

KEGA 015ŽU-4/2023

KEGA 015ŽU-4/2023

Brúsenie

Modernizácia výučby trieskových technológií s prvkami informačných technológií na báze zosieťovaných virtuálnych laboratórií KEGA 015ŽU-4/2023

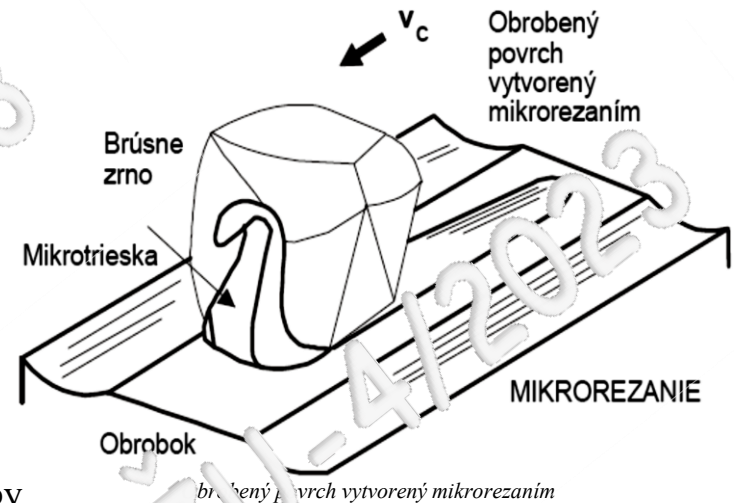


ŽILinskÁ UNIVERZITA V ŽILINE
Strojnícka
fakulta

BRÚSENIE

- Brúsenie patrí v dnešnej dobe medzi dôležité časti technologickej výroby a vyznačuje sa dosiahnutím požadovanej čistoty, presnosti, rozmerovou a tvarovou kvalitou povrchu
- Z hospodárskeho hľadiska sa stretávame aj prípadmi, kedy používame brúsenie ako obrábaciu metódu.
- Pri brúsení sa materiál odbera geometricky nedefinovanými reznými klinmi a nástrojmi so špecifickou štruktúrou. Podstatou každej metódy brúsenia je úber materiálu brúsnym zrnom.

Pri relatívnom pohybe nástroja a obrobku vzniká *trieska*. Tento proces má veľký význam pri poznávaní všetkých základných problémov a javov rezania a to rezných síl, tepelných javov, obrábateľnosti materiálov, opotrebenia rezných nástrojov a podobne. S tvorbou triesky je spojený stav a kvalita povrchovej vrstvy obrobenej plochy. Pri tvorení triesky sú najdôležitejšie otázky deformácie a trenia.

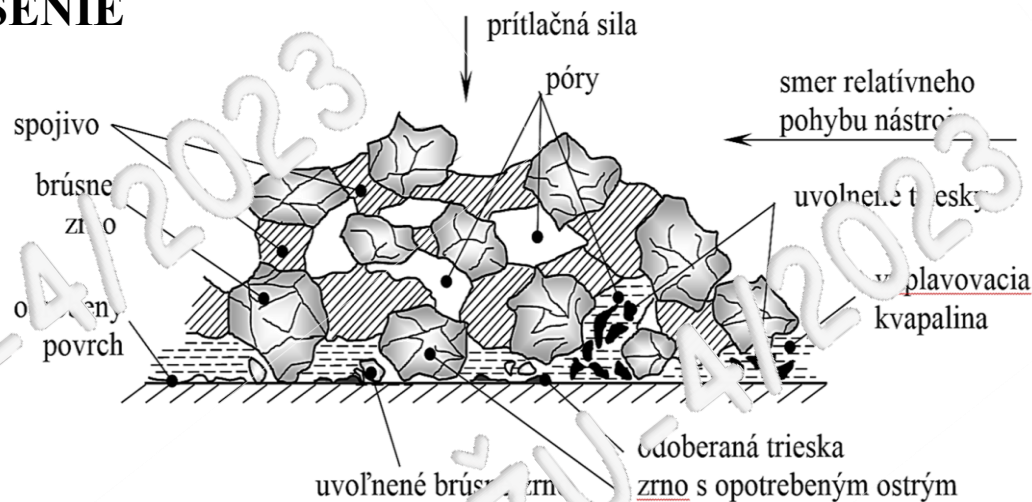


Rozbor javov pri obrábaní extrémne veľkými rýchlosťami a malými prierezmi triesok ukázal, že i pre brúsenie je možné predpokladať rovnaké zákonitosti a vzťahy ako pre iné spôsoby obrábania.

Je však nutné brať do úvahy tieto zvláštnosti procesu obrábania:

- rôznorodnosť geometrickej formy zŕn brúsiva a neurčitost' ich vzájomnej polohy, ktoré majú za následok nepravidelnosť tvaru triesky jednotlivými zrnami.
- nerovnaké, ale vcelku veľké záporné uhly čela zŕn brúsiva, silne ovplyvňujúci charakter ich práce (primárna plastická deformácia a trenie v oblasti vzniku triesky).
- pomerne slabé upevnenie zrna vo väzbe brúsiveho kotúča, čím je obmedzená maximálna rezná sila, ktorú je toto zrnó schopné preniesť. Samovoľné uvoľnenie zŕn brúsiva pri brúsení, tzv. samoostrenie, je ďalšou charakteristickou vlastnosťou práce brúsneho nástroja.
- malé prierezy triesok (rádovo 10^{-3} mm^2) a vysoké rezné rýchlosti ($30 \text{ až } 100 \text{ m.s}^{-1}$). Doba záberu zrna brúsiva je 10^{-4} až 10^{-5} s .

NÁSTROJE NA BRÚSENIE



Nástroj je brúsny kotúč, celistvý prípadne zložený zo segmentov. Brúsne nástroje delíme podľa:

- tvaru - kotúče ploché, prstencové, ploché s jednostranným vybraním, skosené, kužeľovité, hrncovité, mliečkové, tanierové, stopkové pre vnútorné priemery, ...
- materiálu brúsnych zŕn - umelý korund, karbid kren, ...
- zrnitosti - veľmi hrubá, stredná, jemná, veľmi jemná, zvlášť jemná,
- tvrdosti - veľmi mäkký, mäkký, stredný, tvrdý, veľmi tvrdý, zvlášť tvrdý,
- štruktúry - veľmi hutný, hutný, polohutný, pórovitý, veľmi pórovitý, zvlášť pórovitý,
- spojiva - keramické, silikónové, magnezitové, šelakové, gumové, umelá živica, kovové.

BRÚSNE NÁSRTOJE

Brúsne prostriedky rozdeľujeme na:

- brúsne nástroje,
- brúsne pomôcky

U brúsnych nástrojov sú zrna pevne mazané v tuhých alebo polotuhých telesách rôznych tvarov a veľkostí. Brúsne pomôcky sú voľné zrná brúsiva, používané ako brúsiace, leštiace a lapovacie prášky a pasty.

Funkcia brúsneho kotúča:

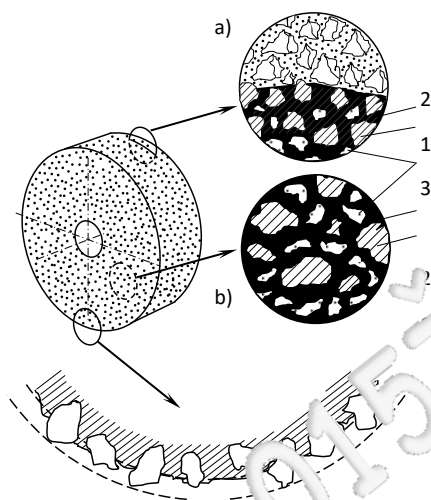
- ✓ odstrániť materiál z povrchu brusným účinkom,
- ✓ každé zrnó pôsobí ako rezný nástroj,
- ✓ je to proces tvorby triesky,
- ✓ jediný samoostriežací rezný nástroj.



b)



Opacujú sa nimi súčiastky na predpisávaný hladký alebo lesklý povrch, presný tvar, kvalitný povrch s presným rozmerom a tvarom.



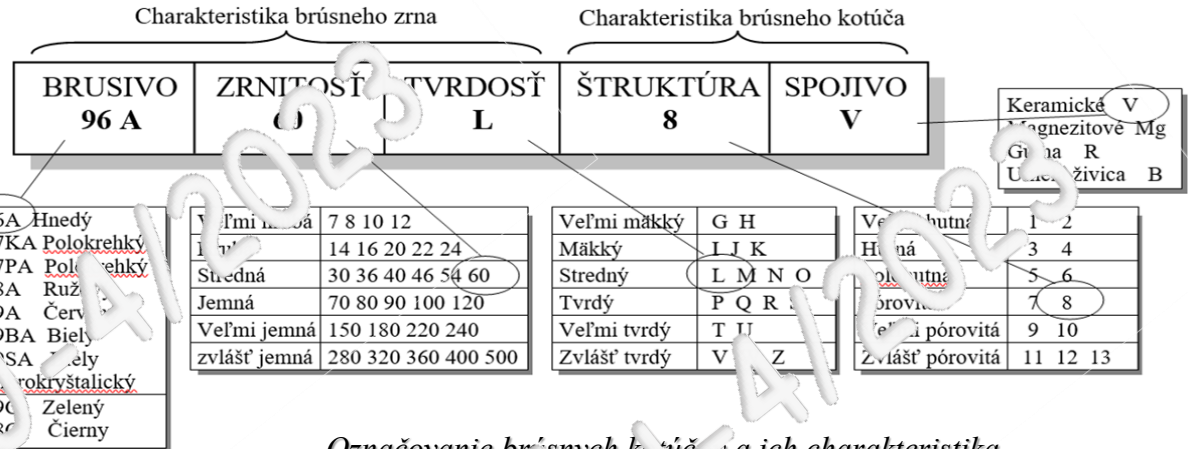
Struktúra brúsnych kotúčov z konvenčných materiálov

1 - zrno, 2 - spojivo, 3 - póry

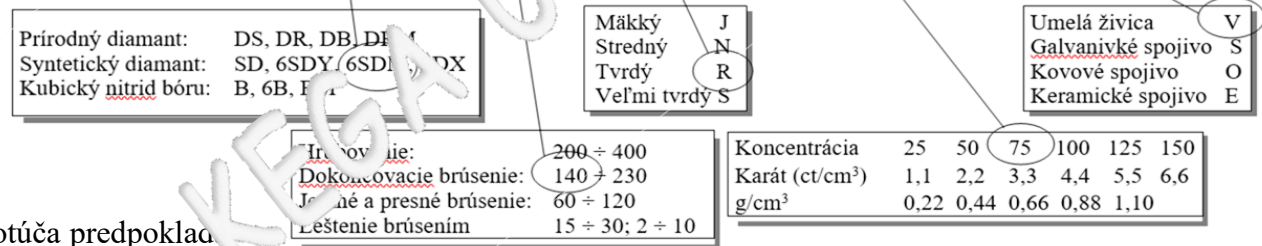
Všeobecná charakteristika brúsneho kotúča je stanovená podľa STN 22 4501:

- druh brúsneho materiálu,
- zrnitosť brúsneho materiálu,
- tvrdosť nástroja,
- štruktúra nástroja,
- druhu spojiva,
- rozmery a tvar kotúča.

*Vlastnosti brúsneho kotúča sú
zakódované v značke kotúča.
Príklady označení kotúčov
sú nasledovné:*



Charakteristika superabraziva			Charakteristika brúsneho kotúča	
BRUSIVO 6SDM	ŽRNTOSŤ 140	TVRPOSŤ A	KONCENTRÁCIA 75	SPOJIVO V



Správne použitie brúsneho kotúča predpokladá poznať jeho vlastnosti - veľkosť a druh brúsneho materiálu, zrnitosti brúsiva, tvrdosti nástroja, štruktúry nástroja, druhu spojiva.

Označovanie supertvrдых kotúčov a ich charakteristika

Druhy brúsneho materiálu

Ako brúsiaci materiál môžeme označiť každú látku, ktorá sa pre jej väčšiu tvrdosť používa na opracovanie povrchu iných telies oddeľovaním malých častíc.

Brúsne materiály sa podľa spôsobu výroby rozdeľujú na prírodné a syntetické. Tieto materiály, ktoré sa používajú ako brúsivo, musia zodpovedať určitým požiadavkám. Hlavnou požiadavkou je vysoká tvrdosť (prevyšujúca obrábaný materiál), primeraná pevnosť (odolnosť voči nárazu a ťažké tlaky) a štiepatelnosť (schopnosť vytvárať nové rezné hrany pri nadmernom otupení brúsivého zrna).

Podľa mikroskopického stavby je možné rozlišovať u zrn brúsiva tieto základné typy štruktúry:

- *Monokryštalické zrná* - sú to jednotlivé kryštály, alebo ich úlomky. Ich povrch je tvorený kryštalickými alebo iónovými plochami. Pravidelnosť stavby kryštálov býva často narušená prítomnosťou prímiesí a drobných dutín.

Polykryštalické (Agregátne) zrná - sú tvorené zložením jednotlivých menších kryštálov.

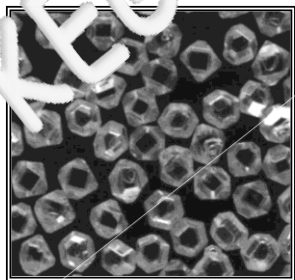
Zrnasty brúsivo so sprievodnými látkami - sú tvorené zrnami, kde jednotlivé kryštály vlastného brúsiaceho materiálu sú sprevádzané čiastočne tzv. sklenou fázou a ostatnými sprievodnými minerálmi alebo kvapkami redukovaných kovov. Z hľadiska brúsnych vlastností znižuje obsah týchto sprievodných zložiek reznosť brúsiva.

Prírodné brúsne materiály

Medzi prírodné brúsiva patrí kremičitý piesok, pieskovec, prírodný korund, šmirgel', pazúrik, pemza, granát a hlavne diamant. Okrem diamantu sa tieto prírodné brúsiva pre nerovnomernú kvalitu používajú priemyselne len výnimočne a pre menej náročné práce (brúsiace papier a pátka na brúsenie dreva a pod).

- × **Kremeň (Kr)** je minerál, ktorý obsahuje hlavne oxid kremičitý (až 97% SiO_2) a prímеси ďalších minerálov. Je najstarším prírodným brúsnym materiálom, ktorý sa už dnes prakticky nepoužíva, [45].
- × **Šmirgel' (N)** je minerál, ktorý je tvorený zmesou korundu a magnetitu, obsahujúceho max. 60% Al_2O_3 . Ďalšie vedľajšie prímеси znižujú v porovnaní s korundom jeho brúsiace vlastnosti,
- × **Korund (E)** je nerast dodávajúci sa hlavne z kryštalického oxidu hliničého (80 až 90 % Al_2O_3) a ďalších nerastov ako prímеси. Je veľmi tvrdý a nie veľmi krehký materiál. V prírode sa nachádza veľa druhov korundu.

Prírodný diamant je doteraz najtvrdší známy materiál.



Je modifikáciou uhlíka kryštalickou štruktúrou, ktorá obsahuje len malé množstvo prímеси rôznych chemických prvkov. Kryštalizuje v kockovej sústave, zatiaľ čo grafit, ako polymorfná modifikácia uhlíka, kryštalizuje v hexagonálnej sústave, vo forme platničiek. Prírodný diamant, ktorý je anizotropný kryštál, nemá rovnaké vlastnosti v rôznych smeroch. Vyniká svojou tvrdosťou, dobrou tepelnou vodivosťou, vysokým modulom pružnosti atď. Tvrdosťou sa mu približujú iba niektoré nové materiály na báze zlúčenín bóru. Prírodný diamant získavame z nálezísk, ktorých je veľmi málo. Tvar, veľkosť, farba a kvalita diamantu je rôzna. Počet nálezísk je veľmi malý, preto je cena takýchto brúsnych nástrojov značne vysoká.

Umelý korund je kryštalický oxid hlinitý (Al_2O_3) s obsahom malého množstva prímiesí a nečistôt, ako sprievodných minerálov, a to podľa druhu korundu buď oxidu Ti, Si, Fe, Zr u umelého korundu hnedého alebo tzv. beta korund, čo je hexahlinitan sodný $\text{Na}_2\text{O} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ u umelého korundu bieleho. Podľa obsahu oxidu hlinitého má elektrokorund rôzne sfarbenie, štruktúru a vlastnosti.

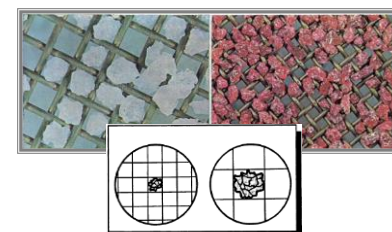


Rôzne sfarbený umelý korund

Rozlíšenie podľa označenia:

A 96 - umelý korund hnedý - vyrába sa z bauxitu a koksu redukčným tavením v elektrických oblúkových peciach. Kvalita a zloženie umelého korundu závisí na druhu bauxitu. Najlepší bauxit na výrobu brúsiva má obsahovať čo najviac oxidu hlinitého a len nepatrné množstvo oxidu železnatého a horečnatého. Koksom redukuje Fe_2O_3 na Fe , SiO_2 na Si. Vzniknuté roztavené špecificky ťažšie ferosilicium klesá v tavenine ku dnu. Správny pomer týchto zložiek musí byť vo východzom bauxite a kokse musí byť umelo upravovaný tak, aby vzniklo ferosilicium magnetické. Behom tavby sa pece chladí vodou a po čiastočnom stuhnutí taveniny sa ocelové oceľový plášť a blok sa chladí vzduchom.

Bloky umelého hnedého korundu sa rozbíjajú a črta v oceľových a kužeľových drviacich alebo valcových mlynch. Rozomletý materiál sa potom triedi podľa veľkosti zŕn na sústave sietí. Zbytky ferosilicia a oter z mlecích telies sa odstraňujú elektromagnetmi. Pre použitie na brúsiace nástroje s keramickým spojivom sa zrna ešte tepelne upravujú.



Triedenie brúsnych zŕn cez sítá

Syntetické brúsne materiály

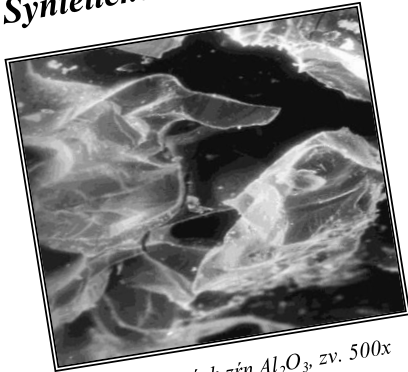


Foto brusných zŕn Al_2O_3 , zv. 500x

A 99 (A 99 B) - umelý korund biely - vyrába sa tavením oxidu hlinitého v elektrickej oblúkovej peci. Oxid hlinitý sa získava z bauxitu zložitou chemickou cestou. K tvorbe korundu dochádza pri teplotách okolo $2\,000^{\circ}\text{C}$ a oxid hlinitý roztavený pri tejto teplote kryštalizuje pri chladení na korund. Vzniknutý blok sa po vychladnutí čistí od nedotavených častí, rozbíja, drví, mletie a triedi sa na zrna.

Väčšina ďalších typov umelých korundov používaných ako brúsivo sa získava pridaním legujúcich látok alebo zvláštnou technológiou tavenia alebo chladienia. Dosahuje sa tým niektorých lepších vlastností, predovšetkým lepšej húževnatosti, tvrdosti, tvaru zŕn alebo výhodnejšej štruktúry. Sú to nasledujúce druhy

A 98 - umelý korund ružový (rubín) - získava sa prídavkom 0,5 až 4% oxidu chromitového (Cr_2O_3). Vyznačuje sa vyššou rezivosťou a menším vývojom tepla pri brúsení.



A 98 M - mangánový - je legovaný mangánom, čím sa dosiahne vyššia húževnatosť. Je vhodný pre presné brúsenie veľmi tvrdých nástrojových oceľí.

A 98 T - titánový - je legovaný titánom a mangánom, je vhodný pre presné brúsenie ťažkoobrobiteľných materiálov



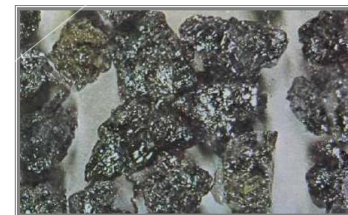
A 97 M - mikrokryštalický korund - biely korund, ktorého jemná štruktúra sa získava rýchlym ochladením, odliatím roztaveného korundu po odpočívku na chladiacu panvu, kde z neho vzniknú tenké dosky. Je húževnatý, vhodný pre veľké tlaky a rýchlosť

A 97 Z - zirkonový - je legovaný zirkónom, je veľmi húževnatý a vhodný pre hrubovacie operácie za vysokých tlakov a rýchlostí.

A 97 P - polokrehký korund - hnedý korund, pri ktorého výrobe sa pridáva viac koksu, a dosahuje sa tak silnejšia redukcia. Jeho vlastnosti sú medzi brúsimom A 99 a A 96. Má väčšiu tvrdosť ako A 96, ale menšiu húževnatosť, takže sa pri práci červie a tým vzniká samoostriaci účinok.

Monokorund obsahuje vysoké percento (99%) kryštálového oxidu hlinitého. Získava sa tavením bauxitu sulfidom železa a redukčnej látky v elektrických peciach. Pri tavení vznikne blok tvorený zrnami sulfidov hliníka, vápnika a čiasočného utánu. Blok sa ďalej spracováva vodou, kde sa monokorundy oddeľujú od sulfidov, obohacujú sa a triedia podľa veľkosti. Vyniká dobrými reznými vlastnosťami a používa sa pri brúsení legovaných kalených ocelí. Pri brúsení týmto kotúčom sa vyvíja pomerne málo tepla, teda rezný proces je studený, obrábaný povrch sa vyznačuje menšími deformáciami a zvyškovými ťahovými napätiami, ako pri klasickom korunde.

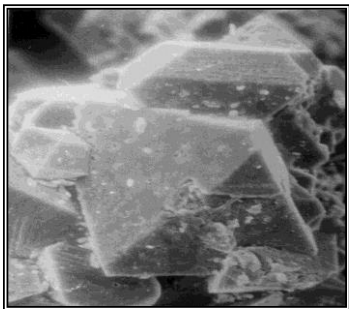
Karbid kremíka (SiC) - zlúčenina kremíka s uhlíkom, ktorá sa vyrába v elektrických peciach pri teplote 1 450 až 2200°C podľa rovnice $\text{SiO}_2 + 3\text{C} = \text{SiC} + 2\text{CO}$. Východnou surovinou je kremičitý piesok a látky obsahujúce uhlík. Výrobný proces spočíva na kremikovaní uhlíkových častíc parami kyseliny kremičitej. Karbid kremíka môže byť čierny a zelený. Jeho zafarbenie závisí od chemického zloženia. Čierny od uhlíka, zelený od železa.



C 40 - zelený - je chemicky čistejší a tvrdší, ale menej húževnatý, používa sa na brúsenie spekaných karbidov.

C 8 - čierny - je húževnatejší na brúsenie kovov s malou pevnosťou v ťahu.

Karbid kremíka má mimoriadne veľkú tepelnú a elektrickú vodivosť, vysoký bod tavenia, odolnosť proti zmenám teploty i chemickú odolnosť



Brúsne zrná z KNB, zv. 500x

Karbid bóru (B_4C) obsahuje zložený z kryštalického karbidu bóru (do 94 % B_4C) a malé množstvo miedzi. Vyrába sa v elektrických peciach z tečúcej kyseliny boritej (H_3BO_3) a uhlíkatého materiálu s malým obsahom popola ropného koksu. Používa sa ako voľné brúsivo. Jeho vyššie tvrdosti sa využívajú pri lapovaní a leštení spekaných karbidov a ďalších veľmi tvrdých látok. Nahradzuje sa ním čiastočne diamant. Pri vyšších teplotách stráca karbid bóru svoju chemickú odolnosť.

Kubický nitríd bóru (KNB) je veľmi tvrdý materiál. KNB je chemická zlúčenina, ktorá sa skladá zo 43,6% bóru a 56,4% dusíka. Kryštalická mriežka KNB sa podobá mriežke diamantu, má v mriežke atómy bóru a dusíka. Kryštalická mriežka vzniká syntézou nitridu bóru za prítomnosti katalyzátora v špeciálnych kontajneroch na hydraulických lisoch s tlakom 3 000 až 80 MPa pri teplote 2000°C. Veľká tvrdosť, tepelná odolnosť a chemická inertnosť k železu umožňuje KNB na obrábanie práve materiálov obsahujúcich železo, t.j. rôzne druhy ocelí a zliatin.

Novšie syntetické brúsne materiály



SG brúsne zrná, zväčšenie 50x

Aj v oblasti brúsiv a brúsnych nástrojov vývojom nových technológií vznikajú stále nové materiály, ktoré výrazne zvyšujú technické a ekonomické parametre brúsiacich operácií.

K novším brúsnym materiálom patria: **SG - brusivo** (seeded gel) vyvinuté v roku 1988

TG - brusivo (targa gel) vyvinuté v roku 1994

Charakteristika SG brúsnych materiálov

SG (z angl. „seeded gel“) je keramizovaný umelý korund na báze Al_2O_3 , tvar týchto brúsnych zŕn sa podobá na prepojenú špirálu. Vyrába sa chemickým procesom, pri ktorom sa tvrdé brúsne zrná privádzajú do plastického stavu, čím následne získavajú vlastnosti gelu.

Rezné schopnosti SG brúsiva sú niekedy medzi KNB a Al_2O_3 . V porovnaní s klasickým brúsnym materiálom má SG brúsne zrná vyššiu tvrdosť a húževnatosť, menšiu mernú hodnotu tlaku, tepla a trenia, čo má za následok vznik popálenín obrábaného povrchu. Zrná z SG materiálu majú veľké brúsne plochy a relatívne pravidelný tvar. Mikroštruktúra takéhoto brúsneho zrna umožňuje ľahké odkrývaním nových ostrých hrán, samoostriacu schopnosť. Výsledkom tejto samoostriacej schopnosti v procese brúsenia je, že sa vytvára sekundárna brúsna rezná hrana.

Charakteristika TG brúsnych materiálov

TG (z angl. „targa gel“) je keramizovaný umelý korund. Je to brúsny materiál na báze Al_2O_3 , tvar týchto brúsnych zŕn je podobný, dĺžka ku priemeru je 4:1. V porovnaní s klasickým brúsnym materiálom má TG brúsne zrná vyššiu tvrdosť a húževnatosť. Životnosť takéhoto brúsneho nástroja je tiež vyššia. Rezné schopnosti TG brúsiva sú medzi KNB a Al_2O_3 . Zrná z TG materiálu majú veľké brúsne plochy a relatívne pravidelný tvar. V procese brúsenia sa na brúsnom zrne TG vytvára sekundárna rezná hrana, ako výsledok samoostriacej schopnosti brúsneho zrna. Väčšina brúsnych zŕn u konvenčných brúsnych materiálov sa v procese brúsenia zaobľúva, čím nastáva zväčšovanie merného tlaku, tepla a trenia, čo má za následok vznik popálenín obrábaného povrchu.



TG brúsne zrná, zv. 50x

Zrinitosť brúsneho materiálu

Číslo zrinitosti vyjadruje merný rozmer zrna hlavnej frakcie v stotinách mm. Za merný rozmer sa považuje šírka zrna. Jeho rozmery sú definované dĺžkou l , šírkou s a výškou v tak, že $l \geq s \geq v$, pričom l/v nemá u 90% zrn presahovať hodnotu 5.

Zrna so šírkou väčšou ako 40 μm sa kontrolujú preosievaním a menšie mikroskopicky.

Číslo zrinitosti zrkne na počet ôk sita, ktorým zrn prepadlo, vzťahnutý na dĺžku 1 anglického palca; pričom hrúbka drôtu sita sa rovnala $\frac{1}{4}$ dĺžky oka

Prehľad označení zrinitosti brúsiva Al_2O_3 a SiO

Označenie zrinitosti podľa STN		315	250	200	160	125	100	80	63	50
Merný rozmer zrna hlavnej frakcie (μm)	od	4 000	3 150	2500	2000	1600	1250	1000	800	630
	do	3150	2500	2000	1600	1250	1000	800	630	500

40	32	25	20	16	12	10	8	6	5	4	3
500	400	315	250	200	160	125	100	80	63	50	40
400	315	250	200	160	125	100	80	63	50	40	28

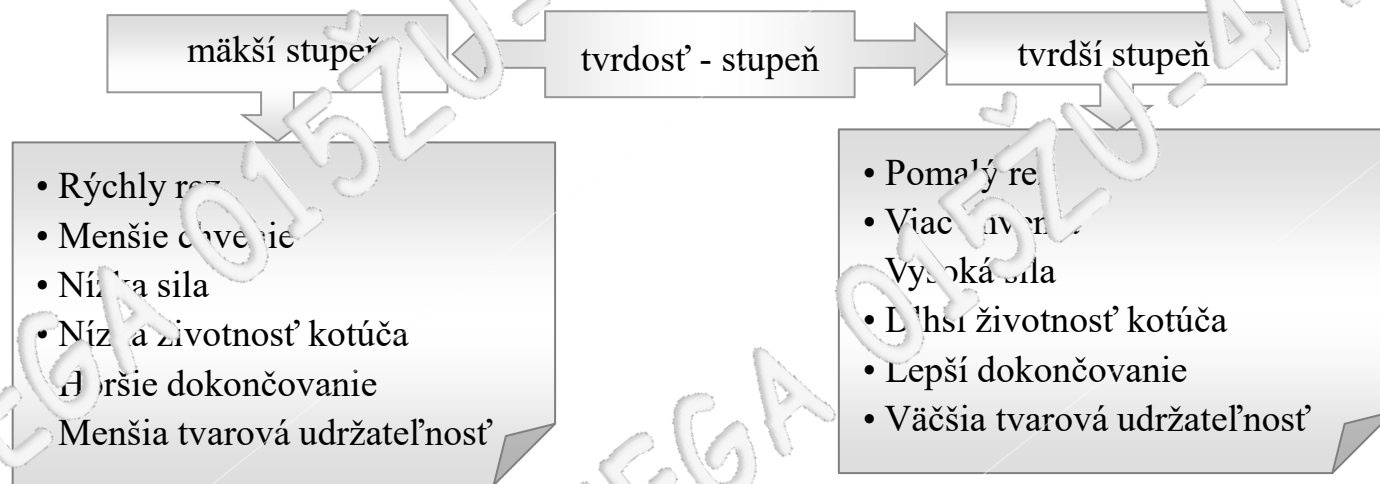
Prehľad označení zrinitosti diamantu a CNR

Označenie zrinitosti podľa STN		620/500	500/400	400/315	315/250	250/200
Merný rozmer zrna hlavnej frakcie (μm)	od	30	500	400	315	250
	do	500	400	315	250	200

200/160	160/125	125/100	100/80	80/63	63/50	50/40	40/36
200	160	125	100	80	63	50	40
160	125	100	80	63	50	40	36

Tvrdosť nástroja

Jednou z charakteristík brúsneho nástroja, ktoré najvýznamnejšie ovplyvňujú priebeh a výsledky brúsenia, je tzv. tvrdosť brúsneho nástroja. Táto tvrdosť nevyjadruje skutočnú tvrdosť brúsneho materiálu, ale je merou húževnatosti a pružnosti spojivových mostíkov medzi zrnami, ako i súdržnosti spojiva so zrnami. Závisí teda nie len na vlastnosti spojiva, ale aj na počte a veľkosti mostíkov, veľkosti, počte a tvare zrn. Je definovaná ako odpor, ktorý kladie spojivo brúsiaceho nástroja proti vylomeniu alebo uvoľneniu zrn brúsneho materiálu.



E (MPa). 10 ³	25	29,5	34	38,5	43	47,5	52	56,5	61	65,5	70	74,5
Tvrdosť	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R

Štruktúra brúsneho kotúča



Štruktúra určuje pomer hrubých zŕn, spojiva a pórov v 1cm³. Čím vyššie je číslo, tým je vzdialenosť medzi zrnami väčšia.

Pre voľbu štruktúry v rôznych prípadoch platí:

- čím tvrdší a sľahkejší je materiál, tým hutnejší je kotúč,
- čím väčšia je dotyková plocha, tým pórovitejší musí byť kotúč,
- čím väčšie je množstvo odoberaného materiálu, tým pórovitejší musí byť nástroj, aby sa nezanášal.

Druh spojiva

Spojivo stmeluje brúsne zrná tak, aby brúsny nástroj mal požadovaný tvar, rozmer a vhodnú mechanickú pevnosť. Od jeho množstva, druhu a spôsobu spracovania závisí tvrdosť a štruktúra materiálu nástroja. Spojivo musí odolávať vplyvom teploty, chladiacich kvapalín a musí mať dostatočnú pevnosť. Pevnosť nástroja, najmä pri brúsných kotúčoch, určuje maximálnu dovolenú obvodovú rýchlosť, a tým aj reznú rýchlosť. Ako spojiva, ktoré spĺňajú tieto náročné požiadavky, sa používajú:

Organické spojivá

Organické spojivá sú veľmi pevné, pružné a húževnaté. Možno ich aplikovať na veľmi úzke kotúče (do 1 mm) a používať vysoké obvodové rýchlosti. Ich nedostatkom je, že nemôžu zniesť vyššie teploty. Pri teplote 150 až 200°C spojivo mäkne a zrná nástroja sa rýchlo vylamujú. Najmenejšie sú šelakové (E) a gumové (R) spojivá a umelá hmotnosť (B), (bakelit).

Pevnosť v ťahu najmä pri brúsných kotúčoch zvyšujú zivicové spojivá vystužené textilnými, resp. sklenými vláknami. Umožňujú vysoké obvodové rýchlosti (90 až 120 m.s⁻¹) a používajú sa pri rýchlostnom brúsení.

Brúsne nástroje

Brúsiaci nástroj (brúsne kotúče) tvoria zrná brúsiva nepravilne rozmiestnené, spojené spojivom do tuhého telesa vhodného tvaru, tvrdosti a štruktúry. Zrornosť a tvar brúsnych kotúčov sú dané podľa noriem.

Tvary brúsiacich kotúčov:

1. plochý
2. jednostranne kužeľový
3. obojstranne kužeľový
4. s jednostranným vybráním
5. s obojstranným vybráním
6. prstencový
7. hrncový s malým otvorom
8. hrncový s veľkým otvorom
9. miskový

10. obojstranne skosený

11. tanierový

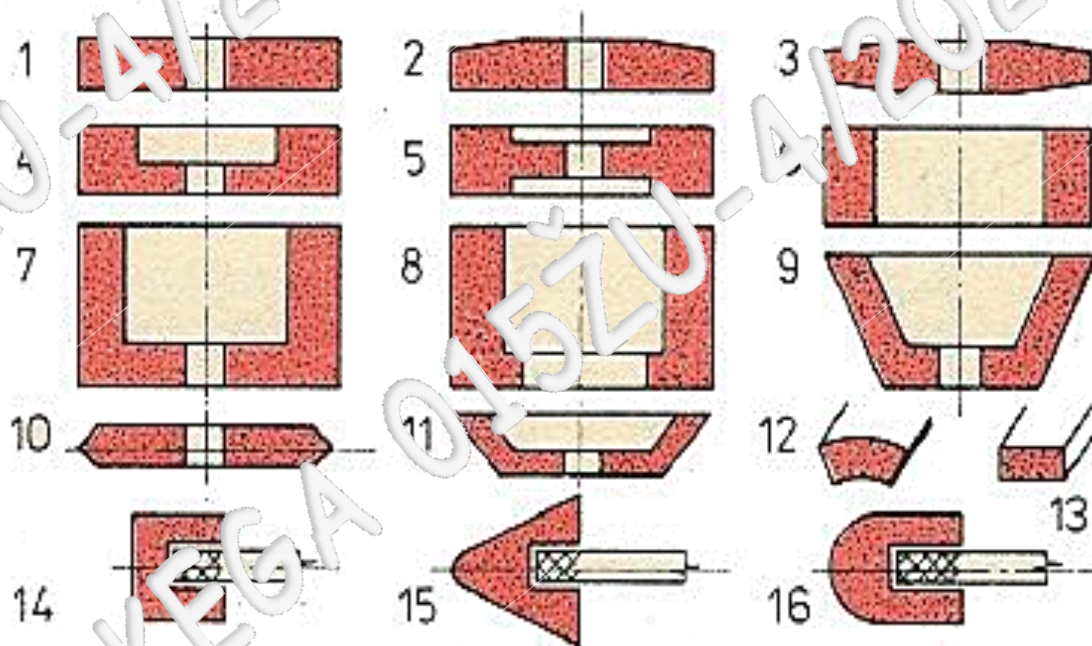
brúsiaci segment: 12 – vydutý

13 – plochý

Brúsne telesko: 14 – valcové

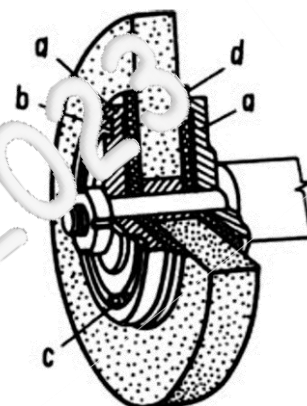
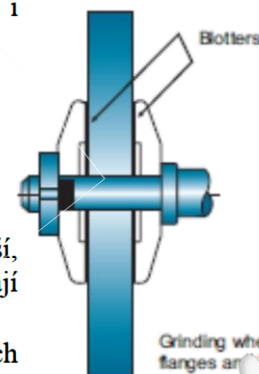
15 – kužeľové

16 – zaoblené

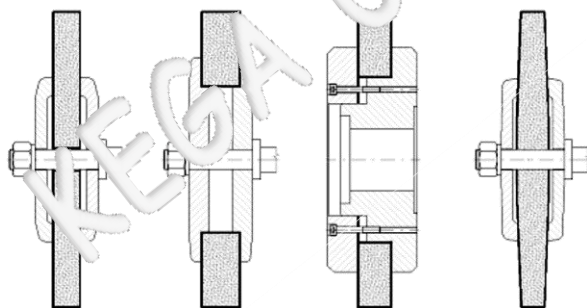


tlumený zvuk. V závislosti na jednotlivých tvarech brusných nástrojů musí být prováděno i upínání (obr. 2.94), které musí splňovat tyto zásady:

- Upínání musí být pečlivé se zřetelem na bezpečnost.
- Před upnutím se kotouč volně nasazený na trn zkouší poklepem dřevěnou palčkou. Tón musí být jasný.
- Kotouč se nasazuje na vřeteno s vůlí. Doporučené uložení H12/e8, H12/e7, H12/d8, podle druhu broušení.
- Ploché kotouče se upínají 2 přírubami stejného průměru. Průměr přírub nesmí být menší, než 1/3 průměru kotouče. Příruba musí mít na vřetelné straně vybrání (dosedají mezikružím) minimálně 0,5 mm.
- Mezi příruby a kotouč se vkládají kotoučky z měkké lepenky, pryže, kůže, plsti. Jejich tloušťka je 0,5-2 mm.
- Prstencové kotouče se do drážky přímým přitlačují.
- U větších kotoučů jsou v přírubě drážky na vyvažovací tělíska.
- Podložky musí přesahovat po obvodu alespoň 1 mm.
- Při lehkém sevření se kotouč vyřadí.
- Šrouby a matice se nesmí utahovat nasilím, zvláště ne údery.
- Řezné kotouče se chrání kotoučem [5, 19, 20, 89].



Upínání brousícího kotouče, a - upínací příruba, b - kruhová drážka, c - vyvažovací tělísko, d - kotouček lepenky, plsti nebo kůže [89]



Obr. 2.95 Příklady upínacích přírub pro brousící kotouče [5]

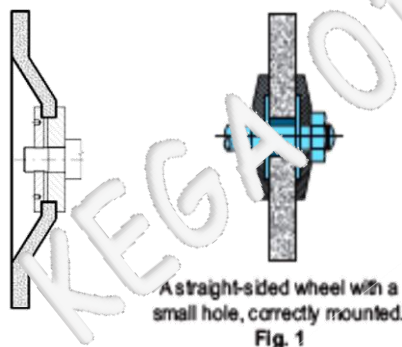


Fig. 1

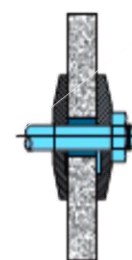


Fig. 2

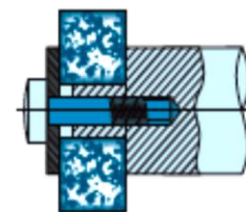
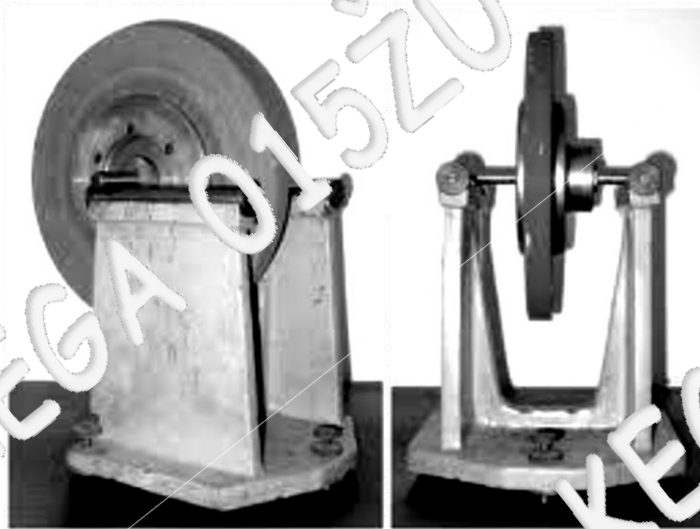


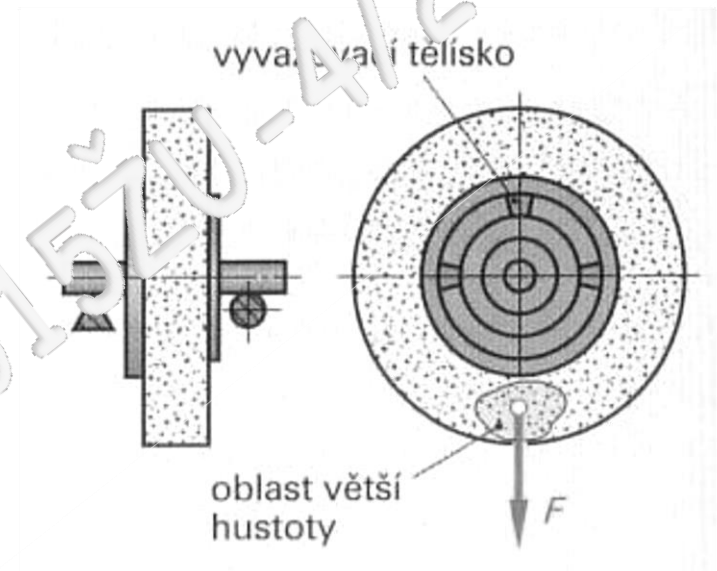
Fig. 3

2.10.5 Vyvažování brousících kotoučů

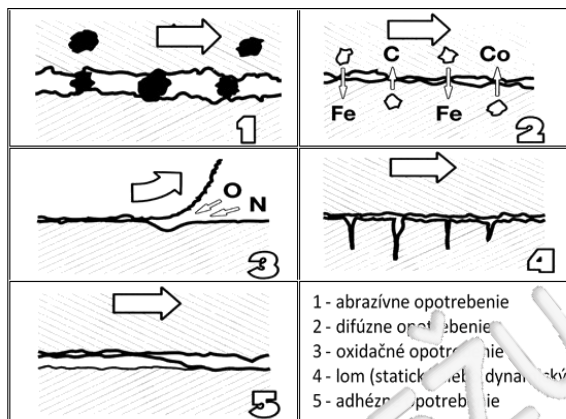
Nehomogenost brusiva v brusném kotouči má za následek nevyváženost a tím házení kotouče z důvodu nerovnováhy odstředivých sil. To se projevuje hlavně u kotoučů velkých rozměrů pro velké rychlosti. Zde se projevuje nevyváženost markantně. Ke statickému vyvážení stačí uložení v ložiskách s malým odporem nebo na vodorovných přítech (obr.2.102, 2.103). V mnoha případech stačí statické vyvážení vyrovnat vyvažovací tělisky vloženými do drážky v přírubě, případně odvrtáváním materiálu z kotouče (obr.2.104). U velkých kotoučů je třeba ještě brusný kotouč vyvažovat dynamicky ve dvou vyvažovacích rovinách, na elektronické vyvažovače. (obr.2.105, 2.106) [37, 81, 89].



Obr. 2.103 Statické vyvažování na stojánku [37]



Obr. 2.102 Statické vyvažování [89]



Druhy opotrebení

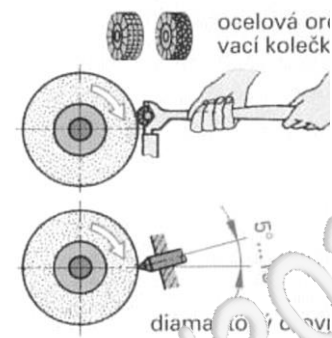


Základné mechanizmy opotrebenia brúsiacich zŕn

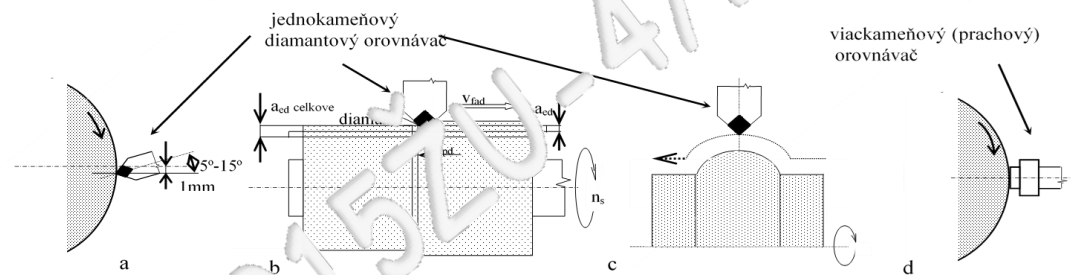
- a - oter rôznych častí (vrcholov) zŕn brúsiva, ktorý je sprevádzaný vznikom hladkých, či menej hladkých plôšiek (obr. a),
- b - mikroskopické porušovanie (štiepenie) zŕn s oddeľovaním malých úlomkov (obr. b),
- c - porušovanie celých zŕn - s oddeľovaním celých častí zrna (obr. c),
- d - úplné vylamovanie zŕn zo spojiva (obr. d),
- e - porušenie pôsobením chemických vplyvov v stykovom pásme zrna a obrábaného materiálu (obr. e) pri vysokých teplotách, vznikajúceho počas brúsenia (difúzne a adhézne opotrebenie),
- f - zanášanie priestoru medzi zrnami trískaťmi a brusným odpadom (obr. f).

Spôsoby orovnávania

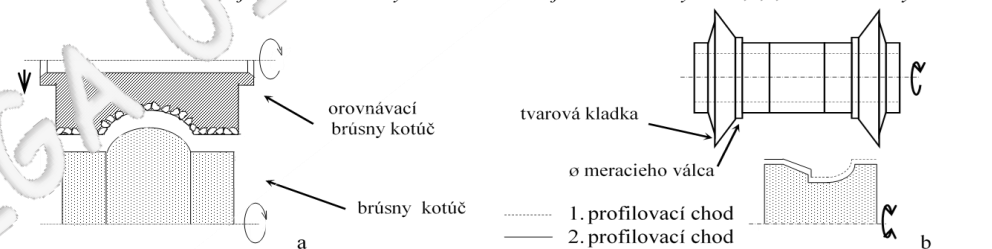
- Tvar a geometria kotúčov ovplyvňujú drsnosť povrchu a veľkosť rezných síl
- Niektoré kotúče sa po určitom opotrebení orovnávajú za účelom:
 - získať požadovaný tvar alebo obnoviť geometriu
 - zvýšiť reznosť kotúča
 - odstrániť obrúsený materiál a poruchy
- Orovnávanie môže byť :
 - ručné (kameňe, kolieska),
 - strojové (diamantové orovnávače).



Obr. 2.108 Orovnávanie nástrojov [39]



Obr. 6.4 Orovnávanie stojacími diamantovými orovnávačmi jednokameňovými - a, b, c, viackameňovými - d



Obr. 6.5 Orovnávanie diamantovými tvarovými kotúčmi (kladkami) viazanými na konkrétny výrobok - a orovnávanie diamantovými profilovými kotúčmi, ktoré pracujú na princípe pozdĺžneho brúsenia CNC riadením - b

Jednotlivé metódy orovnania brúsiacich kotúčov sa členia podľa materiálu použitého k vlastnému orovnaniu do dvoch základných skupín:

- diamantové orovnávače,
- bezdiamantové orovnávače.

Každá skupina sa ďalej člení podľa rôznych hľadísk napr. podľa spôsobu práce, podľa pohonu orovnávacieho telesa, podľa tvaru držiaku, atď.

Druhy orovnávačov

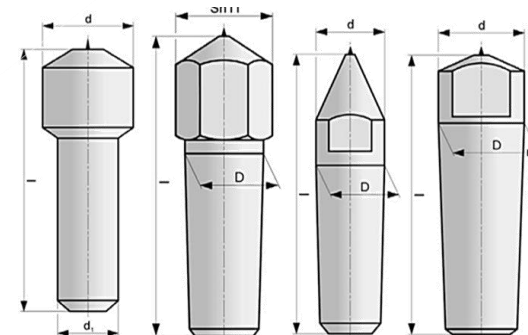
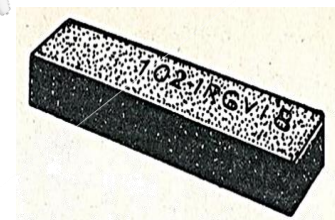
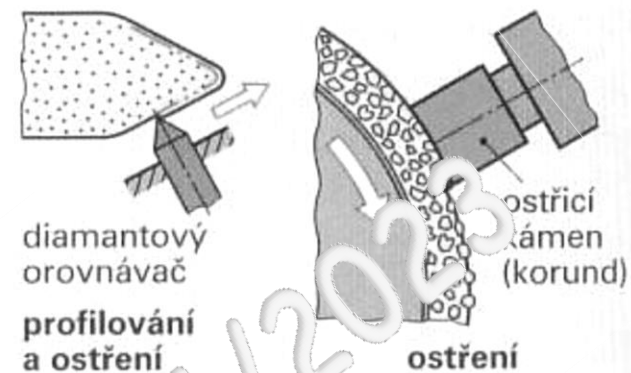
K orovnávaníu brúsnych kotúčov sa v praxi používa celý rad rôznych druhov orovnávačov

- a) Mechanické orovnávače
- profilovacie: oceľové alebo liatinové kolieska,
 - zatlačenie kotúče a kladky.



- b) Keramické orovnávače
- orovnávacie kotúče, určené pre prístroje Kerex a Diabolo,
 - pilníky, kamene, orovnávacie nástroje v tvárke,
 - orovnávacie kotúčiky zo spekaného karbidu.

- c) Diamant



Diamantové orovnávače

Tieto orovnávače sú používané na orovnávanie brúsnych kotúčov, najmä tých, ktoré potrebujeme pre prácu vo vysokej presnosti, ale aj vo všetkých prípadoch, kde nemožno diamant nahradiť.

Diamantový orovnávač sa skladá z diamantu, ktorý tvorí jeho funkčnú časť, z držiaka a spojiva. Na výrobu orovnávačov sa používajú monokryštály diamantu. Ako spojivo sa používajú rôzne spájky, najmä tvrdé spájky na báze medi. Držiaky sa vyrobajú z ocelí rôznych akostí s pevnosťou v ťahu vyše 500 MPa.

Podľa spôsobu opracovania sa delia na orovnávače s brúsným a nebrúsným diamantom. Brúsené orovnávače sa používajú na orovnávanie tvarových kotúčov, napr. kotúčov so závitovými profilmi na brúsenie závitov a pod.

Orovnávacie diamantové nástroje pre konvenčné brúsiace nástroje (brúsne kotúče) možno podľa počtu, tvaru a spôsobu uloženia diamantových zŕn v povrchovej vrstve orovnávacieho telesa rozdeliť na niekoľko typov:

1. jedn. kameňové,
2. dia. kameňové,
3. machové,
4. staviteľné orovnávacie doštičky,
5. orovnávacie kocky,
6. obežné orovnávače.



Druhy diamantových orovnávačov

Viackameňové orovnávače



Diamantový
viackameňový
orovnávač

Používajú sa najmä v hrotových a rovinných brúsiacich strojoch. Diamanty sú uložené v hlave orovnávača v niekoľkých vrstvách tak, že jednotlivé vrstvy diamantov od seba oddeľuje medzivrstva spojiva. Orovnávač upnutý na stroj musí mať dostatočnú pevnosť, ktorá zabráňuje chveniu.

Na rozdiel od orovnávačov s jedným hrotom, musí sa poloha tohto orovnávača pri orovnávaní voliť tak, aby nástroj smeroval svojou osou do osi alebo pod os brúsneho kotúča v uhle 0° až 10° .

Po odbrúsení jednej vrstvy diamantov sa odbrúsi malá medzivrstva spojiva, čím sa obnaží ďalšia vrstva diamantov. Toto sa opakuje až do úplného spotrebovania nástroja.

Viackameňové orovnávače majú niekoľko výhod. Rieši nedostatok vhodných a drahých diamantov pre jednokameňové orovnávače, lebo umožňujú použiť menej hodnotné, a tým aj lacnejšie diamanty. Okrem toho sa môžu spotrebovať bez zvyšku a teda odpadávajú náklady na prečistenie diamantov a v prípade zničenia kryštálu nevzniká taká škoda ako pri poškodení jednokameňového orovnávača.

1. Prachové orovnávače

Názov prachové dostali tieto orovnávače preto, lebo na ich výrobu sa používa rovnaké brúsivo (diamantový hrot) ako pri výrobe diamantových brúsnych kotúčov, ale najjemnejšej zrnitosti a rovnakej je aj technológia ich výroby.

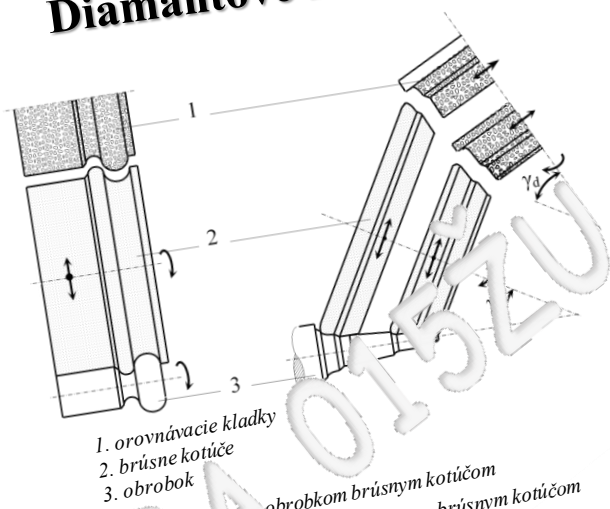
Prachový ni diamantovými orovnávačmi možno nahradiť jednokameňové orovnávače.

V rôznych prípadoch sa nimi dosahujú aj lepšie výsledky. Výrobcom prachových orovnávačov zdôrazňujú tieto výhody:

- väčší počet zŕn v zábere umožňuje použiť vyššie posuvové rýchlosti,
- ľahšie nastavenie sklonu držiaka,
- prítok brúsiva je rozdelený na veľký počet malých diamantov,
- menší prítlak na jednotlivých diamantoch vyvoláva nižšie teploty a spôsobuje menšie opotrebenie,
- docieľajú sa lepšia kvalita orovnaného povrchu brúsneho kotúča,
- pri orovnaní sa nemusí otáčať držiakom.

Prachové orovnávače sú vhodné najmä na kotúče s gumovým, alebo živicovým spojivom. Pri vyššej tvrdosti orovnávaného kotúča sa volí o stupeň hrubší orovnávač.

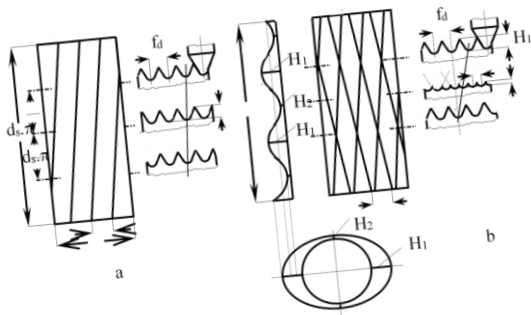
Diamantové kladky



Stále rozširovanie brúsenia a zvyšovania nárokov na automatizáciu tohto procesu vyžaduje také orovnávače brúsnych kotúčov, ktoré by spĺňali nasledovné podmienky: vysokú rozmerovú stabilitu, trvanlivosť rezných vlastností diamantov, zabezpečenie orovnávania s minimálnymi časovými stratami. Splnenie uvedených podmienok umožňuje zvýšiť presnosť a akosť obrúsených povrchov, a tým aj zvýšiť spoľahlivosť a životnosť strojov a mechanizmov. Týmto požiadavkám vyhovujú diamantové kladky, ktoré obsahujú diamanty spojené kovovým spájkom.

V porovnaní s jednokameňovými a viackameňovými diamantovými orovníkmi majú diamantové kladky niektoré prednosti: ich rozmerová stabilita je desať až stonásobne vyššia, pre orovnávanie tvarových brúsnych kotúčov odpadajú zložité kopírovacie zariadenia, vyžadujú podstatne nižšie časové straty atď.

Orovnávanie diamantovými kladkami je výhodné najmä v hromadnej výrobe



Obr.6.10 Schéma výsledkov orovnávaní pri (a) jednosmernom a (b) protichodnom orovnávaní jednokameňovým orovnávačom

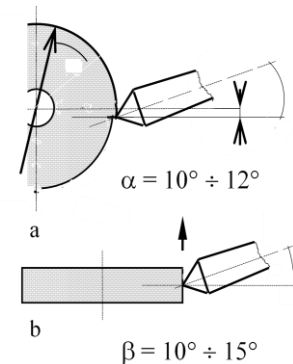
Pre veľkosť posuvu orovnávača platí zásada, že má byť v určitom vzťahu k veľkosti brúsneho zrna v kotúči a to tak, aby každé zrno prišlo do styku s orovnávačom dvakrát. Pri zvýšenej rýchlosti posuvu sa získa drsný (otvorený) povrch orovnaného kotúča. Kotúčňa má síce lepší úber, ale brúsený povrch má horšiu kvalitu. Zmenšením posuvu možno ovplyvniť povrch kotúča tak, že pri zvýšenej reznosti vzniká kvalitnejší povrch. V praxi sa brúsne kotúče orovnávajú aj pri zmene rýchlosti posuvu, je v oboch smeroch rovnaká.

Diamantové orovnávače patria k najdrahším, lebo sa osádzajú vysoкокквалитнými prírodnými alebo syntetickými zrnami väčších veľkostí - od 0,1 až do 6 mm, čo závisí

aj cena orovnávača. Napriek vysokým cenám existuje v brusičskej praxi rad postupov - najmä pri tvarovom orovnávaní, pri ktorých nie je možné jednokameňové orovnávače nahradiť lacnejšími druhmi.

Súbežne s pokrokom vo vývoji vysokotlakovej syntézy diamantu, premeny hexagonálnej fázy uhlíka (grafitu) na kubickú (diamant), boli prírodné diamanty v brúsnych nástrojoch postupne nahradzované syntetickými práškami. Ďalšou etapou vývoja bola príprava kompaktných telies z polykrystalických syntetických diamantov, ktoré boli použité pre výrobu orovnávačov. Tieto pokusy boli úspešné len čiastočne, pretože štruktúra je tvorená masou diamantových zŕn spekaných pod vysokým tlakom s určitým prídavkom spojiv - hranice zrna a spojité oblasti tvoria slabé miesta z hľadiska funkčnej celkovej zaoberanosti.

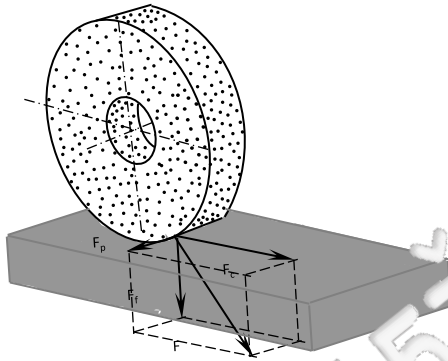
Novým významným pokrokom v oblasti syntézy diamantu je výroba kompaktných syntetických monokryštálov diamantu. Tento výrobok predstavuje celkom novú generáciu diamantovej suroviny za presne definovaných podmienok syntézy. V súčasnej dobe je technicky možné pripraviť monokryštály diamantu vo forme jednoduchých geometrických teliesok, kryštality vhodne orientovaných.



Obr. 6.11 Nastavenie orovnávača v procese orovnávaní



Rezné sily



Rezné sily pri brúsení vznikajú vzájomným pôsobením pracovnej plochy brúsneho nástroja a obrobku. Rezné kliny zŕn odoberajú veľmi drobné misky, ktorým odpovedajú elementárne rezné sily, čo do veľkosti zanedbateľné. Celkové rezné sily môžu však dosiahnuť značné veľkosti, pretože pri brúsení pracuje súčasne veľké množstvo zŕn.

So zväčšením rezných síl rastú sily medzi prvkami v celej technologickej sústave stroj - prípravok - obrobok - nástroj, kotúč sa viacopotrebúva a skracuje sa doba jeho trvanlivosti, zvyšuje sa teplota v zóne brúsenia aj na povrchu obrobku, znižuje sa presnosť brúsenia i kvalita brúseného povrchu. To je dôvod pre intenzívny výskum dynamiky brúsenia.

Zložky reznej sily:

- ✓ **axiálna sila** F_a - pôsobí v smere osi obrobku alebo nástroja. Je kolmá na smer tangenciálnej a radiálnej sily (posuvová zložka),
- ✓ **radiálna sila** F_p - pôsobí radiálne v smere normály k obrábannej ploche. Býva funkciou prísuvu resp. špecifického tlaku, ktorým je priťieraný nástroj na obrobok. Má vplyv na vznik tepla, ktoré sa vyvinie v zóne rezania (pasívna zložka),
- ✓ **tangenciálna sila** F_c - pôsobí v smere hlavného rezného pohybu, preto sa tiež nazýva hlavná rezná sila. Zo zložky F_c je možné vypočítať aké množstvo tepla sa vyvinie v zóne rezania: $F_c \cdot v_c = Q_c$ (rezná zložka).

Radiálna zložka reznej sily F_p je vždy väčšia ako tangenciálna zložka reznej sily F_c , pričom pomer F_p / F_c býva v rozmedzí hodnôt 1 až 3.

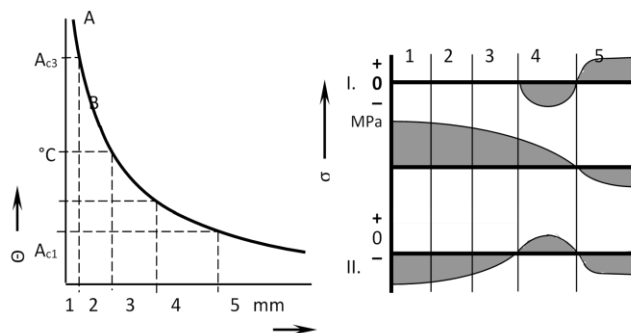


Schéma vzniku zvyškových napätí po brúsení kalených ocelí

Pri brúsení sú príčiny vzniku zvyškových napätí práve v pôsobení mechanického a hlavne tepelného účinku procesu brúsenia, vyvolávajúceho vznik nehomogenít v povrchovej vrstve obrobkov, ale príčinou môžu byť aj štruktúrne premeny.

Mechanický účinok spôsobuje nerovnomernú plastickú deformáciu povrchovej vrstvy a jadra obrobku. Povrchová vrstva sa pôsobením mechanických síl plasticky deformuje, pričom jadro sa deformuje elasticky a po odľahčení sa snaží zaujať pôvodnú polohu, čoho výsledkom je tlakové napätie v povrchovej vrstve a ťahové vo vnútri.

Tepelný účinok môže podmieniť vznik zvyškových napätí dvojakým spôsobom, to znamená nerovnomerným ohrevom a ochladením a tiež môže spôsobiť i fázové premeny so vznikom nových štruktúr rôznych merných jednotiek. Pri ohriatí a prudkom ochladení obrobku vzniknú v povrchovej vrstve tepelné ťahové napätia, pretože tepelne plasticky deformovaná vrstva po ochladení bráni zmršťovaniu jadra pri ochladzovaní.

Ťahové napätie vzniká i pri vzniku novej štruktúrnej zložky s menším merným objemom a naopak pri novej štruktúre s väčším merným objemom vzniká zvyškové napätie tlakové.

Pri brúsení kalenej ocele vznikajú teploty, ktoré sú často väčšie ako prekrystalizačná teplota odpovedajúca teplote A_{C3} . Pri takto vysokých teplotách môže dôjsť k popúšťaniu martenzitu, alebo dokonca k sekundárnemu kaleniu. Mechanizmus vzniku zvyškových napätí v kalených oceliach je na obrázku. Teplota ohrevu sa v povrchovej vrstve mení podľa krivky ABCDE, pričom jej maximálna hodnota je v bode A na povrchu obrobku a v bode E je minimálna. Maximálna teplota sa za určitých podmienok brúsenia môže blížiť teplote tavenia brúseného kovu. Brúsená vrstva „1“, pri brúsení zahriata na teplotu medzi teplotou A_{C3} a T_{max} sa po rýchlom ochladnutí opätovne zakaľuje.

Chladenie

Nadmerné teplo, ktoré vzniká pri procese brúsenia môže :

- deformovať obrobok
- popustiť kalený obrobok, takže stráca pôvodnú tvrdosť
- spôsobí nežiaduce sfarbenie
- Nadmerné opotrebenie kotúča
- spôsobí vznik chliptiek ...

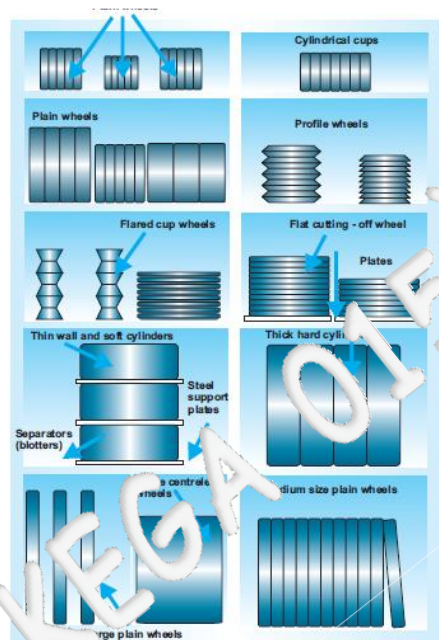
Výkonnosť brúsiaceho kotúča je tým väčšia, čím viac sa vznikajúce teplo pri brúsení odvádza. K tomu účelu sa používajú chladiace kvapaliny.

Obyčajne sa používajú tieto chladiace kvapaliny pre brúsenie:

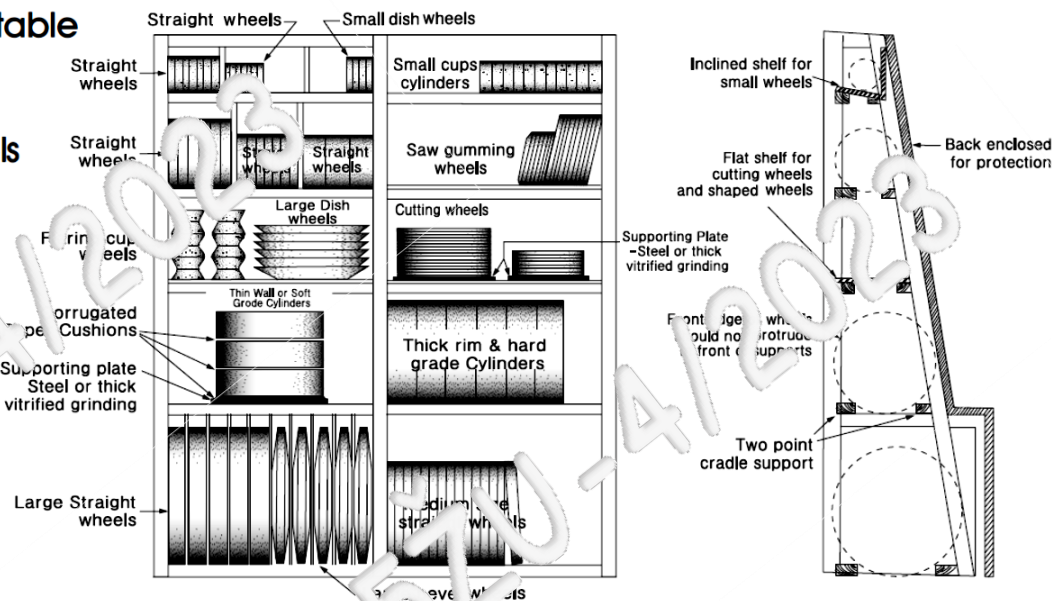
- vodné roztoky
- sodné roztoky
- čisté minerálne oleje
- emulzie ...

Najdôležitejšími úlohami chladiacej kvapaliny je odvádzať teplo a triesku

A rack design suitable
for handling
of a wide variety
of abrasive wheels

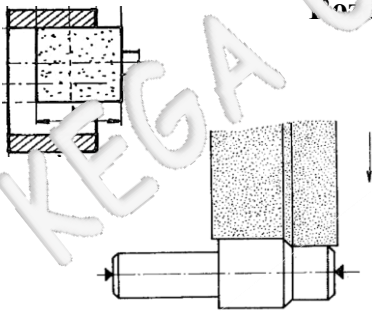
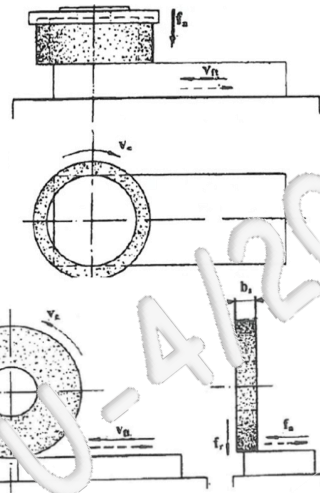


Rack design suitable for storing a wide variety of grinding wheels



Spôsoby brúsenia

- vonkajšie
- vnútorné (brúsenie otvorov a dier)
- čelné
- rovinné
- planétové
- tvarové (profilové)
- brúsenie závitov
- brúsenie ozubení
- brúsenie guľových plôch
- ostrenie nástrojov
- rozbrusovanie (delenie materiálu)



Podľaujeme brúsenie na:

- obvodom kotúča
- čelom kotúča

V strojárskkej výrobe sa najčastejšie používajú tieto metódy brúsenia:

- brúsenie vonkajších valcových plôch s pozdĺžnym a priečnym osuvom:

- hrotové,
- bezhrotové.

- brúsenie vnútorných valcových plôch:

- pri rotácii obrobku s pozdĺžnym a priečnym posuvom
- pri nepohyblivom obrobku (planétové brúsenie)
- bezhrotové brúsenie

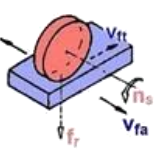
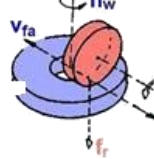
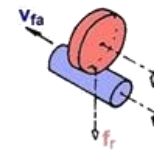
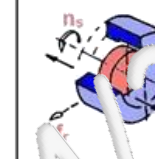
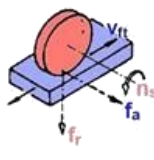
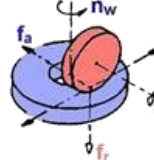
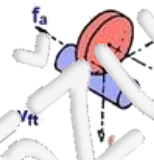
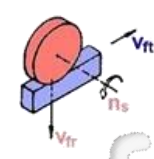
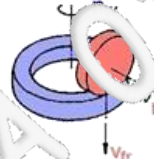
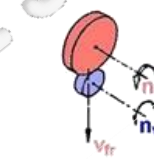
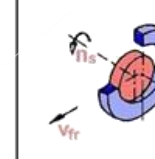
brúsenie rovinných plôch s priamočiarym a rotačným posuvom:

- obvodovým brúsnym kotúčom
- čelným brúsnym kotúčom
- špeciálne spôsoby brúsenia – brúsenie tvarových plôch:
 - vonkajších
 - vnútorných

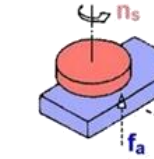
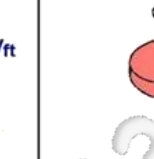
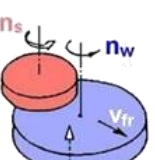
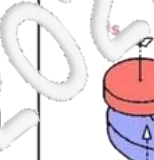
- Hlavný rezný brúsny pohyb vykonáva:
 - rotačný pohyb nástroja – brúsneho kotúča
 - vzájomná rotácia nástroja a obrobku.

Dosahovaná drsnosť povrchu pri brúsení 0,1 – 1,6 Ra

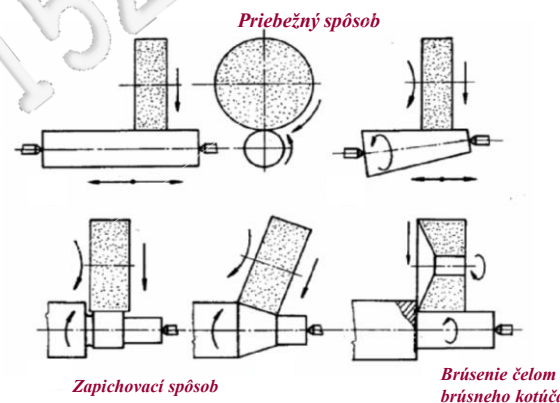
- Dosahovaná presnosť rozmerov a tvarov IT 3 - 7 na 0,001 mm

Rovinné brúsenie - pohyb stolu		Brúsenie do guľata		
	priamočiary	otáčavý		
vonkajšie plochy	vnútorné plochy			
Axiálne				
Tangenciálne				
Radiálne				

n_s – frekvencia otáčania brúsacieho kotúča, n_w – frekvencia otáčania obrobku, v_{fa} – axiálna rýchlosť posuvu stola, v_{fr} – tangenciálna rýchlosť posuvu stola, f_a – axiálny posuv stola, f_r – radiálny posuv kotúča

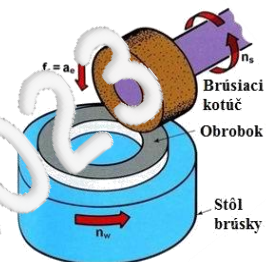
	radiálny	tangenciálny	axiálny
pohyb stola priamočiary			
otáčavý			

n_s – frekvencia otáčania brúsacieho kotúča, n_w – frekvencia otáčania obrobku, v_{fa} – axiálna rýchlosť posuvu stola, v_{fr} – tangenciálna rýchlosť posuvu stola, f_a – axiálny posuv stola, f_r – radiálny posuv stola



Rovinné brúsenie

- **obvodom kotúča:** Pri rovinnom brúsení sa používa obvykle pre obrábanie „načisto“ po predchádzajúcom frézovaní alebo hobľovaní. Niekedy sa používa aj namiesto frézovania, predovšetkým u veľmi tvrdých materiálov. Brúsenie sa realizuje obvodom alebo čelom brúsiaceho kotúča. Pri brúsení obvodom kotúča vykonáva obrobok priamočiary vratný alebo kruhový pohyb. Pracovný stôl brúsiaceho stroja s upnutým obrobkom sa posúva v priamočiaram smere oproti kotúču v priečnej posuvu, ktorý závisí na šírke kotúča (obr.2.11). Výnimočne vykonáva obrobok aj vratný pohyb.

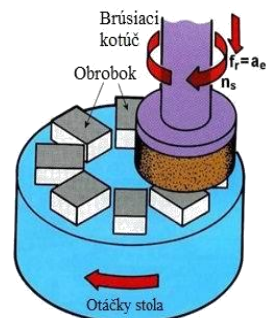


Brúsenie obvodom kotúča pri rotačnom pohybe obrobku

Brúsenie obvodom kotúča pri posuvnom pohybe obrobku



- **čelom kotúča:** Pri brúsení širších plôch sa používa brúsenie čelom kotúča. Nie je tak presné ako obvodové brúsenie, ale je omnoho výkonnejšie. Pri tomto spôsobe brúsenia je obvyčajne priemer kotúča väčší ako je šírka brúsennej plochy. Rovnako ako u obvodového brúsenia, tak aj u čelného brúsenia môže obrobok vykonávať otáčavý alebo priamočiary pohyb.

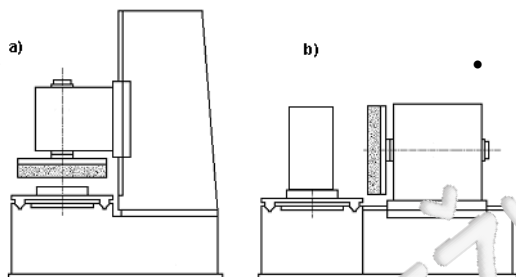


Brúsenie čelom kotúča pri rotačnom pohybe obrobku

Brúsenie čelom kotúča pri priamočiaram pohybe obrobku

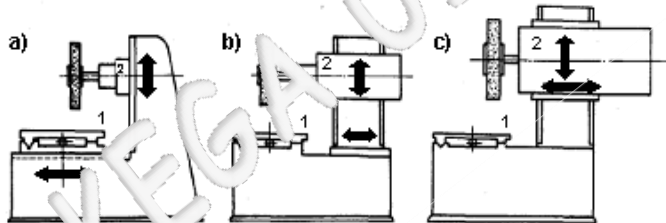
ROVINNÉ BRÚSKY

- Brúsi sa na rovinných brúskach, kde sa obrobok upína priamo na pracovný stôl, kde môže byť realizované aj upínanie elektromagnetické
- Podľa spôsobu práce sa tieto brúsky rozdeľujú na stroje brúsiac:
 - obvodom kotúča,
 - čelom kotúča,
- Posuv obrobku môže byť priamočiary alebo kruhový



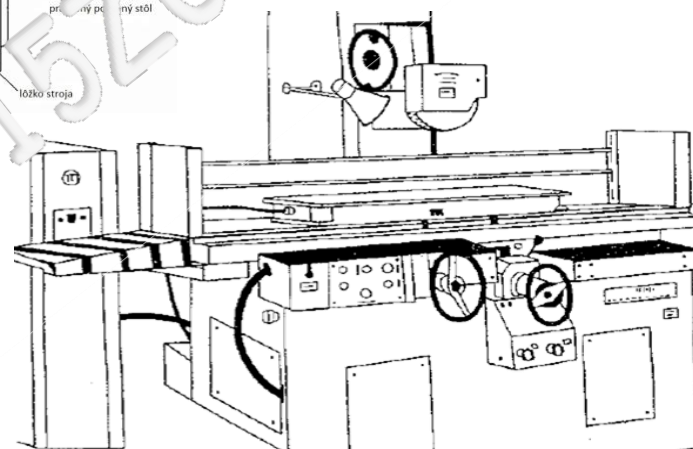
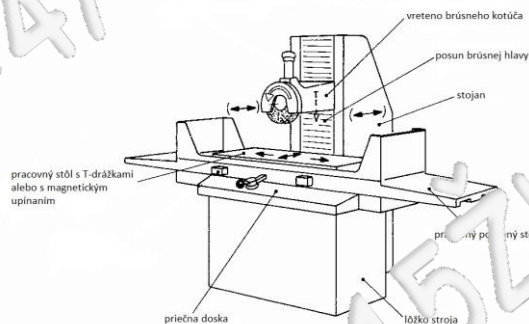
Rovinné brúsky pracujúce čelom brúsneho kotúča

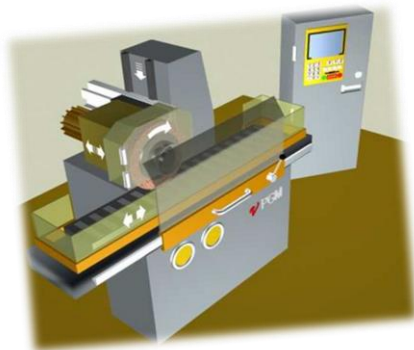
- a) so zvislou osou vretena
b) s vodorovnou osou vretena



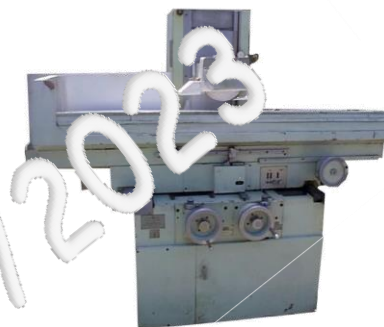
Rovinné rovinné brúsky pracujúce obvodom brúsneho kotúča

- a) s priečne posuvným stolom
b) s priečne posuvným stojanom
c) s priečne posuvným brúsnym vreteníkom





Vodorovná rovinná brúsa má na pozdĺžnom lôžku vedenie pre priamočiare sane, ktoré majú pozdĺžne vedenie pre stôl s upínacími drážkami. Drobné súčiastky sa upínajú na magnetickej doske upevnenej na stole. Väčšie súčiastky upínajú do strojových zverákov alebo rôznych typov ťačiek. Na moderných strojoch je pozdĺžny posuv hydra-uflický. Rychlosť pracovného stola býva plynule nastaviteľná, a to



dosahuje do 16 až 20 m.min⁻¹. Zvislý aj nastavovací pohyb a prísuv do rezu kona brúsiaci vreteník, uložený na vedení zvislého stojana. Najmenšie rovinné brúsky zvisle majú obdĺžnikový stôl na priečných saniach podobný ako vodorovné rovinné brúsky. Nad stolom je vreteník s brúsnym kotúčom pripojený na stojane. Najväčšie rovinné brúsky majú stôl uložený priamo na pozdĺžnom vedení lôžka; ich brúsny kotúč je takého priemeru, aby obsiahol celú šírku stola. Takéto brúsky majú motor s výkonom vyše 22 kW. Menšie brúsne kotúče majú obvykle prstencový tvar, inak sú spravidla segmentové. Na brúsenie veľkých súčiastok sa používajú rovinné brúsky s pevným upínaním stolom. Stojan na ktorom je brúsny vreteník, je uložený na saniach na pozdĺžnom vedení lôžka, teda stroj je krátky. Zvislé brúsky s otočným stolom sa používajú na hromadné brúsenie malých súčiastok. Ako otočný stôl majú kruhovú magnetickej dosku otáčajúcu sa okolo zvislej osi. Zvislý vreteník je zvisle prestaviteľný vo vedení mohutného stojana a má obvykle zariadenie pre malé radiálne. Brusené súčiastky sa nastavujú na magnetickej doske tak, aby ich plochy tvorili takmer súvislý povrch a opierali sa navzájom o seba, a tým zabezpečili svoju polohu.

Brúsky na vodiace plochy sú dvojaké: s pohyblivým stolom a s pohyblivým stojanom. Stroje prvého typu sa vyrábajú dvojstojanové a jedno stojanové. Sú veľmi tuhé a pracujú presne. Ich nevýhodou je značná stavebná dĺžka, ktorá sa rovná približne dvojnásobnej dĺžke najväčšieho obrobku. Sú vhodné pre súčiastky malých dĺžok asi 3 až 4 m. Stroje s pohyblivým stojanom sú kratšie, a preto sú vhodné na brúsenie lôžok väčších dĺžok, asi 7 až 8 m.

ROVINNÉ BRÚSKY :

Rovinná brúska ACC-42SA iQ
s krížovým stolom a iQ riadiacim
systémom



- *Jednoduchá obsluha pomocou grafických ikon*
- najnovšie počítačové technológie uplatňované v riadiacom systéme s dotykovou obrazovkou, grafickým užívateľským rozhraním a vysokou spoľahlivosťou
- proporciálny ventil s rýchlou frekvenciou kmitania stola

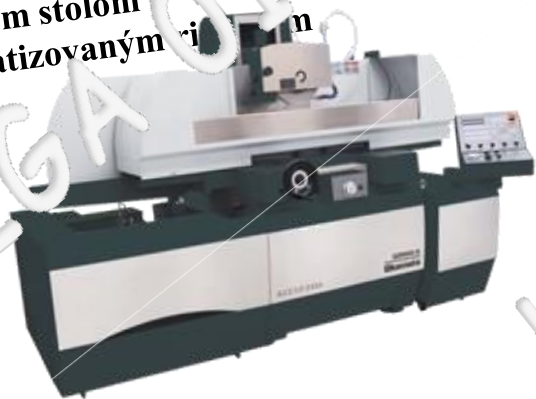
Masívna konštrukcia stroja

- kombinácia osvedčenej technológie OKAMOTO a pokročilého designu
- silno rebovaná mechanická konštrukcia zabezpečuje optimálnu tuhosť a presnosť
- dvojité "V" vedenie pre priečny a pozdĺžny posuv

Pokročilé rovinné a tvarové brúsenie s garanciou vysokej presnosti

- digitálne odmeriavanie polohy v zvislom a priečnom smere s možnosťou interpolácie
- zvislý a priečny posuv so servo riadením a pohonom cez skrutku s presnosťou 0,0001 mm

Rovinná brúska ACC-52SA s
krížovým stolom
automatizovaným riadením



Mimoriadne jednoduché používanie - konvenčný stroj s jedinečným OKAMOTO elektronickým riadením,

- jednoduchý, plne automatický pracovný mód, kombinovaný s možnosťou ručného obrábania

Masívna konštrukcia stroja

- kombinácia osvedčenej technológie OKAMOTO a pokročilého designu
- silno rebovaná mechanická konštrukcia zabezpečuje optimálnu tuhosť a presnosť
- dvojité "V" vedenie pre priečny a pozdĺžny posuv
- pokročilé rovinné a tvarové brúsenie s garanciou vysokej tuhosti a presnosti
- digitálne odčítanie polohy v priečnom smere je dodávané v štandarte
- priečny posuv je realizovaný generátorom ručných pulzov, servo riadením a guľôčkovou skrutkou

BRÚSKY NA DIERY

Tieto stroje sa rozdeľujú na:

brúsky s otáčajúcim sa obrobkom

brúsky s otáčajúcim sa obrobkom sú vhodné na brúsenie súosových dier

pracovný posuv pri týchto strojoch vykonáva buď brúsač a vretenník (pri veľkých obrobkoch), alebo obrobok

brúsky s planétovým pohybom brúsiaceho kotúča

brúsky s planétovým pohybom brúsiaceho kotúča sa používajú na brúsenie dier v rozličných obrobkoch skriňového tvaru.

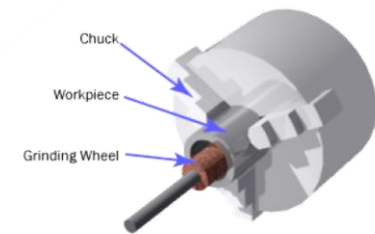
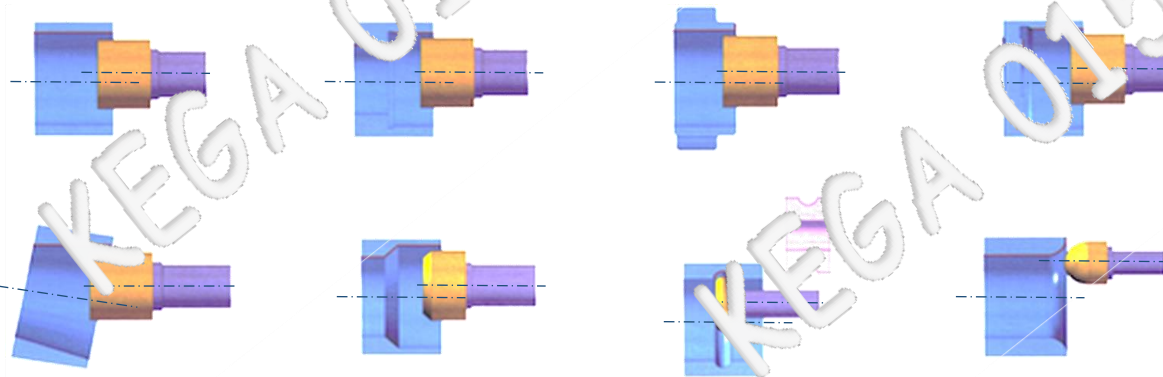
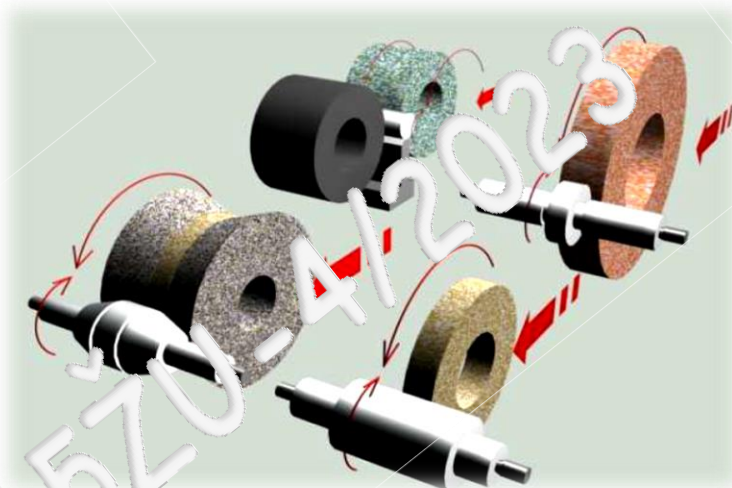
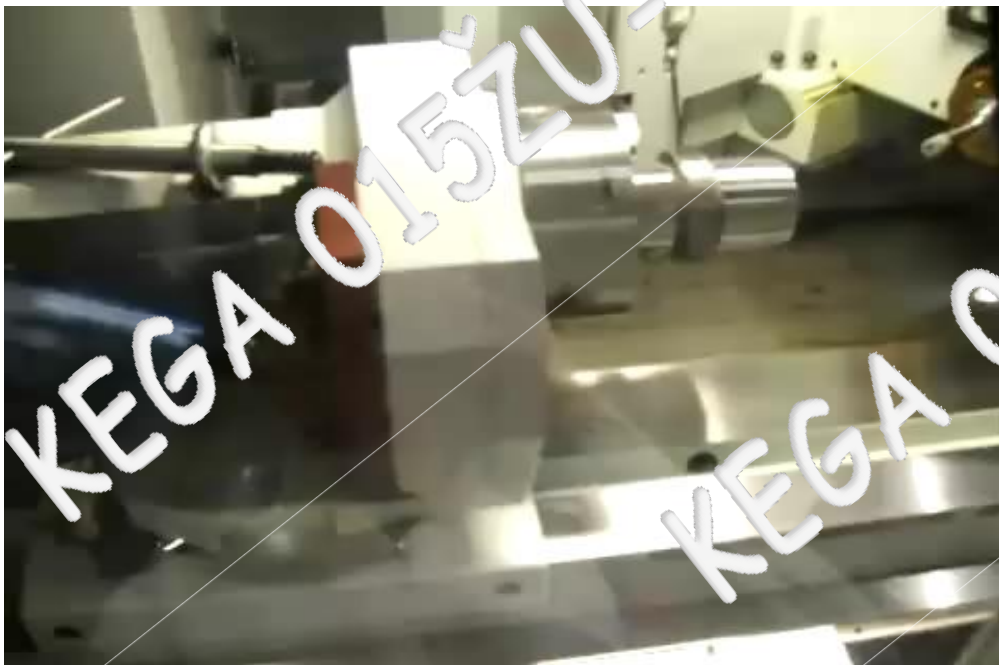


Figure 1. A chucking-type cylindrical grinding operation with the part held in a chuck.



*Brúsenie vonkajších
válnových plôch*



KEGA 015ŽU-4/2023

KEGA 015ŽU-4/2023

BEZHROTOVÉ BRÚSKY



Obrobok sa neupína, ale kladie na podpornú lištu

Obrobok je otáčaný podávacím kotúčom upnutým v podávacom vretenníku

Využitie pri sériovej výrobe

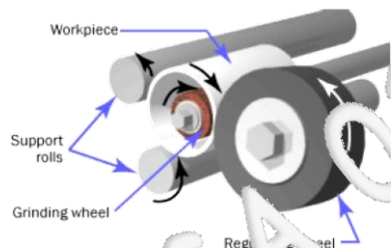
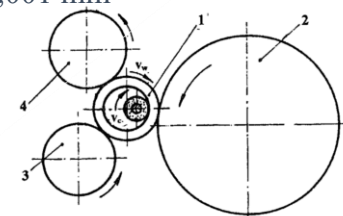
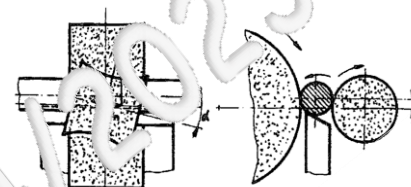
Bezhrotové brúsenie poznáme vonkajšie a vnútorné

a) vonkajšie (pomocou novej lišty)

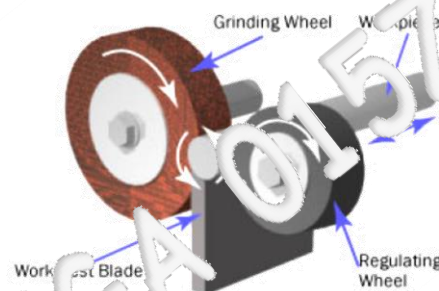
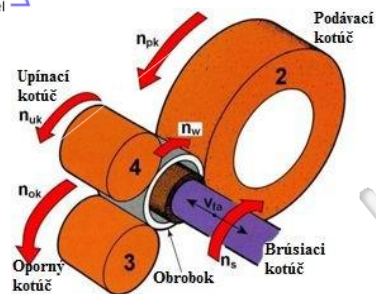
b) vnútorné (pomocou kladiek)

- Hlavný rezný brúsny pohyb vykonáva:
rotácia nástroja – brúsneho kotúča
- vzájomná rotácia nástroja a obrobku.

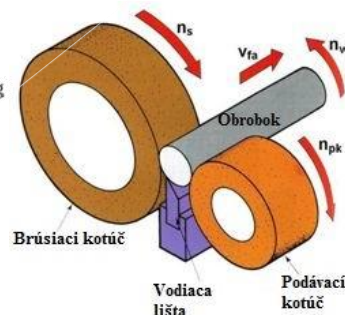
- Dosahovaná drsnosť povrchu pri brúsení 0,1 – 0,01 R_a
- Dosahovaná presnosť rozmerov a tvarov IT 2 – 7 na 0,001 mm



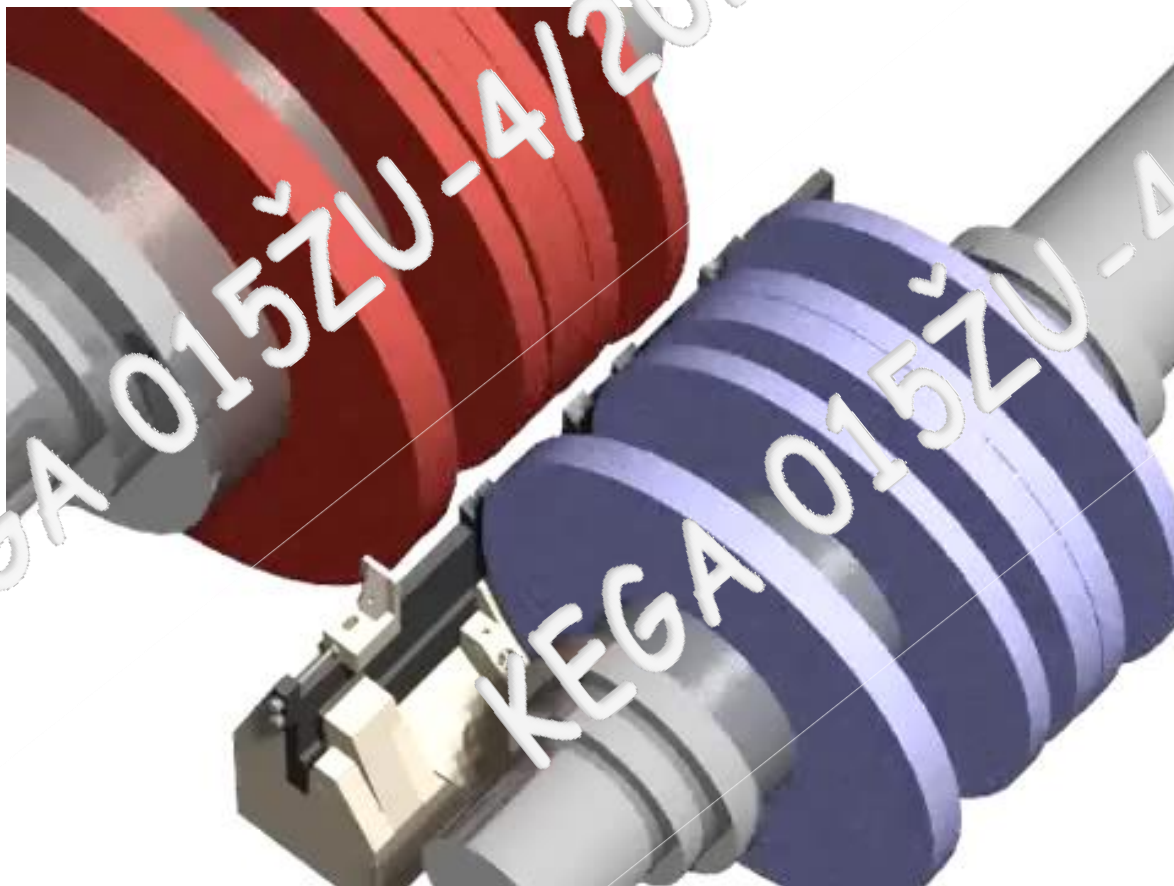
bezhrotové vnútorné brúsenie



bezhrotové vonkajšie brúsenie



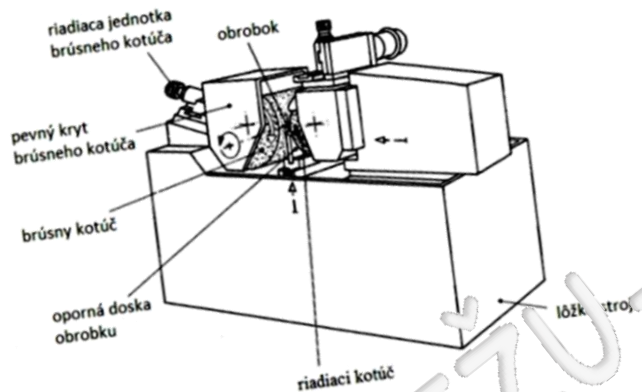
Bezhrtové brúsenie



Bezhrtové brúsenie

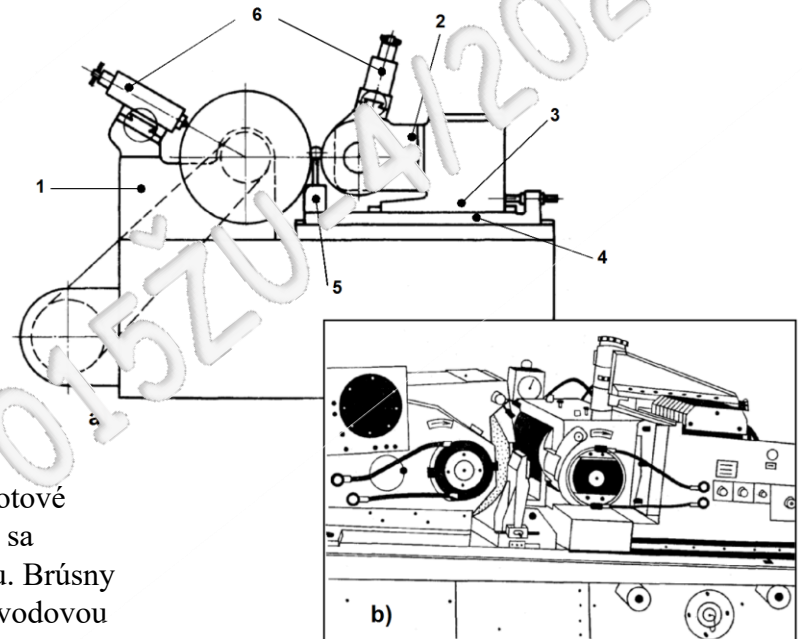


BEZHROTOVÉ BRUSKY



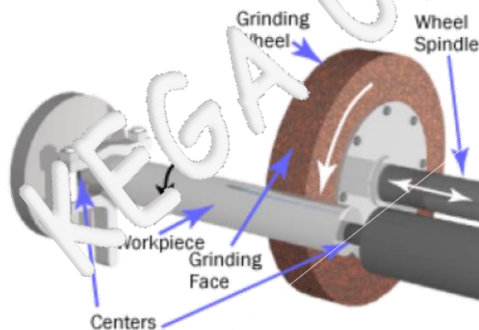
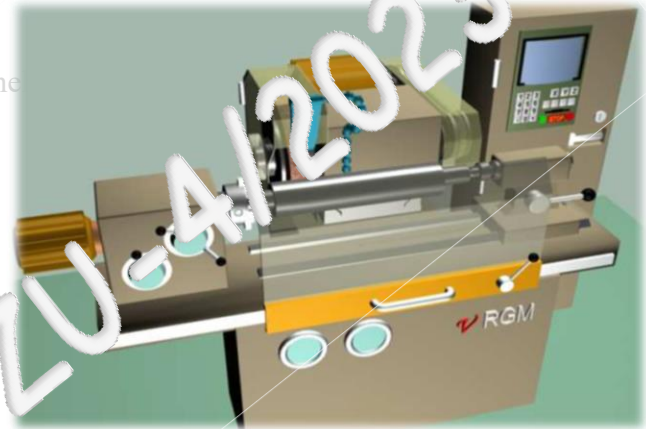
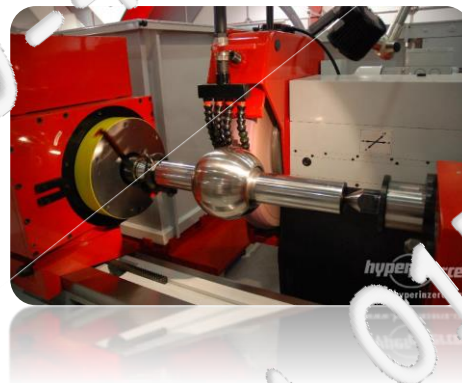
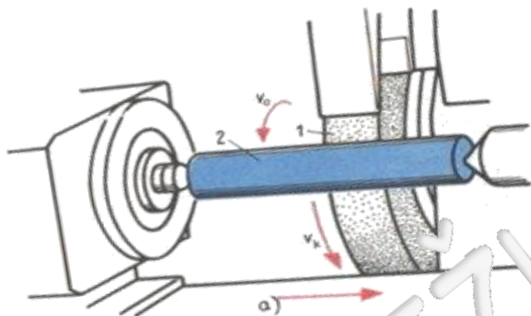
Obrobok je pri brúsení medzi brúsiacim a podávacím kotúčom, obidva sa otáčajú v rovnakom zmysle a obrobok sa opiera o plochu pravítka. Podávací kotúč sa otáča menšou rýchlosťou ako brúsiaci kotúč a jeho rýchlosť sa riadi podľa spôsobu práce, priemeru obrobku, materiálu obrobku a prídavku na brúsenie. Veľkosť bezhrotových brúsiiek je určená maximálnym priemerom obrobku. Možno na nich brúsiť priebežným alebo zapichovacím posocom. V sériovej a hromadnej výrobe sa používajú bezhrotové brusky s automatickým pracovným cyklom. Súčiastka sa neupína, ale ukladá sa medzi dvoma kotúčmi - brúsnym a podávacím. Súčiastka sa pridržiava vodičovou lištou. Brúsny kotúč má dvakrát tak veľký priemer ako podávací. Brúsny kotúč sa otáča obvodovou rýchlosťou 20 až 35 m/s, podávací kotúč má takú obvodovú rýchlosť ako má obrobok pri brúsení medzi hrotmi teda 0,2 až 1,3 m.s⁻¹.

Bezhrotové brusky majú dva vretenníky, a to brúsiaci vretenník, na vretene ktorého je brúsiaci kotúč, a vretenník podávacieho kotúča. Brúsiaci vretenník má konštantné otáčky. Vretenník podávacieho kotúča má otáčky meniteľné a dá sa posúvať po vretennej lôžke, čím sa nastavuje vzdialenosť oboch kotúčov na daný priemer obrobku. Pri priebežnom brúsení sa natáča tak, aby osi oboch kotúčov boli navzájom rovné, tým sa dosiahne posuvný pohyb obrobku.



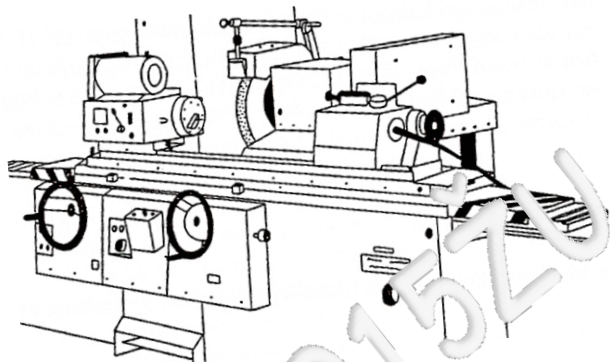
Obr. 5.10 Bezhrotová bruska
a) principiálna skica, b) pohľad do pracovného priestoru stroja

HROTOVÉ brúsenie



- Brúsi sa na kotúčoch a brúškach, ktoré majú brúsny a pracovný vretenník
- Brúsiaci kotúč upnutý vo vretene brúsneho vretenníka brúsi obvodom kotúča
- Obrobky sa upínajú do vretena pracovného vretenníka a to pomocou skľučovadla, alebo medzi hroty, alebo nasunutím na trň.
- Brúsny vretenník sa môže natáčať okolo zvislej osi, čím okrem valcových plôch možno brúsiť i plochy kužeľové a po tvarovom zarovnaní brúsiaceho kotúča možno brúsiť i tvarové plochy

HROTOVÉ BRUSKY



Hrotové brusky sa používajú na brúsenie vonkajších rotačných valcových kužeľov, ploch, na obrobkoch upnutých medzi hroty. Možné na nich brúsiť aj čelné rovinné plochy a pomocou prídavných zariadení aj vnútorné valcové a kužeľové plochy. Hrotová brúška sa skladá z lôžka brúsiaceho vretenníka, točivého vretenníka, stola, koníka a príslušenstva. K príslušenstvu patria pevné opierky, posuvné opierky a zariadenie na dorovnávanie kotúča. Pri brúsení na hrotových brúškach sa obrobok otáča malou obvodovou rýchlosťou (0,25 až 0,75 m.s⁻¹). Brúsny kotúč sa otáča v opačnom zmysle veľkou obvodovou rýchlosťou (až 40 m.s⁻¹). Veľkosť prísuvu vykonávaného v rôznych polohách stola býva od 0,005 do 0,07 mm pri hrubovaní ocele, 0,01 až 0,08 mm pri hrubovaní liatiny a 0,001 až 0,015 mm pri brúsení načisto. Hrotové brusky rozdelujeme do dvoch skupín:

- s posuvným unášacím vretenníkom
- s posuvným brúsiacim vretenníkom

Na strojoch s posuvným unášacím vretenníkom je vretenník a koník upevnený na pracovnom stole. Pri brúsení vykonáva pracovný stôl s obrobkom posuv a brúsiaci kotúč sa otáča a radiálne brúsi obrobok. Pracovný stôl má dlhé vodiace plochy na vedenie. Pri univerzálnych brúškach sa pracovný stôl skladá z dvoch častí. Jeho osť možno natáčať v oboch smeroch o 6 až 10°, čím sa umožní brúsenie pretiahnutých kužeľov. Pracovný vretenník je otočný o 90°. Jeho natáčanie sa využíva na brúsenie strmých kužeľov nábehovacím spôsobom. Stroje s posuvným brúsiacim vretenníkom sú vhodné na brúsenie veľkých a ťažkých obrobkov. Brúsiaci vretenník sa pohybuje na saniach a vykonáva posuv a radiálny pohyb na zabránenie novej triesky. Pre sériovú výrobu sa vyrábajú hrotové brusky s automatickým pracovným cyklom. Poloautomatické alebo aj automatické brúsenie zložitých, niekoľkokrát osadených obrobkov umožňujú NC hrotové brusky.



Brúsenie zápichom



Fig. 3. Profiling of a gear



Fig. 2. Grinding of turbine blades

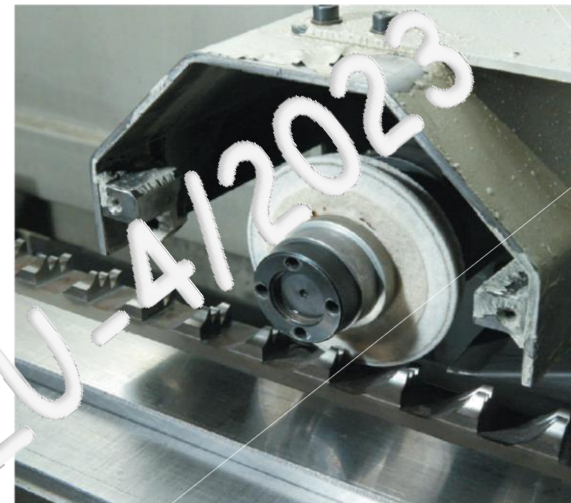
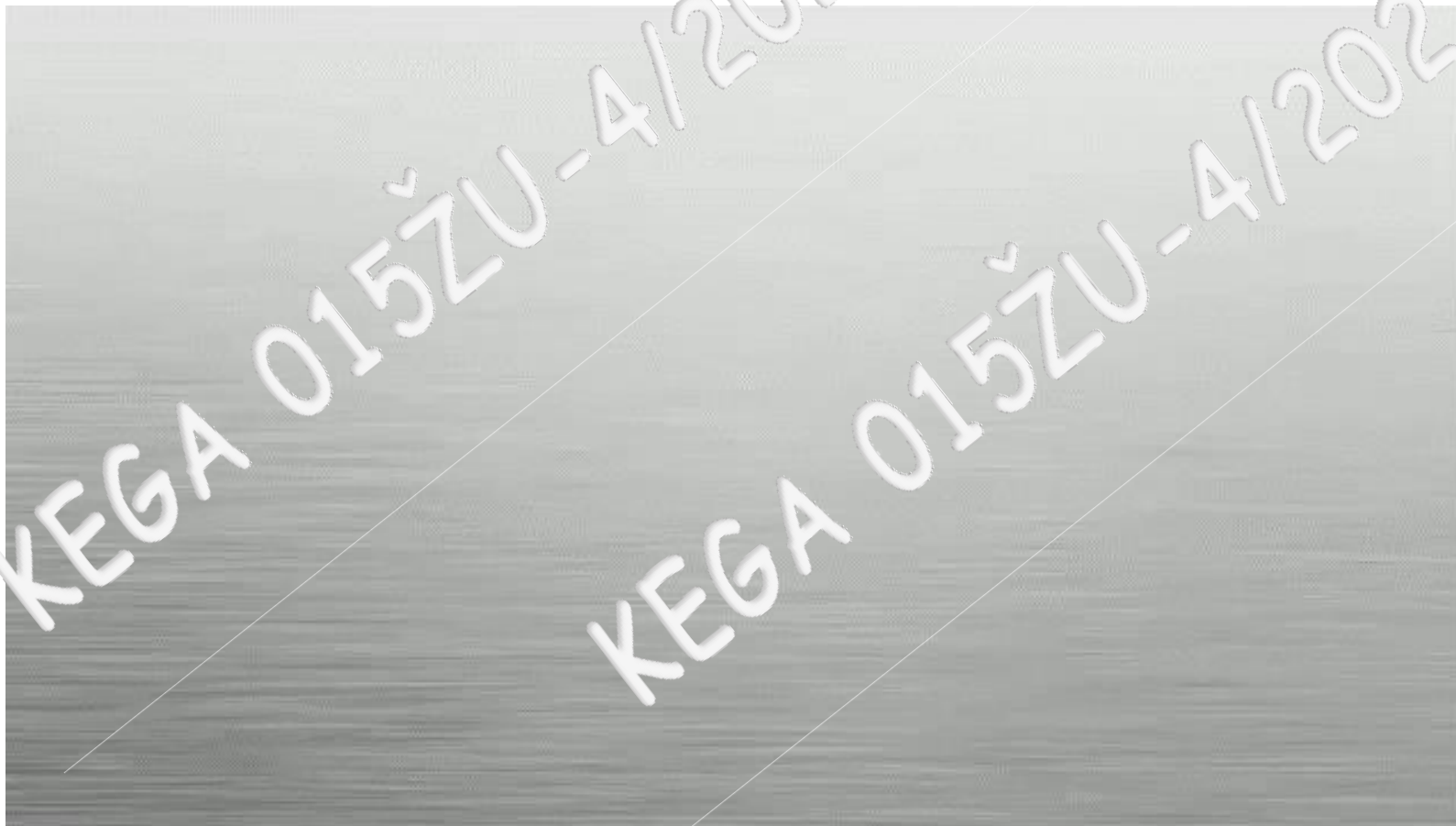


Fig. 4. Grinding of a broaching tool

Brúsenie zápichom





PROFILOVÉ CNC BRÚSKY

Vysoko presná tvarová brúska UPZ-210 Li CNC



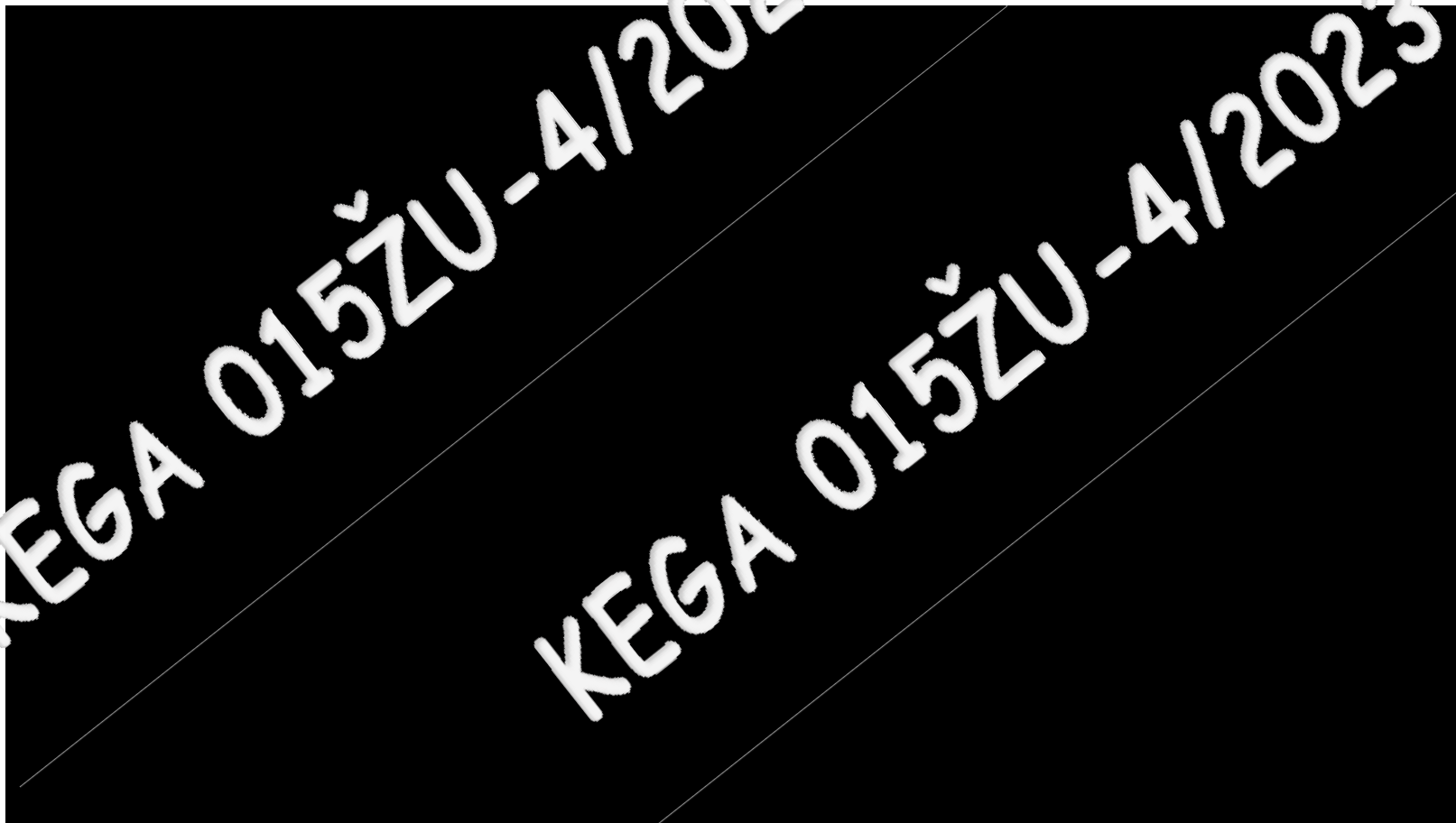
- Veľmi tuhá konštrukcia pre zníženie vibrácií a vynikajúcu presnosť.
- Riadiaci systém Fanuc 21i s konverzným softvérom a farebným monitorom.
- Natáčanie brúsnej hlavy $\pm 3^\circ$.
- Vysoko presné lineárne vedenie.
- Veľmi rýchly lineárny motor pre riadenie pohybu stola s veľmi presným reverzným zariadením.
- 250 opakovaní za minútu.
- Riadenie teploty hydraulického oleja a olejového chladienia brúsnej hlavy.
- Kvapalinové chladenie motora brúsnej hlavy znižuje tepelné drifty a vibrácie.
- CCD meracia kamera ako zvláštne príslušenstvo.
- Premenná rýchlosť brúsneho kotúča, ľahko riaditeľná až do 15000 ot/min.

CNC tvarová brúska UPZ – 420 NCII



- Vretenie typu V-V.
- Riadiaci systém Fanuc 21i s konverzným softvérom.
- Automatické brúsne cykly, vyiskrenie a zarovnanie.
- Zvislý prísun riadenie AC servo motorom s presnosťou 0,0001 mm.
- Riadenie teploty hydraulického oleja a chladiaceho oleja brúsnej hlavy.
- Kvapalinový motor brúsnej hlavy znižuje tepelné drifty a vibrácie.
- Premenná rýchlosť brúsneho vretena.
- Automatické zarovnanie s naklápacím diamantom

Brúsenie tvarových plôch



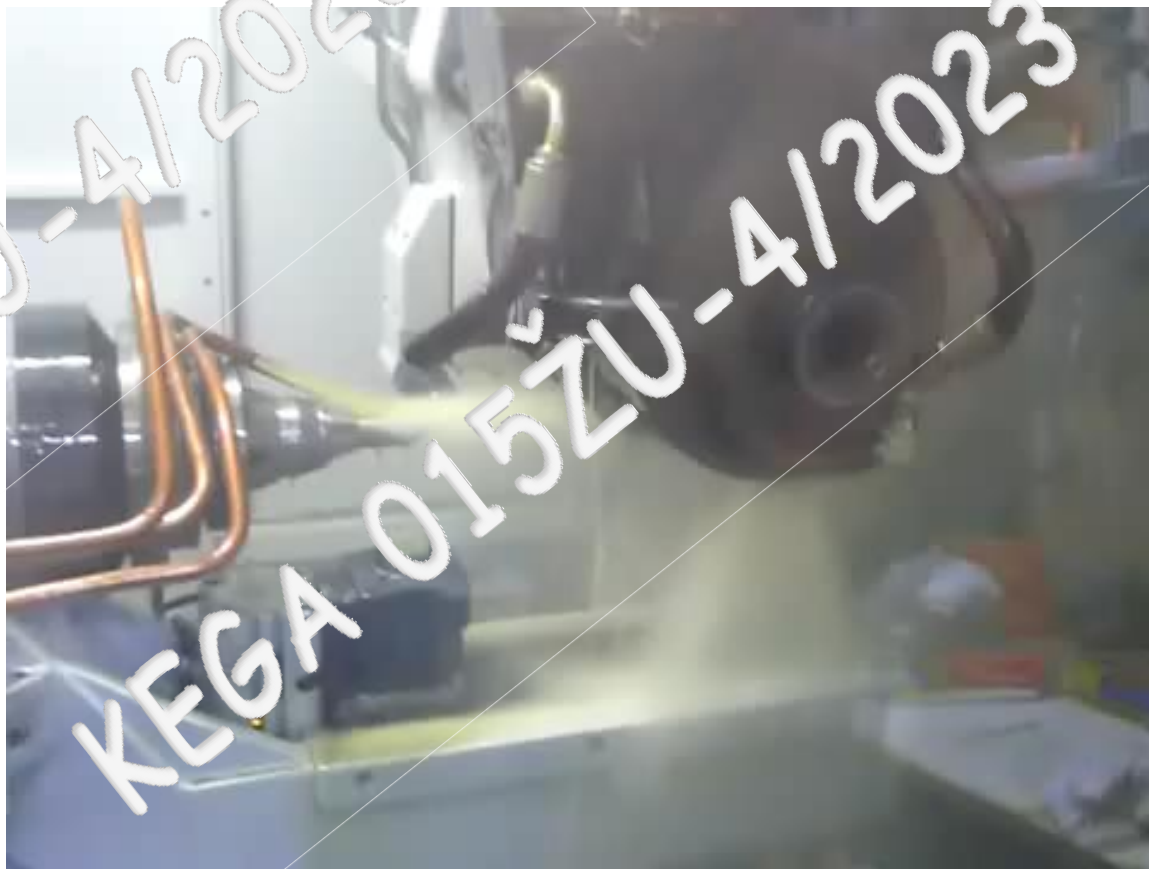
Brúsenie nástrojov



Obr. 5.18
Špeciálna nástrojárska brúška EJ 102



Obr. 5.17
Univerzálna nástrojárska brúška BN 102 C





KEGA 015ŽU-4/2023

KEGA 015ŽU-4/2023

Ďakujem za pozornosť