [mm]

α_0 - úhel hřbetu závitníku [°]

Výhodou radiálního ostření závitníků na řezném kuželi je odstranění možnosti vzniku ostřin na řezných hranách. Nevýhodou je prodlužování řezného kužele po každém ostření. [1]

c) Kombinované ostření

Na odstranění komplexního otupení závitníku a při opravě poškozených řezných hran používáme ostření kombinované z obou dvou předcházejících popsaných způsobů. Při kombinovaném ostření mohou být úběry na čele i na řezném kuželi malé, proto se dosáhne nejlepší stupeň využití a nejdelší životnost nástroje. Nevýhodou kombinovaného ostření je nevyhnutelnost odbroušování neúčinné části závitníku po každém ostření z důvodu dodržení předepsané délky řezného kužele. [1]

3 STROJE A NÁSTROJE POUŽÍVANÉ PŘI OSTŘENÍ

3.1 Stroje pro ostření nástrojů

Pro ostření řezných nástrojů se používají brusky, které se nazývají nástrojařské. Brousící vřeteník může konat svislý pohyb a může se natáčet, stůl koná svislý pohyb, podélný a příčný pohyb a může se natáčet. Tyto brusky jsou vybaveny rozsáhlým příslušenstvím.

Mezi speciální nástrojařské brusky patří brusky na ostření soustružnických nožů, vrtáků, závitníků kruhových závitových čelistí, pil a další. Právě tyto brusky umožňují broušení složitých ploch řezných částí nástrojů.

Začínají se používat nástrojové brusky s CNC řízením, umožňující brousit i komplikované tvarové plochy. To umožňuje dále optimalizovat tvary břitů nástrojů a zvyšovat tak jejich řezivost. [3]

Základní rozdělení nástrojových brusek je možné dále specifikovat a podrobněji charakterizovat ve smyslu jejich konkrétního použití v nástrojárnách a brusárnách na: [1]

3.1.1 Univerzální nástrojové brusky

Podle konstrukce:

- stolové
- stojanové
- s jedním pracovním vřeteníkem
- se dvěma pracovními vřeteníky

Podle velikosti průřezu ostřeného a broušeného nástroje:

- miniaturní (do průřezu 10×10 mm, válcové stopky do $\phi 10$ mm)
- střední (průřez 12×12 až 32×32 mm, válcové stopky $\phi 10$ až 32 mm)
- pro velké rozměry těles, resp. nožových hlav a frézovacích hlav (průřez tělesa 40×40 mm a průměr frézovací hlavy $D = 450$ mm a více). [1]

3.1.2 Jednouúčelové a speciální nástrojové brusky

- na tvarové nástroje s jednou a více řeznými hranami (tvarové nože, tvarové frézy apod.)
- na podbrušování nástrojových funkčních ploch
- na broušení a ostření nástrojů na ozubení
- na protahovací trny
- na šroubové vrtáky a jiné nástroje na díry
- na pily na řezání kovů [1]

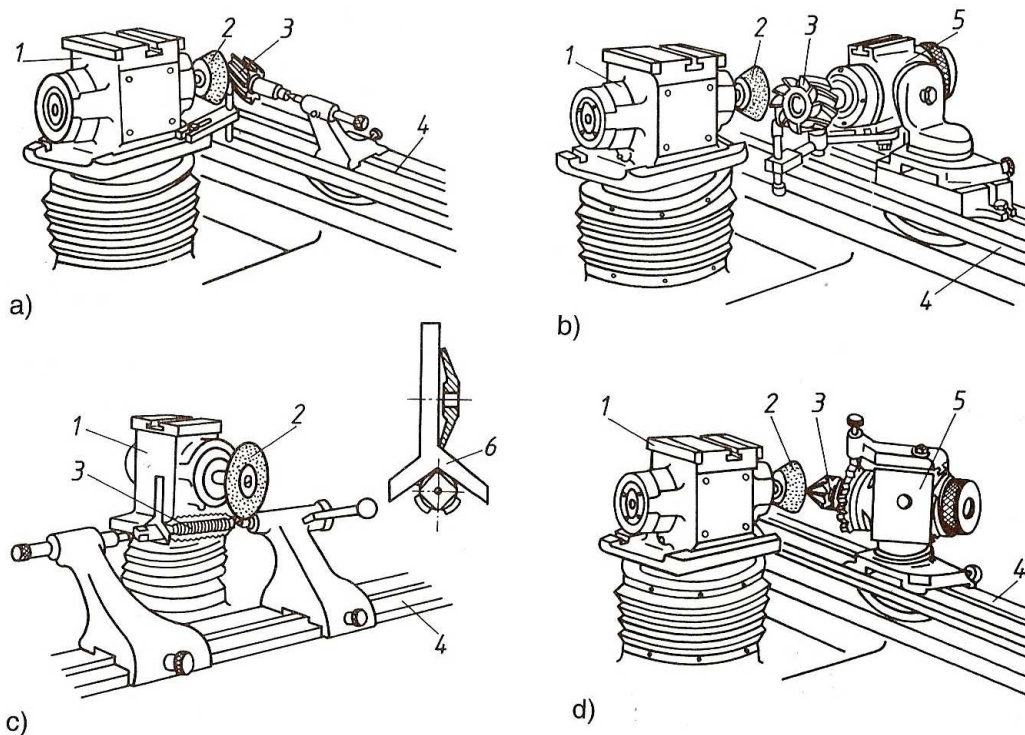
Obecně se ještě nástrojařské brusky dají dělit podle používaných technologií pracovního procesu:

- konvenční brusky
- brusky s využíváním elektrochemického resp. elektrojiskrového úběru materiálu

a podle systému řízení brousícího procesu:

- s ručním řízením
- s optickým sledováním broušení řezné a tvarové geometrie
- s programovým CNC řízením [1]

Příklady ostření nástrojů na univerzální nástrojové brusce jsou znázorněny na obr. 3.1. Ostření na univerzální nástrojové brusce je výhodné zejména z důvodu možnosti ostření více druhů nástrojů při použití jednoho stroje. [3]



Obr. 3.1 Příklady ostření na univerzální nástrojové brusce [3]

- a) ostření hřbetu frézy s drážkami ve šroubovici (zub se opírá o stavitelnou opěrku),
 - b) ostření čelních zubů frézy, c) ostření závitníku na čele zubu (v drážce),
 - d) ostření kuželového záhlubníku v jednoduchém dělícím přístroji
- 1 – vřeteník, 2 – brousící kotouč, 3 – ostřený nástroj, 4 – pracovní stůl brusky,
5 – dělící přístroj, 6 – šablona na nastavení kotouče do osy nástroje

3.1.3 Příklad univerzální nástrojové brusky s CNC řízením BN 102 CNC

BN 102 CNC je univerzální nástrojařská numericky řízená bruska postavená na základě osvědčené mechaniky ruční ostříčky BN 102 C. Je vybavena čtyřmi řízenými osami (podélný a příčný pohyb stolu, svislý pohyb brousícího vřeteníku a rotační pohyb nástrojového vřeteníku). Pro pohony jsou použity nejmodernější krokové servopohony s odměřováním. Brousící vřeteník je možno dále ve dvou osách ručně polohovat a lze vytočit pracovní stůl. Brousící vřeteník je poháněn elektromotorem s plynulou změnou otáček frekvenčním měničem.

Bruska je určena pro ostření všech běžných nástrojů s přímými zuby nebo zuby ve šroubovici. Umožňuje čelní i osově podtáčení nástrojů, vytváření profilových ostří na prizmatických, rotačních a podtáčených břitech. Instalovaný výkon, přesnost stroje a softwarová podpora umožňuje efektivní využití stroje ve výrobě nových nástrojů.

Broušené nástroje se upínají buď do pracovního vřeteníku letmo nebo s podepřením koníkem, případně do svěráku či jiného upínače na pracovním stole. Pro upnutí nástrojů je k dispozici řada upínacích trnů a redukcí, kleštinové upínače a přesné univerzální sklíčidlo.

Pracovní prostor stroje je dokonale krytován a je možné intenzivní chlazení přídavným chladícím zařízením nebo odsávání pracovního prostoru odsávacím zařízením, případně je možné oba způsoby kombinovat.

Bohaté programové vybavení může obsahovat řadu modulů, které umožňují snadné ostření běžných nástrojů i snadné vytvoření uživatelských specializovaných programů a to buď přímo v kódu ISO nebo pomocí spojování modulů. [5]

Základní technické parametry:

Oběžný průměr nad stolem	260 mm
Dráha posuvu v ose stolu X	350 mm
Dráha posuvu v příčné ose Z	250 mm
Dráha posuvu ve svislé ose Y	350 mm
Upínací plocha stolu	140 × 1000 mm
Výkon pohonu vřetene	2,2 až 4 kW
Max. otáčky brousícího vřetene	9000 (12000) min ⁻¹
Upínací dutina nástrojového vřeteníku	ISO 50
Opakovatelná přesnost polohování	0,005 mm
Maximální rychlost pracovního posuvu	3750 mm.min ⁻¹

Bruska BN 102 CNC je znázorněna na obrázku 3.2. [5]



Obr. 3.2 Univerzální nástrojařská bruska BN 102 CNC firmy Mikronex [5]

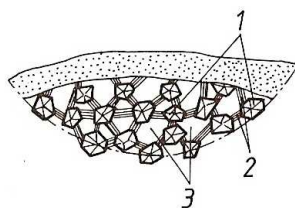
3.2 Nástroje pro ostření

Nejčastěji používanými nástroji pro ostření jsou brousící kotouče nejrůznějších tvarů a velikostí. Charakteristické vlastnosti kotouče jsou dány jeho označením, které obsahuje:

- typ brousícího kotouče (tvar a rozměry)
- druh brousícího materiálu
- zrnitost
- tvrdost
- strukturu
- druh pojiva
- maximální pracovní rychlost kotouče.

Na rozdíl od ostatních druhů obrábění, kde břit nástroje je vždy přesně definován, má u nástrojů pro broušení a ostření každé zrno brusiva jiný geometrický tvar. Zrna jsou v brousícím nástroji (kotouči) umístěna náhodně a jsou spojena pojivem. Mezi zrny a pojivem se vyskytují volná místa – póry. [3]

Schematicky je struktura brousícího nástroje znázorněna na obr. 3.3.



Obr. 3.3 Struktura brousícího nástroje [3]
1-zrna brusiva, 2-pojivo, 3-póry

Příklad označení brousícího kotouče dle ČSN ISO 525 a rozbor jednotlivých symbolů:

TYP KOTOUČE 1 – 300 × 50 × 76 – A 36 L 5 V – 35 m.s⁻¹

Význam jednotlivých symbolů:

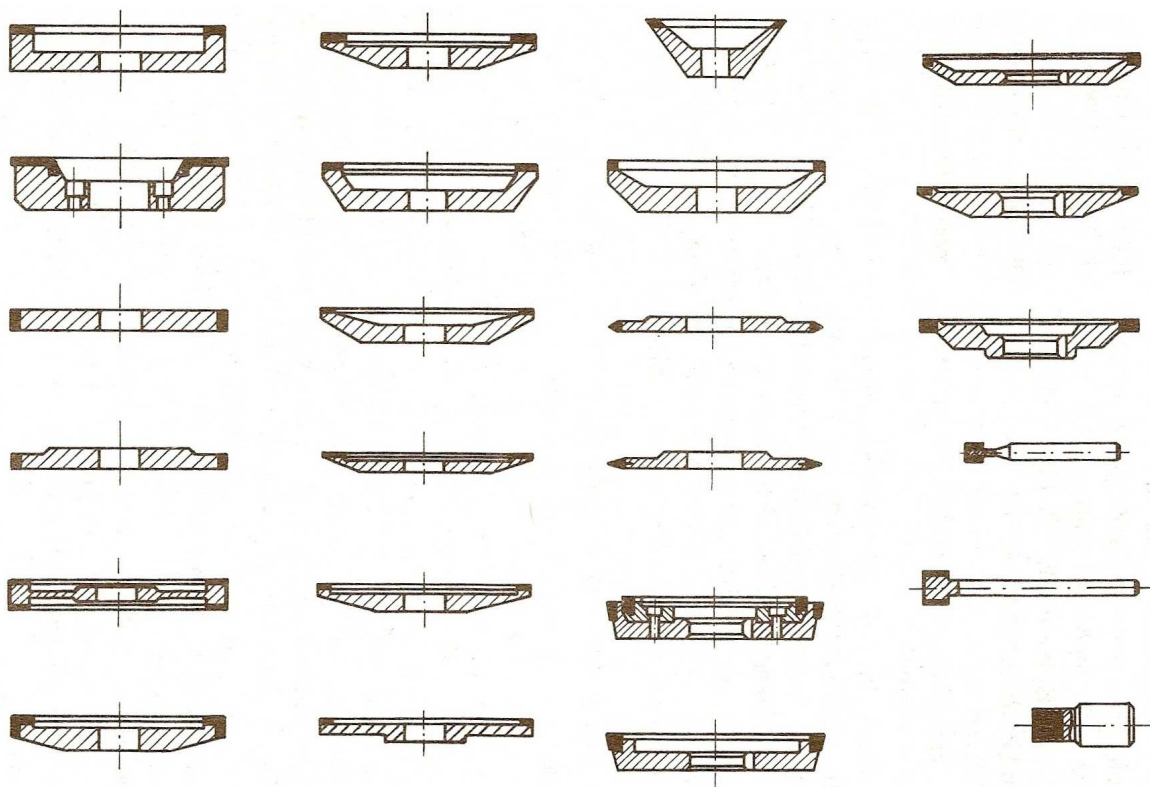
- TYP KOTOUČE 1 – typ brousícího kotouče
- 300 × 50 × 76 – rozměry brousícího kotouče (průměr × šířka × průměr upínací díry)
- A – materiál brusiva (A – na bázi Al₂O₃, C – z karbidu křemíku, atd.)
- 36 – velikost zrna (hrubá 4–24, střední 30–60, jemná 70–180)
- L – tvrdost (A až Z, A nejměkčí a Z nejtvrďší kotouč)
- 5 – struktura (0 až 14; čím je větší číslo, tím je větší vzdálenost mezi zrny)
- V – pojivo (V – keramické, R – pryžové, B – umělá pryskyřice, E – šelakové)
- 35 m.s⁻¹ – maximální obvodová rychlost [4]

Základními materiály těchto nástrojů jsou již výše zmíněné:

- oxid hlinitý (korund) – Al₂O₃
- oxid křemičitý – SiO₂
- karbid křemíku – SiC
- karbid bóru – B₄C
- kubický nitrid boru – N₂B₃
- diamantové kotouče.

Diamant je vhodný na všechny druhy tvrdých materiálů jako sklo, keramika, korund, slinuté karbidy apod. Na tvrdé oceli je však lepší KNB. V dnešní době jsou tyto dva druhy brusných materiálů nejpoužívanější. [1]

Stručný přehled typizovaných normalizovaných diamantových nástrojů vhodných na broušení a ostření řezných a jiných nástrojů je znázorněn na obr. 3.4. Podobné tvary nástrojů jsou i pro ostatní brusné materiály. [1]



Obr. 3.4 Tvary normalizovaných diamantových brousících kotoučů [1]

4 PARAMETRY OSTŘENÍ

Parametry ostření, kterými jsou:

- řezná rychlost (obvodová rychlost kotouče)- v_k
- hloubka řezu - a_p
- podélný posuv - v_p
- přesnost rozměrů - IT
- výsledná struktura povrchu řezného nástroje - R_a ,

se liší podle použitého brousícího nástroje a podle toho jaký obrábíme řezný nástroj.

Tab. 4.1 Hodnoty řezné rychlosti, hloubky řezu a podélného posuvu při ostření [1,6]

	v_k	a_p	v_p
Druh kotouče	[m.s ⁻¹]	[mm]	[m.min ⁻¹]
Diamant	15-30	0,01-0,06	5-18
KNB	15-35	0,02-0,06	6-12

Nižší hodnoty v_k jsou doporučovány při broušení bez chlazení.

Tab. 4.2 Přesnost a struktura ploch obrobených broušením [3]

Způsob broušení	IT	R_a
	[-]	[μm]
Hrubování čelem	9 až 11	0,8 až 6,3
Hrubování obvodem	8 až 11	0,8 až 3,2
Načisto čelem	5 až 7	0,2 až 1,6
Načisto obvodem	5 až 7	0,2 až 1,6
Jemné broušení	3 až 5	0,025 až 0,4

5 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH METOD A DOPORUČENÍ VYUŽITÍ

V úvodní kapitole je popsáno několik základních metod ostření řezných nástrojů, které se dělí na dvě hlavní skupiny, konvenční a nekonvenční metody.

Konvenční metody pracují na principu úběru materiálu brusným kotoučem. Obrábění v tomto případě je čistě mechanického rázu. Tyto metody jsou známé už velmi dlouho a prakticky se nemění smysl a podstata obrábění. S rostoucími nároky a se zdokonalováním obráběných materiálů se také zdokonalují tyto metody. Vyvíjí se nové a lepší nástroje a stroje na broušení. Zlepšují se tak dosahované parametry přesnosti obráběných nástrojů. Výhodou těchto metod je jejich použití při ostření a broušení i nekovových materiálů (keramiky), protože na rozdíl od elektrolytických není zapotřebí elektrická vodivost.

Nekonvenční metody obrábění pracují na principu úběru materiálu mechanicky a elektricky. Metody ostření a broušení, které používají elektrický úběr materiálu jsou v podstatě ještě mladé metody, ve srovnání se metodami konvenčními. Tyto metody se na rozdíl od konvenčních využívají k obrábění hůře obrobitelných materiálů a některé metody elektroerozivního obrábění se využívají k obrábění a výrobě tvarově složitých průběžných otvorů a obvodů.

Využití elektrochemických a elektroerozivních metod ostření řezných nástrojů má jistě zajištěno dnes i v budoucnu své využití a se stále se zdokonalujícími a tvrdšími materiály bude jistě potřeba způsob obrábění, který bude schopen tyto materiály obrábět. Ale v dnešní době mají využití pro širokou škálu nástrojů stále metody konvenční, kterými je možné ostřit všechny základní řezné nástroje i ty tvarově složitější.

ZÁVĚR

Tato studie byla zaměřena na popis metod a technologií používaných při ostření řezných nástrojů. Metody ostření se dělí v podstatě na dvě hlavní kategorie a to konvenční a nekonvenční. Konvenční metody pracují na principu obrábění materiálu brousícími kotouči, kdežto nekonvenční metody pracují na principu elektrochemického obrábění. Rozbor jednotlivých metod se zabývá ostřením jednotlivých a nejčastěji používaných řezných nástrojů konvenčními metodami, z důvodu jejich rozsahu použití. V této práci jsou dále uvedeny nejčastěji používané stroje – brusky a nástroje – brousící kotouče při ostření. Nástroje se vyrábí z různých materiálů, jsou různých rozměrů atd., proto mají označení dané normou ISO pro jejich snadné identifikování. Pro představu momentálně vyráběných a dostupných brusek je uvedena ukázka moderní univerzální nástrojařské brusky. Důležitým faktorem ovlivňujícím výslednou broušenou plochu jsou řezné podmínky, takže jsou zde také uvedeny. Nakonec jsou hlavní dvě skupiny ostření řezných nástrojů navzájem porovnány a doporučeny k využití. Ostření řezných nástrojů je důležité odvětví strojírenské technologie, protože se od něj odvíjí ostří všech řezných nástrojů a od těchto řezných nástrojů se odvíjí výroba většiny strojírenských součástí vyrobených třískovým obráběním.

Zadaná problematika je shrnuta následovně:

- nejstarší a nejpoužívanější metodou ostření řezných nástrojů je ostření na klasických bruskách pomocí brousících kotoučů
- v dnešní době jsou pro broušení a ostření používány velmi účinné a produktivní diamantové brousící kotouče a brousící kotouče z KNB
- tyto kotouče dosahují velmi dobrých řezných vlastností a s jejich použitím je možno dosáhnout poměrně vysoké přesnosti broušeného povrchu a dobré struktury povrchu
- pro ostření více druhů řezných nástrojů je vhodná univerzální nástrojová bruska, na které je možné ostřit všechny běžné řezné nástroje
- neustále se vyvíjí a zdokonalují numericky řízené brusky (CNC), u kterých je možné dnes naprogramovat prakticky jakýkoliv tvar broušené plochy
- i přes neustálý rozvoj vyměnitelných břitových destiček má ostření hran řezných nástrojů své zastoupení
- výhledově do budoucna je ostření řezných nástrojů stále důležitým a perspektivním oborem

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] VASILKO. K.: *Brúsenie a ostrenie rezných nástrojov*. 1.vyd. Alfa Bratislava, 1984. 338s. ISBN 63-186-84
- [2] HLUCHÝ M., HANĚK V. : *Strojírenská technologie 2 – 2.díl*. 2.vyd. Scientia Praha, 2001. 176s. ISBN 80-7183-245-6
- [3] ŘASA J., GABRIEL V.: *Strojírenská technologie 3 – 1.díl*. 1.vyd. Scientia Praha, 2000. 256s. ISBN 80-7183-207-3
- [4] LEINVEBER J., ŘASA J, VÁVRA P.: *Strojnické tabulky*. 3.vyd. Scientia Praha, 2000. 984s. ISBN 80-7183-164-6
- [5] MIKRONEX, *BN 102* [online]. [cit. 2008-05-15].
URL:<<http://www.mikronex.cz/BN102.pdf>>
- [6] URDIAMANT, *Brousící kotouče z diamantu a kubického nitridu boru* [online]. [cit. 2008-05-15].
URL:< <http://www.urdiamant.cz/wpimages/other/doc2/BK.pdf>>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
a_p	[mm]	hloubka řezu
d	[mm]	průměr elektrody
D	[mm]	průměr vrtáku
d_z	[mm]	jmenovitý průměr závitníku
H	[mm]	nastavení čela kotouče vzhledem k ose závitníku
IT	[-]	přesnost rozměrů
L	[-]	stopník průsečnice roviny čela s rovinou hlavního ostří nože
M	[-]	stopník průsečnice roviny čela s rovinou 5 nože
O	[-]	průmět zvoleného bodu X v základní rovině
R	[-]	stopník průsečnice roviny čela s boční rovinou
R_a	[μm]	struktura povrchu
S_b	[mm]	šířka mezery mezi elektrodou a materiálem
v_k	[m.s^{-1}]	řezná rychlost
VN	[mm]	opotřebovaná vrstva nástroje
v_p	[m.min^{-1}]	rychlost podélného posuvu
Z	[-]	počet zubů závitníku
α_n	[°]	úhel hřbetu
δ	[-]	šířka vrstvy elektrolytu
ε	[°]	úhel řezného kužele závitníku
γ_0	[°]	úhel čela
$\gamma_{\max}$	[°]	maximální úhel čela
K_γ	[°]	úhel základní p římky roviny čela s boční rovinou
K_r	[°]	úhel nastavení hlavního ostří
λ_s	[°]	úhel sklonu ostří