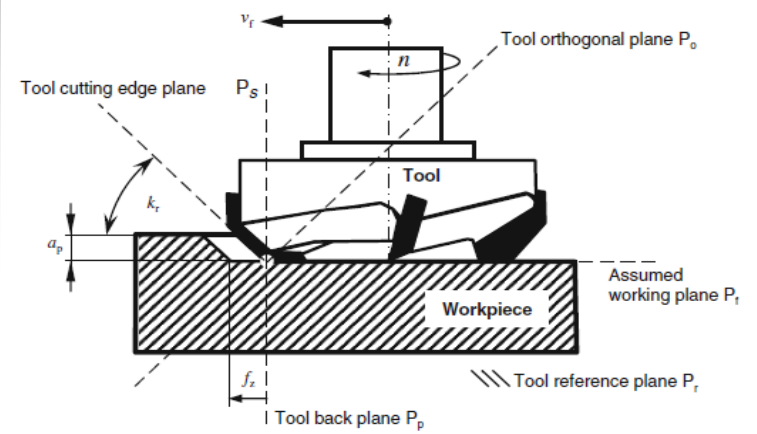
Žilinská univerzita v Žiline
Strojnícka fakulta
Katedra obrábania a výrobnej techniky

Integrita povrchu po frézovaní rovinných plôch čelným frézovaním.

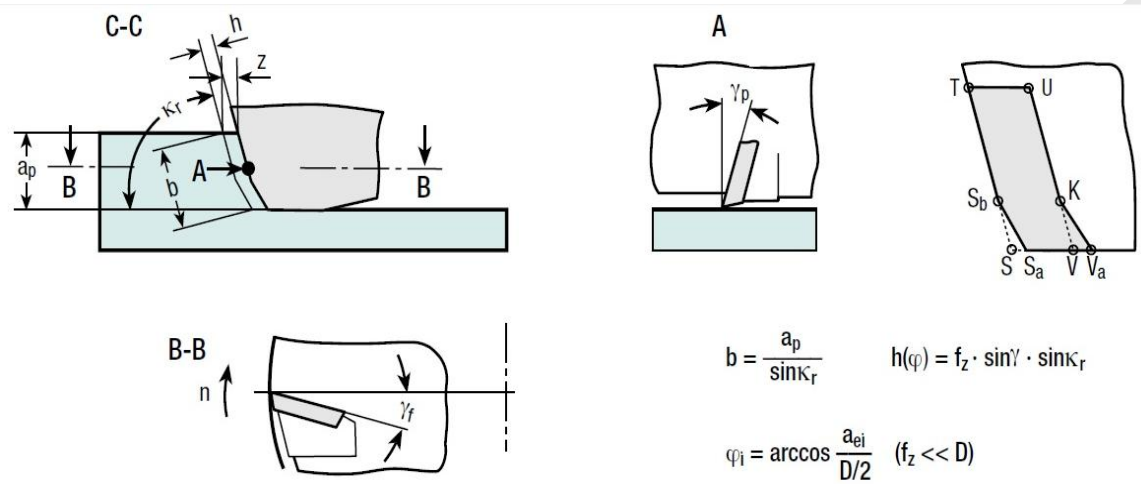
prof. Ing Jozef Pilc, CSc.
doc. Ing. Dana Stančeková, PhD.
doc. Ing. Andrej Czán, PhD.

Schéma čelného frézovania



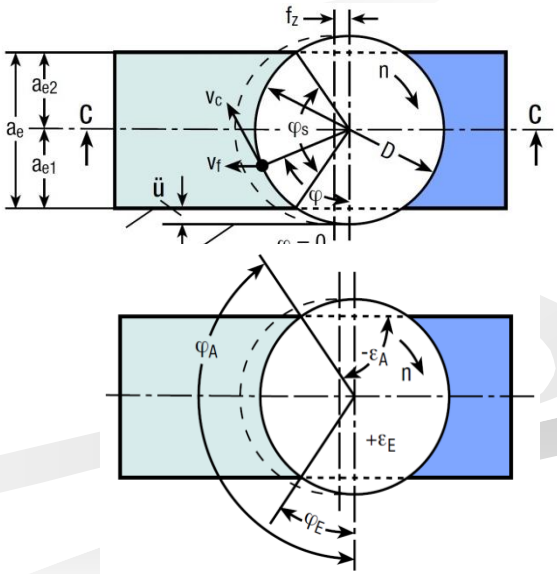
Orientácia nástroja voči obrobku

Schéma záberu rezného klina

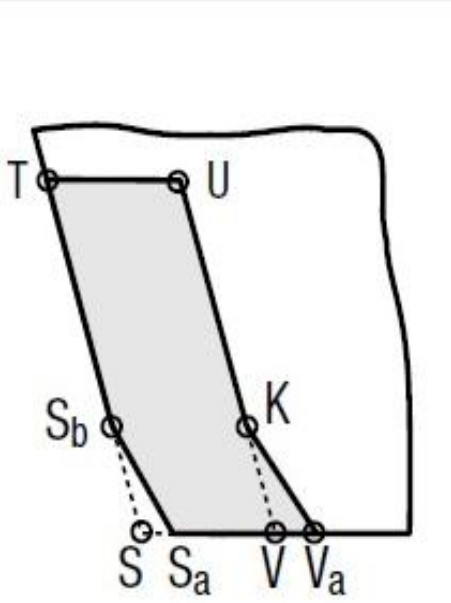


$$b = \frac{a_p}{\sin\kappa_r} \qquad h(\varphi) = f_z \cdot \sin\gamma \cdot \sin\kappa_r$$

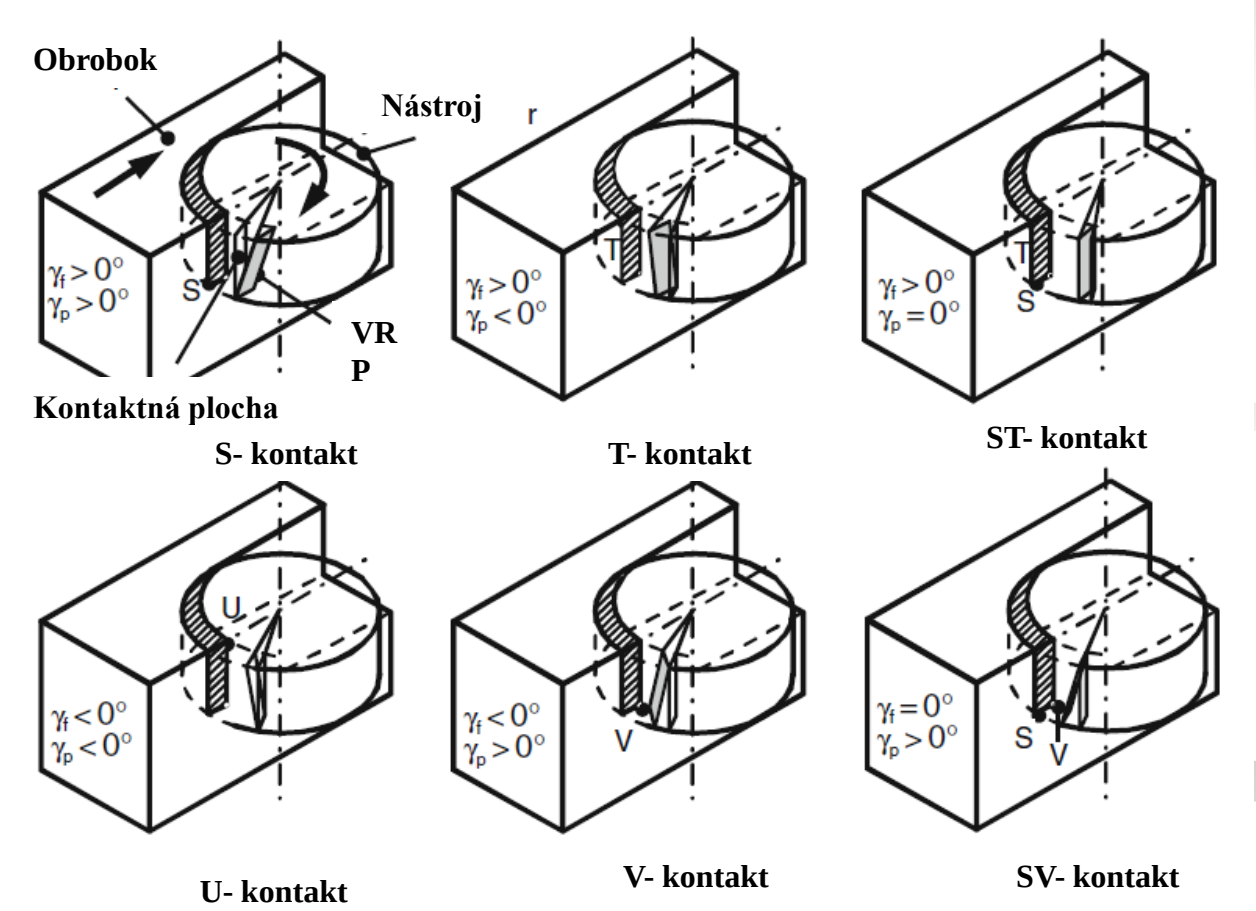
$$\varphi_i = \arccos\frac{a_{ei}}{D/2} \quad (f_z << D)$$



Detail primárnych bodov



Stanovenie možných variantov primárnych kontaktov



S- kontakt

T- kontakt

ST- kontakt

U- kontakt

V- kontakt

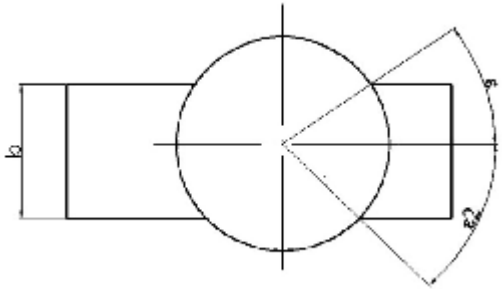
SV- kontakt

Použité nástroje

Negatívna frézovacia hlava
125B09RW75SN12N

Pozitívna frézovacia hlava
125B09RW75SP12D

Schéma znázornenia jednotlivých bodov frézovacej hlavy



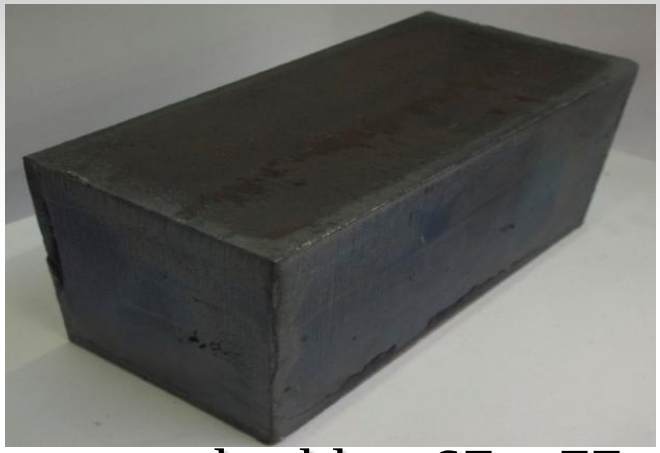
CIEĽ PREZENTOVANEJ PRÁCE

Predkladaná práca rieši problematiku primárneho kontaktu rezného klina s obrábaným materiálom pri čelnom frézovaní. Riešenie danej problematiky bolo vyvolané na základe potreby analyzovania rýchlej deštrukcie rezných klinov frézovacieho nástroja, zapríčiňujúcich nízku kvalitu funkčných plôch. Cieľ bol členený nasledovne:

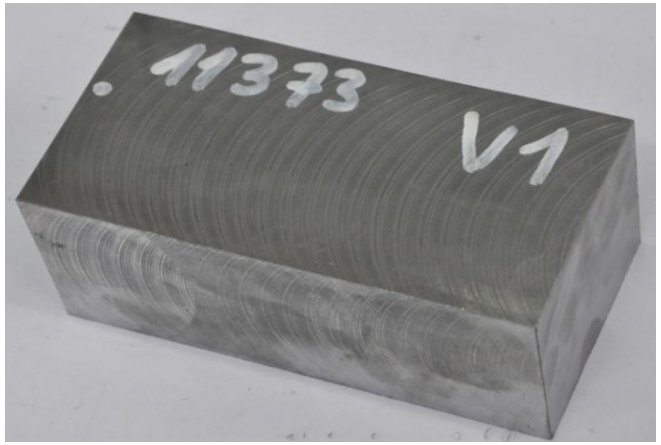
- analýza doterajšieho stavu za účelom zjednotenia terminológie a značenia pre oblasť primárneho kontaktu rezného klina,
- návrh matematického modelu pre aplikáciu frézovacích hláv s pozitívnou a negatívnou geometriou,
- sumarizácia podkladov a tvorba metodiky na realizáciu experimentov a objasnenie interakcie rezného klina a materiálu,
- experimentálny záznam na sledovanie silových účinkov s využitím vysokofrekvenčného merania,
- sledovanie parametrov drsnosti za účelom kvalitatívnych ukazovateľov funkčných plôch,
- charakteristika intenzity opotrebenia rezného klina v závislosti od navrhnutých podmienok.

Materiál vzoriek: oceľ 11 373.1 STN 411 373

Rozmer polotovaru: 69 x 79 x 152 *mm*



Rozmer obrobku: 67 x 77 x 150 *mm*



Frézka FA 4V

Upínací kužeľ, frézovacie hlavy, rezné platničky

Upínací kužeľ 2080.50-FMHI 4043

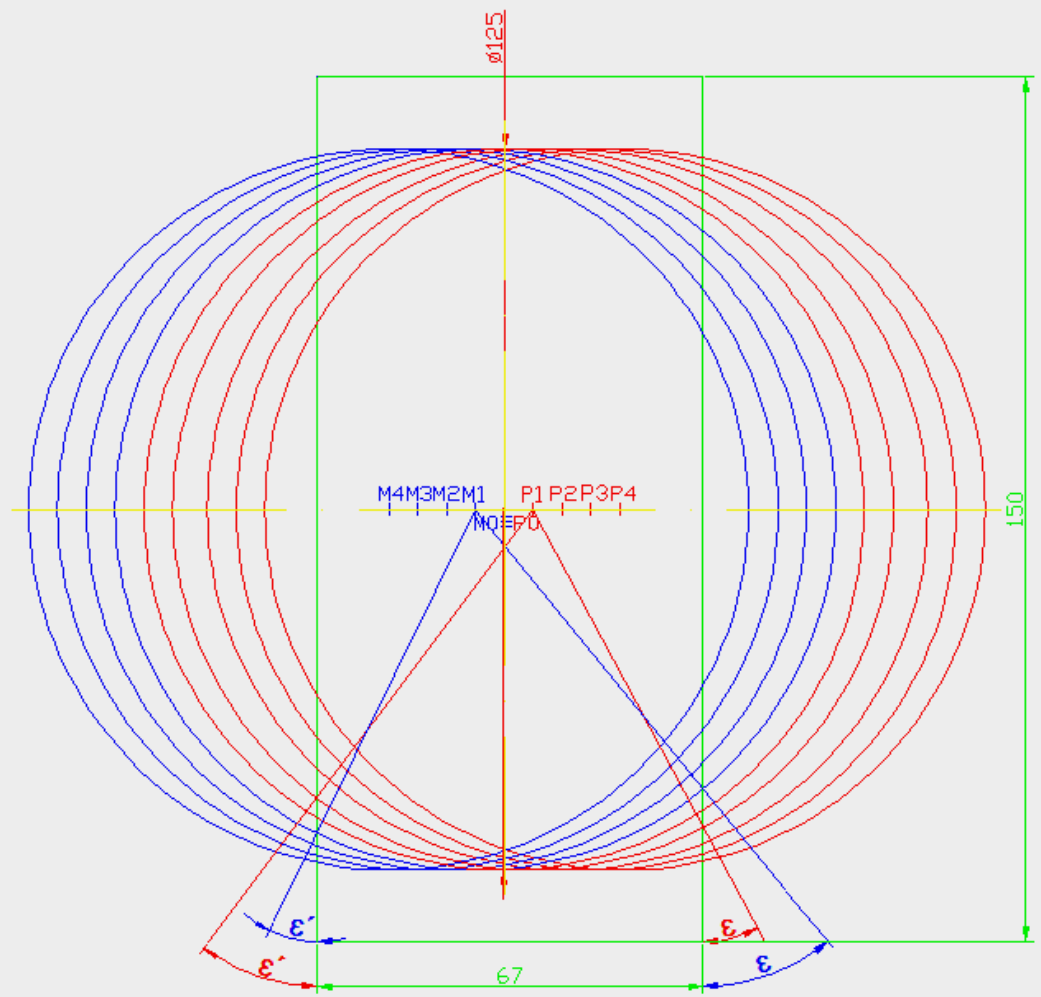
Negatívna geometria frézovacej hlavy 125B09R-W75SN12N

Negatívna vymeniteľná rezná platnička SNHN 1204ENEM ;8240

Pozitívna geometria frézovacej hlavy 125B09R-W75SP12D

Pozitívna vymeniteľná rezná platnička SPKN 1203EDSR ;8240

Excentrické posunutie frézovacej hlavy



Podmienky experimentov

Podmienky merania s 9 VRP:

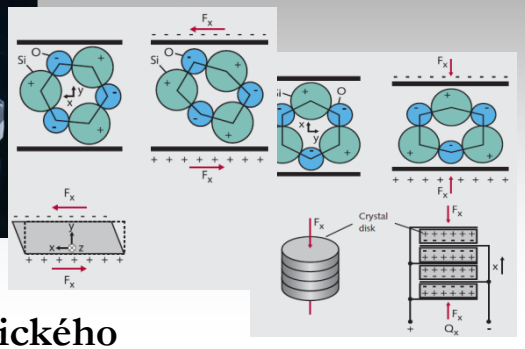
hĺbka rezu	a_p = 2 *mm* – konštantná,
rezná rýchlosť	v_c = 196,25 m.min^{-1} ,
rýchlosť posuvu	v_f = 630 *mm. min*$^{-1}$.

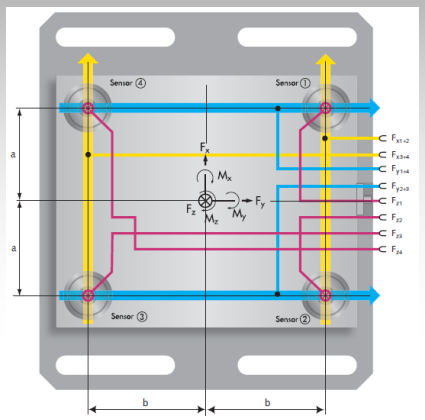
Podmienky merania s 1 VRP:

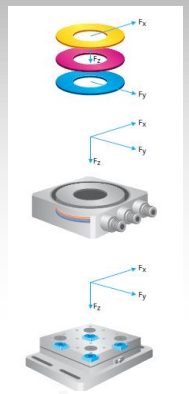
hĺbka rezu	a_p = 2 *mm* – konštantná,
rezná rýchlosť	v_c = 196,25 m.min^{-1},
rýchlosť posuvu	v_f = 56 *mm. min*$^{-1}$.

Meranie silových pomerov a meracia zostava

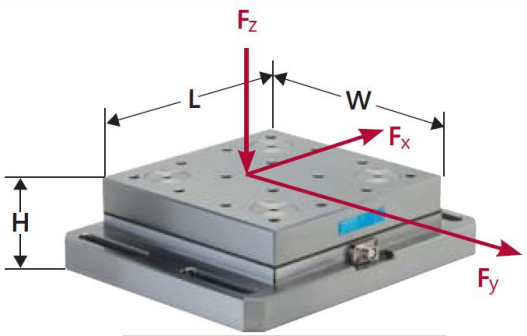
Kryštalické prvky aplikované v meracom zariadení a princíp piezoelektrického javu v axiálnom a radiálnom pôsobení

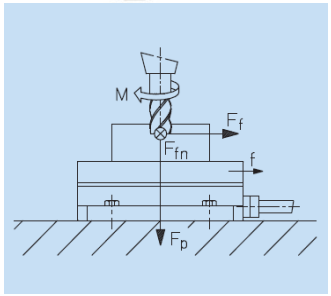




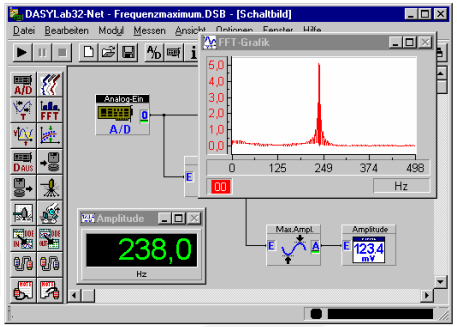


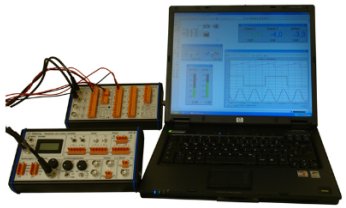
Aplikácia piezoelektrického dynamometer KISTLER typ 9255B
schéma merania síl dynamometra
a schéma pôsobenia zložiek rezných síl



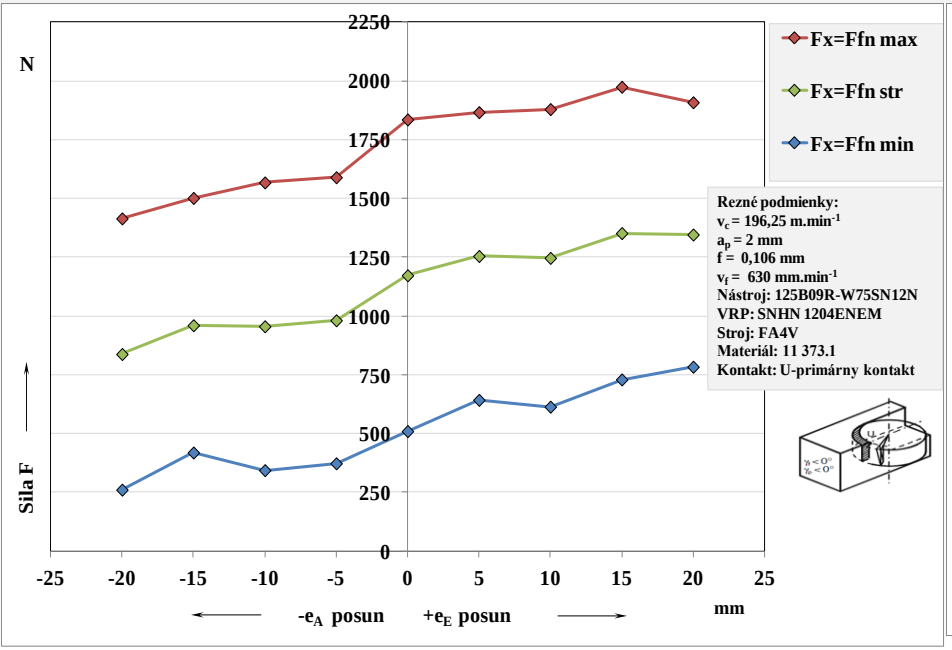


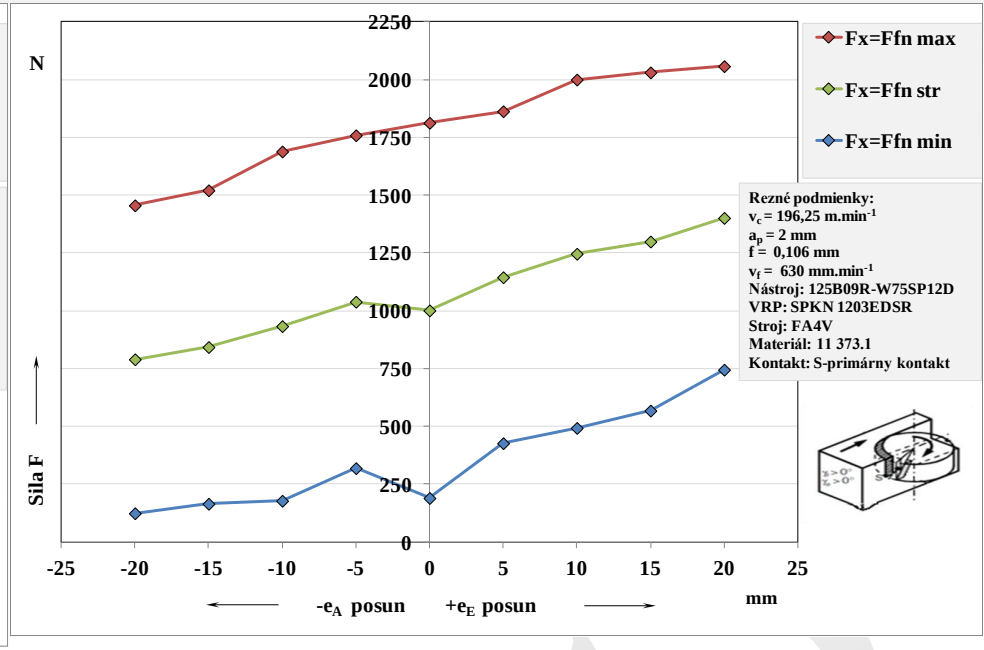
Pracovné prostredie programu DASYLab 3.5
a počítačová zostava





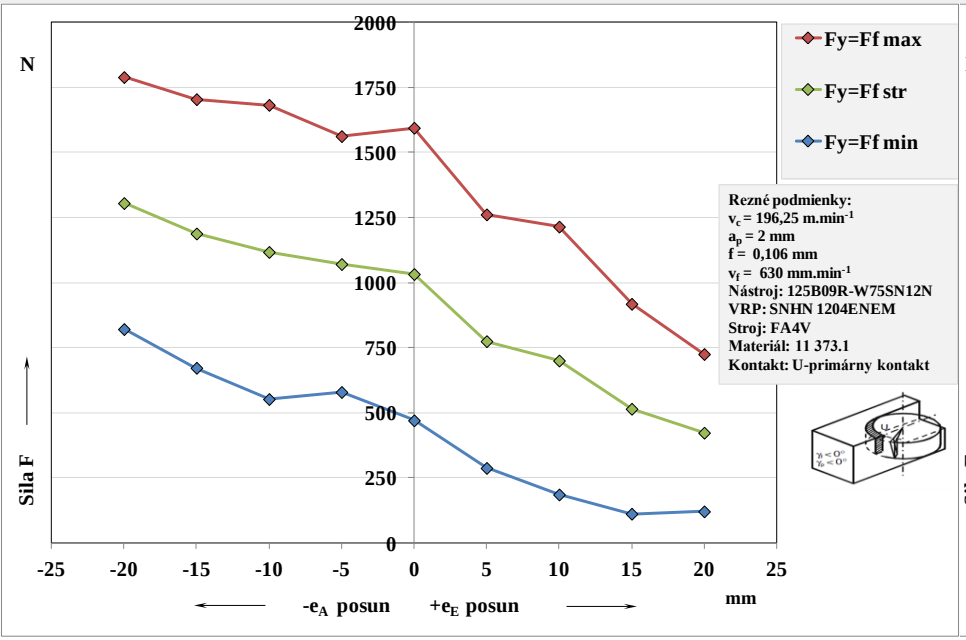
Meranie F_{fn} pri frézovaní s negatívnou, pozitívnou frézovacou hlavou s 9 VRP

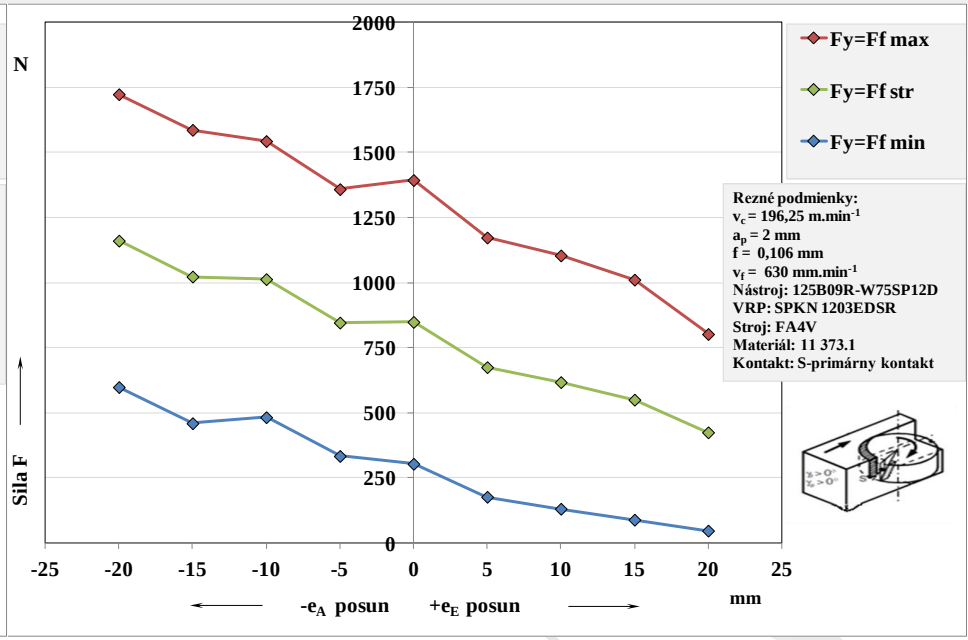




Negatívna frézovacia hlava **Pozitívna frézovacia hlava**

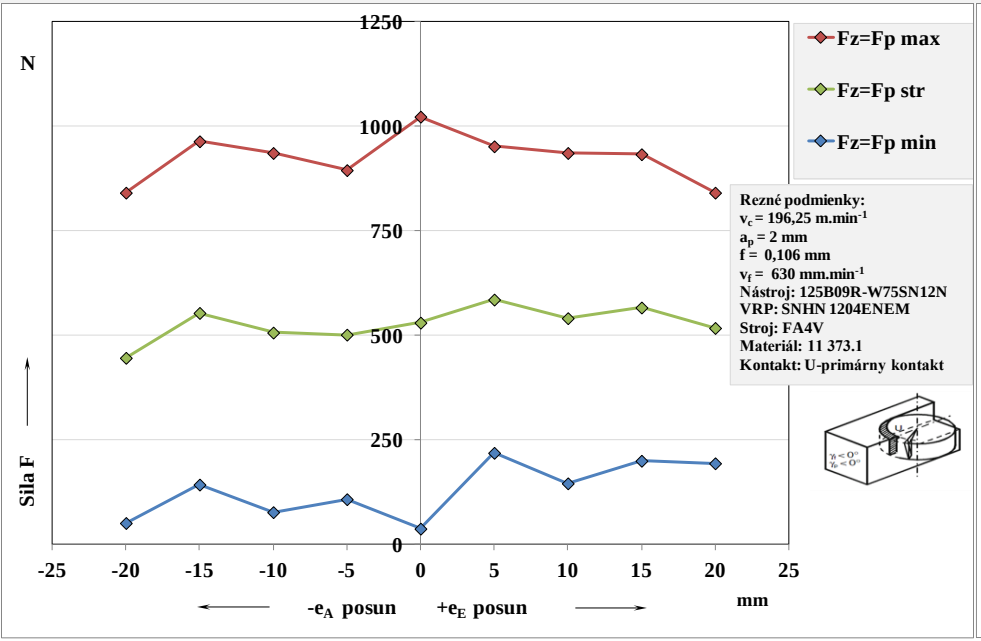
Meranie F_f pri frézovaní s negatívnou, pozitívnou frézovacou hlavou s 9 VRP

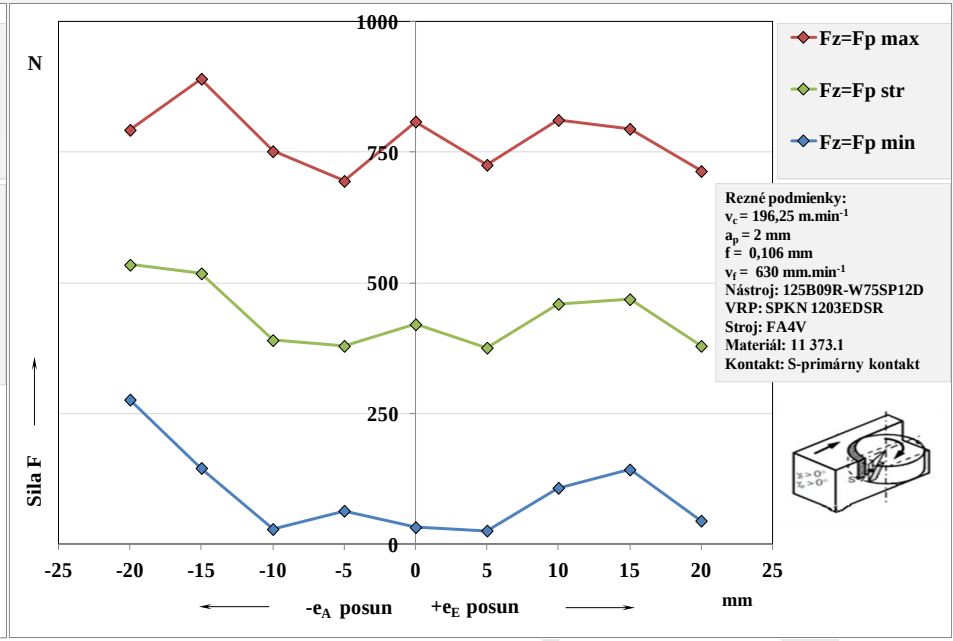




Negatívna frézovacia hlava **Pozitívna frézovacia hlava**

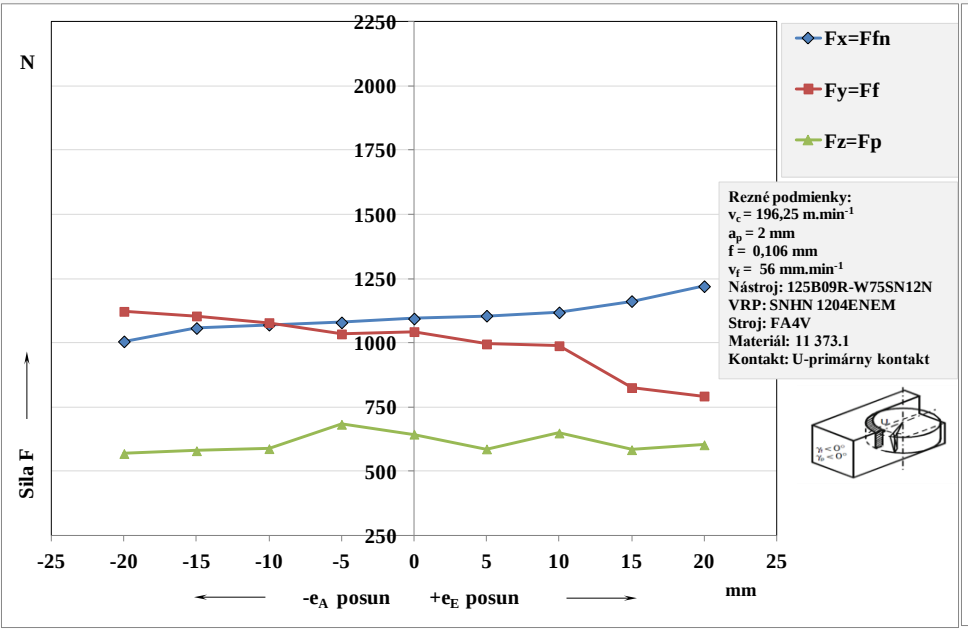
Meranie F_p pri frézovaní s negatívnou, pozitívnou frézovacou hlavou s 9 VRP

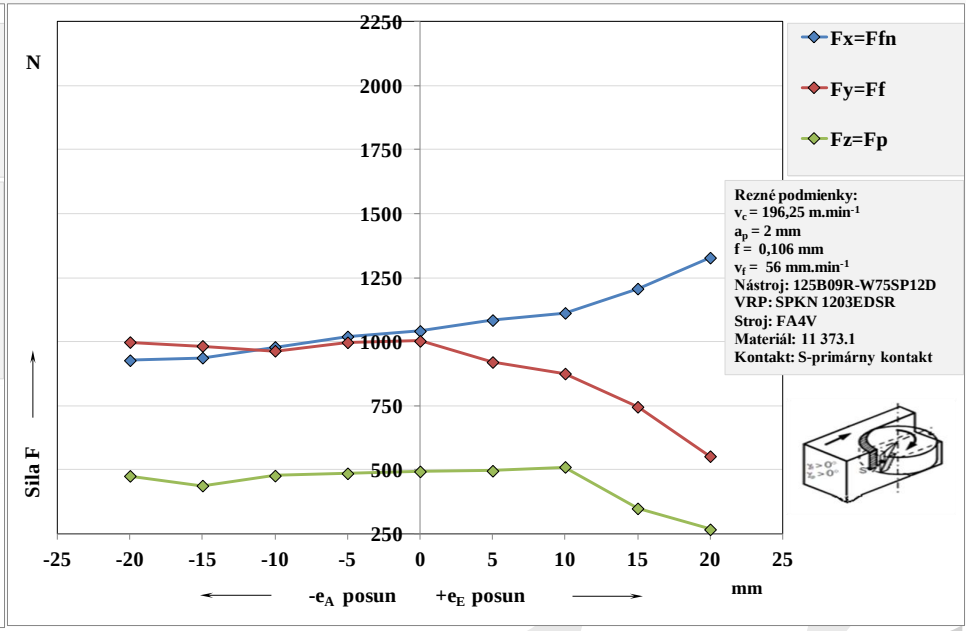




Negatívna frézovacia hlava **Pozitívna frézovacia hlava**

Meranie zložiek reznej sily negatívnou a pozitívnou geometriou pri frézovaní s 1 VRP

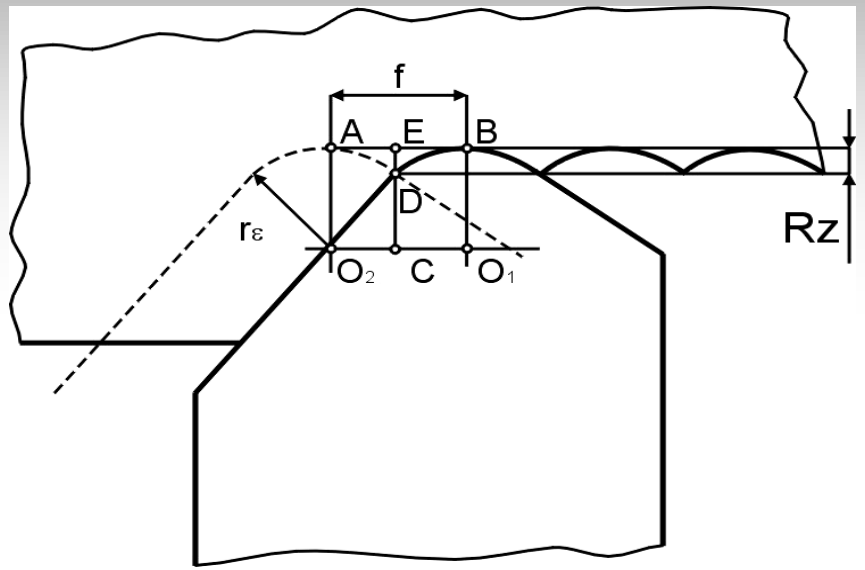




Negatívna frézovacia hlava

Pozitívna frézovacia hlava

DRSNOSŤ POVRCHU



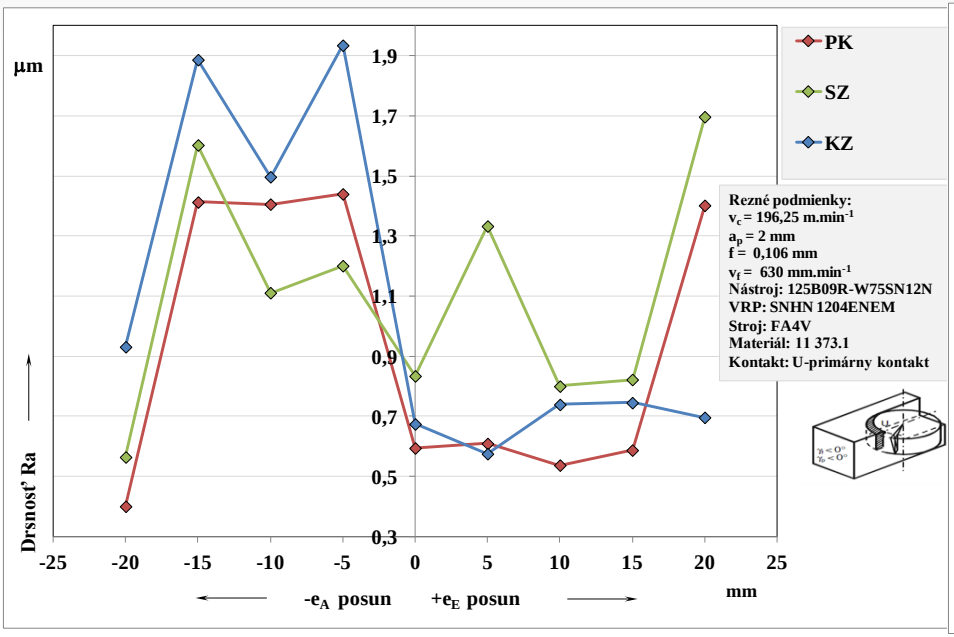
Schematické zobrazenie teoretického profilu drsnosti povrchu

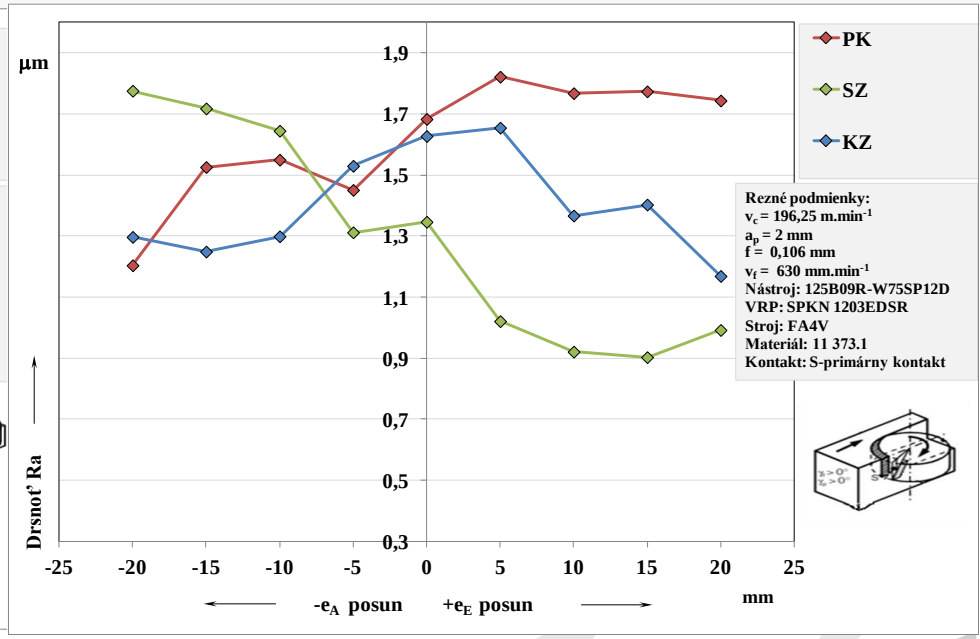
Merací prístroj Mahr MarSurf PS1

$$Rz = \frac{f^2}{8r_\varepsilon}$$

(μm)

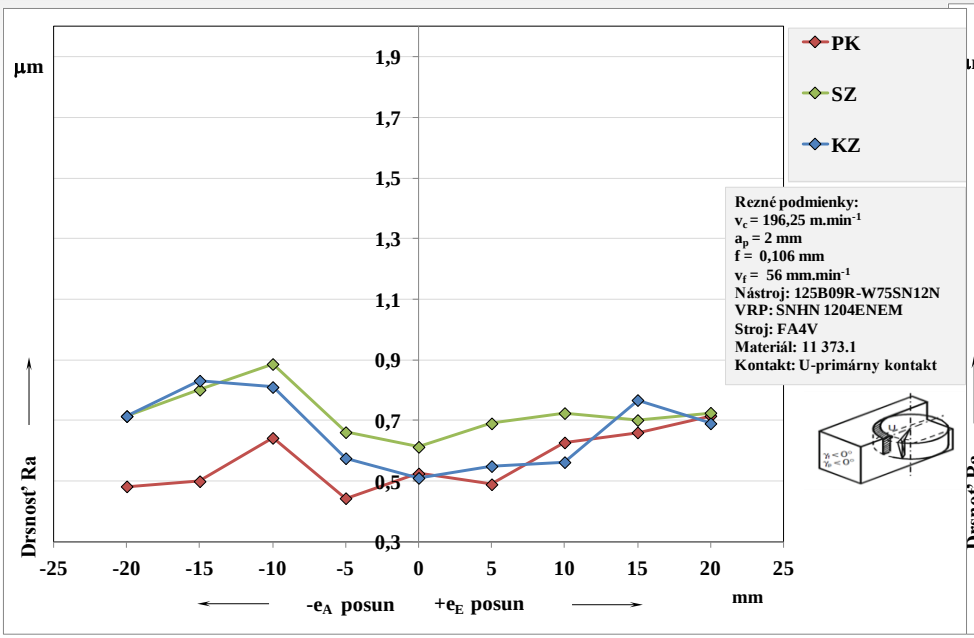
Meranie *Ra* pri frézovaní s negatívnou, pozitívnou frézovacou hlavou s 9 VRP

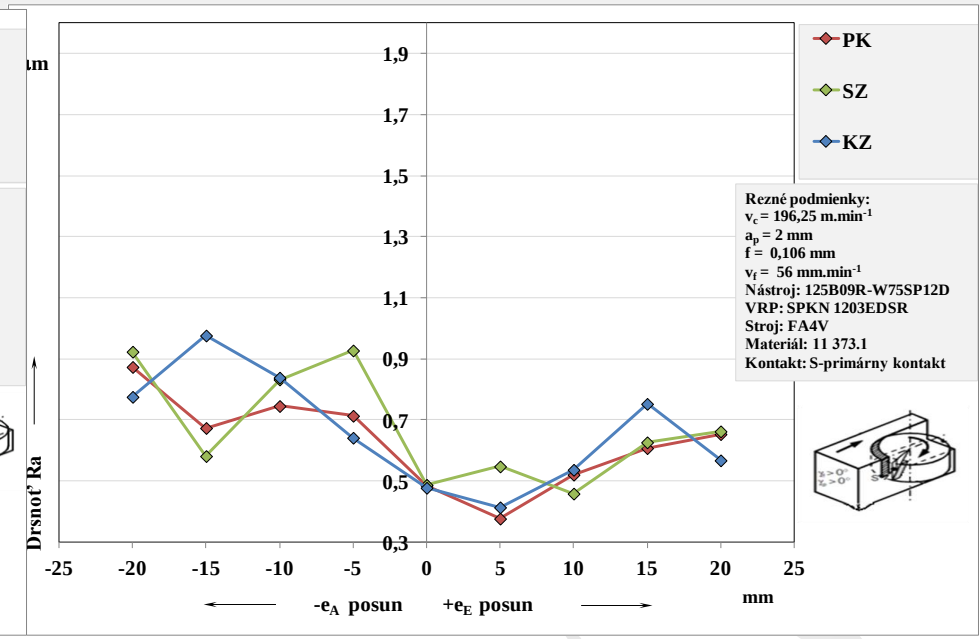




Negatívna frézovacia hlava **Pozitívna frézovacia hlava**

Meranie *Ra* pri frézovaní s negatívnou, pozitívnou frézovacou hlavou s 1 VRP

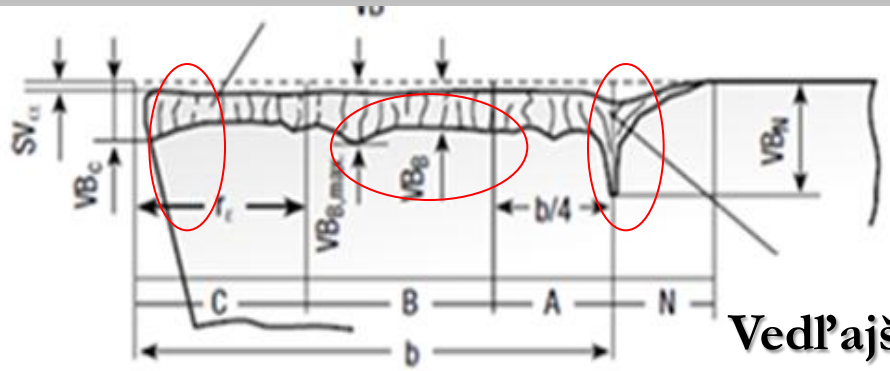




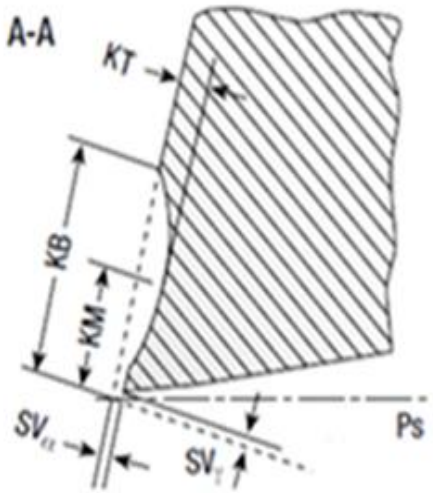
Negatívna frézovacia hlava **Pozitívna frézovacia hlava**

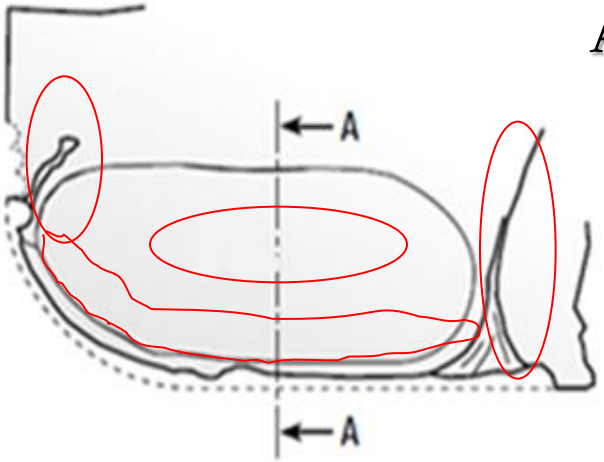
CHARAKTER A INTENZITA OPOTREBENIA

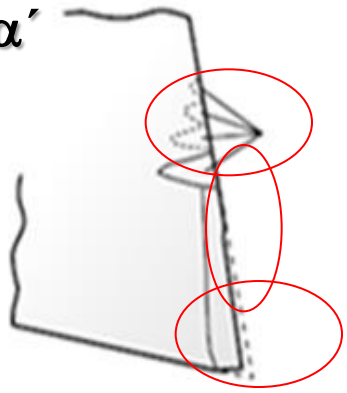
Hlavná chrbtová plocha Aα



Vedľajšia chrbtová plocha Aα´

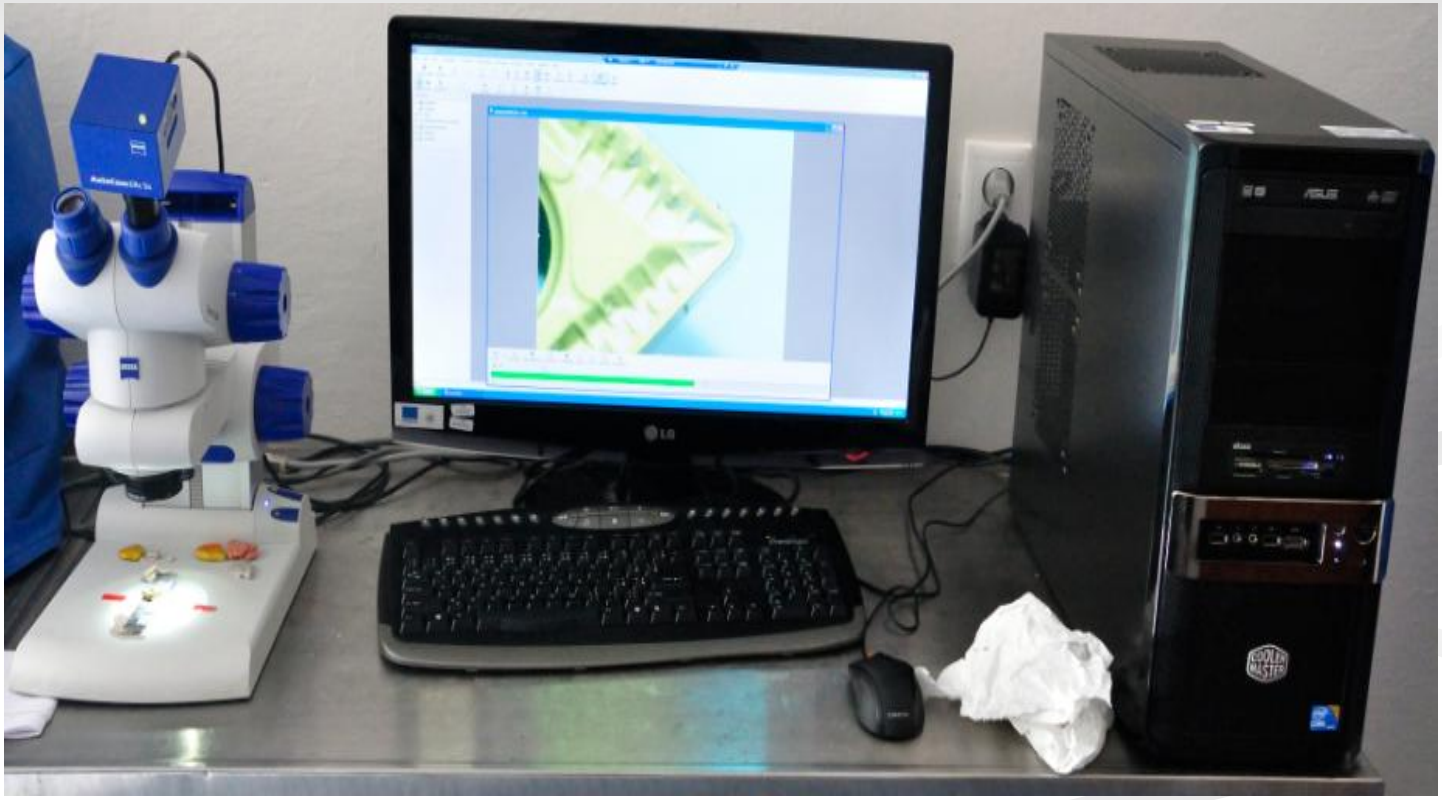






Čelná plocha Aγ

Pozorovacia a meracia sústava na meranie opotrebenia stereomikroskop ZEISS STEMI DV4 s digitálnym fotoaparátom ZEISS AxioCam ERc 5s

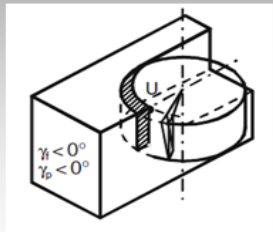


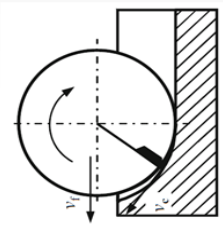
CHARAKTER A INTENZITA OPOTREBENIA

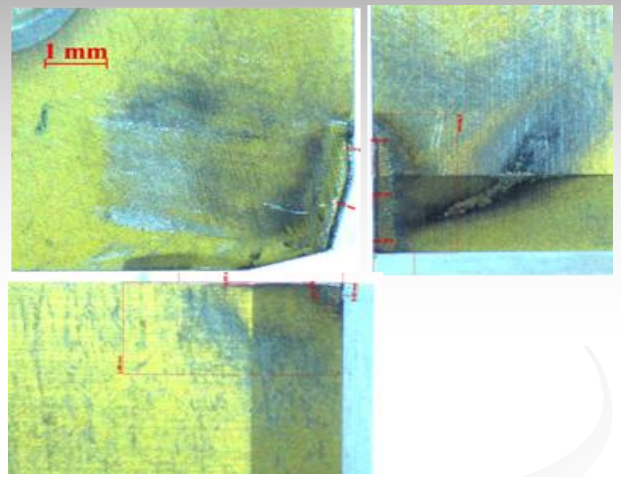
Pri negatívnej geometrii a maximálnom posunutí nástroja do mínusu

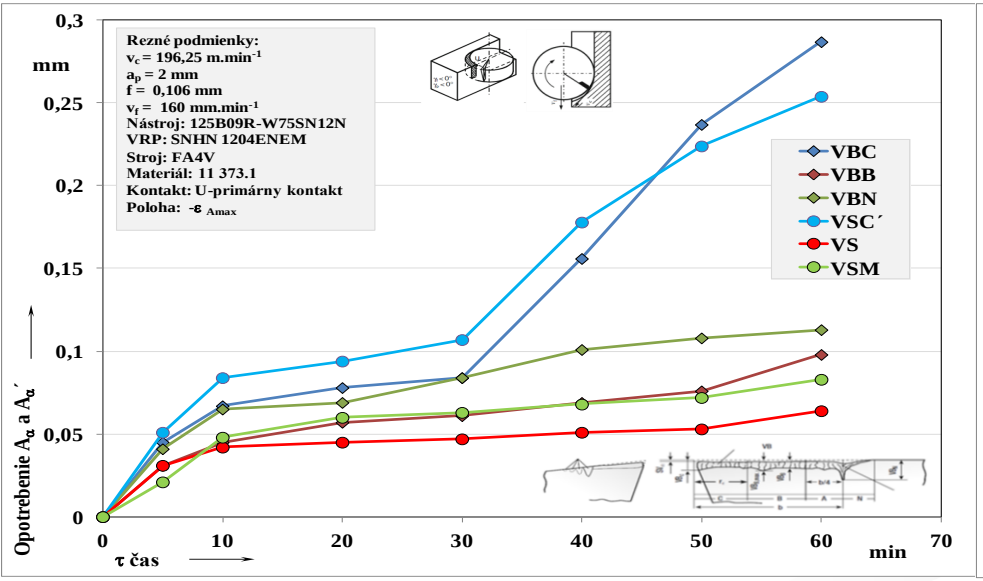
e Amax

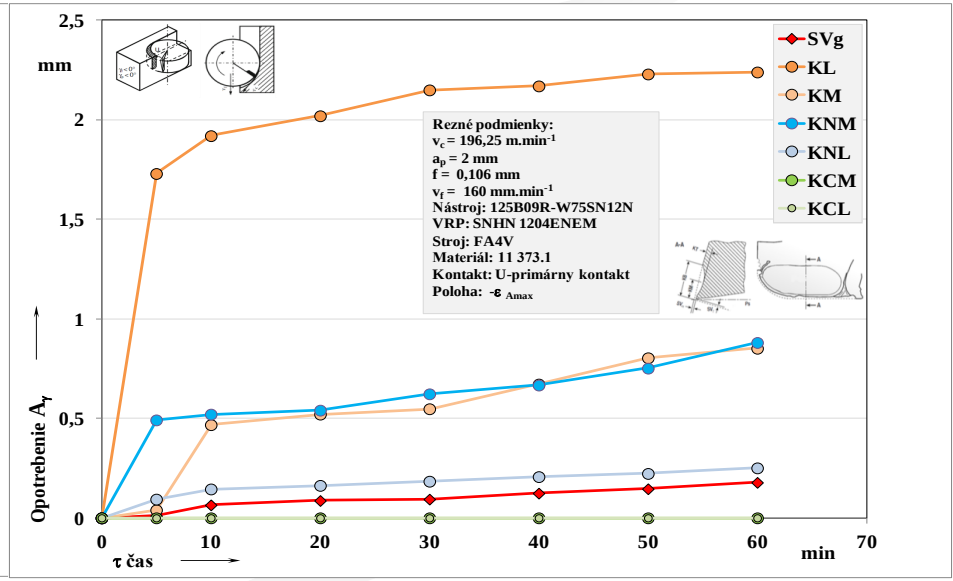
Rezné podmienky:
v_c = 196,25 m.min^{-1}
a_p = 2 mm
f = 0,106 mm
v_f = 160 mm.min^{-1}
Nástroj: 125B09R-W75SN12N
VRP: SNHN 1204ENEM
Stroj: FA4V
Materiál: 11 373.1
Kontakt: U-primárny kontakt
Poloha: $-\varepsilon_{Amax}$









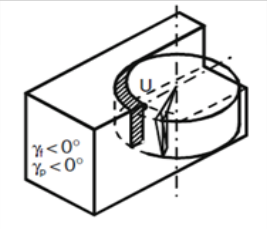


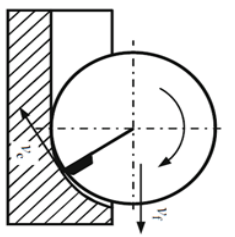
CHARAKTER A INTENZITA OPOTREBENIA

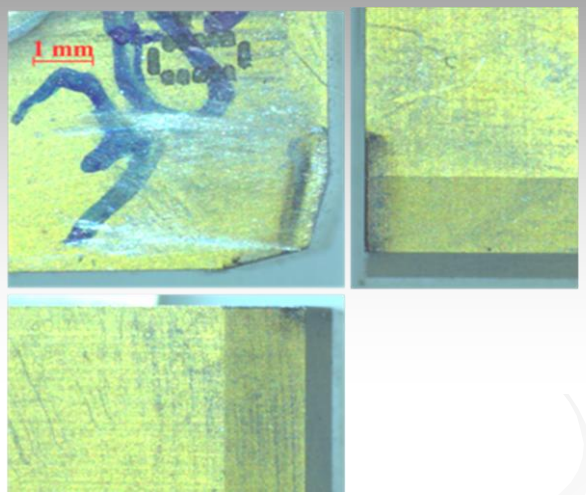
Pri negatívnej geometrii a maximálnom posunutí nástroja do plusu e $_{Emax}$

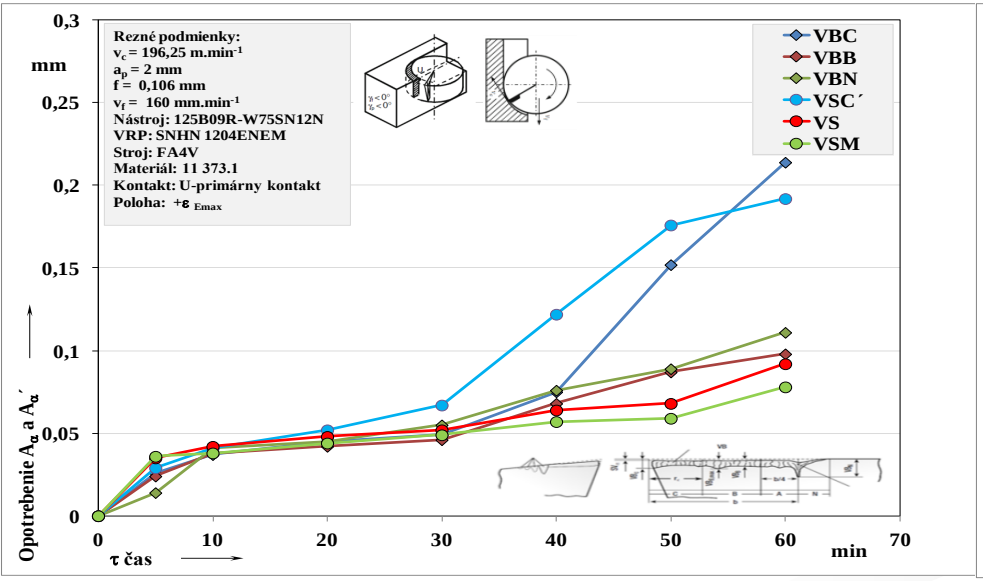
Rezné podmienky:
v_c = 196,25 m.min^{-1}
a_p = 2 mm
f = 0,106 mm
v_f = 160 mm.min^{-1}

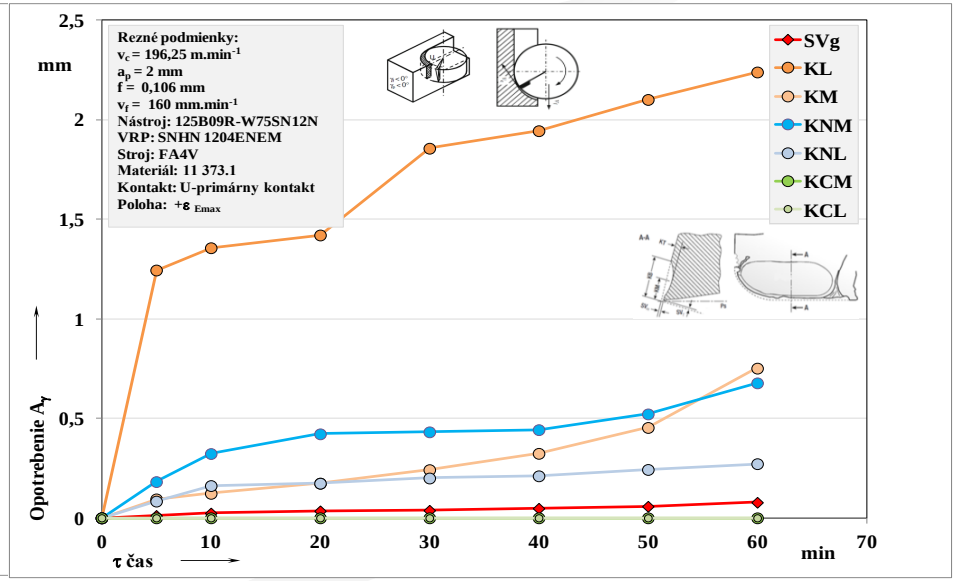
Nástroj:	**125B09R-W75SN12N**
VRP:	**SNHN 1204ENEM**
Stroj:	**FA4V**
Materiál:	**11 373.1**
Kontakt:	**U-primárny kontakt**
Poloha:	**+ε $_{Emax}$**







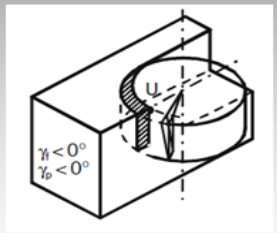


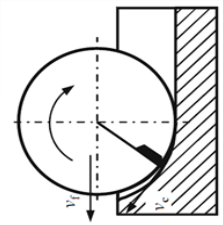


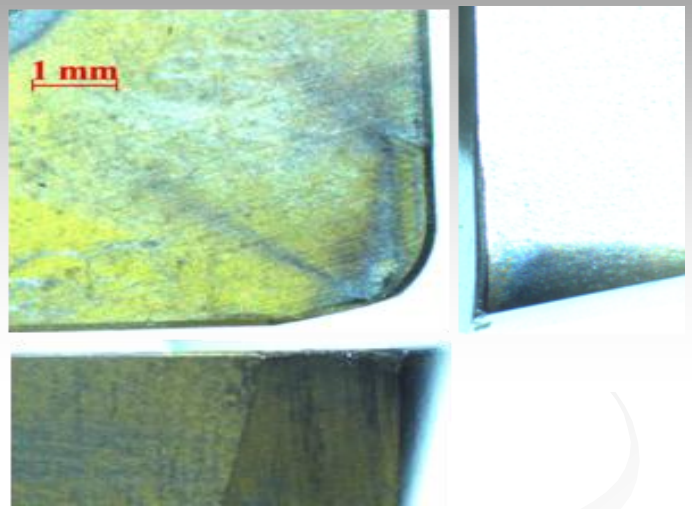
CHARAKTER A INTENZITA OPOTREBENIA

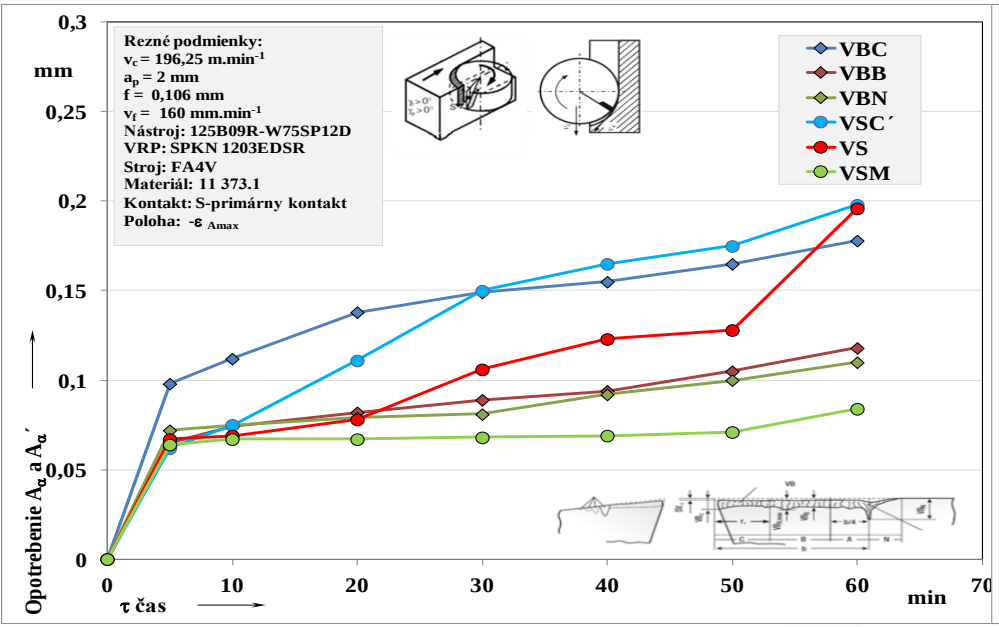
Pri pozitívnej geometrii a maximálnom posunutí nástroja do mínusu e_{Amax}

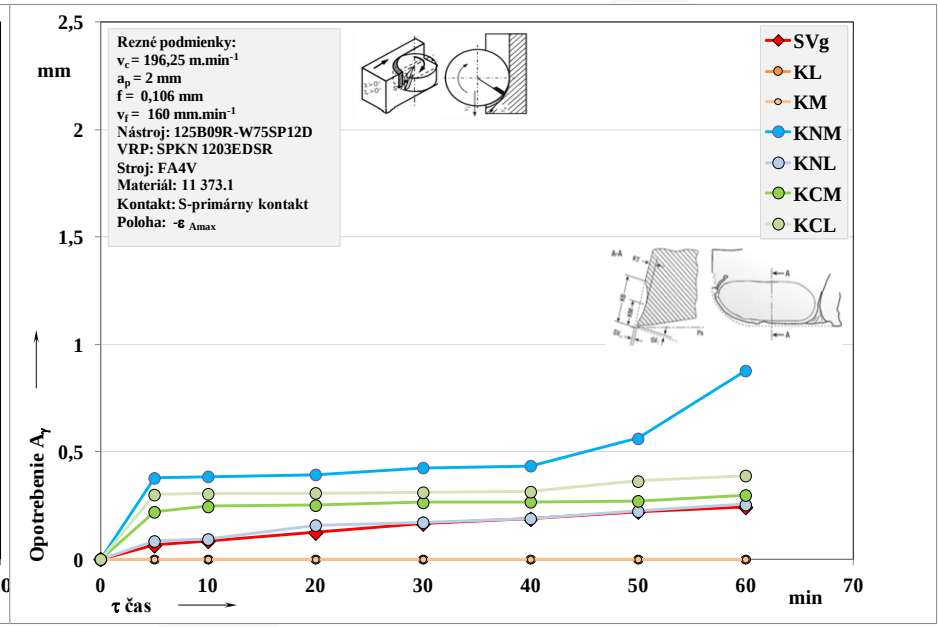
Rezné podmienky:
v_c = 196,25 m.min^{-1}
a_p = 2 mm
f = 0,106 mm
v_f = 160 mm.min^{-1}
Nástroj: 125B09R-W75SP12D
VRP: SPKN 1203EDSR
Stroj: FA4V
Materiál: 11 373.1
Kontakt: S-primárny kontakt
Poloha: $-\varepsilon_{Amax}$







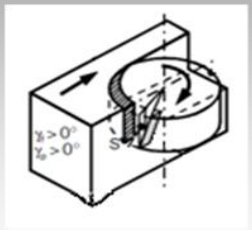


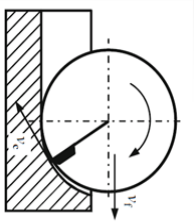


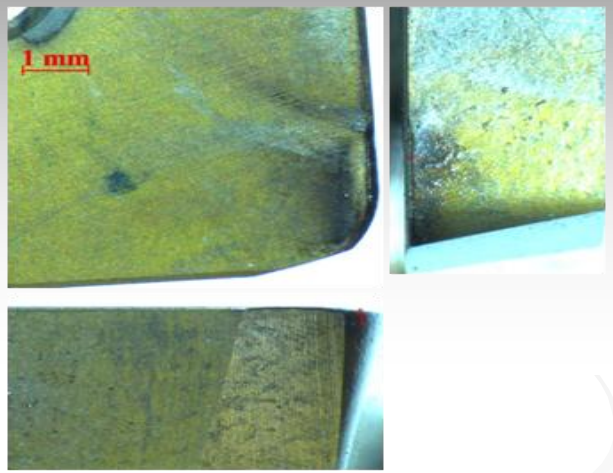
CHARAKTER A INTENZITA OPOTREBENIA

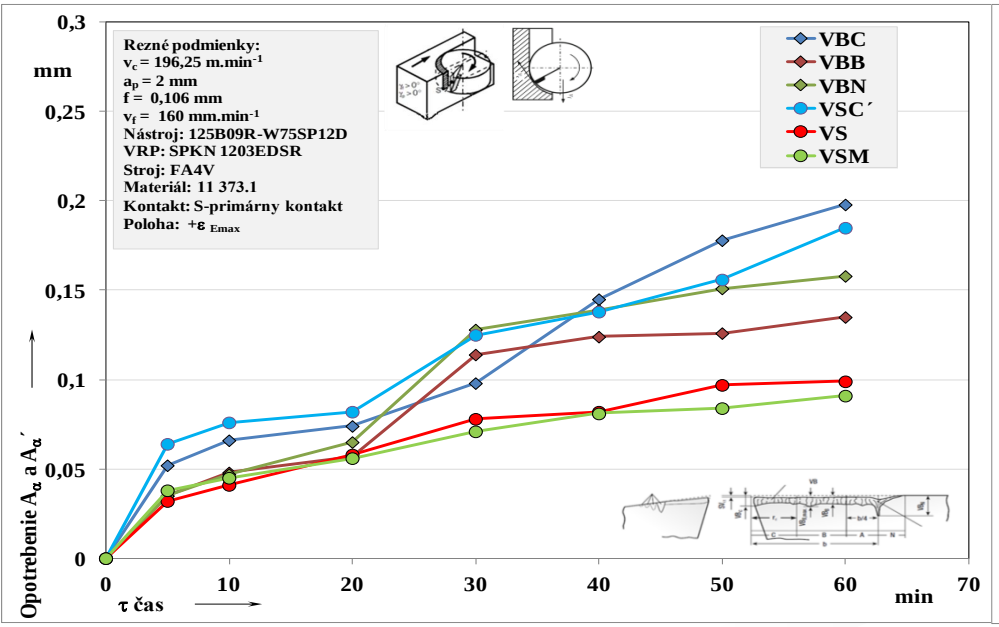
Pri pozitívnej geometrii a maximálnom posunutí nástroja do plusu e $_{Emax}$

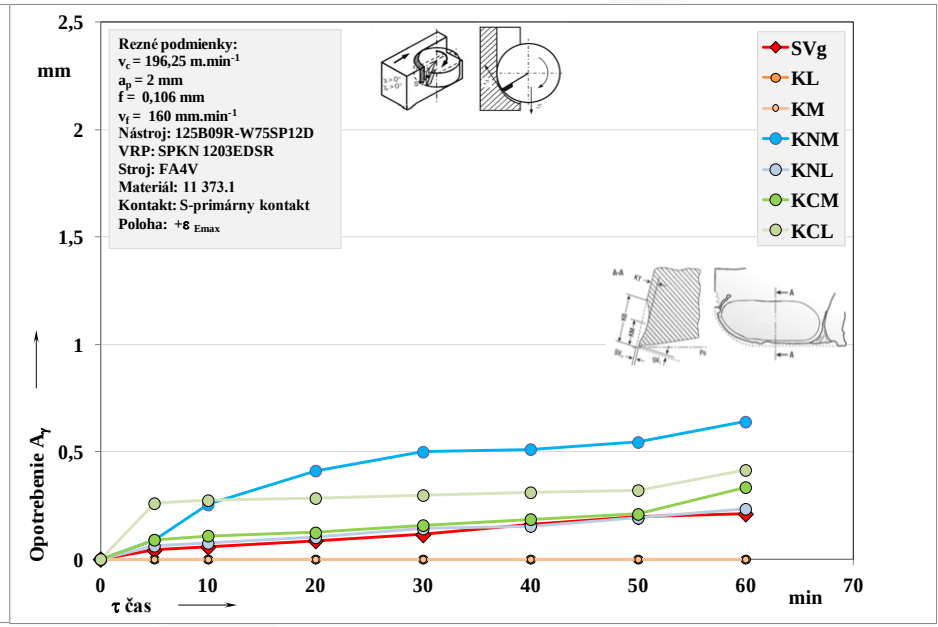
Rezné podmienky:
v_c = 196,25 m.min^{-1}
a_p = 2 mm
f = 0,106 mm
v_f = 160 mm.min^{-1}
Nástroj: 125B09R-W75SP12D
VRP: SPKN 1203EDSR
Stroj: FA4V
Materiál: 11 373.1
Kontakt: S-primárny kontakt
Poloha: +ε $_{Emax}$



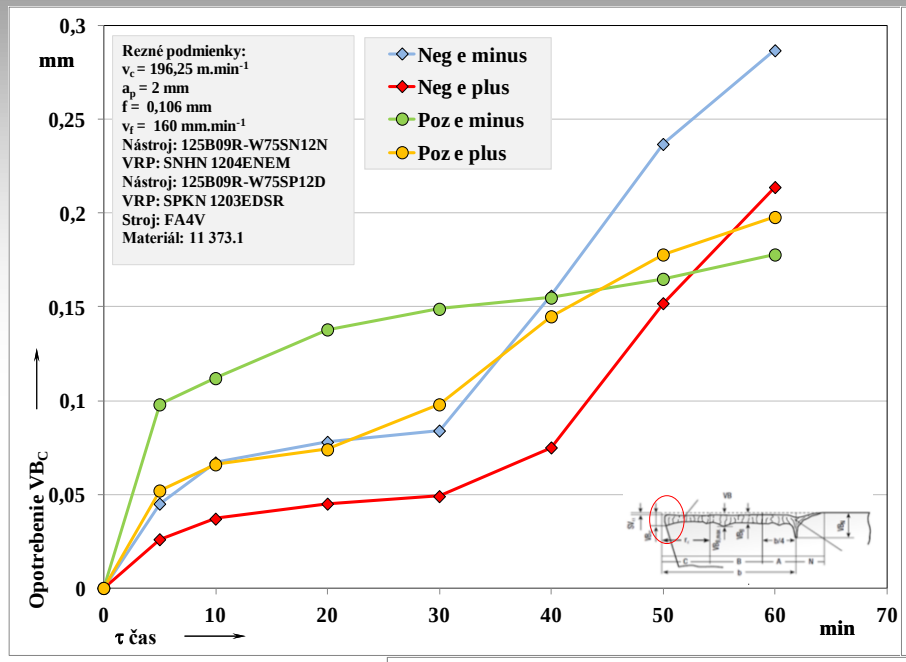


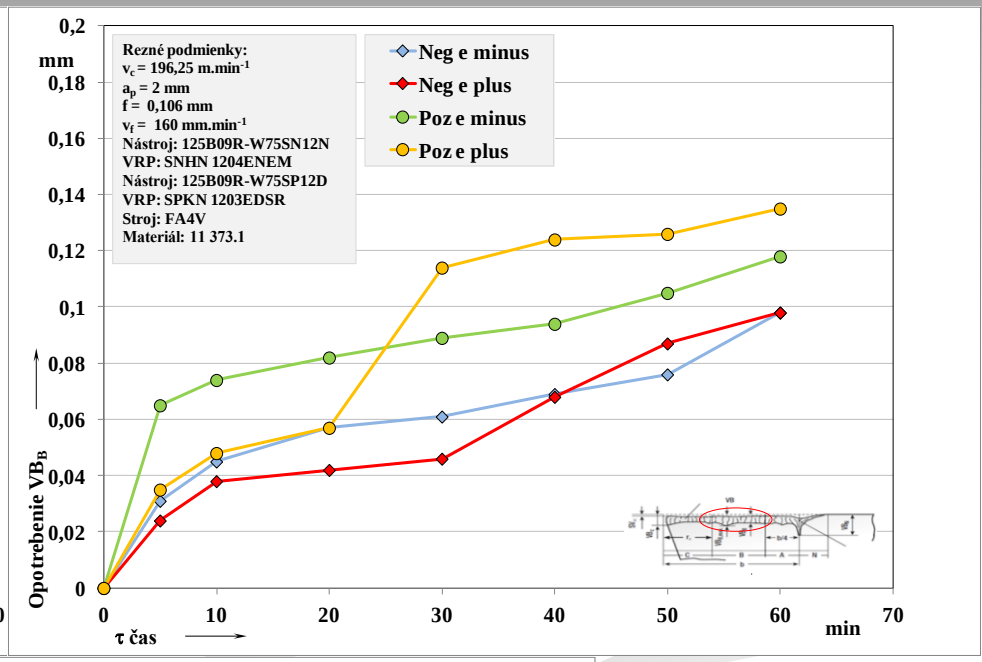


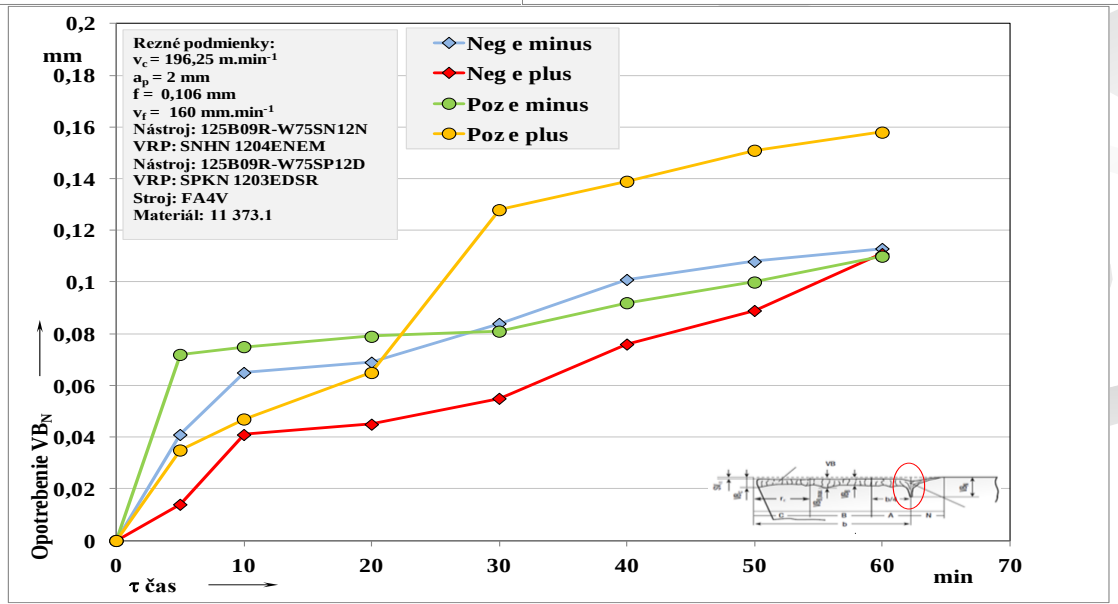




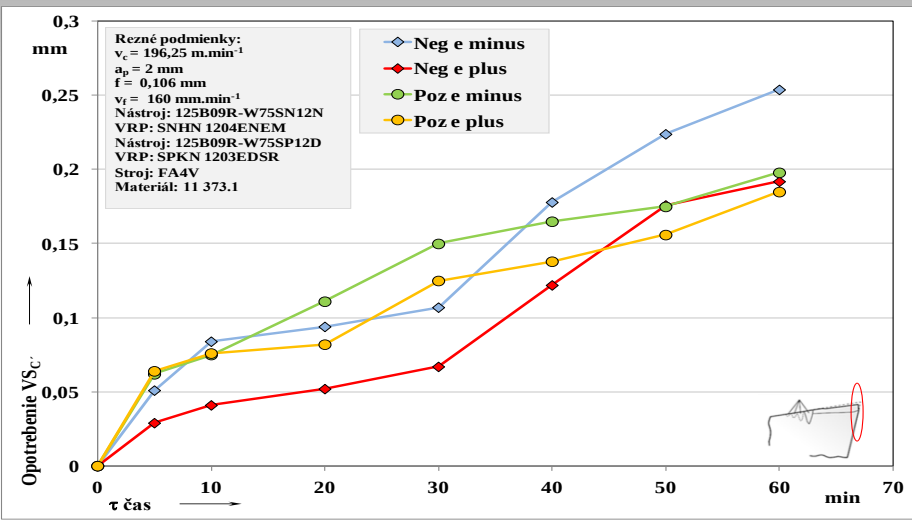
CHARAKTER A INTENZITA OPOTREBENIA
na hlavnej chrbtovej ploche Aα

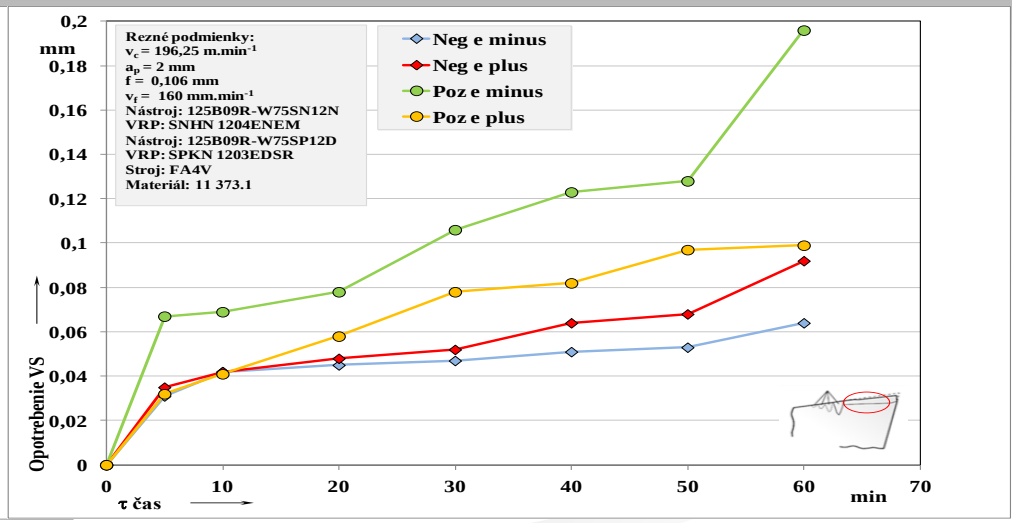


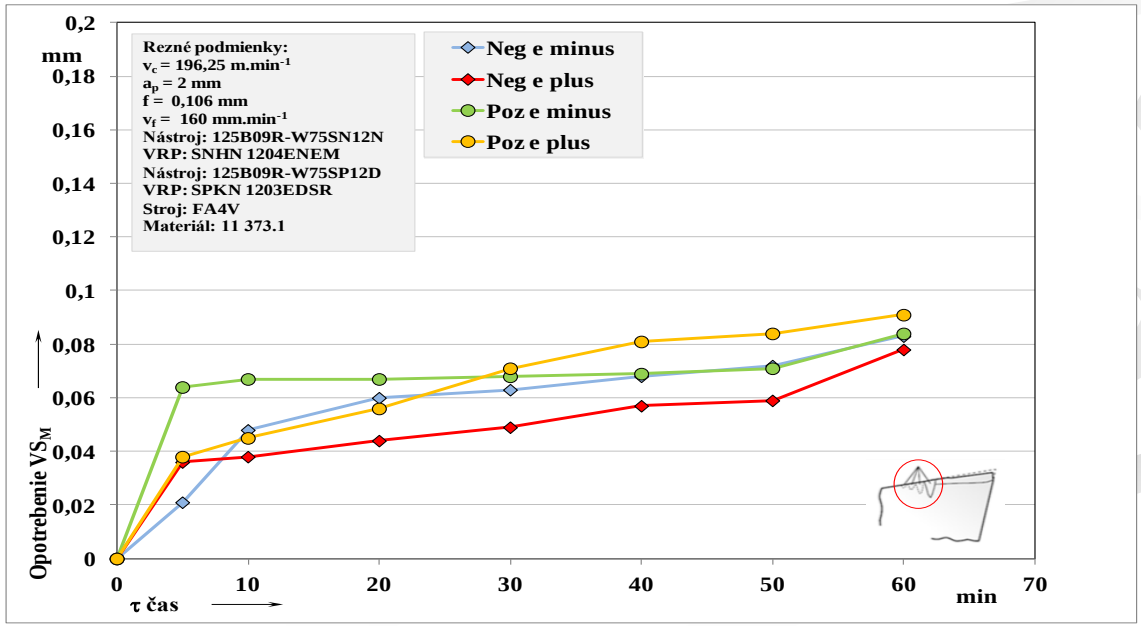




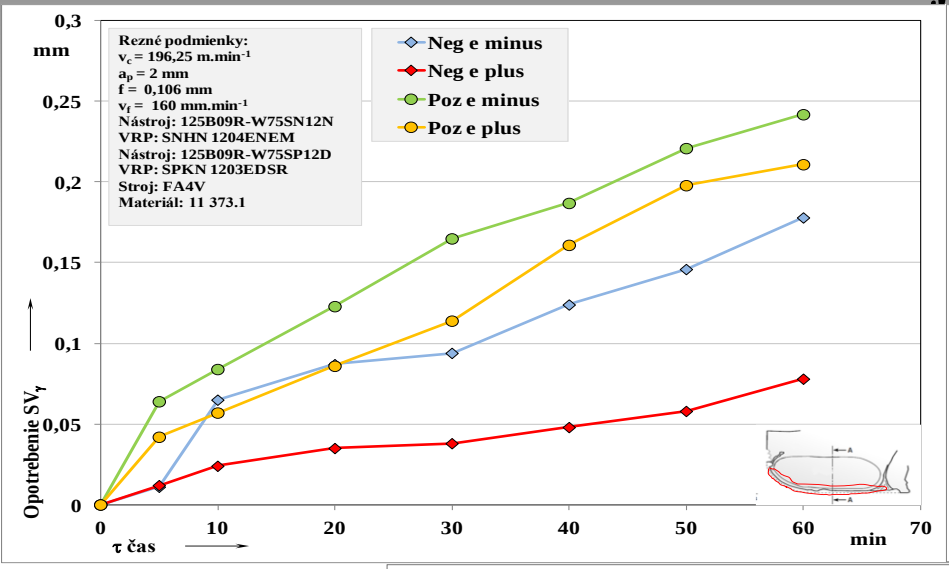
CHARAKTER A INTENZITA OPOTREBENIA
na vedľajšej chrbtovej ploche Aα´

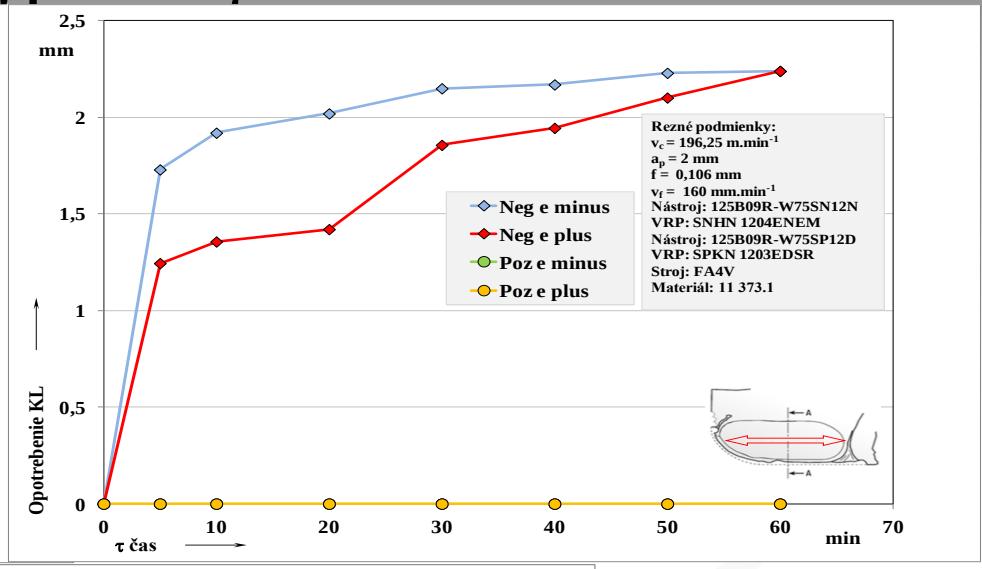


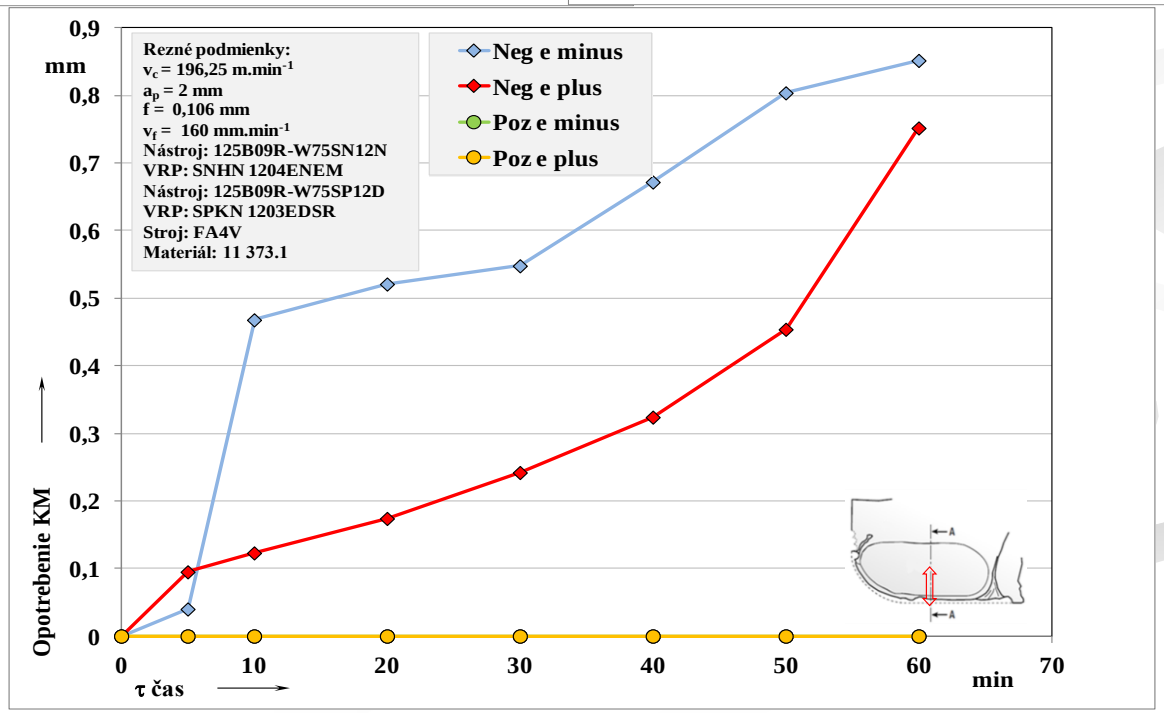




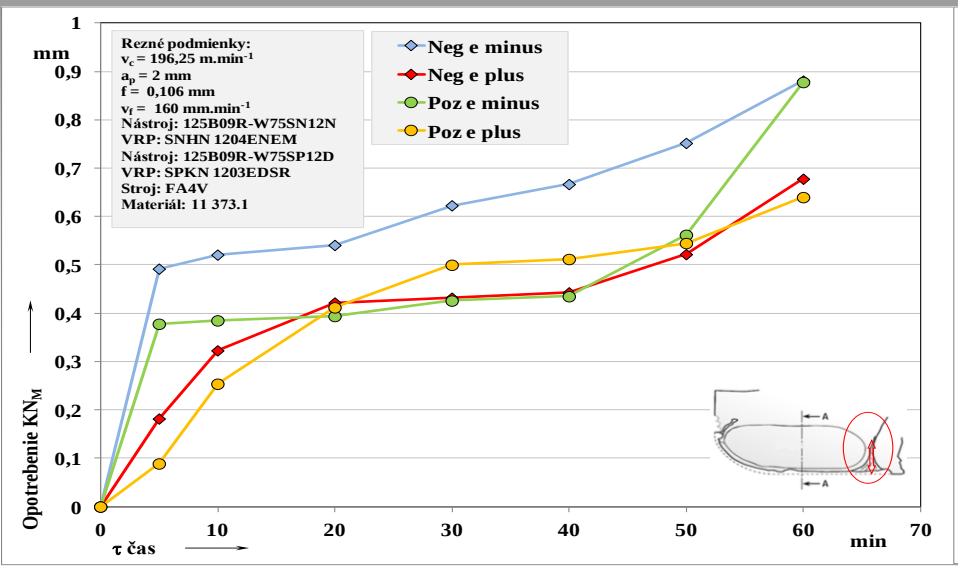
CHARAKTER A INTENZITA OPOTREBENIA
na čelnej ploche Aγ

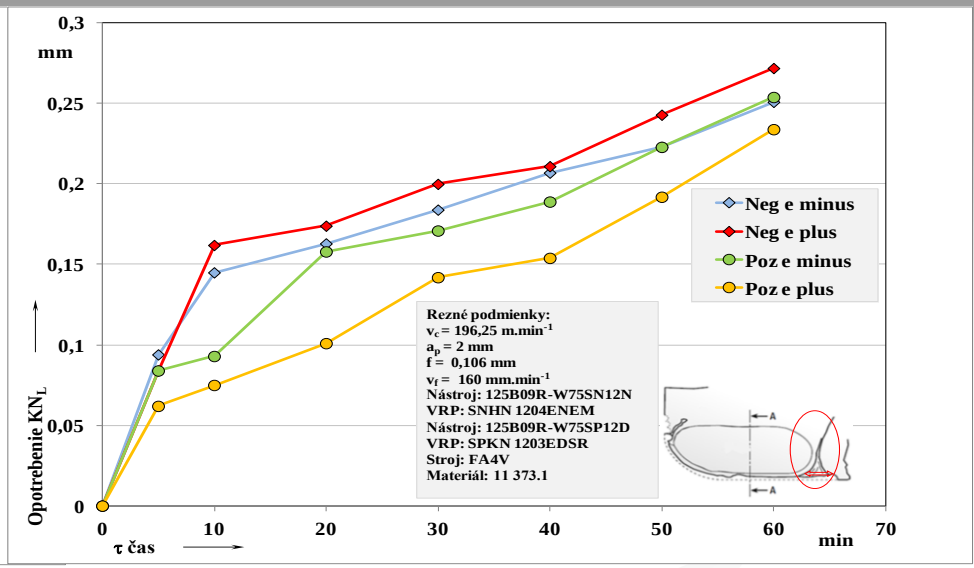


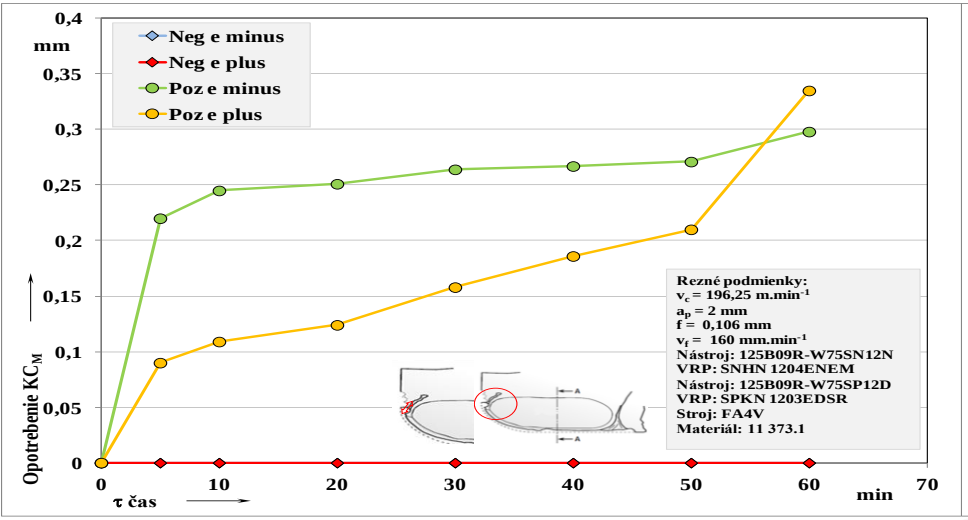


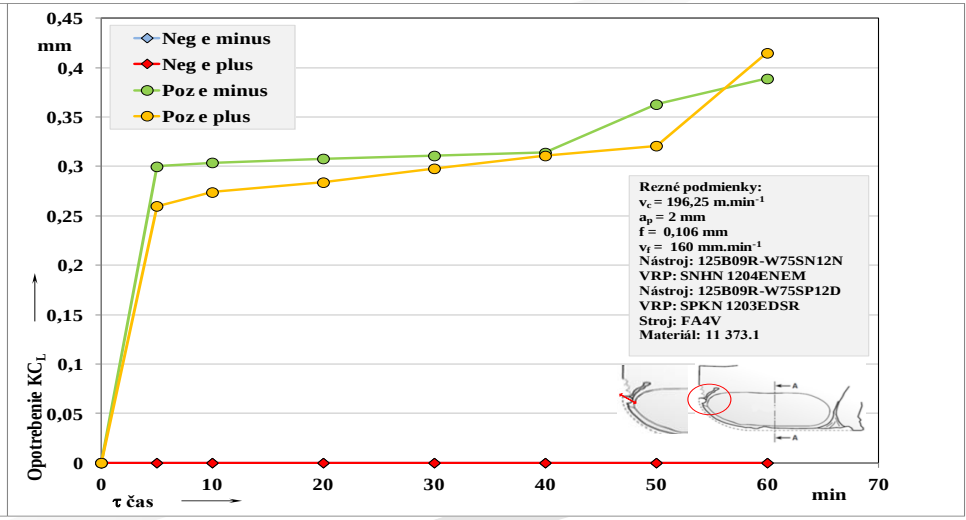


CHARAKTER A INTENZITA OPOTREBENIA
na čelnej ploche Aγ

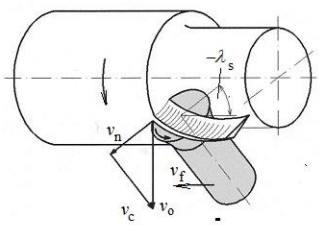


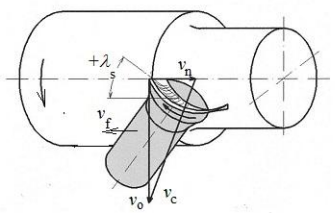




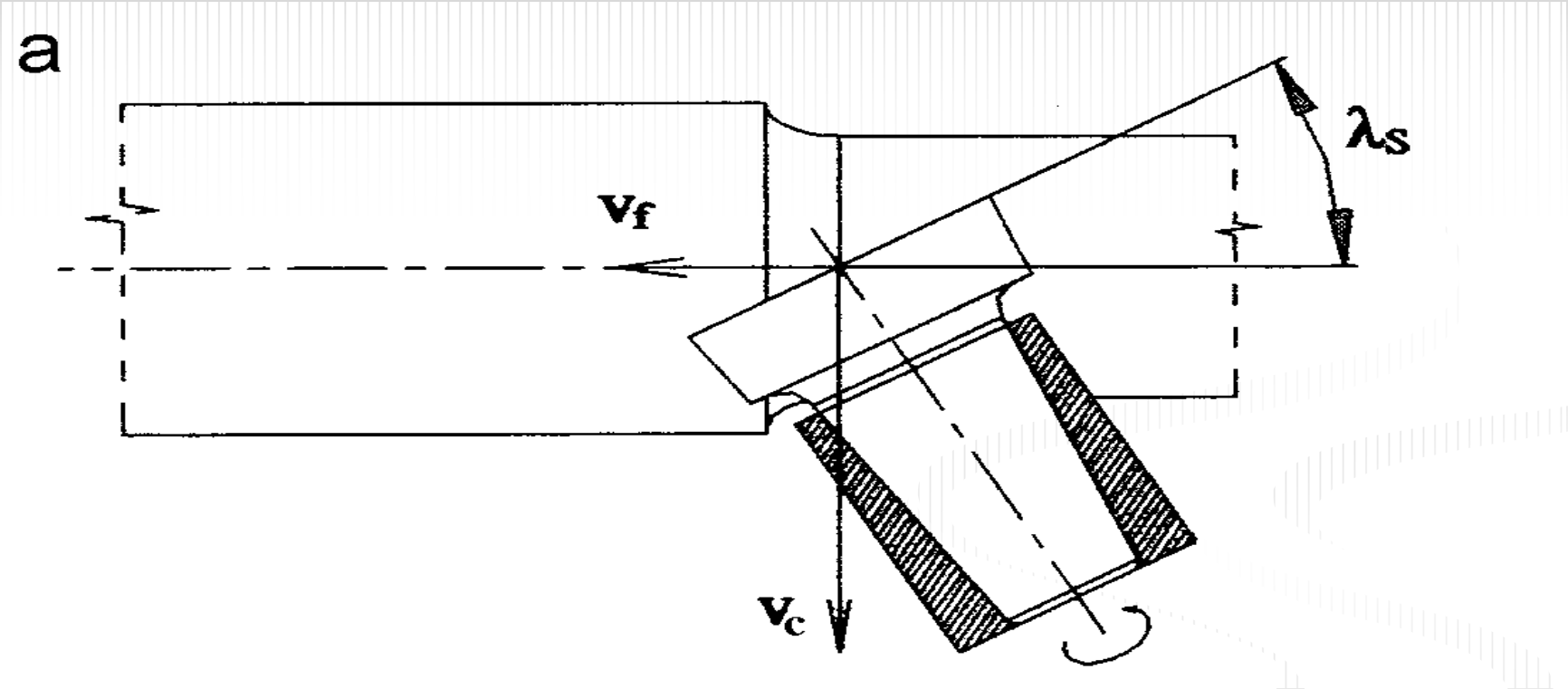


Kruhová rezná hrana

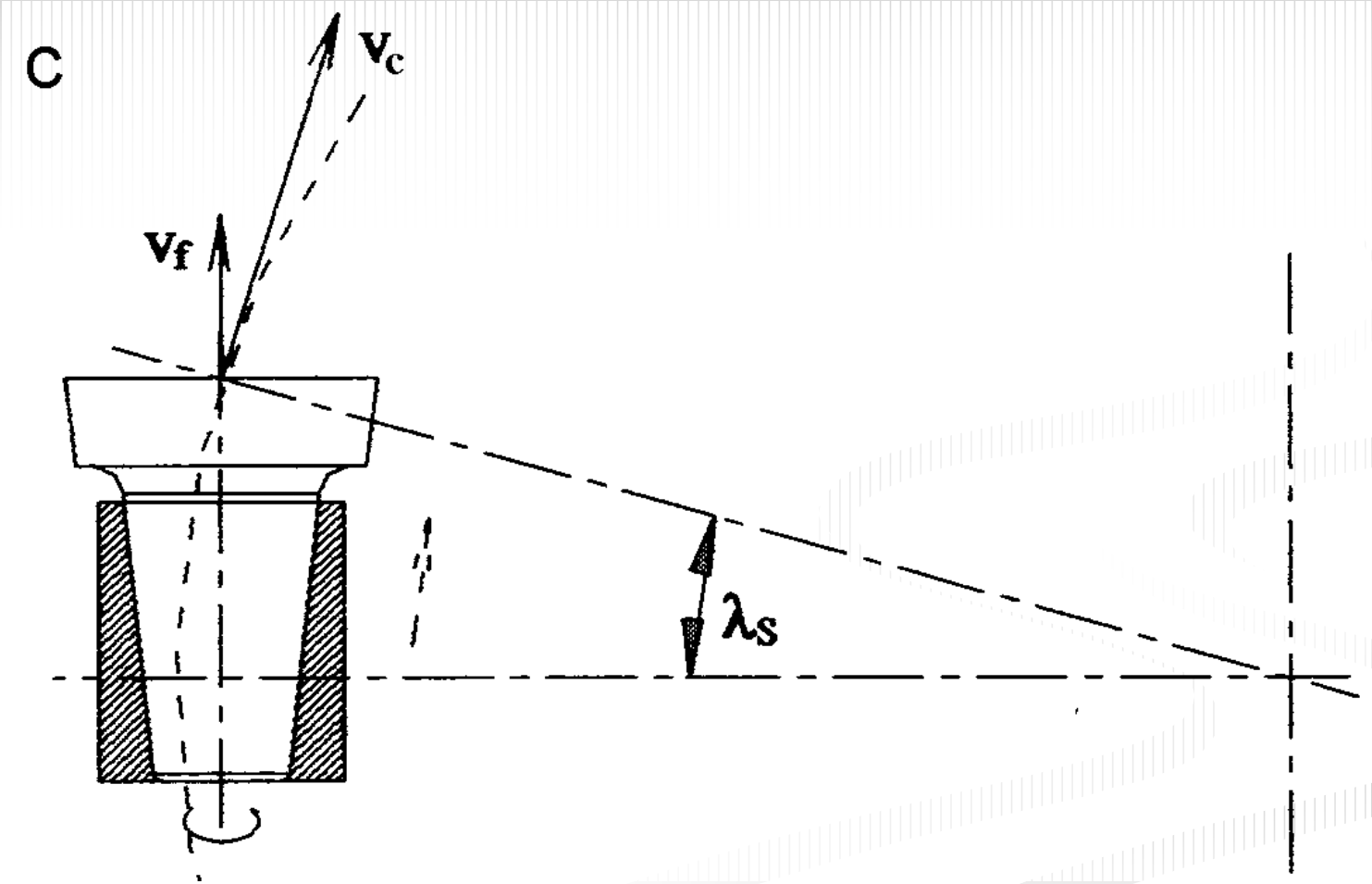




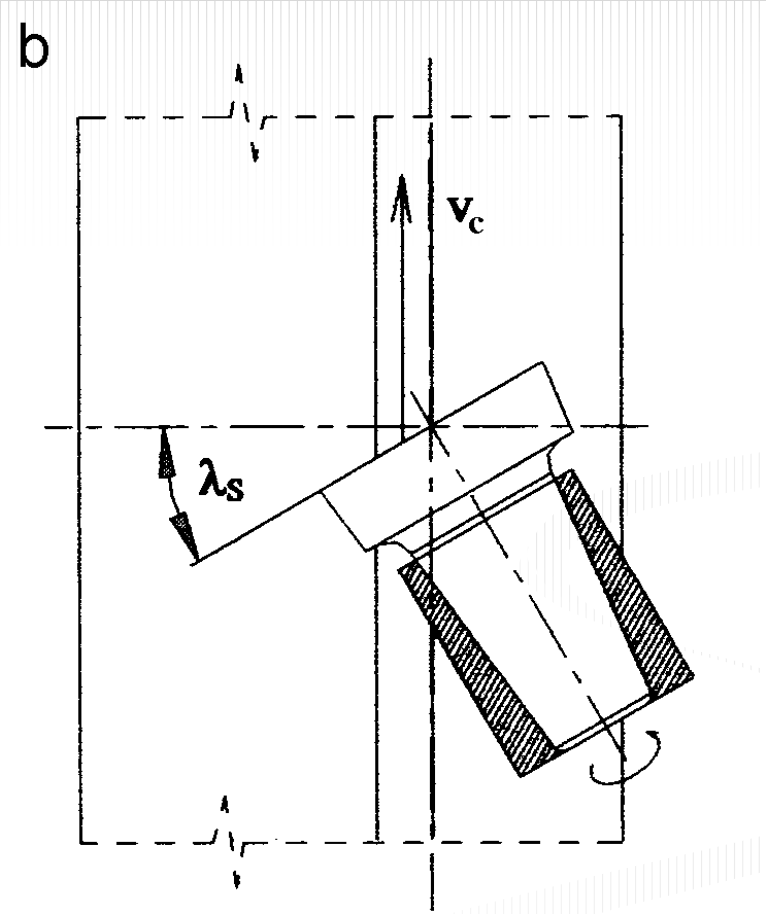
sústruženie



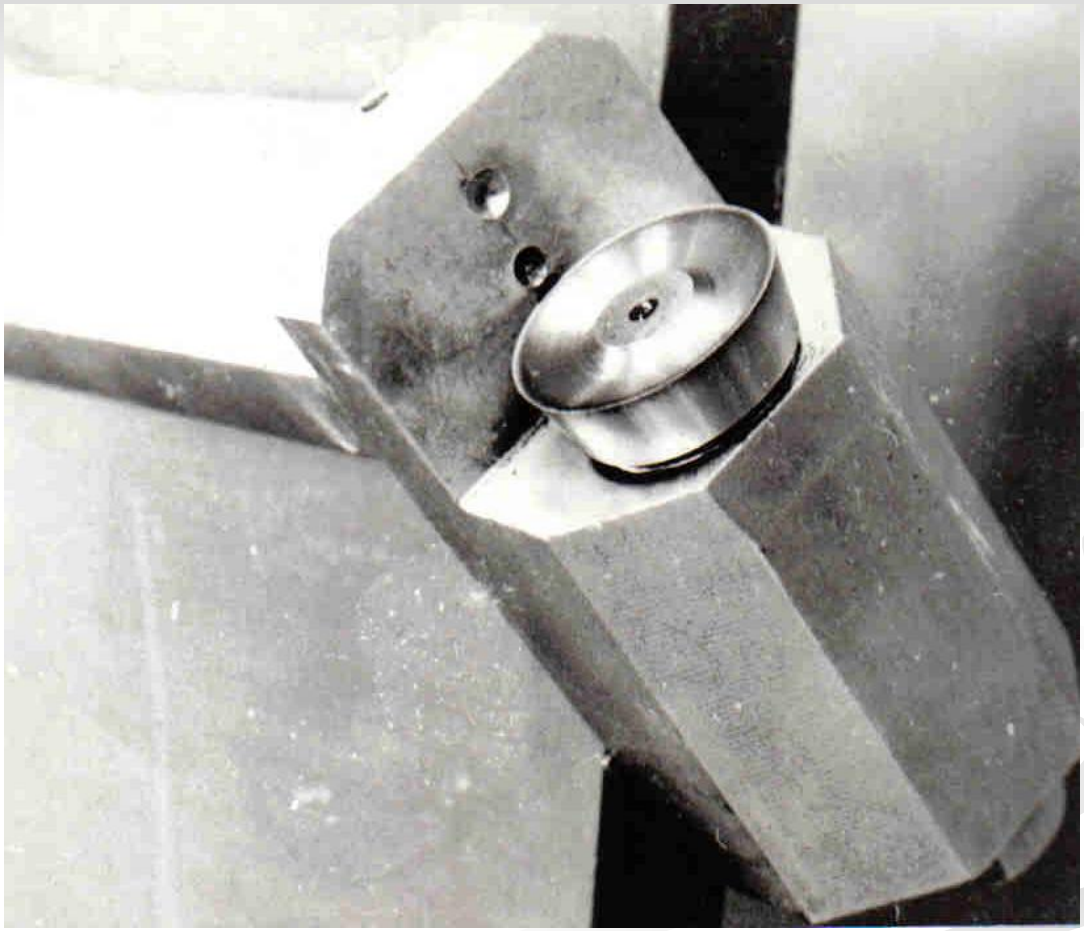
Frézovanie



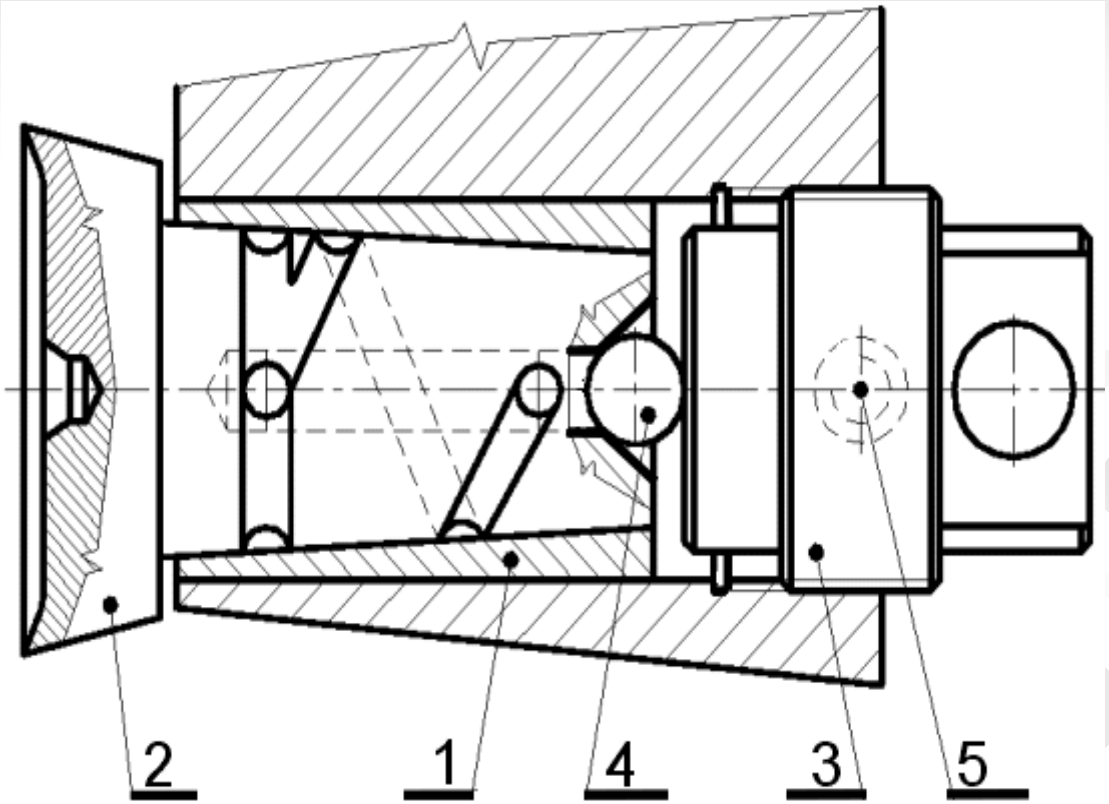
Hobľovanie



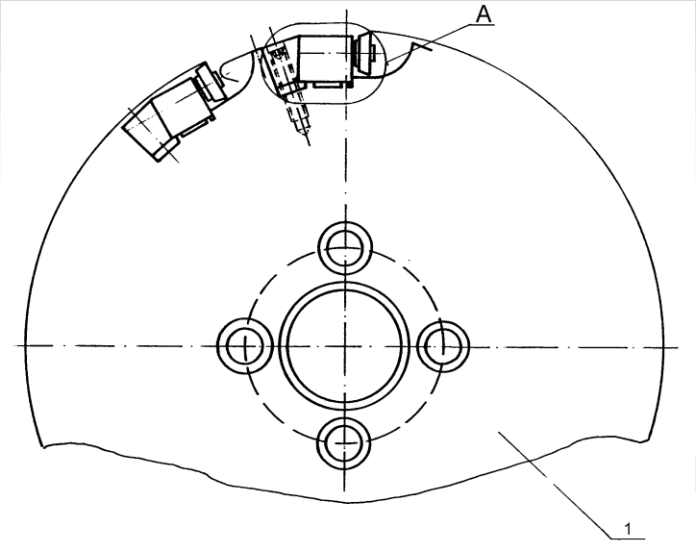
Konštrukcia nástroja

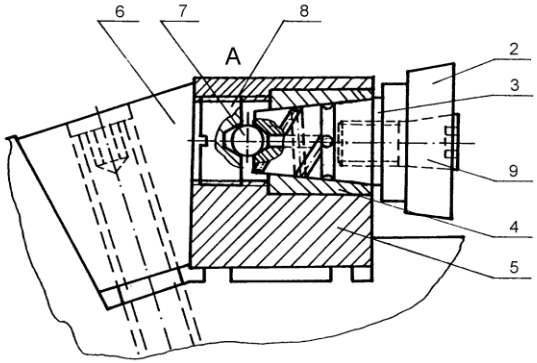


Konštrukcia nástroja

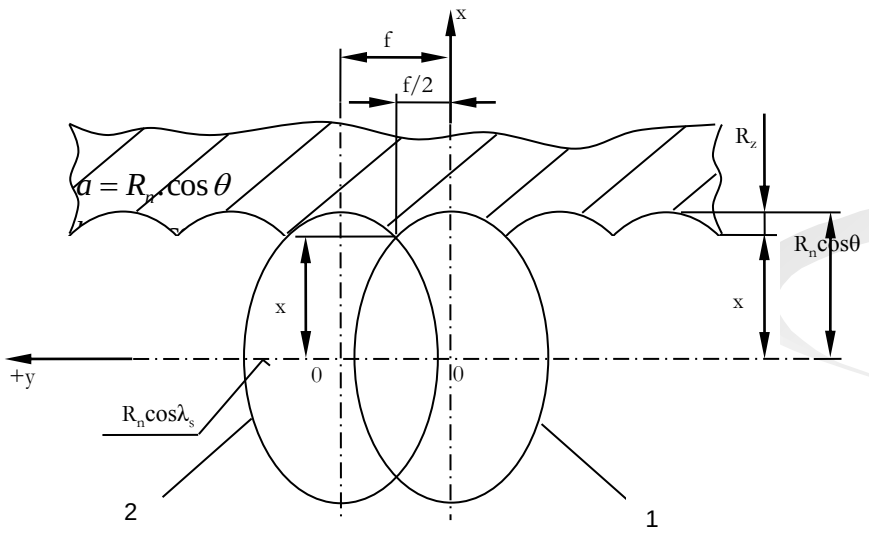


Konštrukcia nástroja





Drsnosť povrchu



$$a = R_n.\cos\theta$$

$$b = R_n.\cos\lambda_s$$

Drsnosť povrchu

- **Odvodený vzťah**

$$Rz = r_{\varepsilon} - \frac{1}{2.\cos\lambda_s}.\sqrt{4.r_{\varepsilon}^2.\cos^2\lambda_s - f^2}$$

Dané: *f*, *Rn*, (*λs*, *θ*): $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ $\frac{(x - x_o)^2}{a^2} + \frac{(y - y_o)^2}{b^2} = 1$

Odvodenie vzťahu pre Rz

- **Súradnice stredu posunutej elipsy 2:**
- ***X0 = 0***
- ***Y0 = f***

po dosadení do rovnice elipsy 1 a 2 :

$$\frac{x^2}{R_n{}^2.\cos^2\theta}+\frac{y^2}{R_n{}^2.\cos^2\lambda_s}=1$$

$$\frac{(x-x_o)^2}{R_n{}^2.\cos^2\theta}+\frac{(y-y_o)^2}{R_n{}^2.\cos^2\lambda_s}=1$$

$$x=\frac{\cos\theta}{2.\cos\lambda_s}\sqrt{4R_n{}^2.\cos^2\lambda_s-f^2}$$

z obrázku vyplýva:

$$Rz = R_n.\cos\theta - x$$

kde po dosadení a úprave dostaneme vzťah pre výpočet výšky nerovností *Rz*:

$$Rz = \cos\theta\left(R_n - \frac{1}{2.\cos\lambda_s}\sqrt{4R_n{}^2.\cos^2\lambda_s - f^2}\right)$$

$$\cos\theta = \cos 0^\circ = 1$$

$$Rz = R_n - \frac{1}{2.\cos\lambda_s}\sqrt{4.R_n{}^2.\cos^2\lambda_s - f^2}$$

Určenie výšky nerovností pre konkrétne podmienky

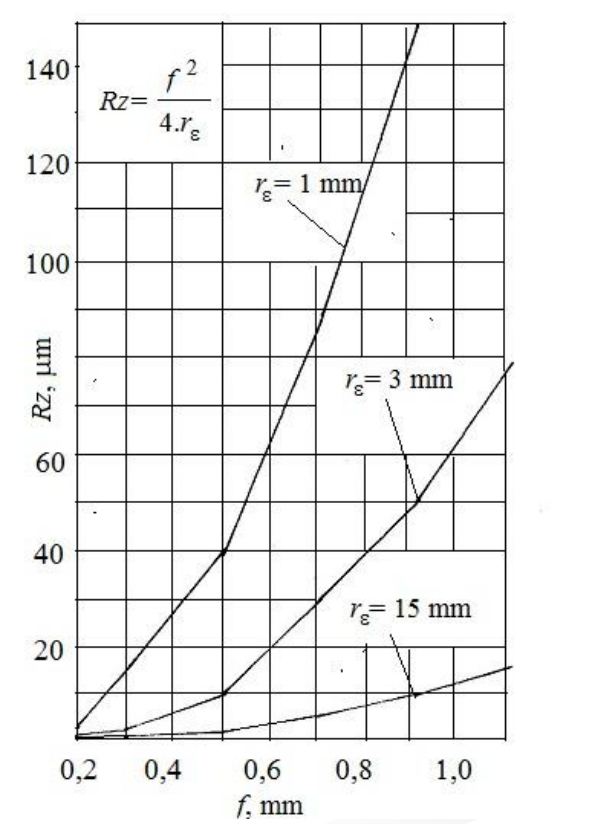
- Pre sklon reznej hrany 45 stupňov :

$$Rz = r_\varepsilon - \frac{1}{2.\frac{\sqrt{2}}{2}}.\sqrt{4.r_\varepsilon^2.\frac{2}{4} - f^2}$$

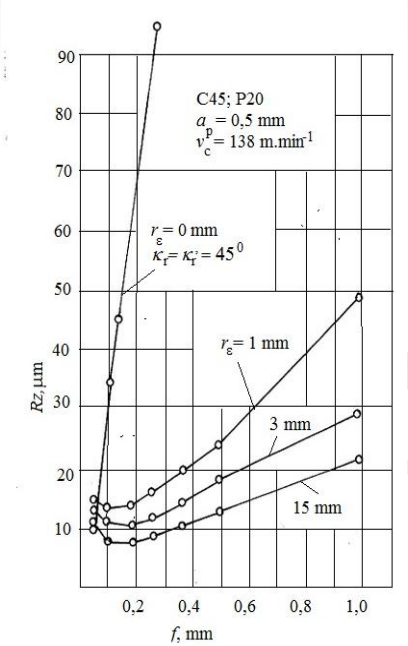
$$Rz = \frac{f^2}{4.r_\varepsilon}$$

Experimentálna závislosť

- Pre uhol sklonu 45 stupňov



Experimentálna závislosť



- Výnimku tvorí oblasť posuvov, menších ako 0,2 mm, kde sa prejavuje vplyv plastickej deformácie materiálu pred zaoblenou reznou hranou. *Rz* v tejto oblasti rastie.

Prínosy pre teóriu:

Spočívajú vo vypracovaní matematického modelu miesta prvého kontaktu rovinnej platničky. Miesto prvého kontaktu rozhodujúcou mierou dokáže ovplyvniť opotrebenia, silové pôsobenie ako aj kvalitu povrchovej vrstvy z pohľadu drsnosti. Tieto skutočnosti rozhodujúcou mierou môžu ovplyvniť voľbu alebo návrh geometrie nástroja.

Prínosy pre prax:

Výstupom bude návrh konštrukcie a geometrie frézovacích hláv, ktoré budú rešpektovať hľadisko vysokej trvanlivosti, hľadisko povrchu z pohľadu drsnosti.

Záver

- Bola riešená problematika rezného nástroja pri čelnom frézovaní. Po zmapovaní súčasného stavu problematiky bol vykonaný matematický rozbor primárneho miesta kontaktu.

- bol pripravený a zrealizovaný experiment s cieľom získať informácie o silovom pôsobení, o opotrebení a kvalite povrchu po čelnom frézovaní.

Výsledky, poznatky a zistenia budú výrazne napomáhať pri tvorbe a inovácií teoretických podkladov nevyhnutných pre rýchlu aplikovateľnosť v reálnom prostredí, ako aj pre návrh nových konštrukcií nástrojov. Experimenty boli vykonané v priestoroch laboratória obrábania Katedry obrábania a výrobnej techniky, SjF, ŽU v Žiline

Ďakujem za pozornosť.