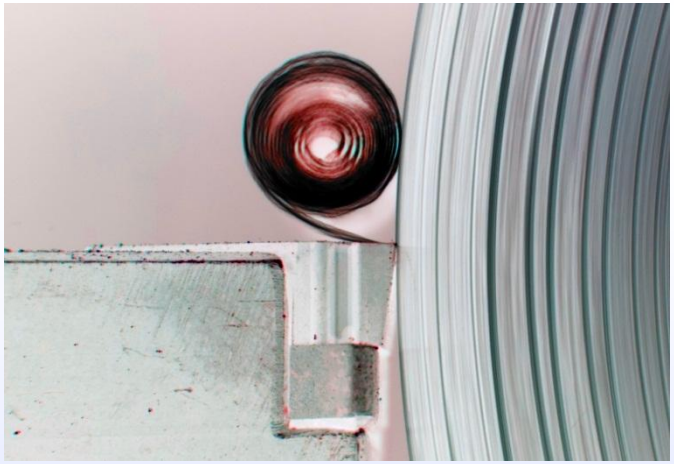
ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
STROJNÍCKA FAKULTA
Katedra obrábania a výrobnej techniky

ANALÝZA RÖNTGENOVÝCH DIFRAKTOMETRICKÝCH METÓD NA HODNOTENIE NAPÄŤOVÝCH STAVOV FUNKČNÝCH POVRCHOV PRECÍZNYCH KONŠTRUKČNÝCH PRVKOV



školiteľ: doc. Ing. Andrej Czán, PhD.
doktorand : Ing. Jozef Holubják

Žilina, 2013

Hlavné tézy prednášky:

- ❖ Návrh a vývoj skúmania zóny rezania deštruktívnymi a nedeštruktívnymi meracími metódami.

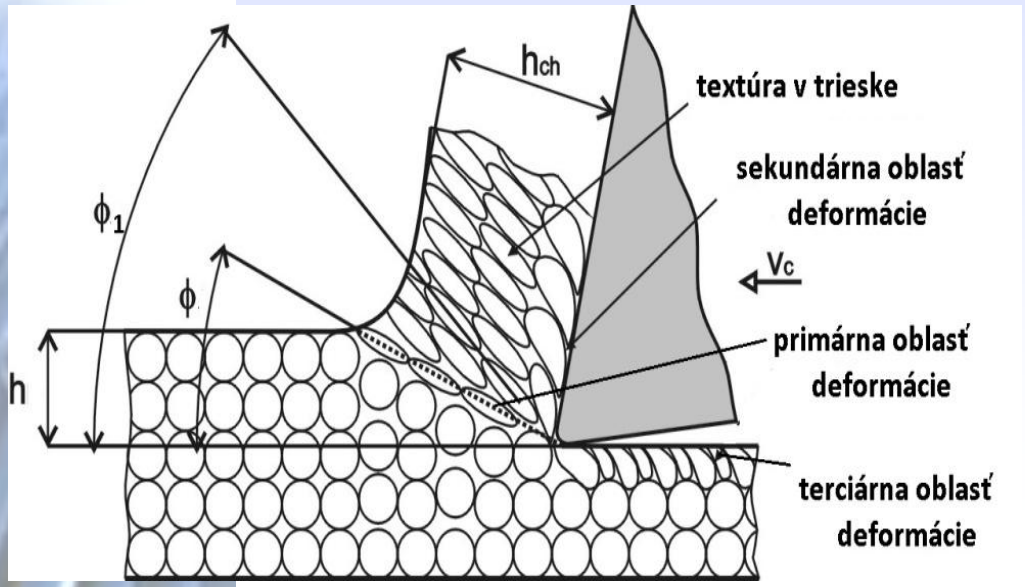
- ❖ Analýza a implementácia multifunkčného meracieho systému.

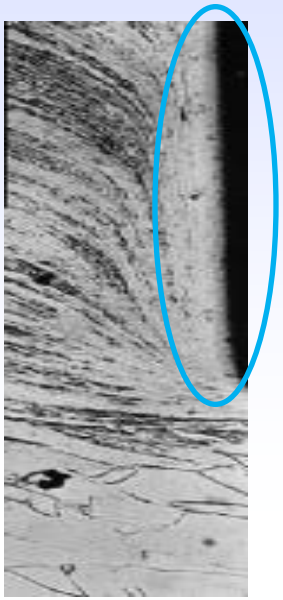
- ❖ Aplikácia integrovaných progresívnych meracích metód na ťažkoobrábateľné materiály.

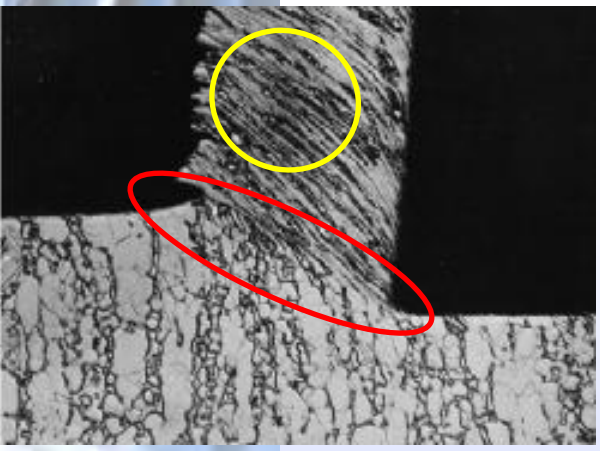
- ❖ Selekcia problémov pre priemysel s participáciou DIC systémov.

- ❖ Analýza röntgenových difraktometrických metód na hodnotenie napäťových stavov .

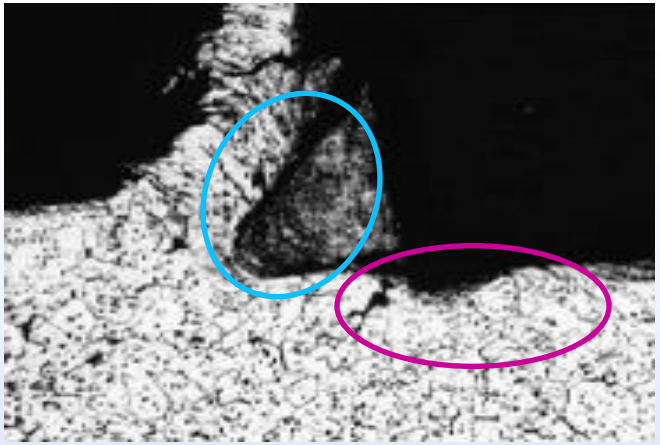
Identifikácia zóny rezania



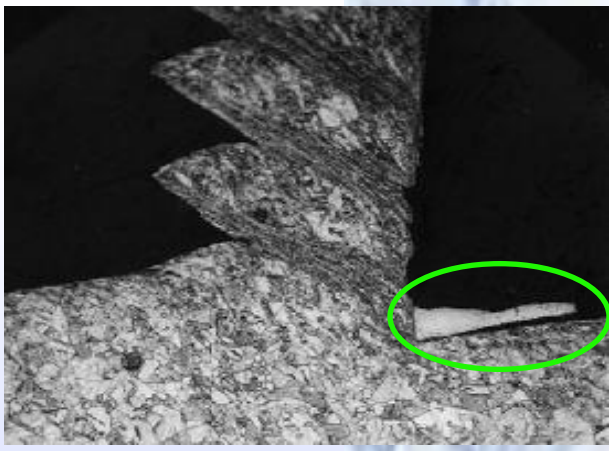




Primárna oblasť defromácie a textúra v trieske

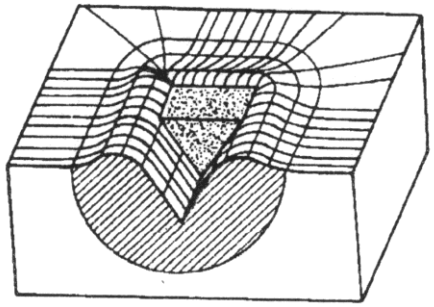


Sekundárna oblasť defromácie a vrub s trhlinou

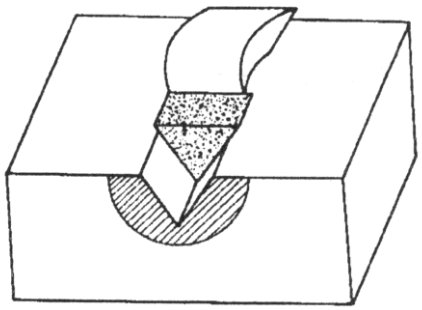


Terciárna oblasť deformácie

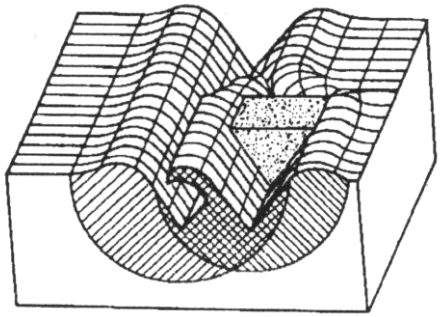
Interakcia „tvrdej častice“ rezného nástroja s povrchom obrábaného materiálu



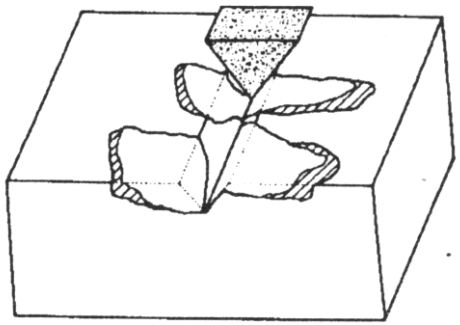
Mikrorytie



Mikrorezanie

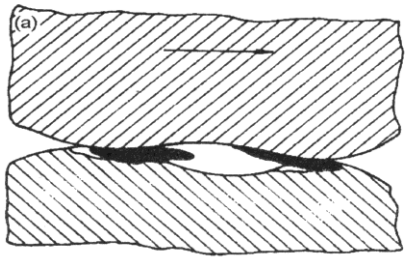


Mikroúnava

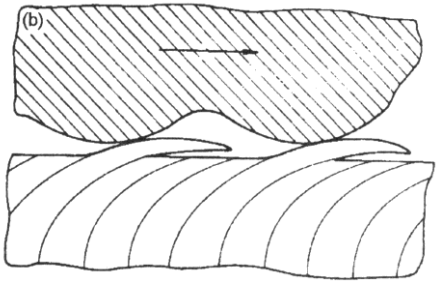


Mikroštiepenie

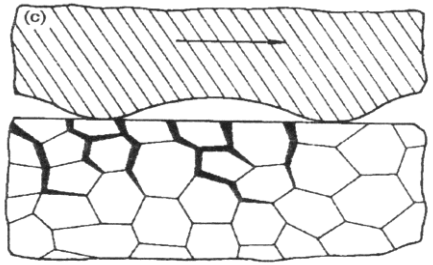
Mechanizmy interakcie pri klznom kontakte



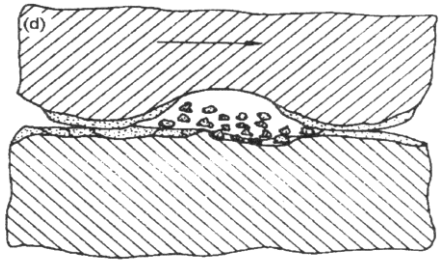
Adhézne spoje, prenos produktov opotrebenia a tvorba drážky



Únava povrchu účinkom opakovanej plastickej deformácie pri <u>húževnatom materiáli</u>



Únava povrchu pri <u>krehkom materiále</u>

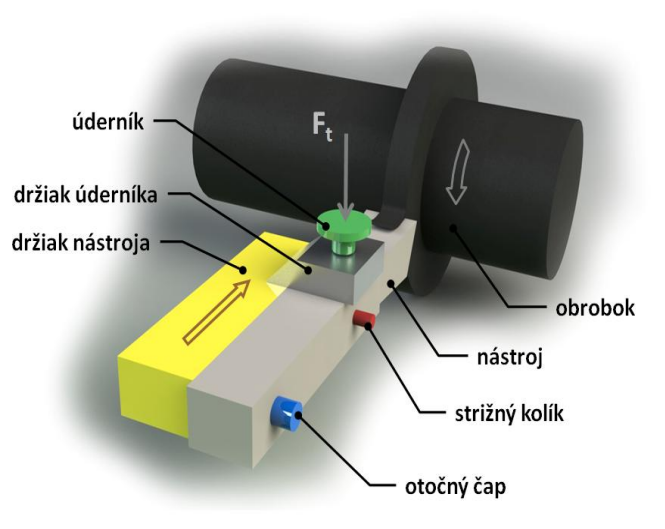


Tribochemická reakcia a štiepenie oxidickej vrstvy

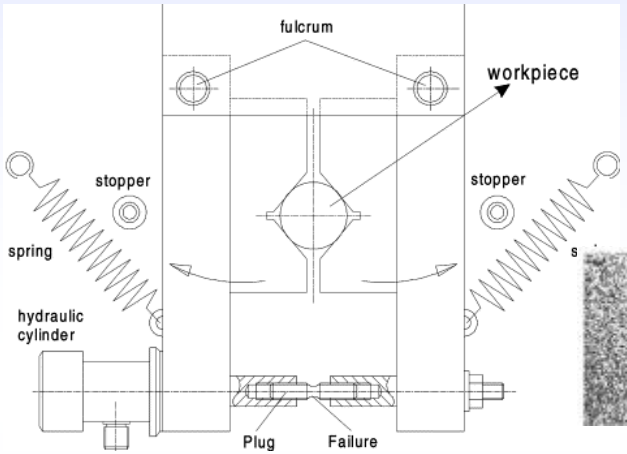
Vplyv interakcie v zóne rezania na integritu povrchu

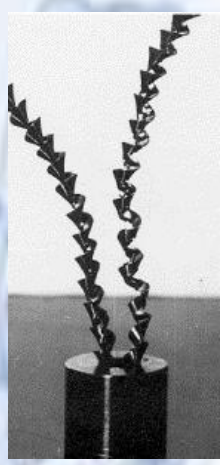
Zariadenia na okamžité prerušenie rezného procesu deštrukciou (QSD)

Metóda doc. Nováka a prof. Vasilka (SK)

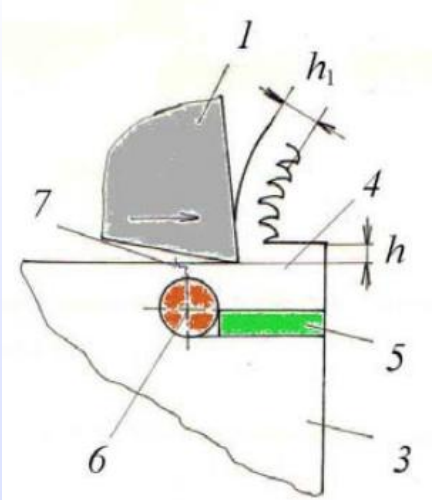


Metóda prof. Dolinšeka (HR)

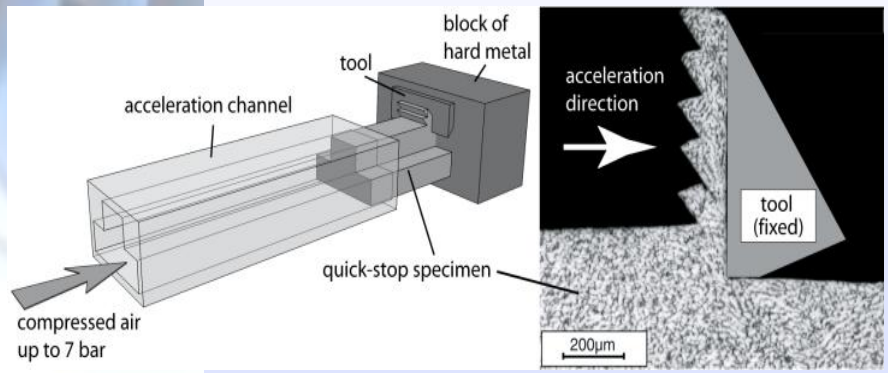




Metóda prof. Vasilka (SK)

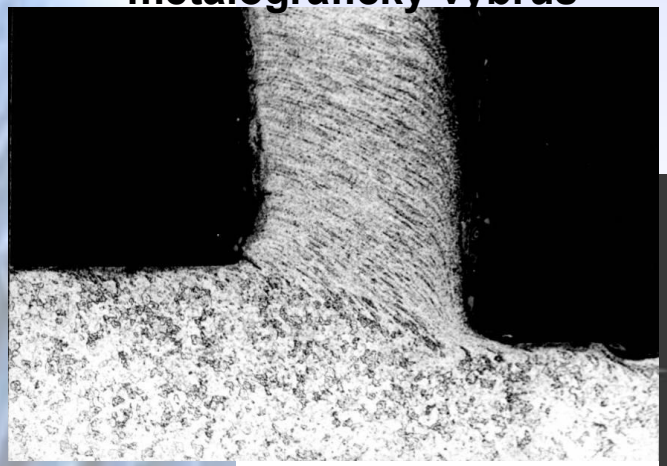


Metóda prof. Hopkinsona (USA)

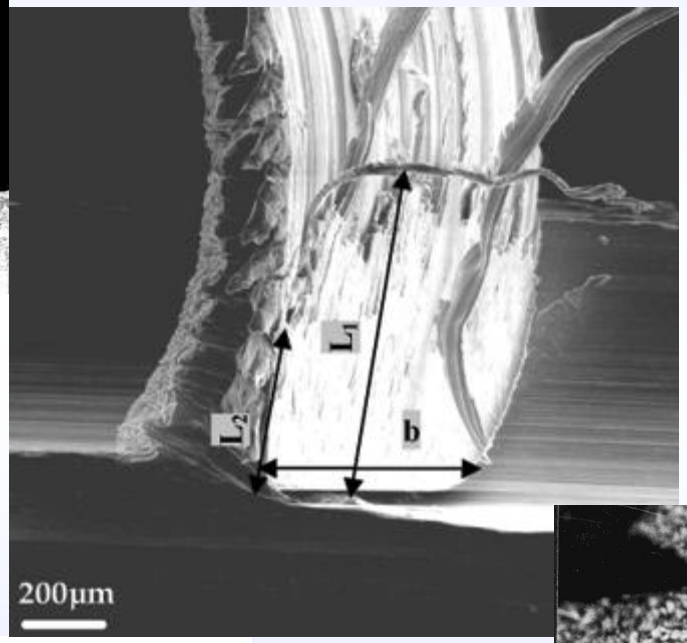


Identifikácia zóny rezania deštruktívnymi metódami

2D LM mikroskopia,
metalografický výbrus

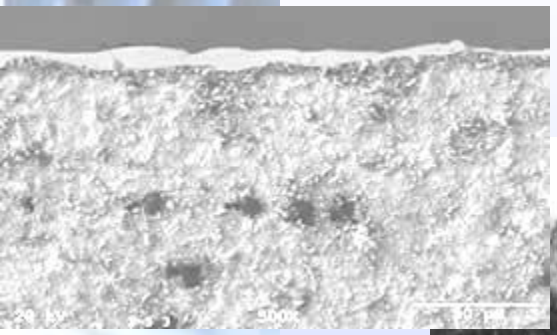


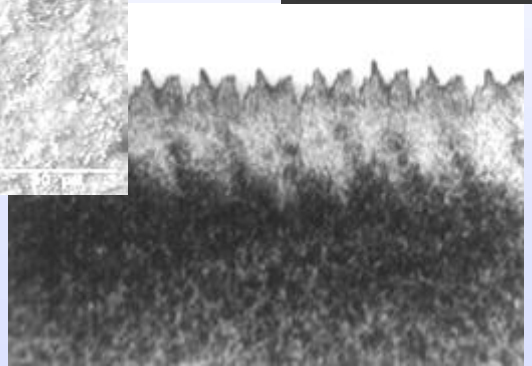
3D SEM mikroskopia,
zóna rezania



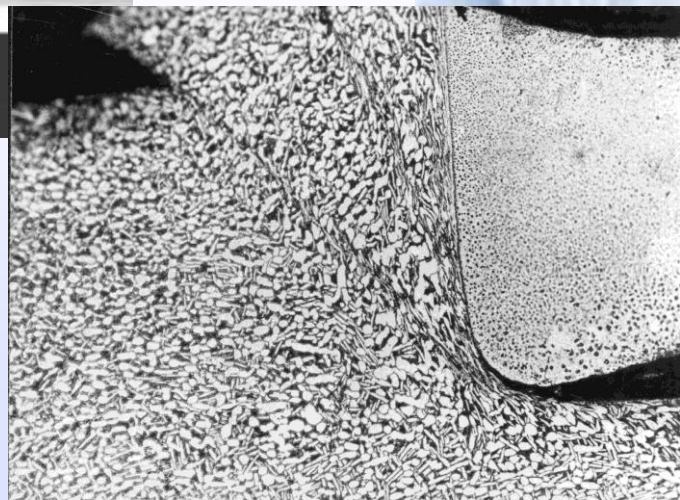
3D SEM mikroskopia,
sklzové roviny triesky

2D LM mikroskopia,
bielej a tmavej vrstvy





2D LM mikroskopia,
zabrzdená vrstva



Inovatívne metódy skúmania zóny rezania

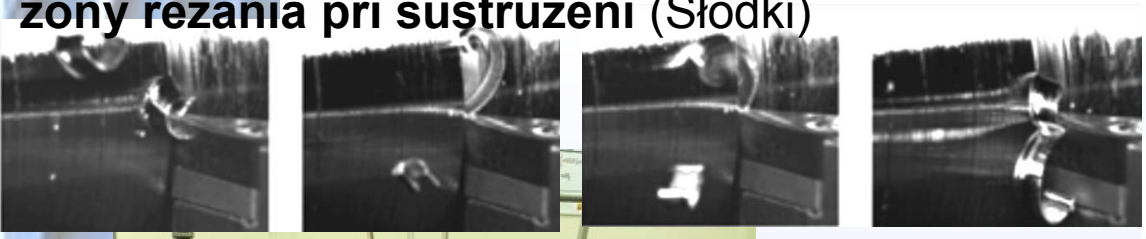
oceľ C45 (Klocke)

Vysokorýchlostné snímanie

Vysokorýchlostná kamera Photron

liatina GG25 (Klocke)

Zariadenie na sledovanie zóny rezania pri sústružení (Słodki)



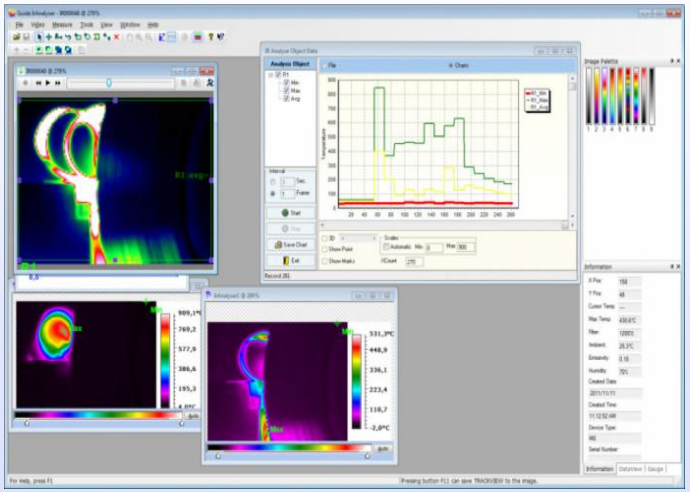
Vysokorýchlostná digitálna kamera Fujifilm HS10

Inovatívne metódy skúmania zóny rezania

Priemyselná termografia

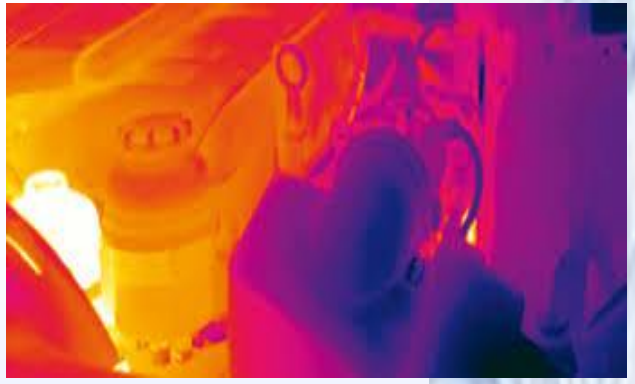
Termovízna kamera Mobir m8

Softvérová analýza záznamu



Bongfignoli diagnostika CNC

INA Kysuce kovací proces

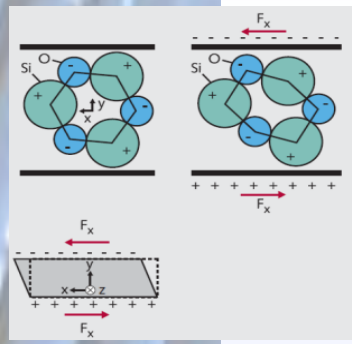


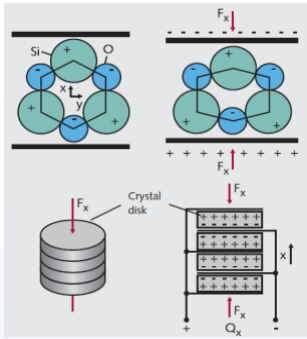
KIA MOTORS skúšobňa motorov

Inovatívne metódy skúmania zóny rezania

Merací systém silových a dynamických javov

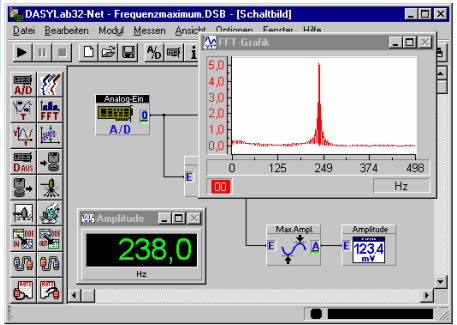
Kryštalické prvky (KISTLER)

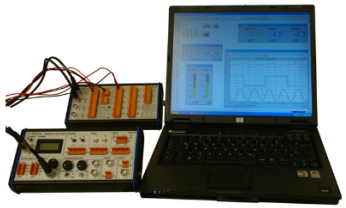


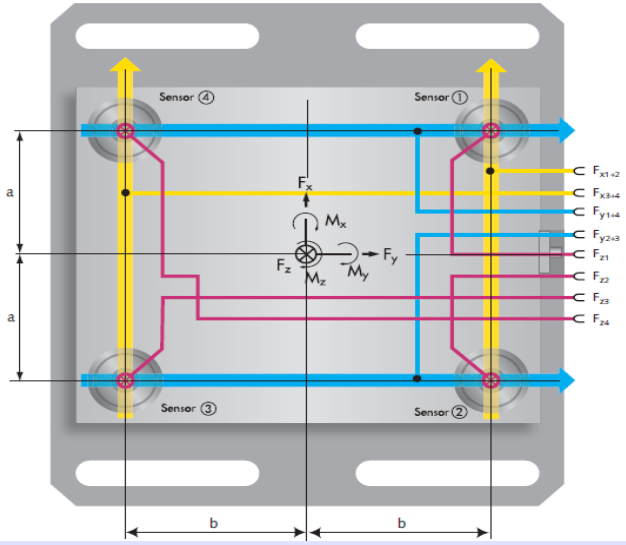


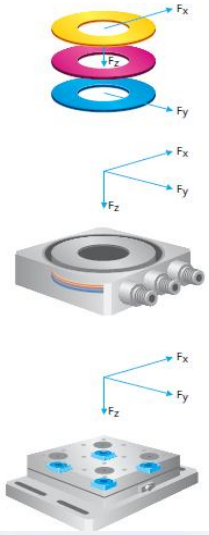
Piezoelektrický dynamometer KISTLER a schéma zapojenia

Softvér DASYLab3.1



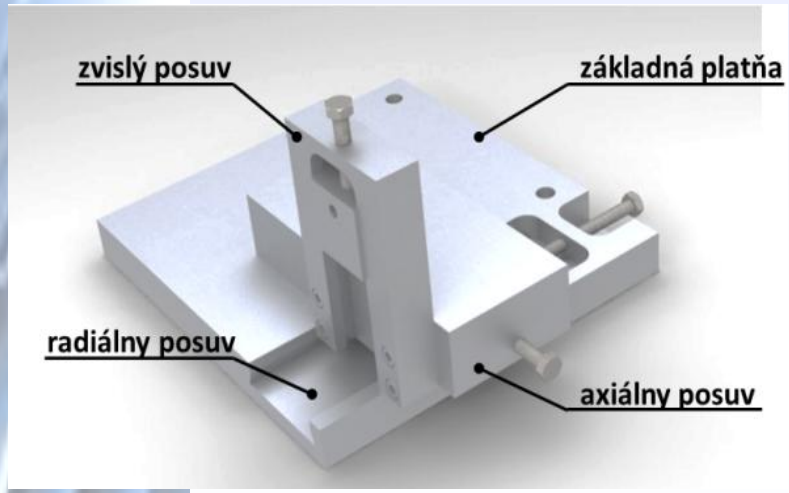




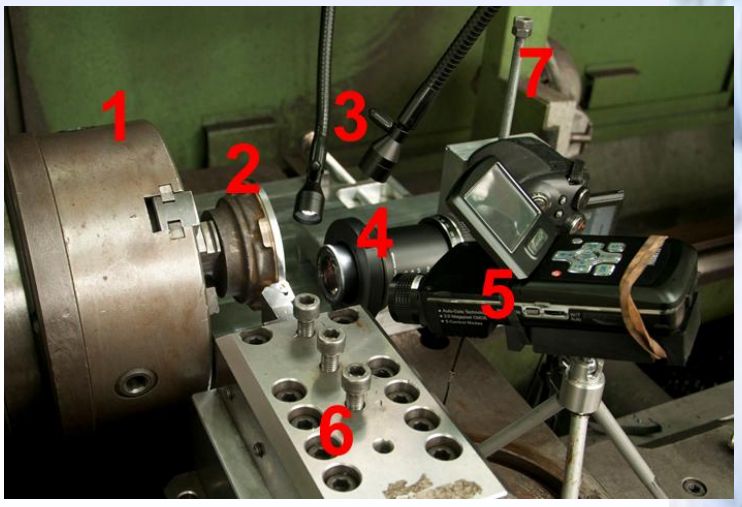


Integrácia progresívnych meracích metód na multiparametrické experimentálne meranie

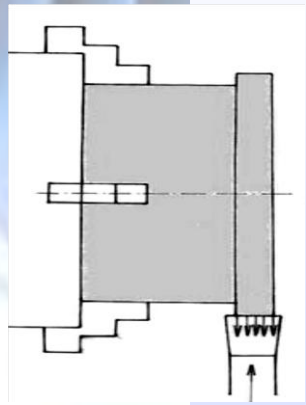
Trojosový prizmatický makrostatív

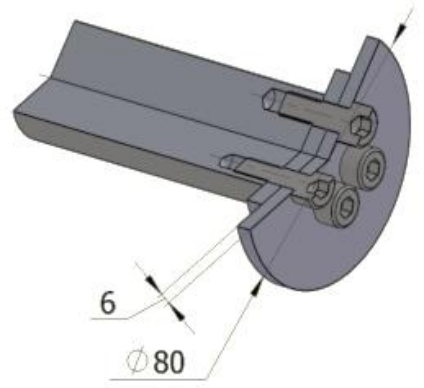


Multifunkčný merací systém

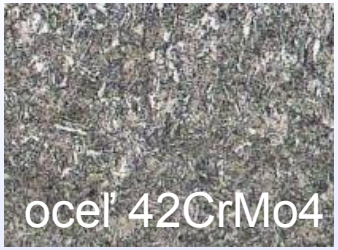


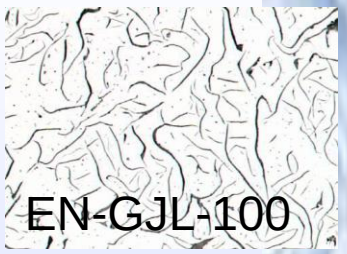
Voľný rez a experimentálna vzorka

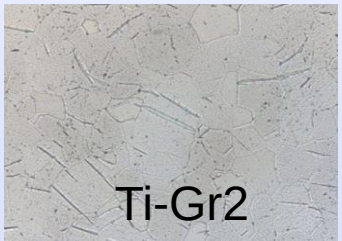




Mikroštruktúra

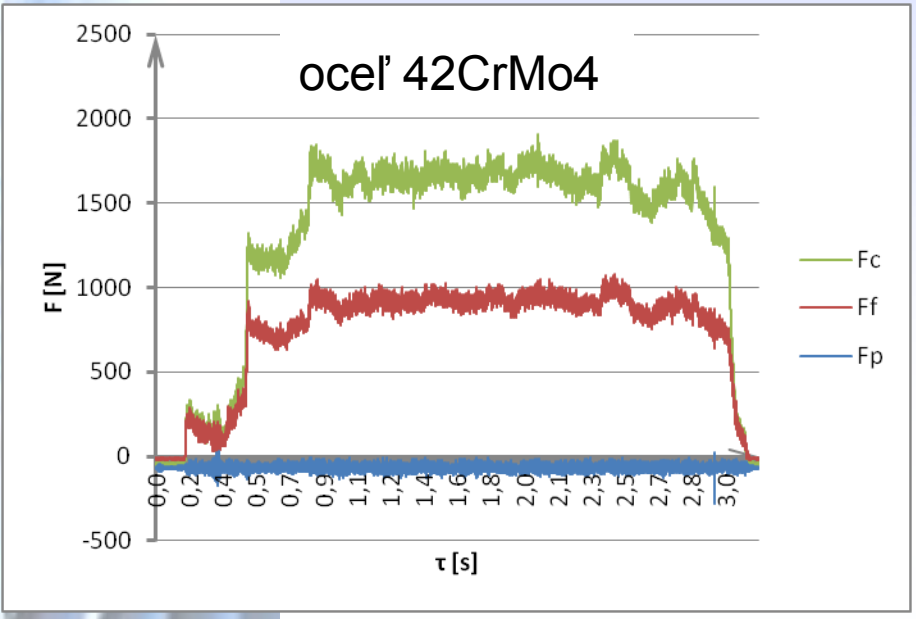


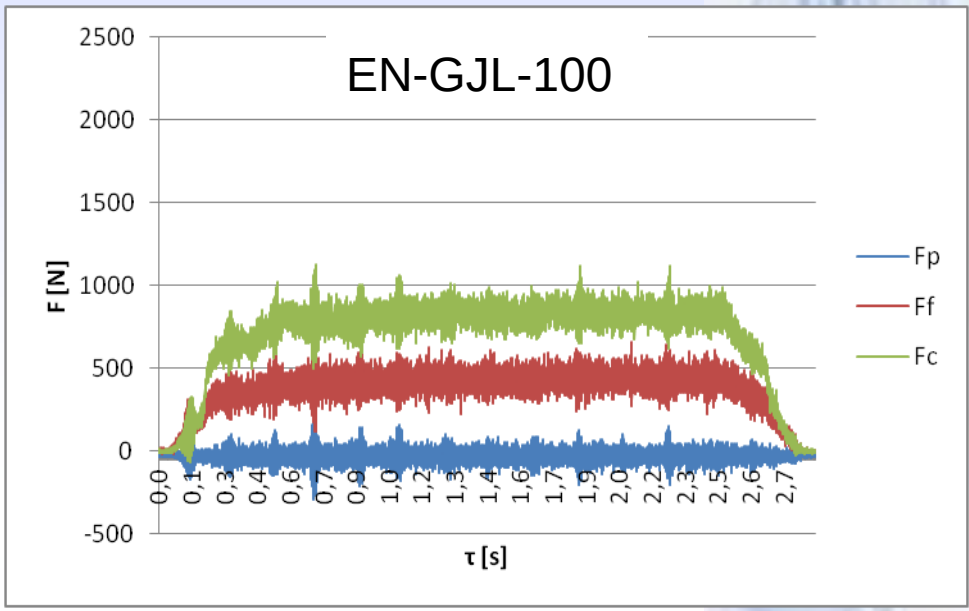


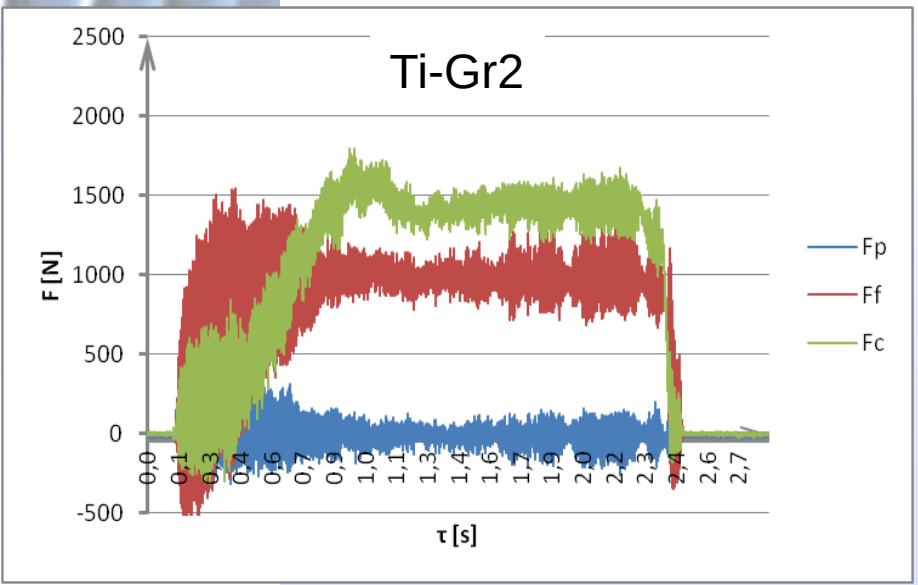


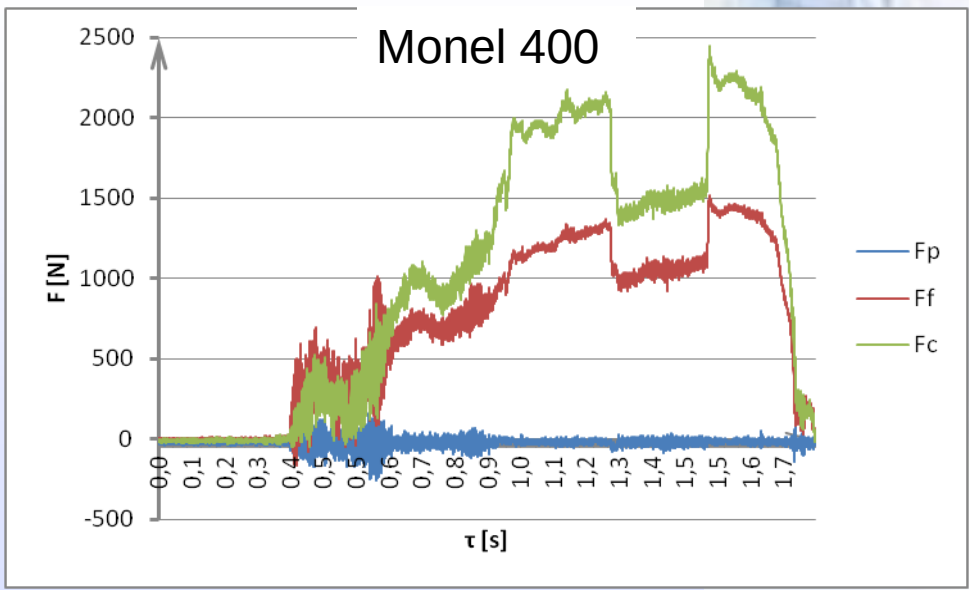
Dynamometrické záznamy multifunkčného meracieho systému

Časové priebehy pri kontinuálnom reze



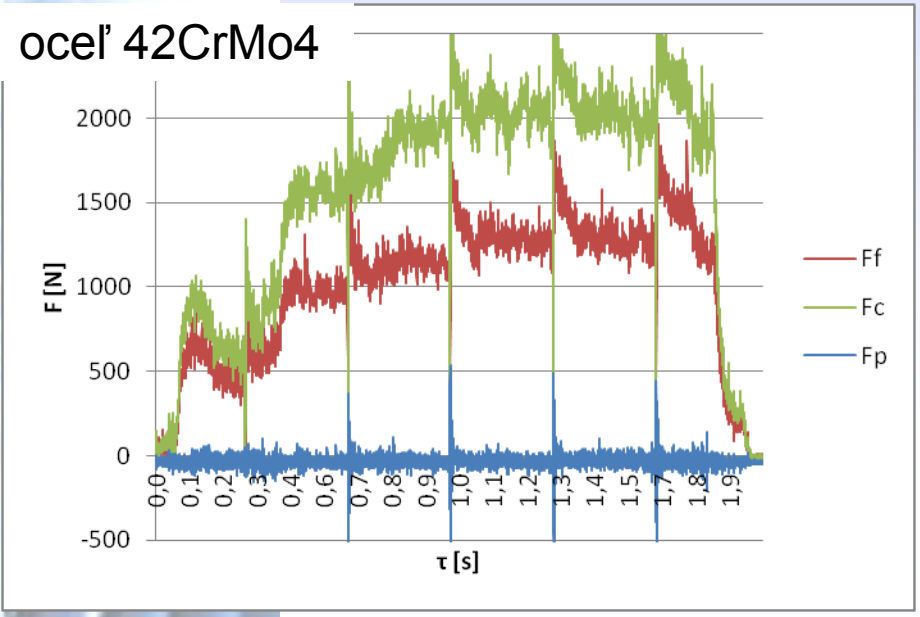


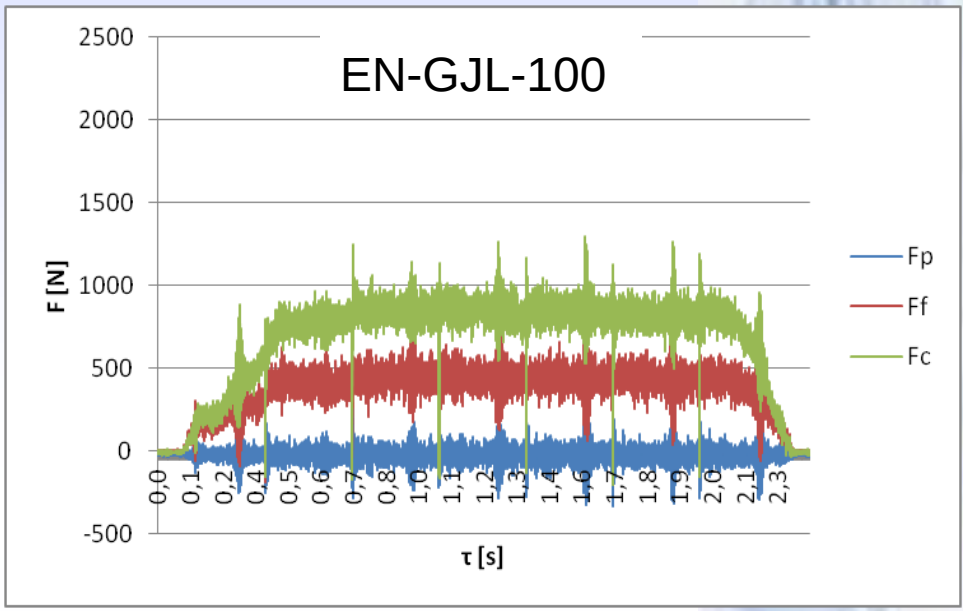


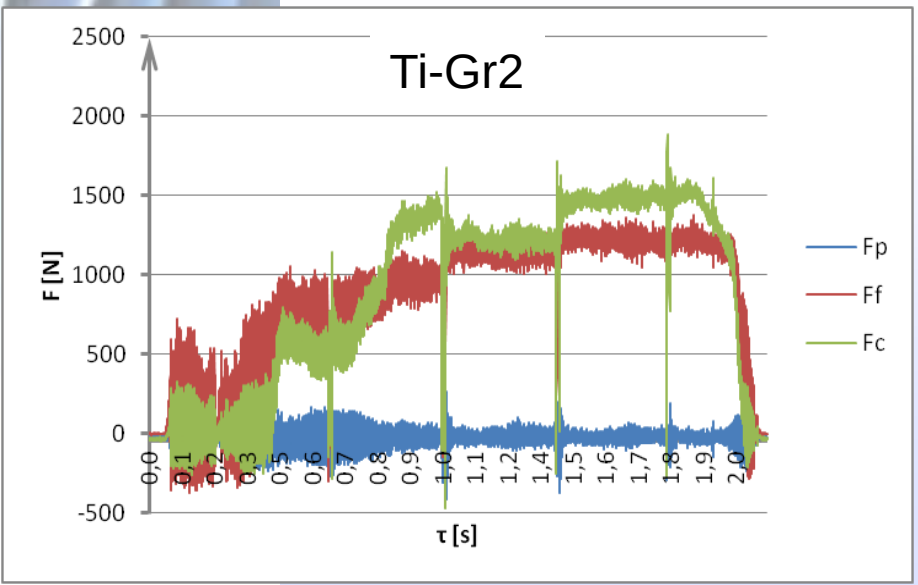


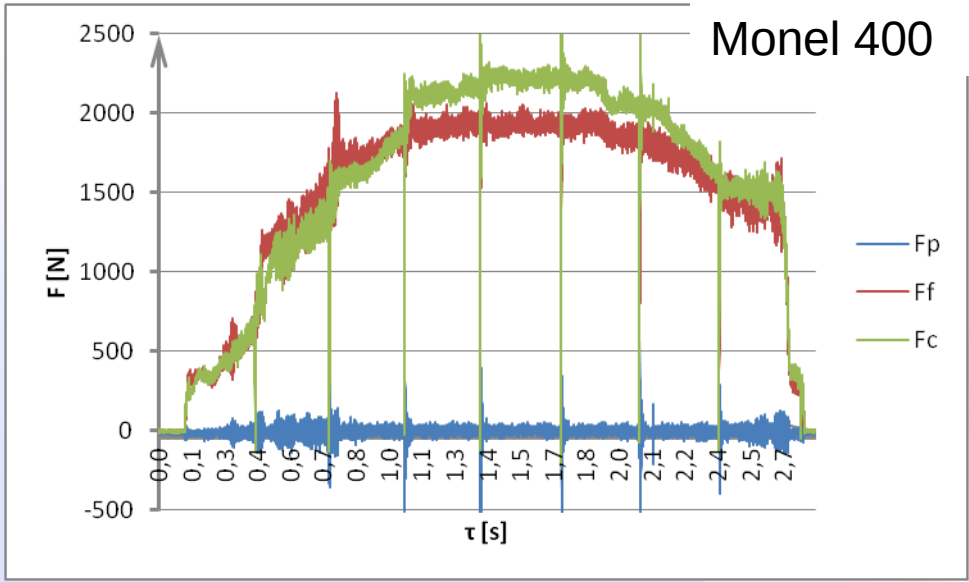
Dynamometrické záznamy multifunkčného meracieho systému

Časové priebehy pri prerušovanom reze

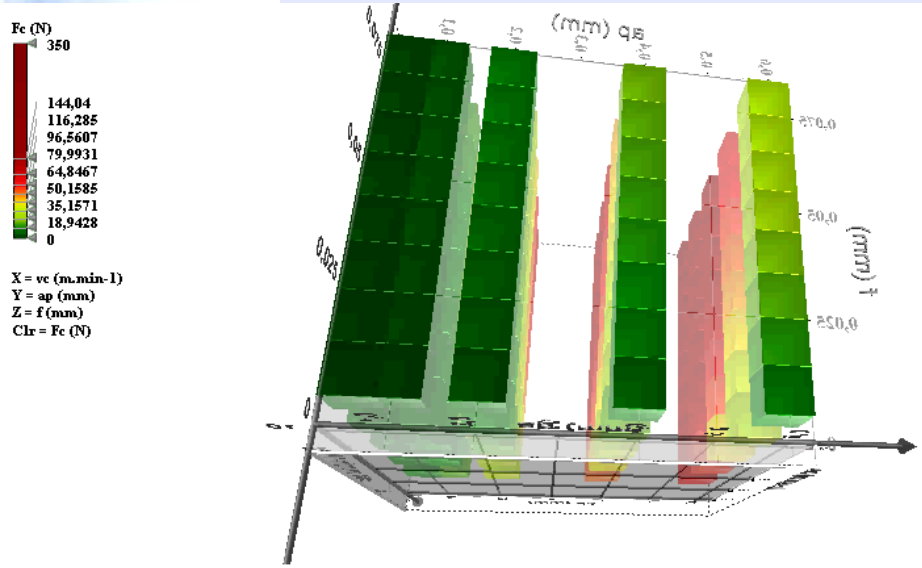






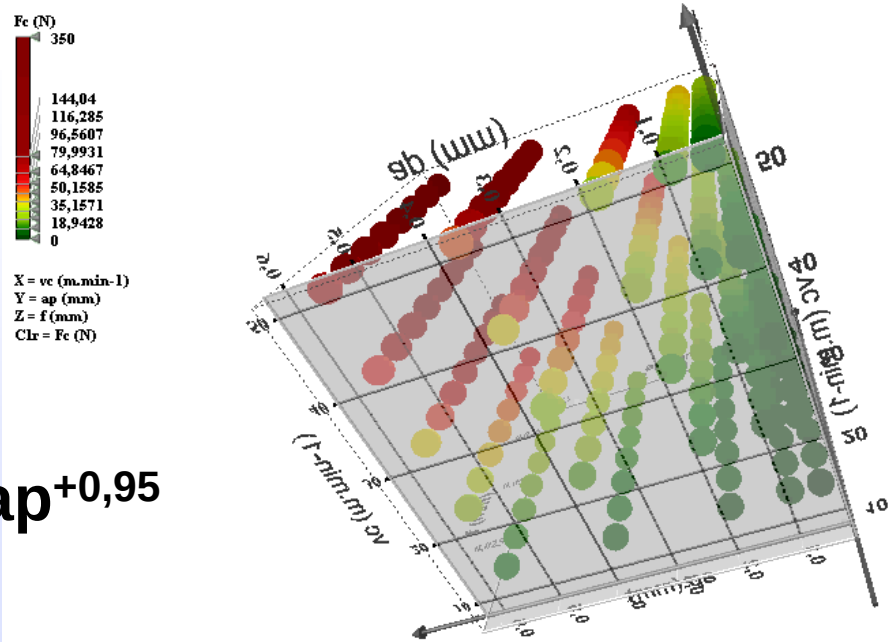


Grafické výstupy výsledkov zostrojených zo štatistických rovníc



Štatistická rovnica Ti-Gr2

$$F = 452{,}8.vc^{-0{,}68}.f^{+1{,}12}.ap^{+1{,}68}$$

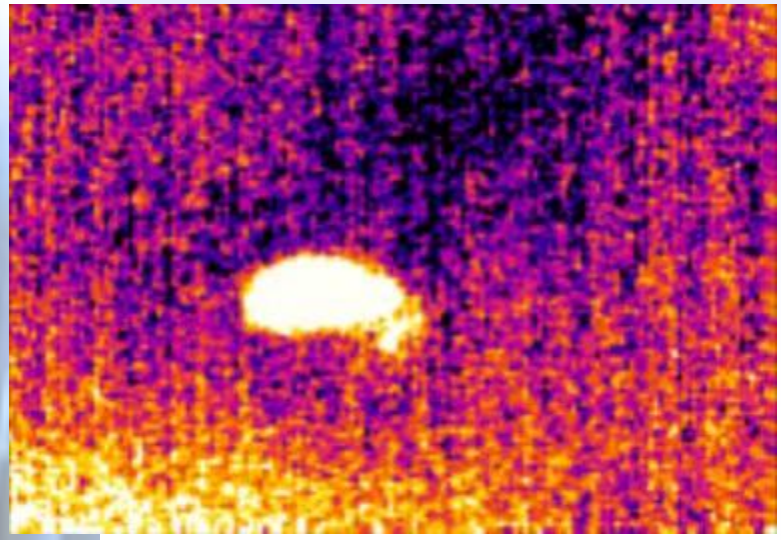


Štatistická rovnica Monel400

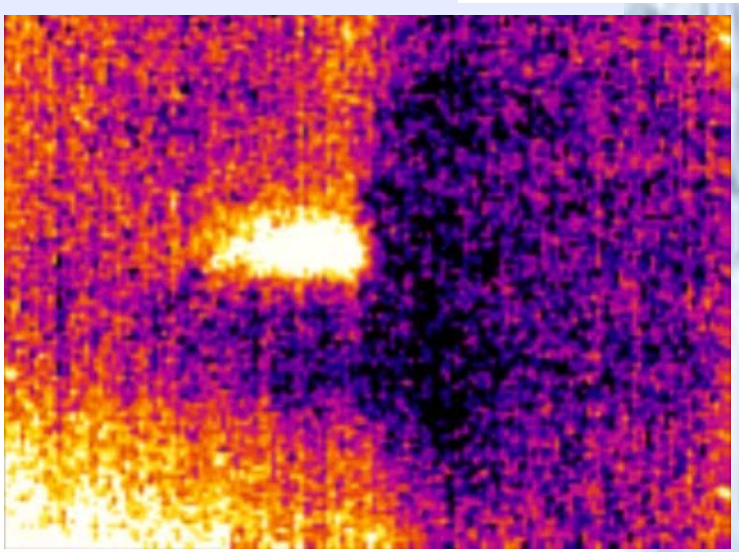
$$F = 256{,}3.vc^{-0{,}45}.f^{+0{,}82}.ap^{+0{,}95}$$

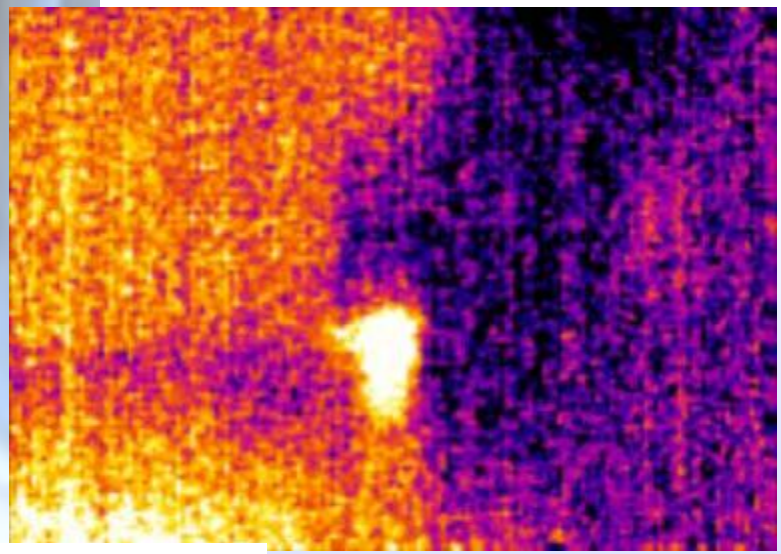
Termografycké záznamy multifunkčného meracieho systému

oceľ 42CrMo4 ε0,79

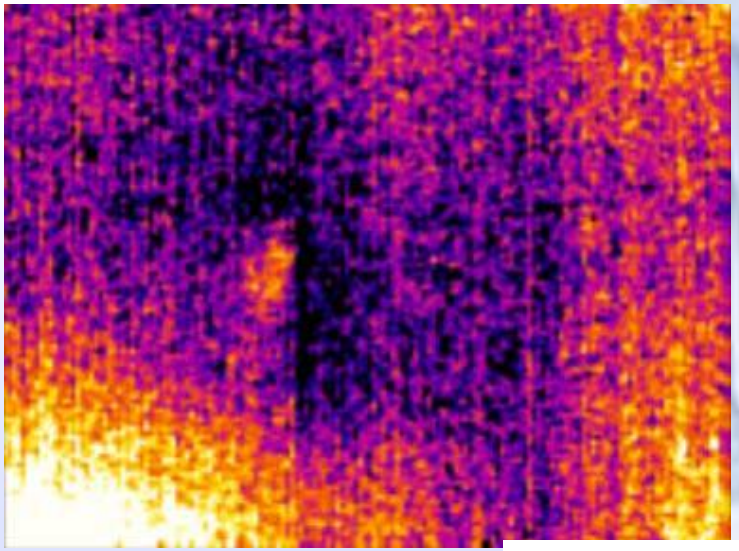


EN-GJL-100 ε0,66





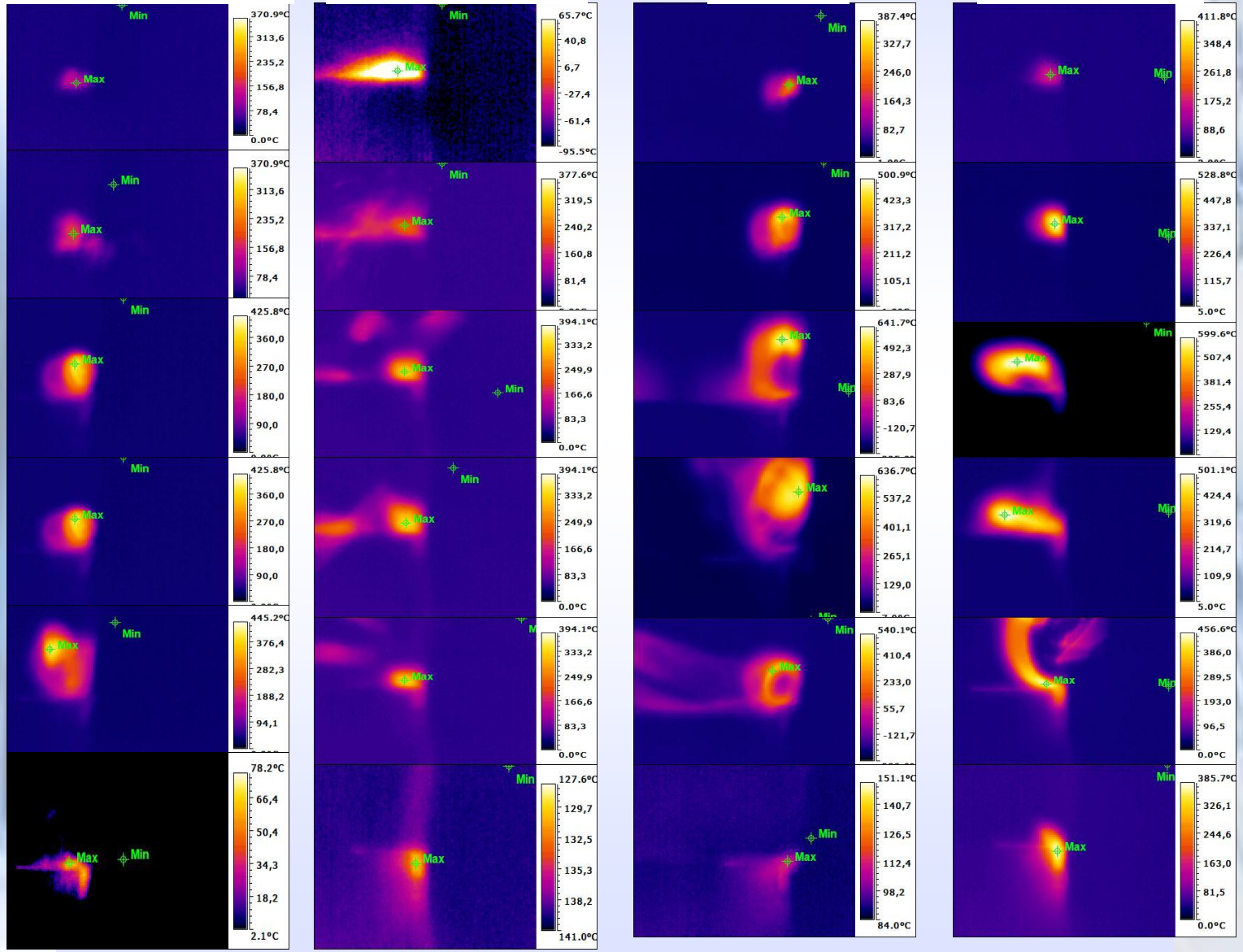
Ti-Gr2 ε0,64



Monel 400 ε0,74

Sekvenčné termografycké snímky multifunkčného meracieho systému

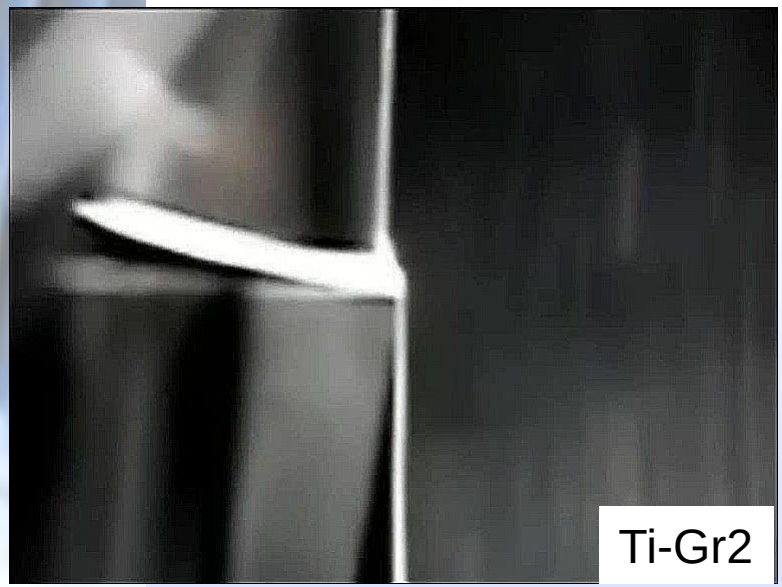
oceľ 42CrMo4 | EN-GJL-100 | Ti-Gr2 | Monel 400



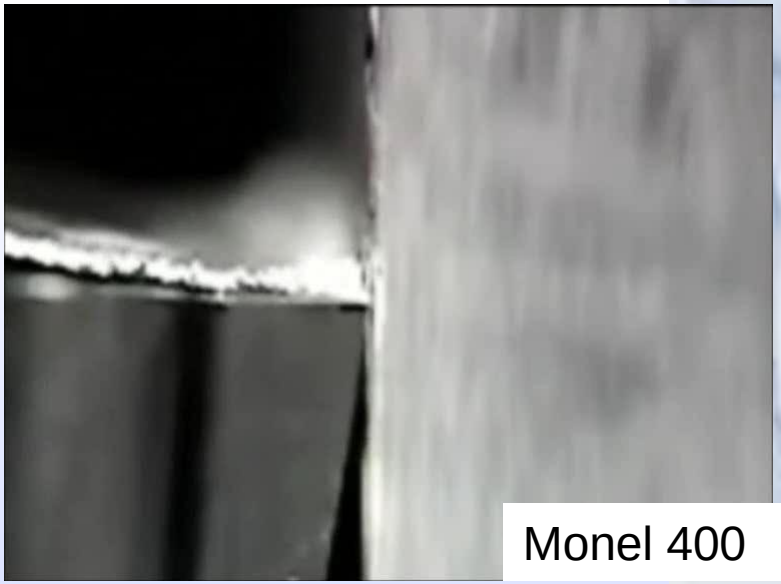
Vysokorýchlostné snímanie zóny rezania pri kontinuálnom reze multifunkčným meracím systémom

oceľ 42CrMo4

EN-GJL-100

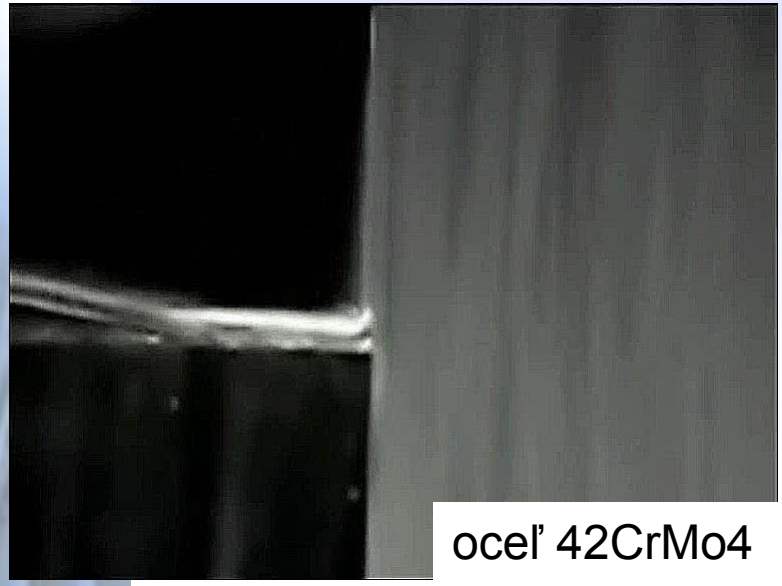


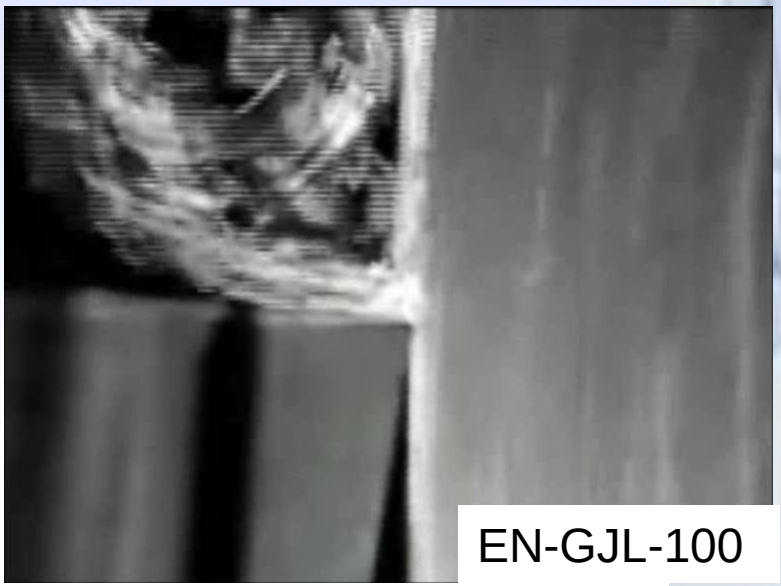
Ti-Gr2

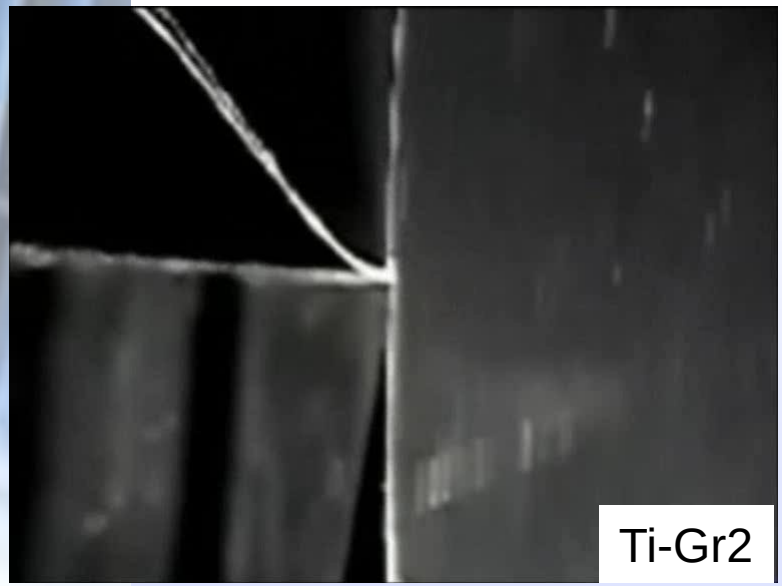


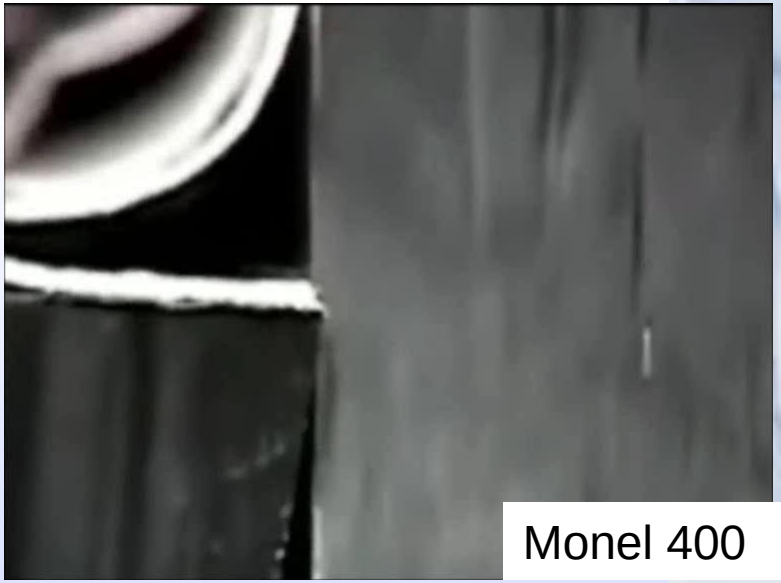
Monel 400

Vysokorýchlostné snímanie zóny rezania pri prerušovanom reze multifunkčným meracím systémom

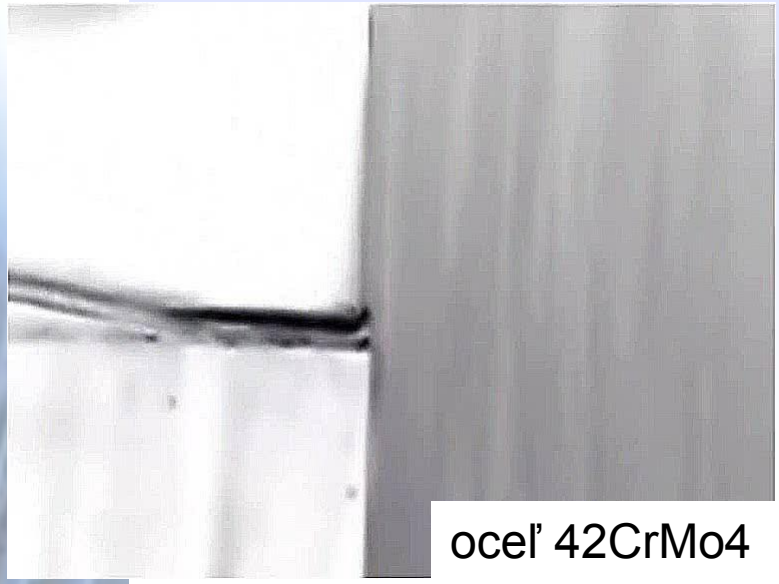


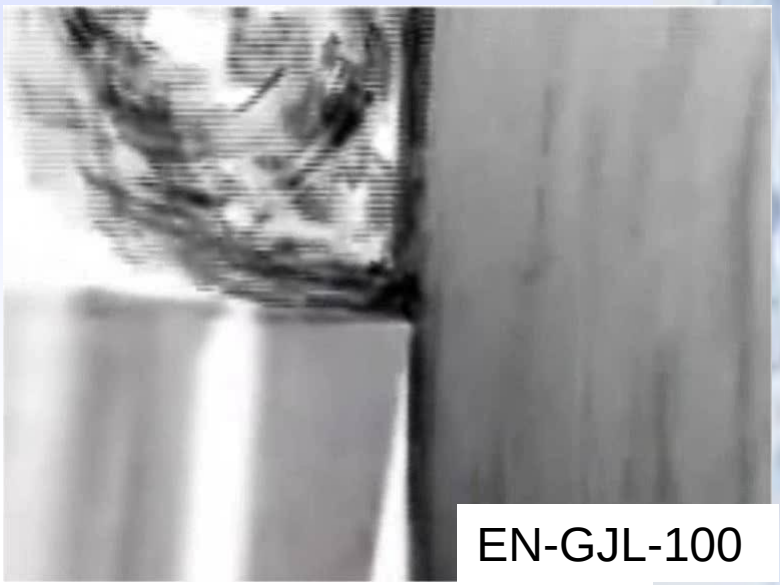


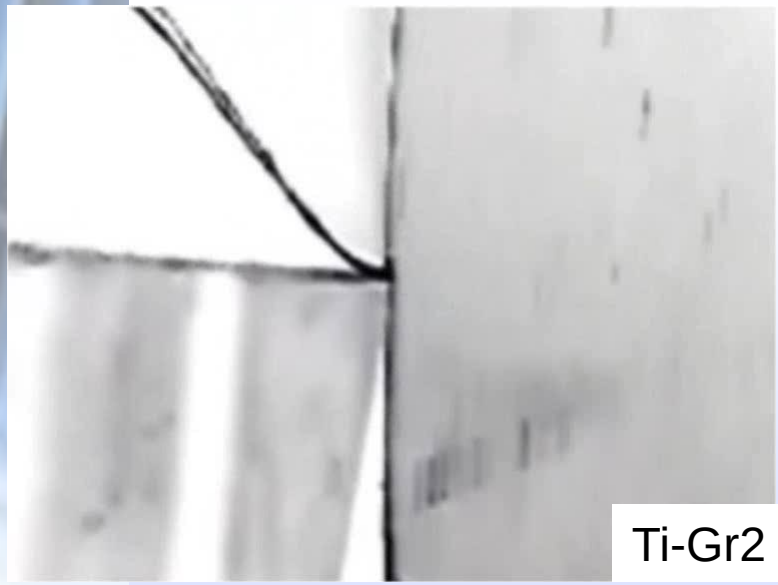


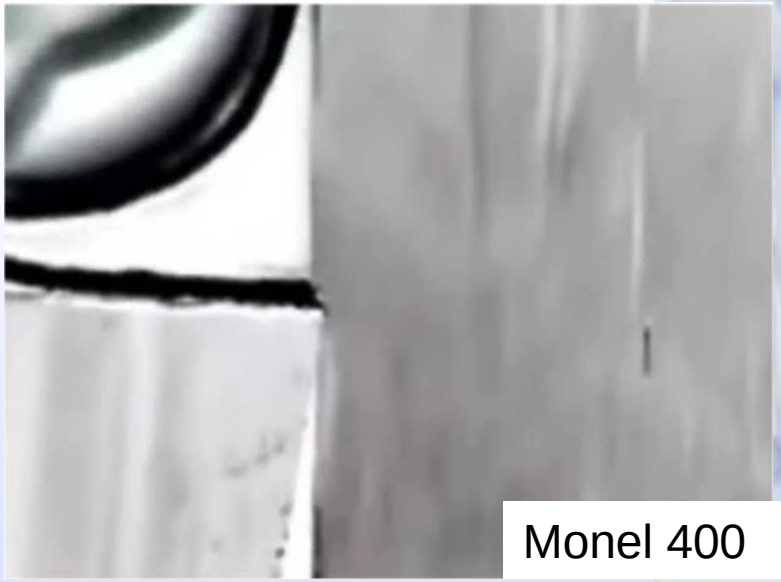


Vysokorýchlostné snímanie zóny rezania
Negativná vizualizácia

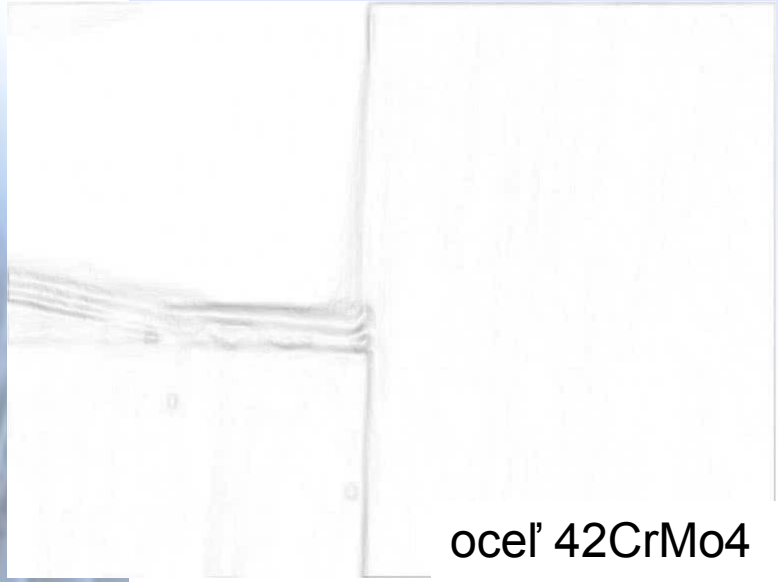

oceľ 42CrMo4

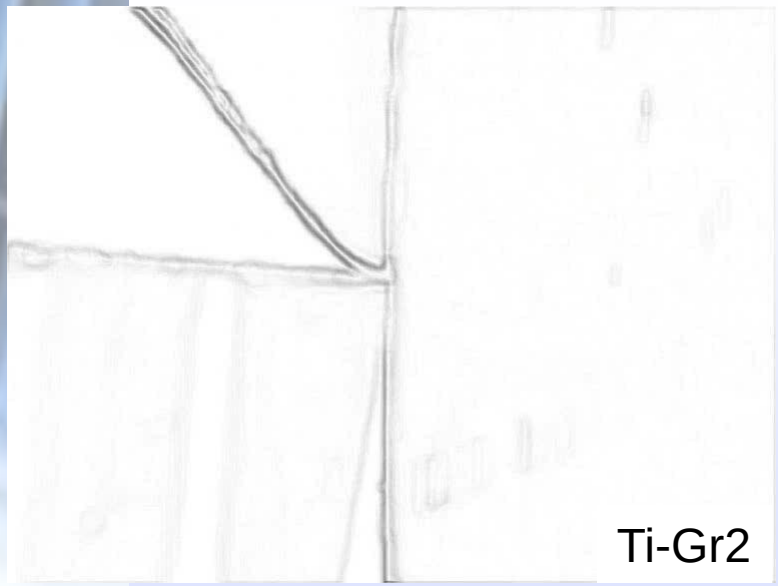

EN-GJL-100


Ti-Gr2

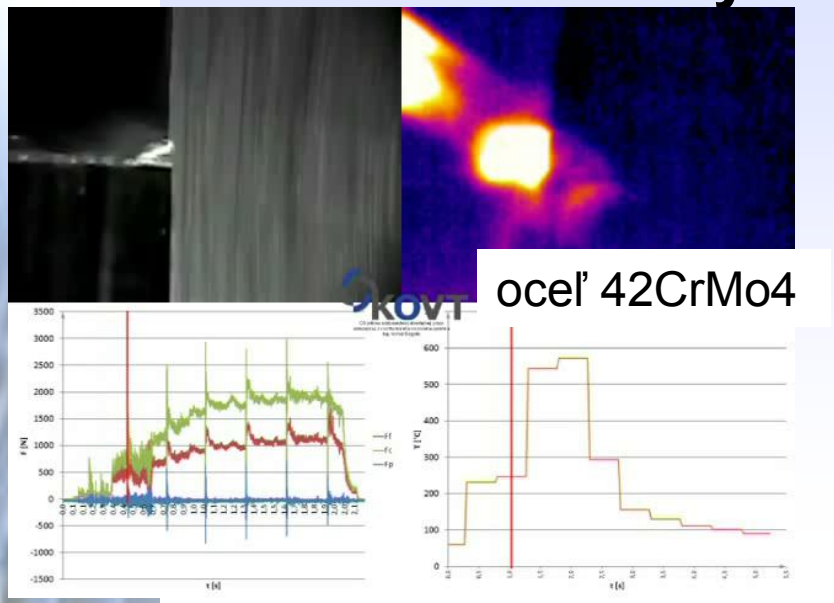

Monel 400

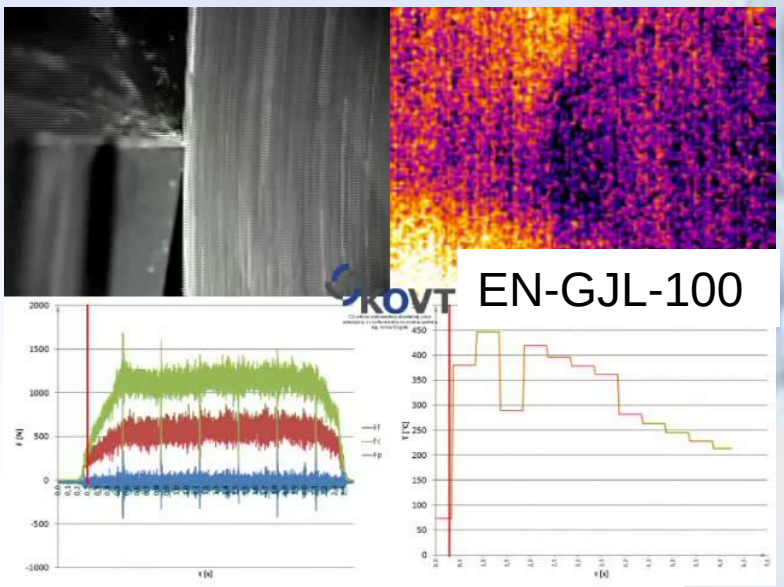
Vysokorýchlostné snímanie zóny rezania
Vizualizácia detekciou hraníc

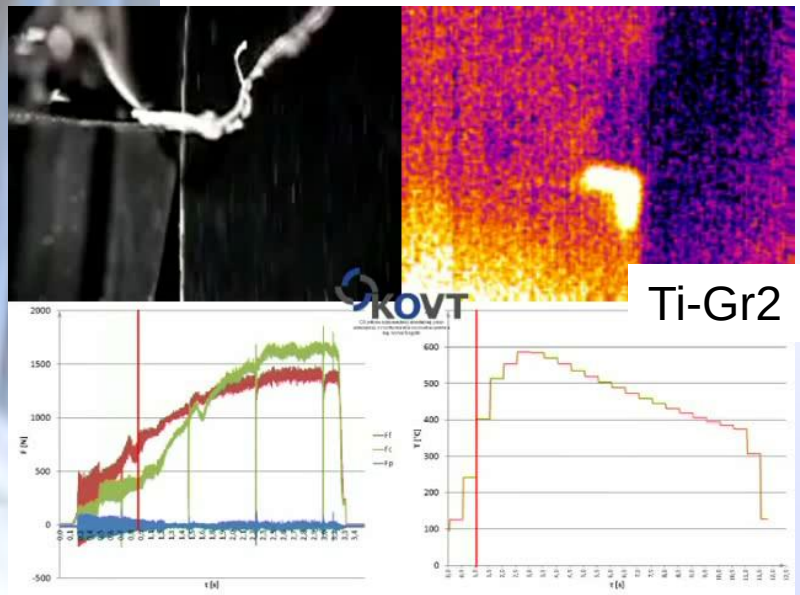


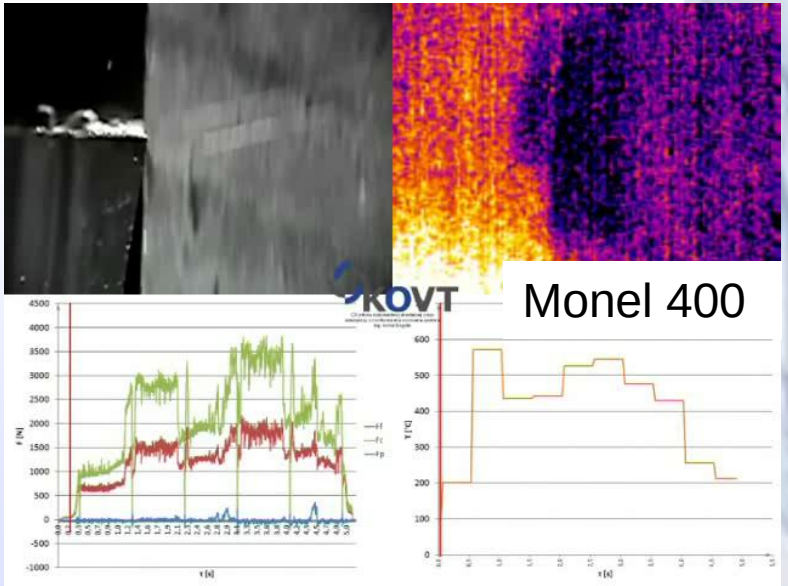


Synchronizácia výstupov z integrovaných meracích systémov









Prínosy multiparametrického meracieho systému pre aplikovaný výskum

- Kontinuálna analýza a rozpoznávanie vzniku plastických deformácií.
- Unikátne sekvenčné analyzovanie vzniku elastickej deformácie.
- Štatistické spracovanie a inicializácia digitalizovaného záznamu.
- Monitorizácia vzniku a šírenie tepla a teplotných polí.
- Identifikácia pôsobenia dynamických javov a silových pomerov.
- Kvantifikácia a orientácia napäťových stavov.
- Aplikácia výsledkov na inovatívne riešenia.
- Implementácia dosiahnutých výstupov na návrh matematických modelov.
- Identifikácia charakteru a intenzity tribologických javov.

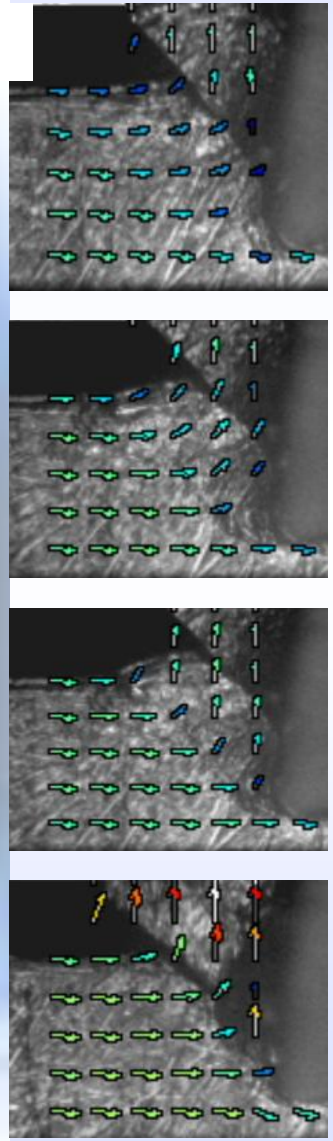
Prínosy vo vzdelávacej činnosti

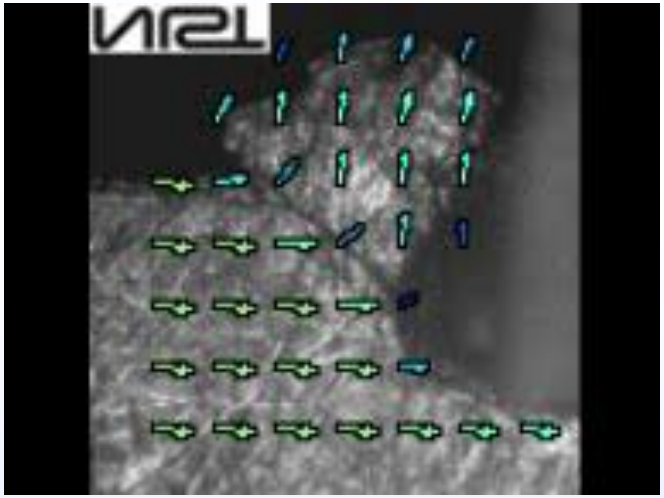
- Nové teoretické poznatky o štúdiu problematiky vzniku a šírenia deformácií v zóne rezania.
- Synchronizácia integrovaných meracích metód na zjednotenie teoretických definícií.
- Implementácia unikátneho multiparametrického meracieho prístroja na vizuálnu demonštráciu procesu.
- Aplikácia kreatívnych a inovatívnych metodík pre vzdelávanie na II. a III. VŠ vzdelávania.
- Poznatky a skúsenosti získané pri riešení multiparametrickej metodiky na tvorbu matematických modelov pre získanie komplexnej simulácie.
- Prenos teoretických a praktických poznatkov na základe riešenia výskumných úloh do vzdelávacieho procesu v predmetoch:
    - Teória obrábania,
    - Technologické pracoviská,
    - Technologická príprava výroby,
    - Prípravky a nástroje,
    - Strojárska metrológia,
    - Technologičnosť a kvalita výrobkov,
    - Teória a technológia rezania,
    - Náuka o materiály,
    - Aplikovaná mechanika a pod.

Sekvenčná analýza „Korelačná digitalizácia snímkov“ DIC

Vektorová analýza DIC

TiAl6V4

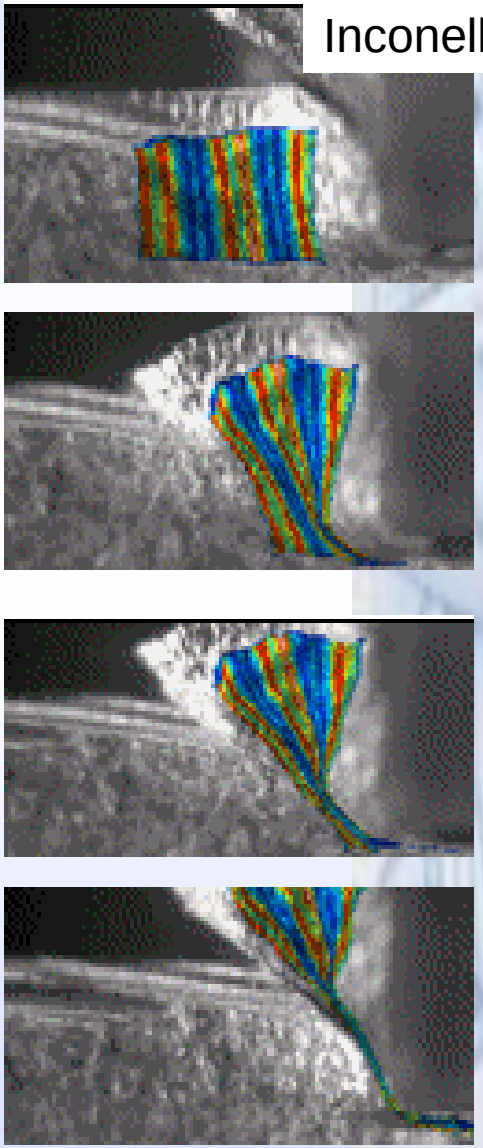




TiAl6V4

Analýza farebným filmom DIC

Inconell 718

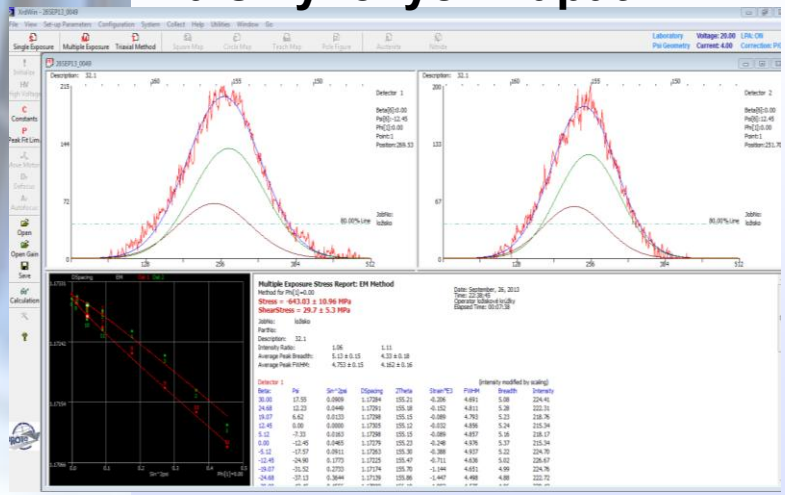


Nedeštruktívne detekčné meranie X-ray difraktometriou zvyškových napätí a austenitu

X-ray difraktometer

Hlavica na detekciu zvyškového austenitu

Analýza normálových a šmykových napätí



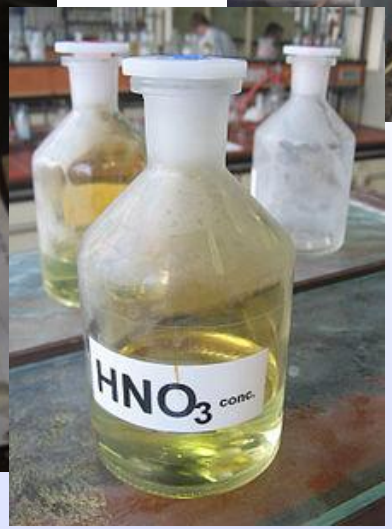
Elektrolytická leštička s reguláciou úberu

SÚČASNÝ STAV MERANIA NAPÄŤOVÝCH STAVOV:

Podľa toho, do akej miery bude narušená celistvosť skúmaného telesa sú metódy:

- **deštruktívne,**
- **polodeštruktívne,**
- **nedeštruktívne.**

Metóda odstraňovania povrchovej vrstvy materiálu:



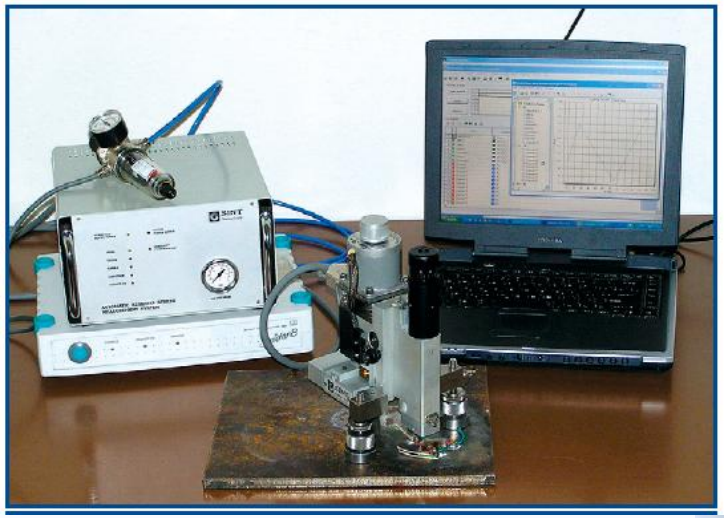
SÚČASNÝ STAV MERANIA NAPÄŤOVÝCH STAVOV:

Podľa toho, do akej miery je narušená celistvosť skúmaného telesa sú metódy:

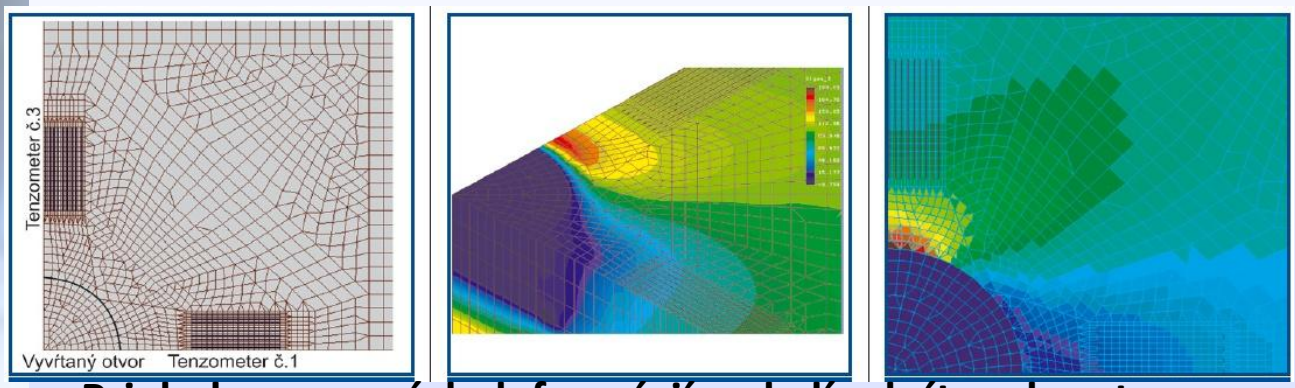
- **deštruktívne,**
- **polodeštruktívne,**
- **nedeštruktívne**

Odvŕtavacia metóda:

Miesto odberu



Meracia aparatúra Sint- MTS 3000



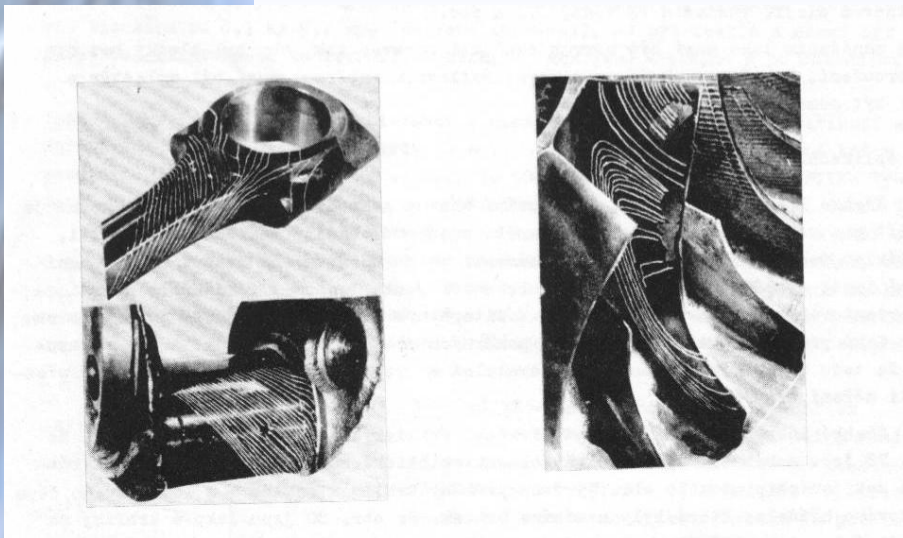
Priebeh pomerných deformácií v okolí odvŕtaneho otvoru

SÚČASNÝ STAV MERANIA NAPÄŤOVÝCH STAVOV:

Podľa toho, do akej miery bude narušená celistvosť skúmaného telesa sú metódy:

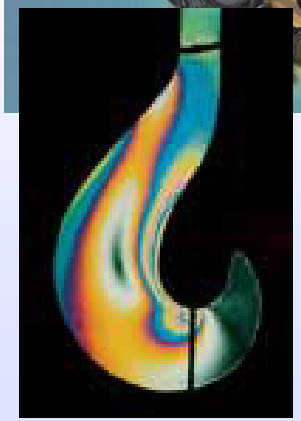
- **deštruktívne,**
- **polodeštruktívne,**

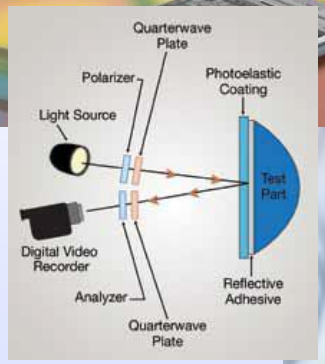
Metóda krehkých náterov:



kľukový mechanizmus **lopatka turbíny**

Fotoelasticimetria:



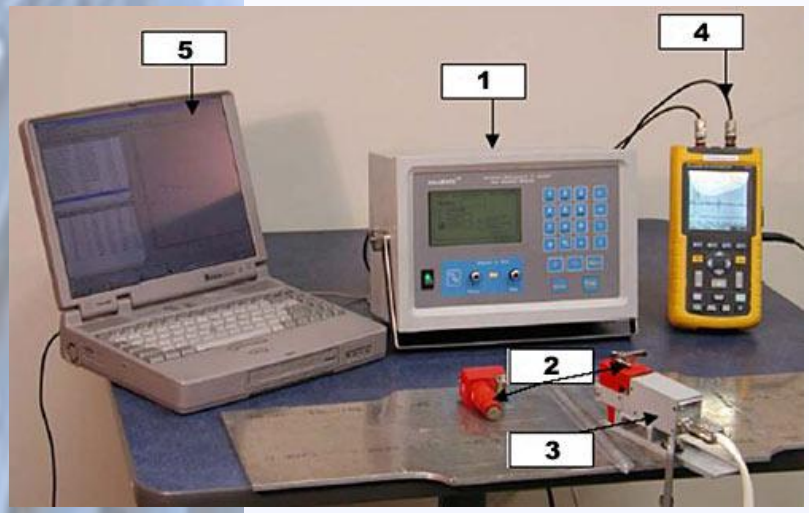


SÚČASNÝ STAV MERANIA NAPÄŤOVÝCH STAVOV:

Podľa toho, do akej miery bude narušená celistvosť skúmaného telesa sú metódy:

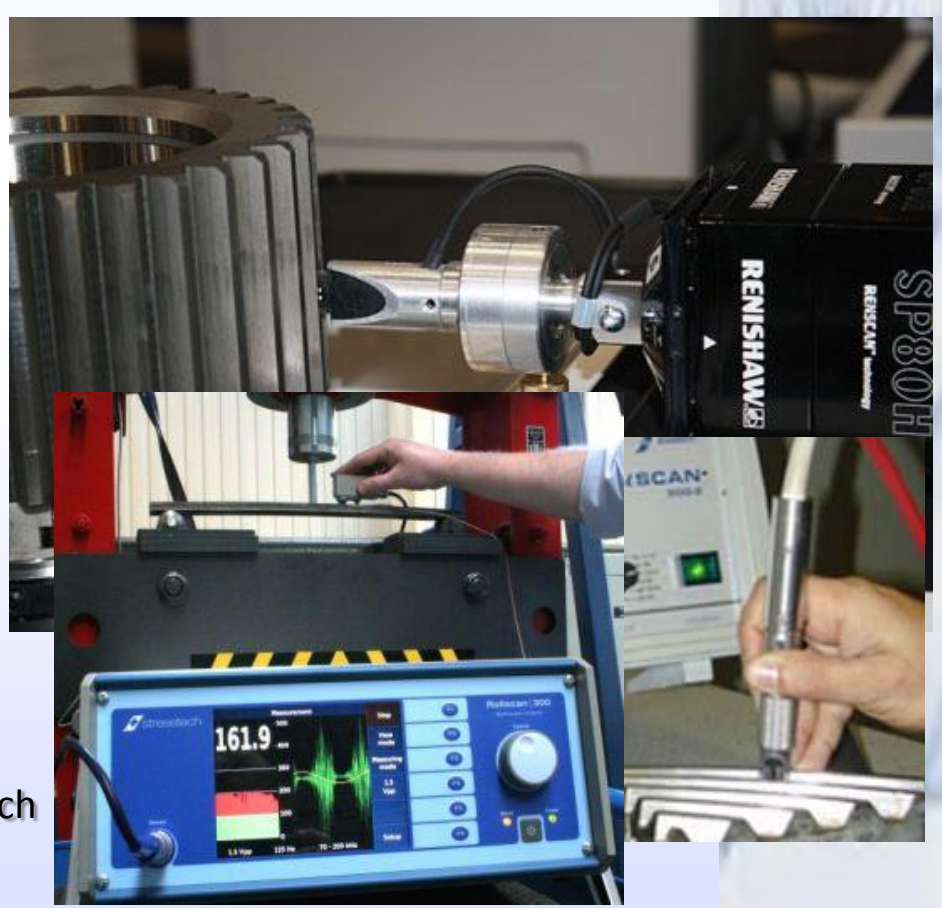
- nedeštruktívne.

Ultrazvuková metóda:



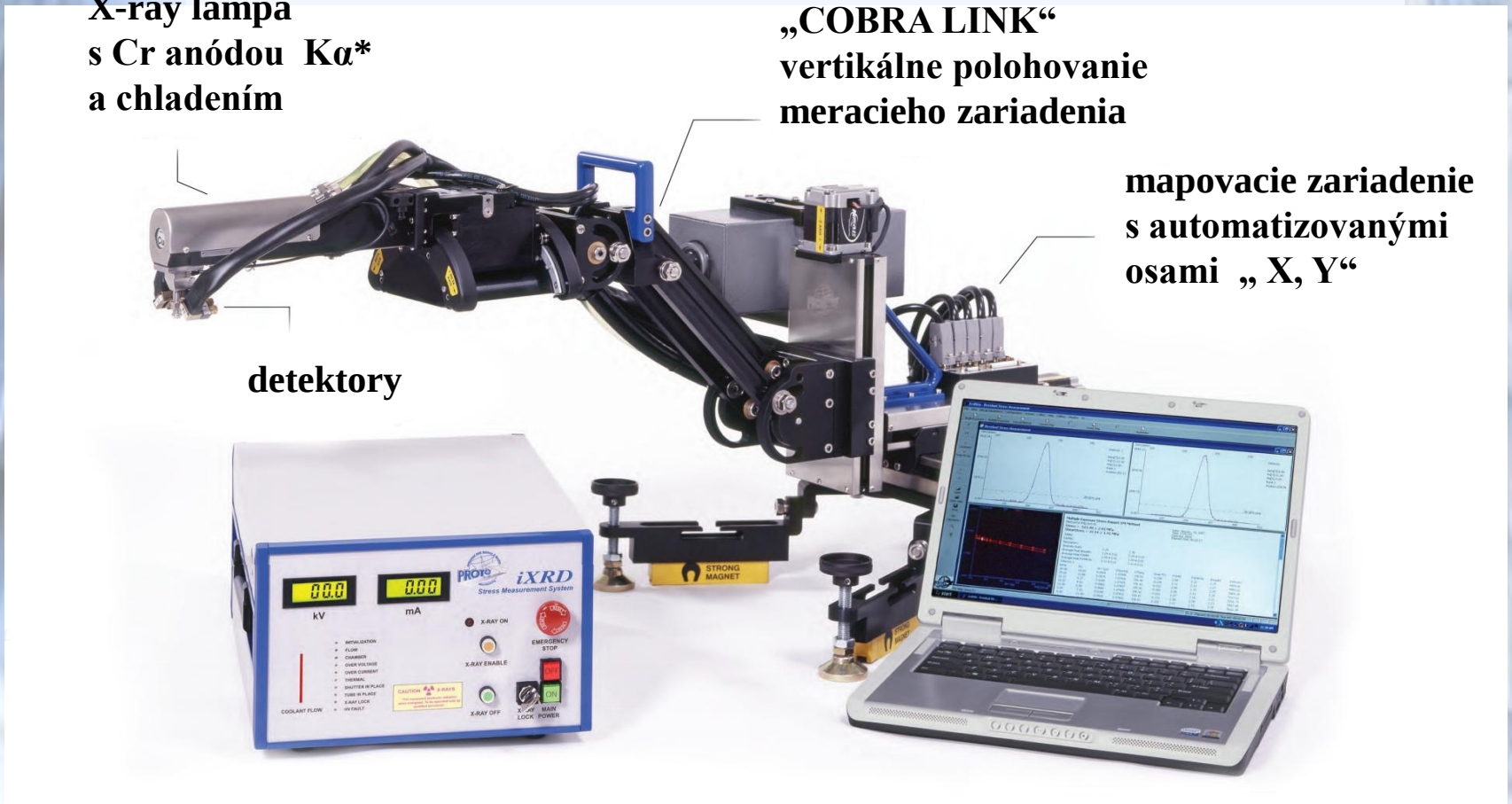
1) Hlavná meracie jednotka so vstavaným mikroprocesorom
2) Sada dvoch meradiel pre meranie rýchlosti ultrazvukových vĺn
3) Držiak
4) Prenosný osciloskop pre zobrazenie ultrazvukových signálov

Barkhausenov šum:



RÖNTGENOVÁ DIFRAKTOMETRIA:

Nedeštruktívna a rýchla metóda zisťovania veľkosti napäťových stavov:

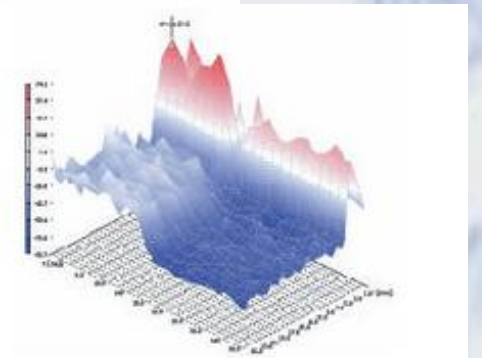


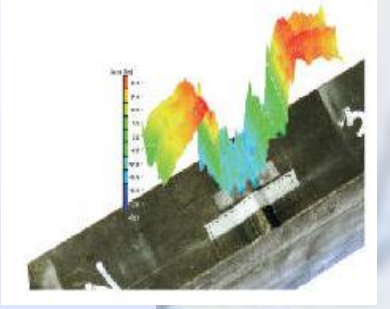
PC s príslušným softvérom

OPERAČNÝ PROGRAM:

-operačný program **OPVaV-2009/2.2/04-SORO**

Samotné vykonané skúšky a experimenty boli uskutočnené na základe podrobných téz, ktoré budú pilotným podkladom daného projektu „Inteligentný systém pre nedeštruktívne technológie na hodnotenie funkčných vlastností súčastí „ X-ray difraktometriou".



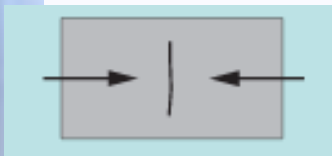


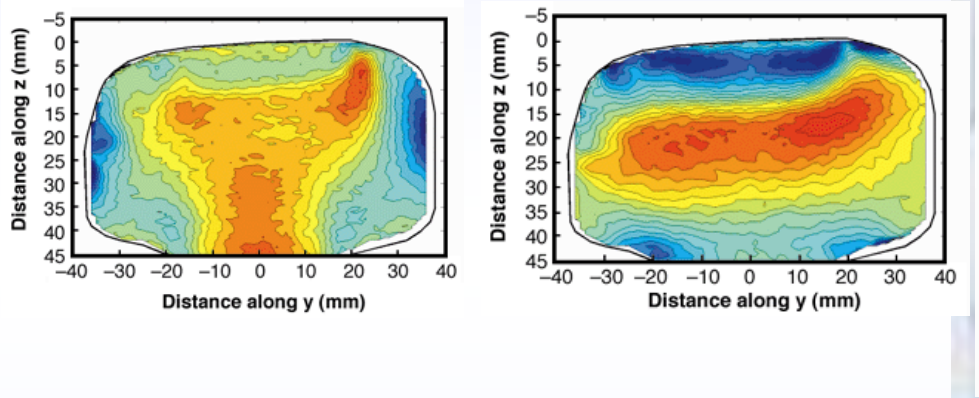
CIELE PRÁCE

1. **Návrh základného výskumu aplikácie nedeštruktívnych detekčných technológií.**
2. **Vplyv rezných parametrov na tvorbu napäťových stavov po tvrdom sústružení.**
3. **Vplyv geometrie vymeniteľnej reznej platničky typ R a V z polykryštalického kubického nitridu bóru na tvorbu napäťových stavov.**
4. **Implementácia získaných poznatkov pre výskum a praktické využitie vo výrobnom procese.**

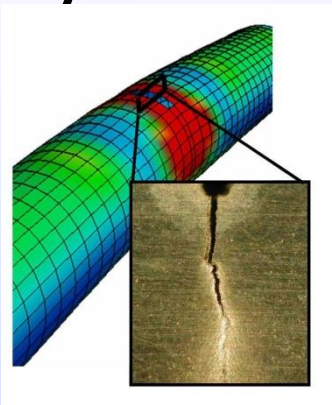
NAPÄŤOVÉ STAVY:

- *Tlakové napätia* sú vhodné, pretože vzdialenosť atómov je veľmi malá, majú tendenciu združovať sa a pôsobia proti vzniku trhlín v obrobku, čo priaznivo vplýva na životnosť súčiastky.





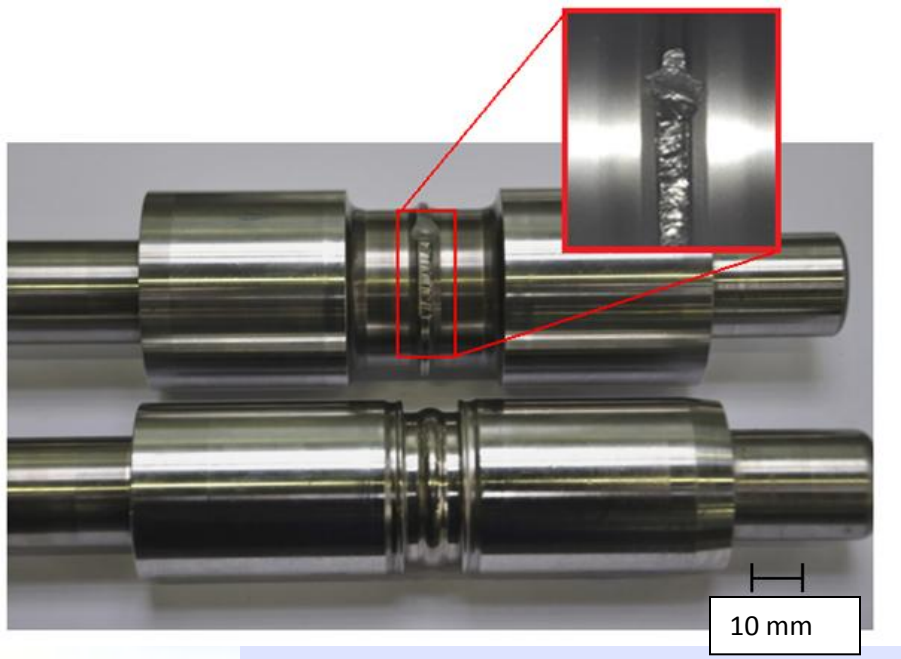
No väčšinou sú napäťové stavy negatívnym vplyvom, hlavne tie *ťahového* charakteru, pretože môžu vytvárať trhliny, napäťovú koróziu, znižovať medzu únavy.



METODIKA EXPERIMENTOV

- **Rozvalcovacie trne na studené tvárnenie:**
- **Nástrojová oceľ : Böhler K110**
- **STN 19 573.7**
- **DIN – X155CrVMo12-1**

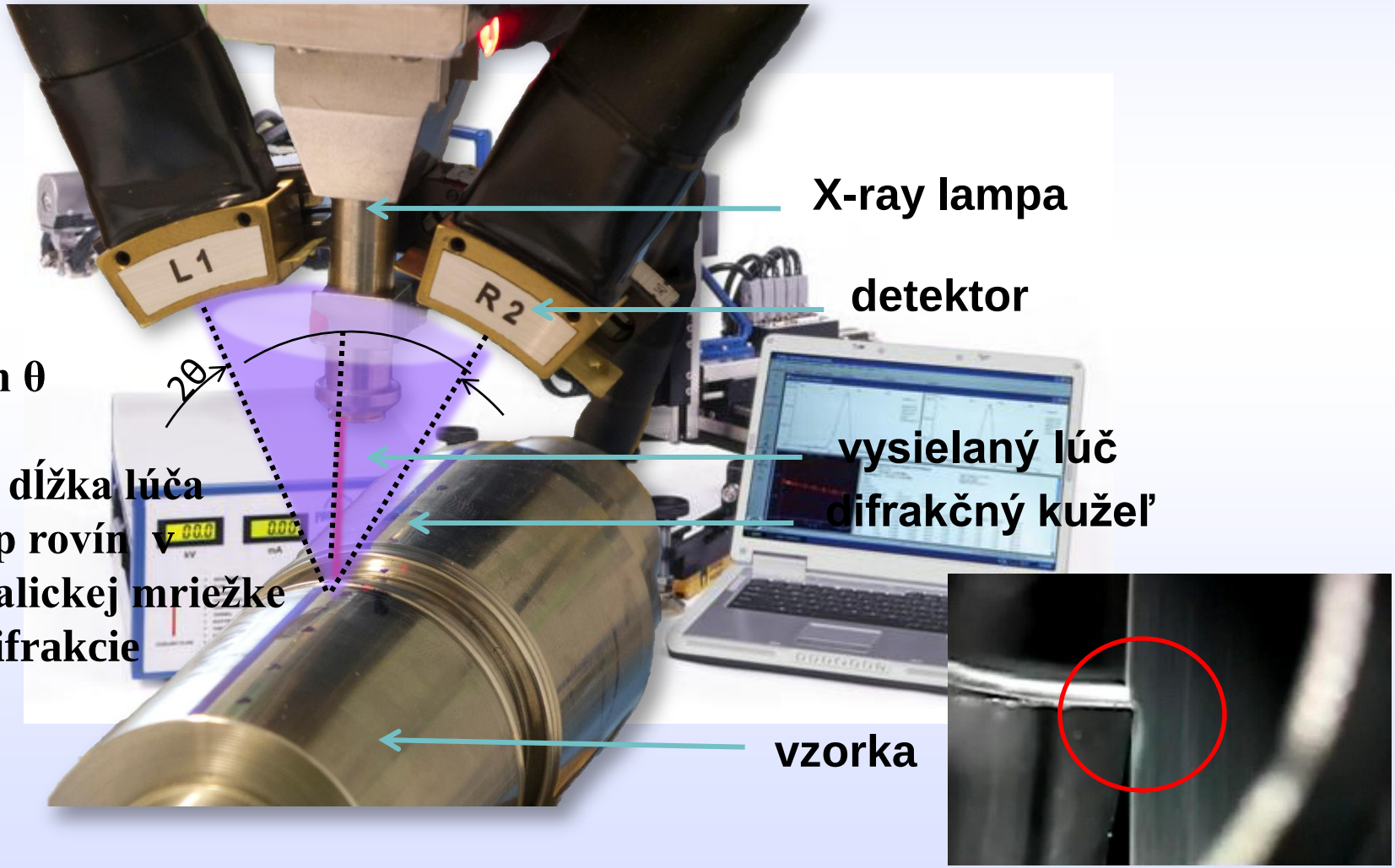
Chemické zloženie	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
Obsah prvkov v hm %	1,55	0,25	0,35	11,80	0,80	0,95



Kyoei Seiko CRF120V-OR

PRINCÍP RÖNTGENOVEJ DIFRAKTOMETRIE:

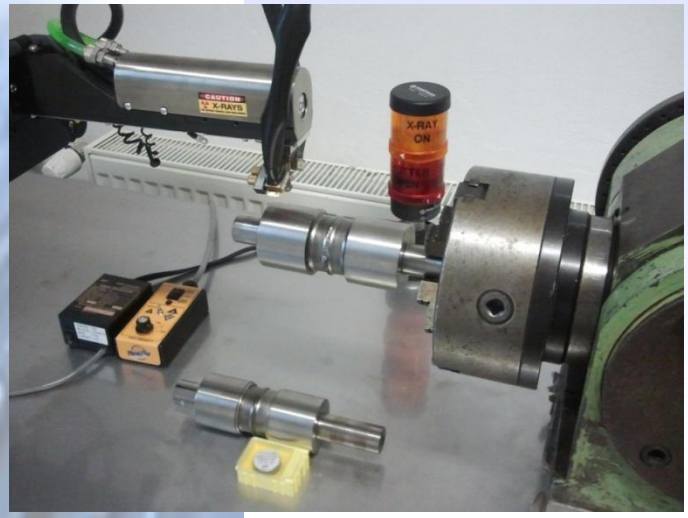
Nedeštruktívna a rýchla metóda zisťovania veľkosti napäťových stavov:

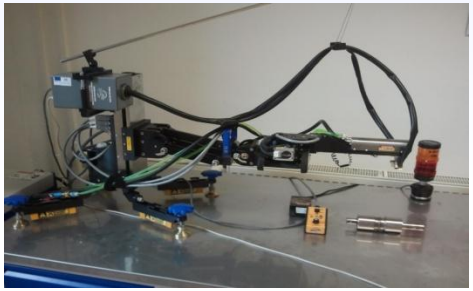


$n\lambda = 2d \sin \theta$

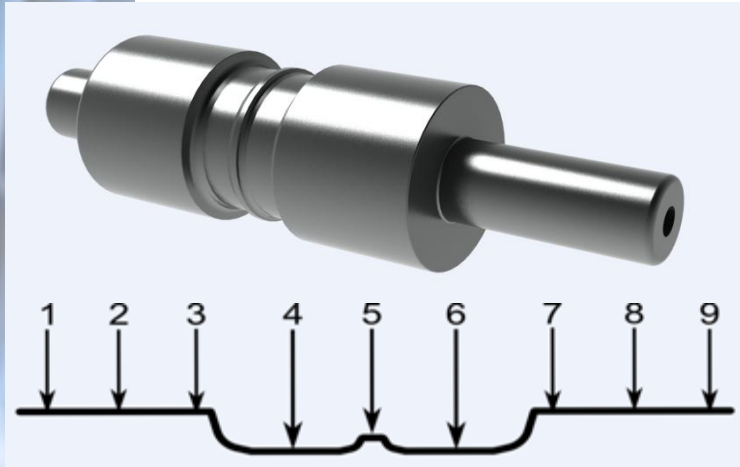
λ – vlnová dĺžka lúča
d – rozstup rovín v kryštalickej mriežke
θ – uhol difrakcie

POSTUP MERANIA NAPÄŤOVÝCH STAVOV:

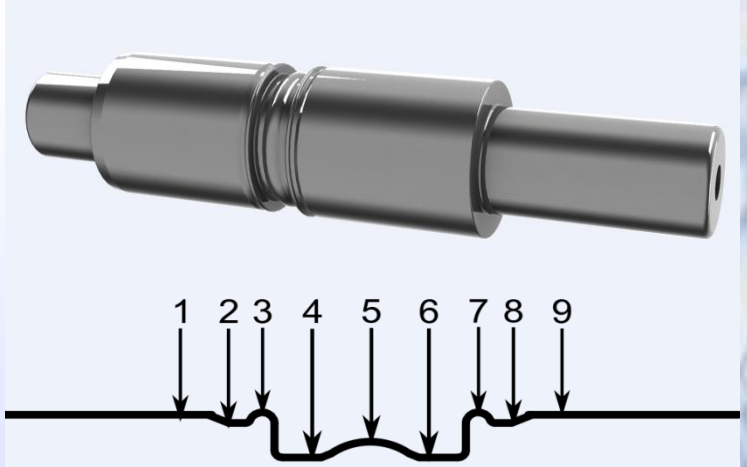




- merané miesta

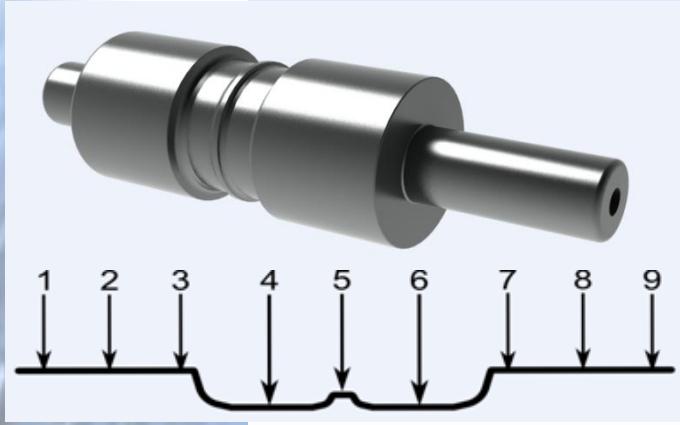


valcovací trň „1“

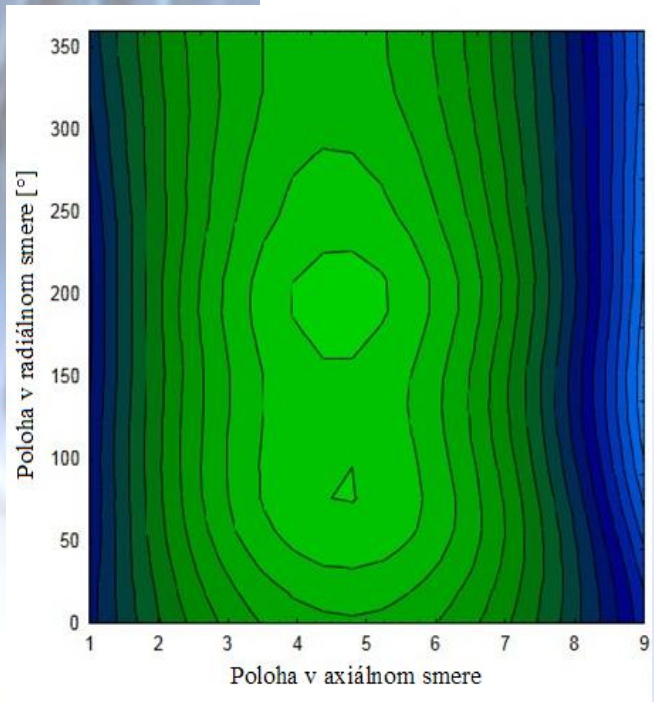


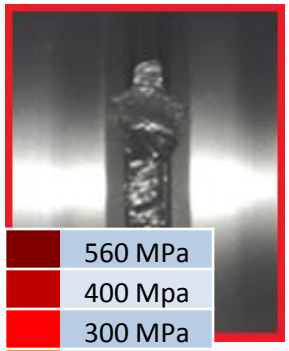
valcovací trň „2“

NAMERANÉ HODNOTY NAPÄTÍ:

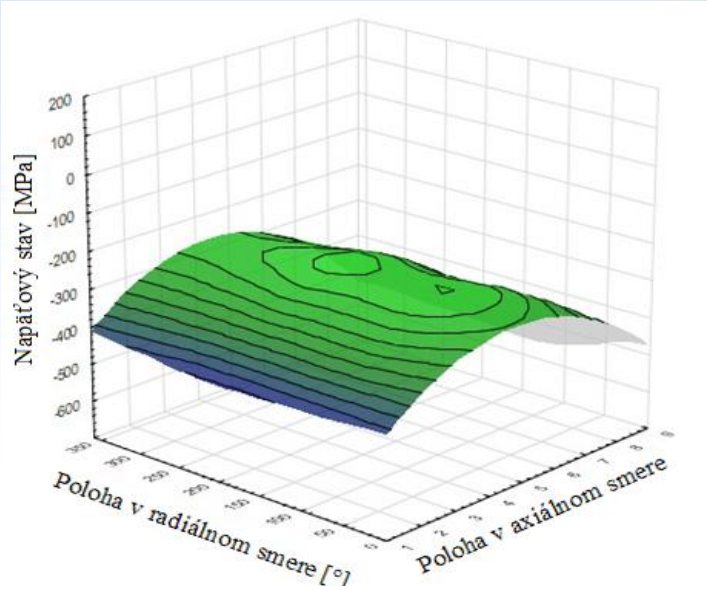


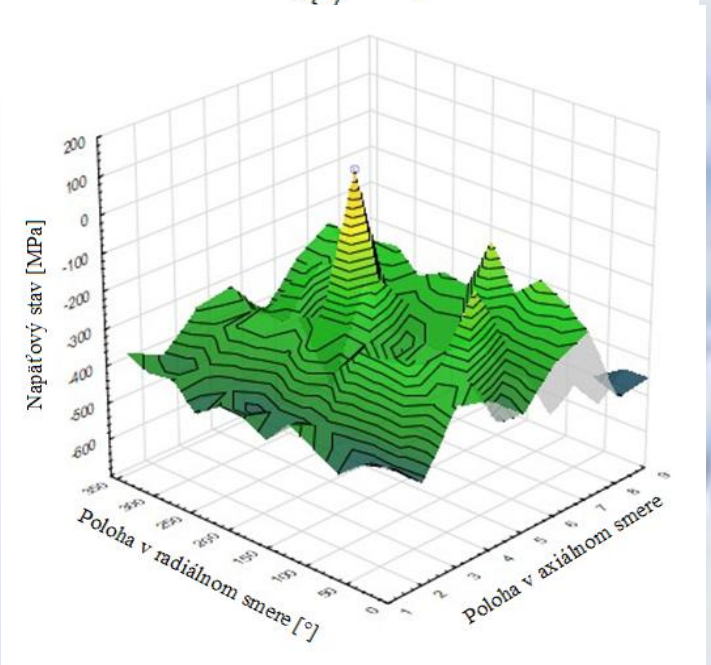
valcovací trň „1“



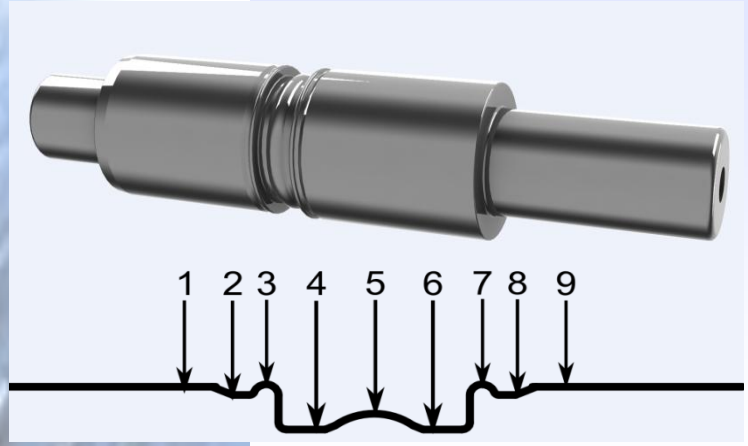


560 MPa
400 Mpa
300 MPa
200 MPa
0MPa
-120 MPa
-240 MPa
-360MPa
-480MPa
-600MPa
-720MPa
-1000MPa

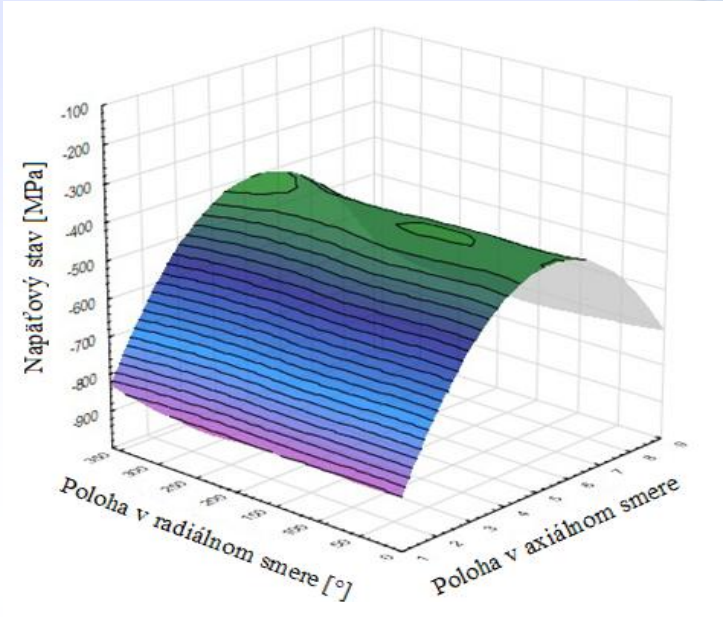


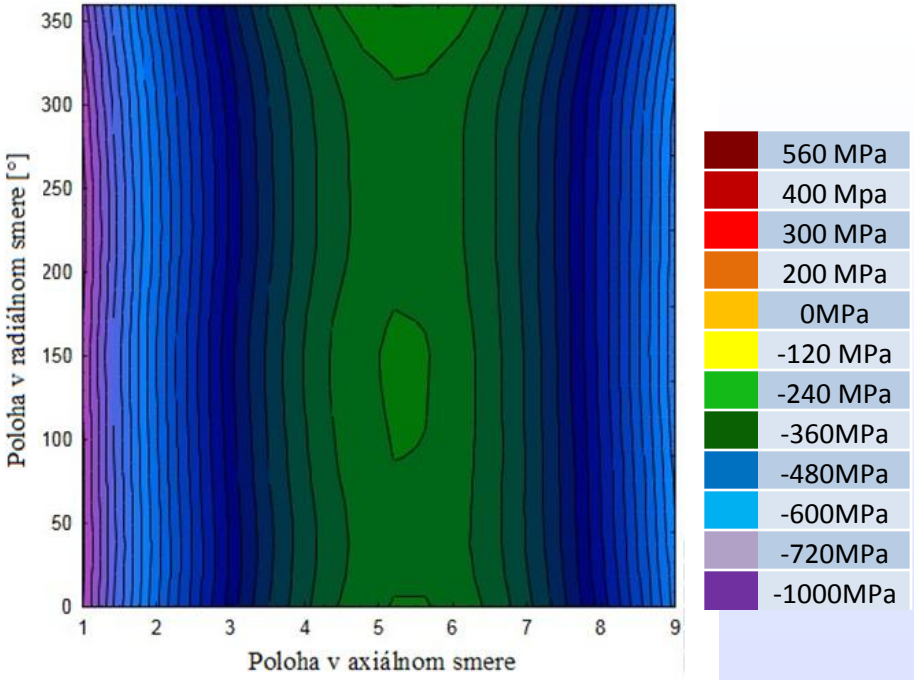


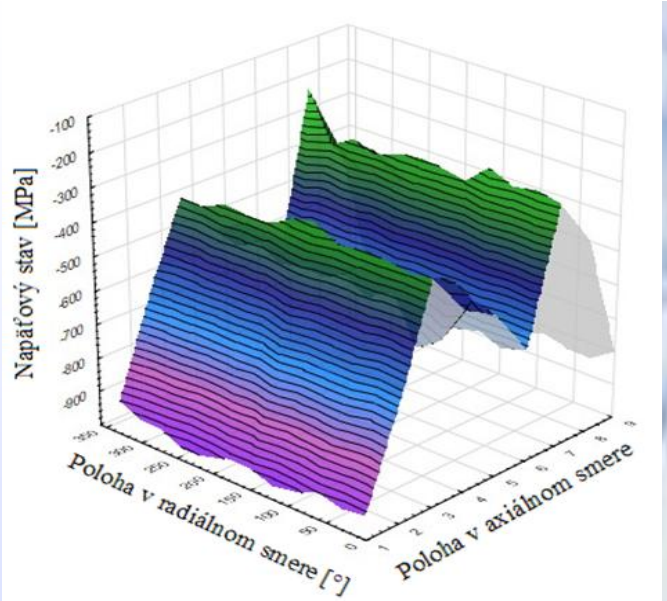
NAMERANÉ HODNOTY NAPÄTÍ:



valcovací trň „2“

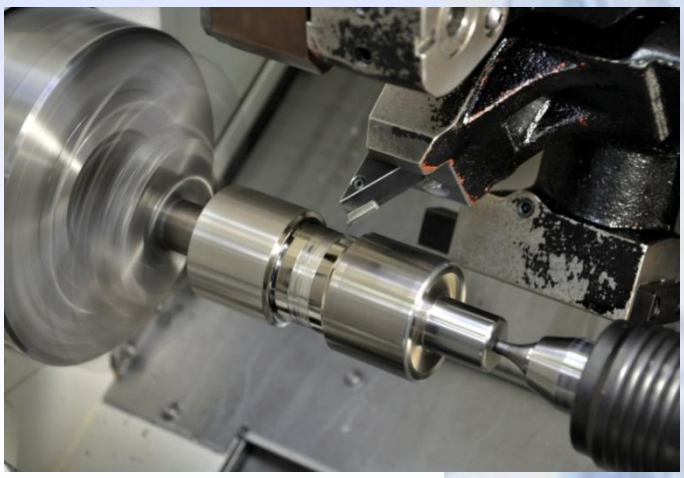


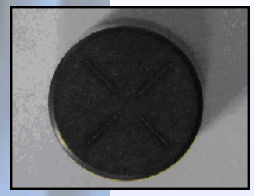


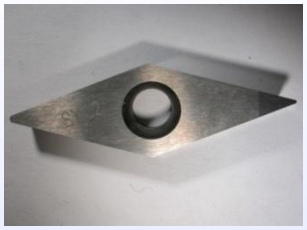


RENOVÁCIA VALCOVACÍCH TRŇOV:

- **precízne tvrdé sústruženie**
- **obrábacie sústružnícke centrum**
- **bez použitia chladiacej kvapaliny**
- **nástroje**







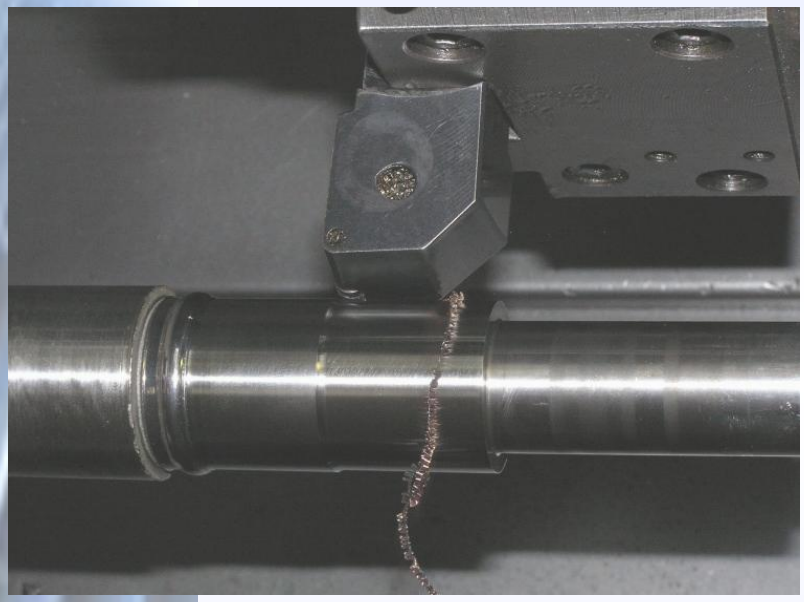
Vymeniteľná rezná platnička CNB300 s pravým uberacím držiakom CRSNR 2525M06 pre tvrdé obrábanie

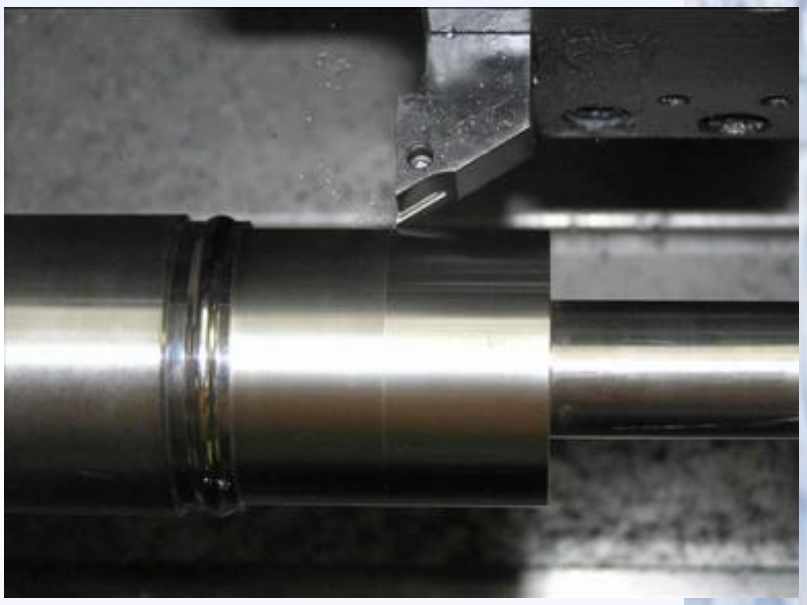
Vymeniteľná rezná platnička BNX 20 z KNB s pravým a ľavým držiakom SVJBR/L 2525M 16

MAZAK Nexus 100 II M

VOĽBA REZNÝCH PODMIENOK:

- **Aplikované rezné parametre** boli stanovené na základe odporúčaní výrobcov rezných materiálov a metodiky experimentov na sledovanie javov mimo doporučovaných rezných parametrov.



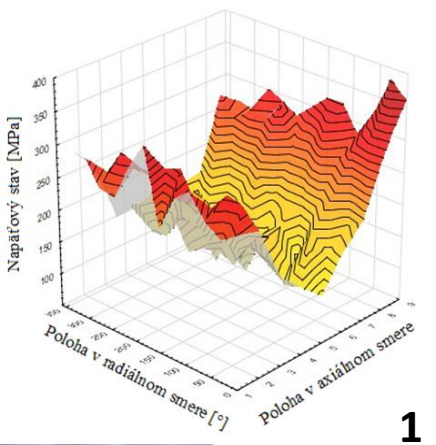


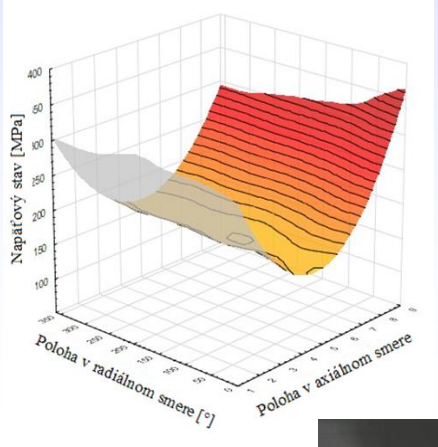
Rezná rýchlosť ($m.min^{-1}$)	Posuv(mm)	Hĺbka rezu (mm)
150	0,1	0,5

Rezná rýchlosť ($m.min^{-1}$)	Posuv(mm)	Hĺbka rezu (mm)
50	0,025	0,1
150	0,025	0,1
300	0,025	0,1

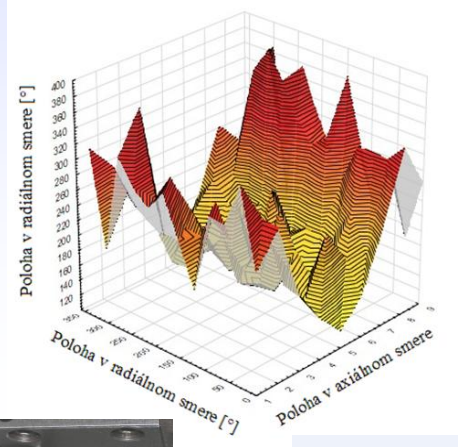
HODNOTY NAPÄTÍ :

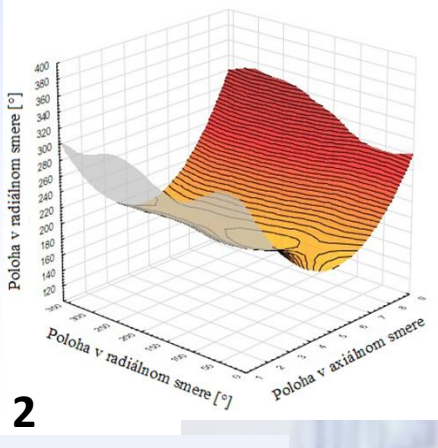
rezné podmienky: v_c=150m.min^{-1}; f=0, 1mm; a_p=0,5 mm



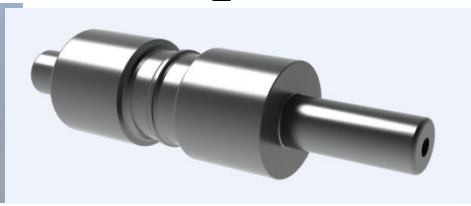


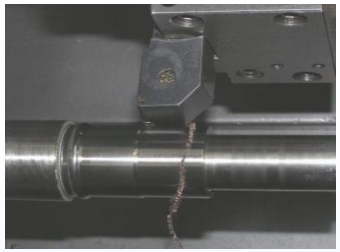
1

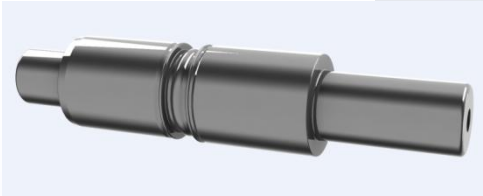


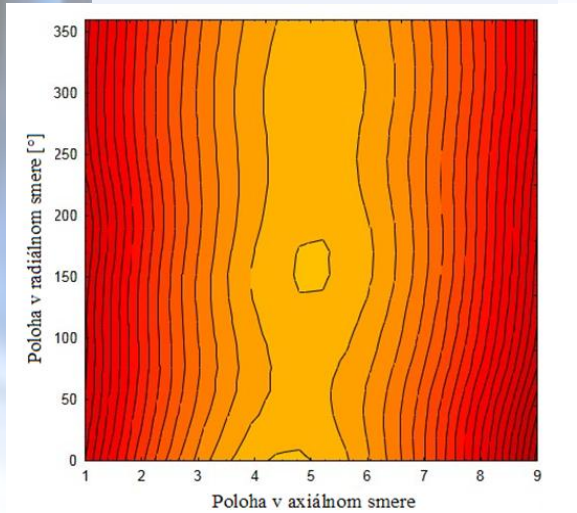


2

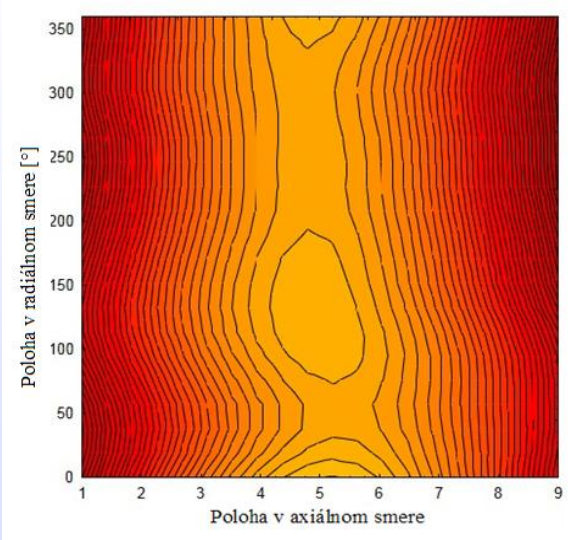






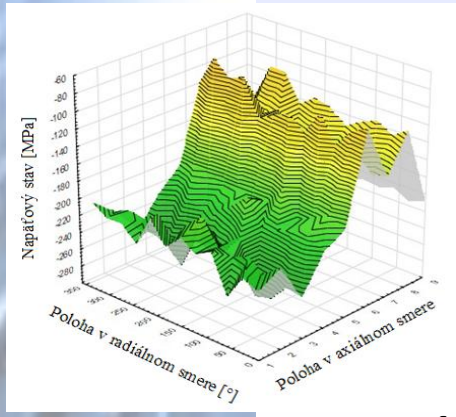


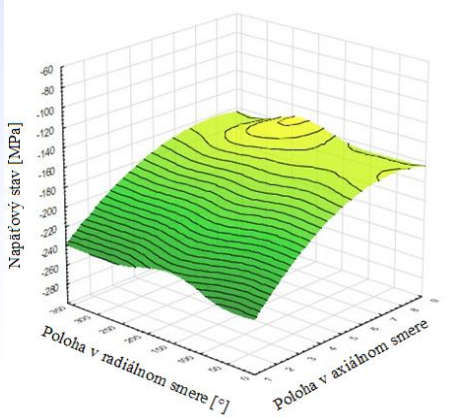
560 MPa
400 Mpa
300 MPa
200 MPa
0MPa
-120 MPa
-240 MPa
-360MPa
-480MPa
-600MPa
-720MPa
-1000MPa

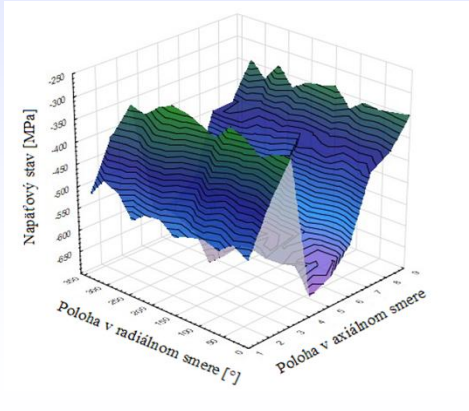


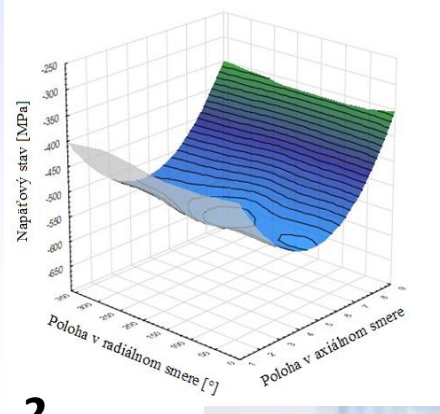
HODNOTY NAPÄTÍ :

rezné podmienky: v_c=50m.min^{-1}; f=0,025mm; a_p=0,1 mm



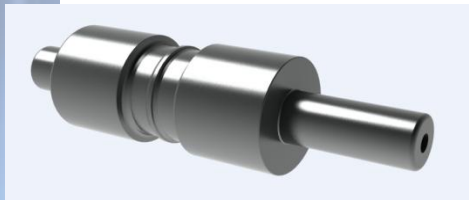


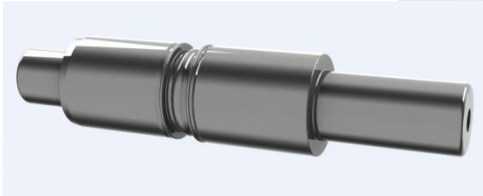


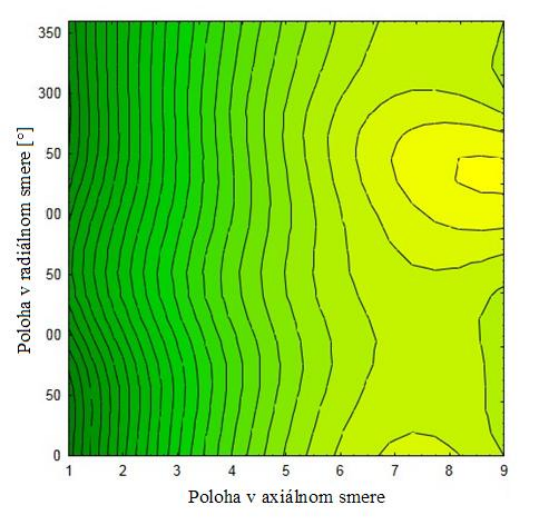


1

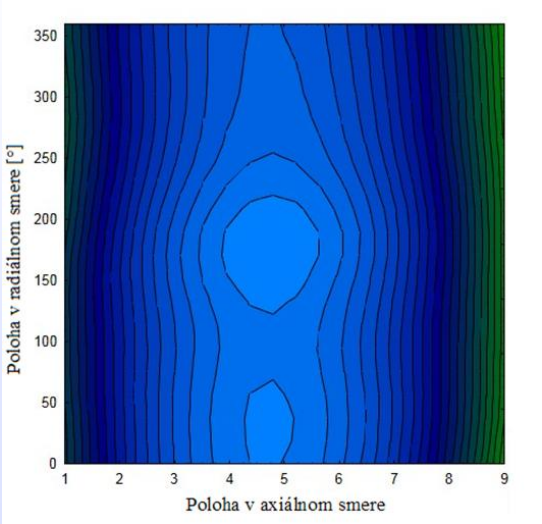
2





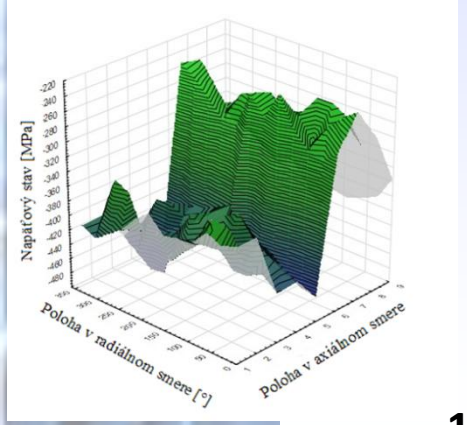


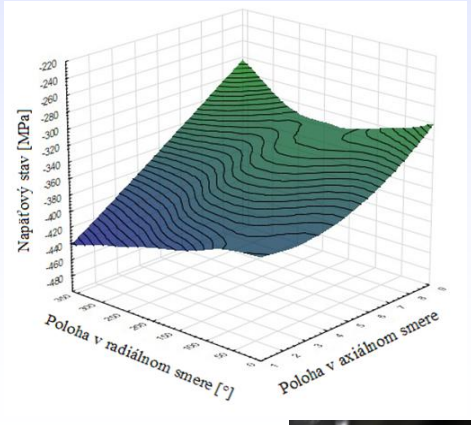
560 MPa
400 Mpa
300 MPa
200 MPa
0MPa
-120 MPa
-240 MPa
-360MPa
-480MPa
-600MPa
-720MPa
-1000MPa

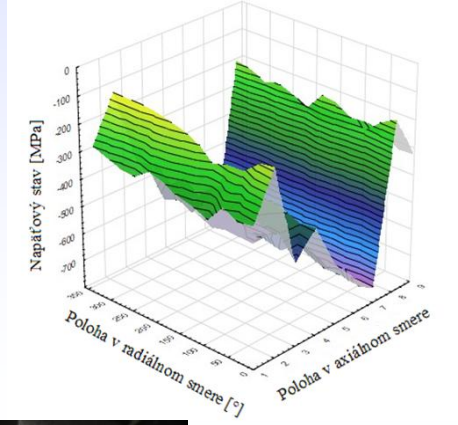


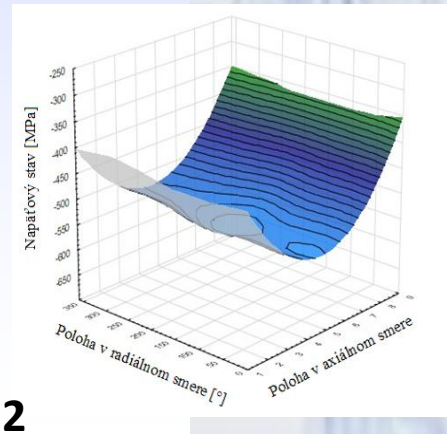
HODNOTY NAPÄTÍ :

rezné podmienky: v_c=150m.min^{-1};f=0,025mm;a_p=0,1 mm

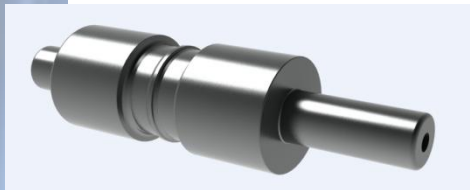


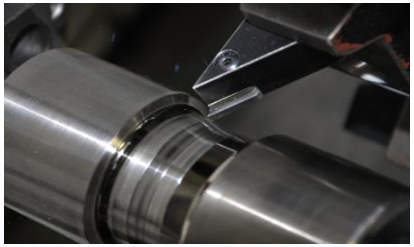




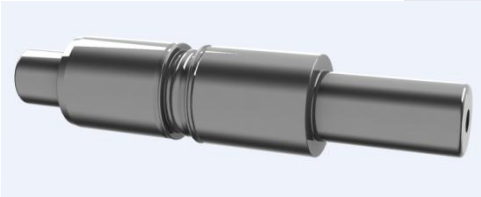


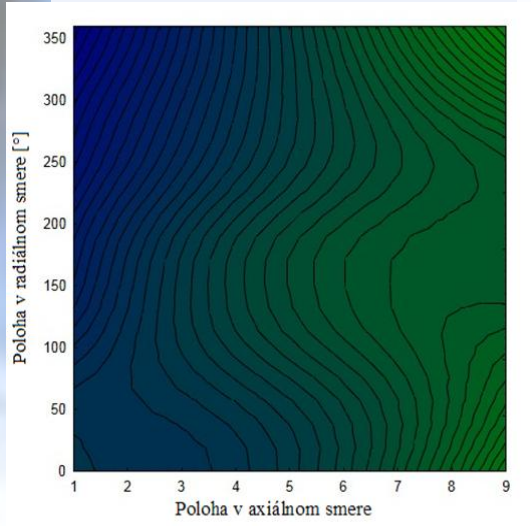
1



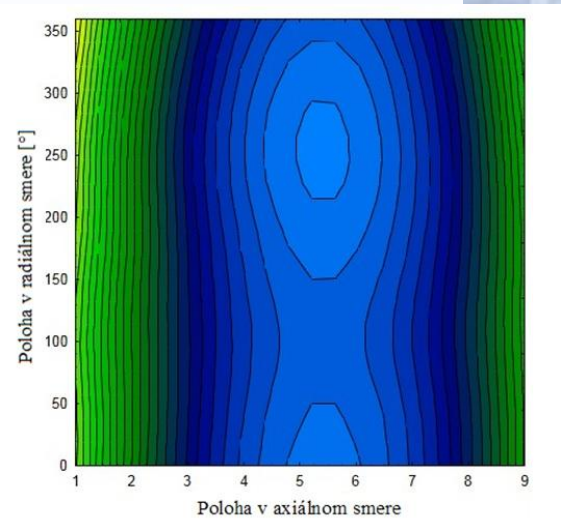


2



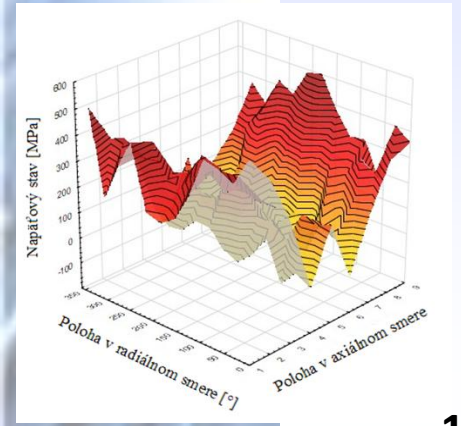


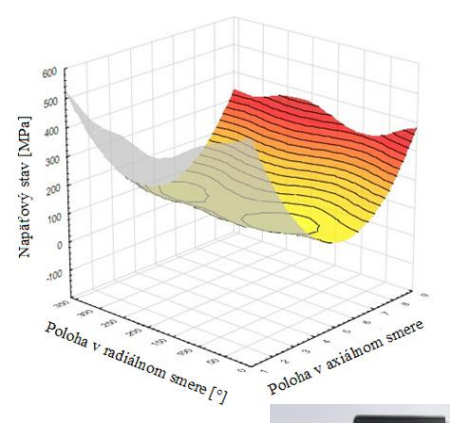
560 MPa
400 Mpa
300 MPa
200 MPa
0MPa
-120 MPa
-240 MPa
-360MPa
-480MPa
-600MPa
-720MPa
-1000MPa

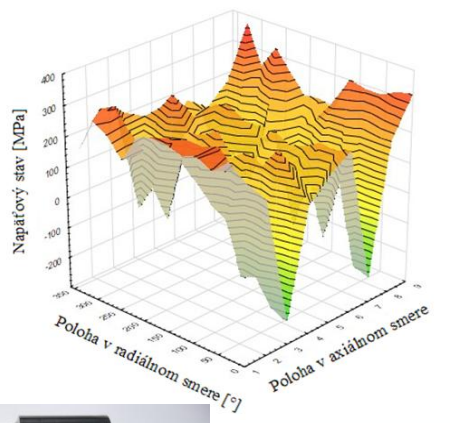


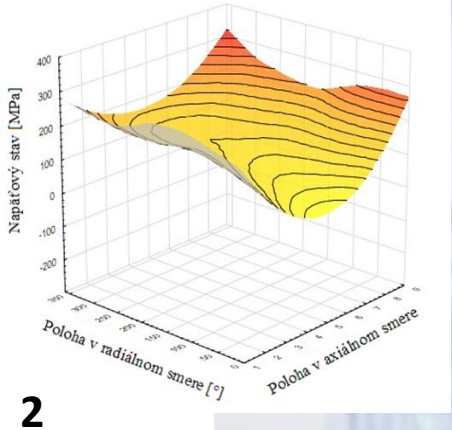
HODNOTY NAPÄTÍ :

rezné podmienky: v_c=300m.min^{-1};f=0,025mm;a_p=0,1 mm

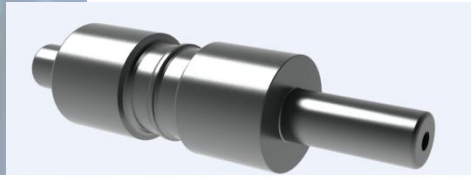




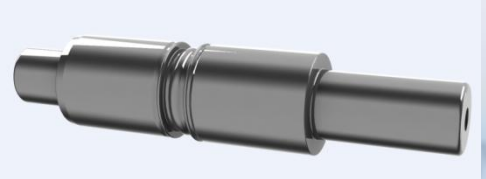


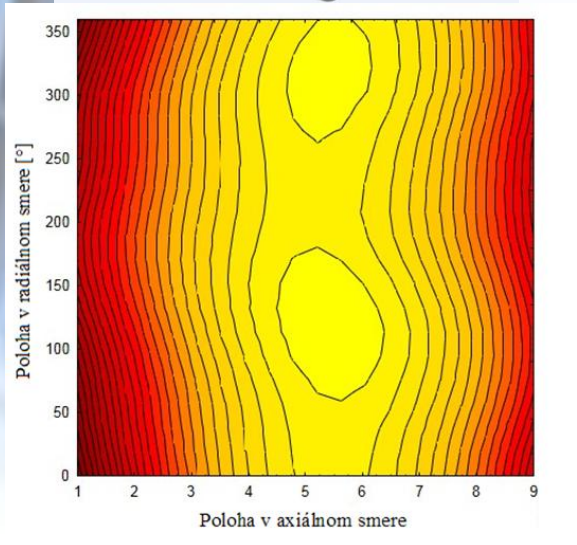


1

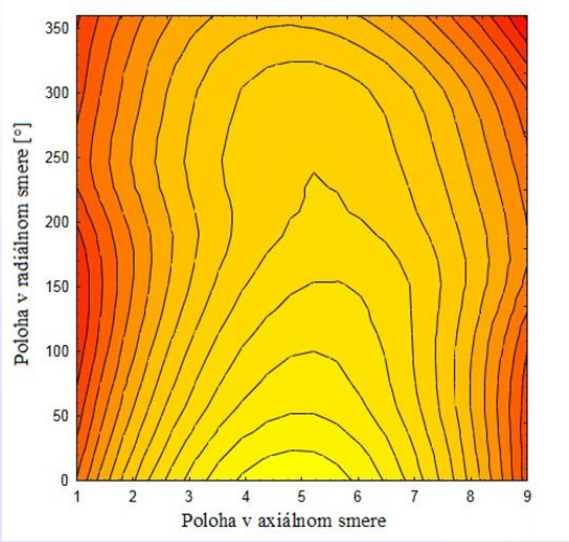


2





	560 MPa
	400 Mpa
	300 MPa
	200 MPa
	0MPa
	-120 MPa
	-240 MPa
	-360MPa
	-480MPa
	-600MPa
	-720MPa
	-1000MPa



PRÍNOS PRE TEÓRIU:

- na experimentálnych vzorkách boli namerané napäťové stavy pomocou difraktometra, kde boli spozorované deštrukčné miesta na funkčných miestach nástroja

- následnou aplikáciou sústruženia s VRP typu R na trni 1 a trni 2 sa nachádzali napäťové stavy ťahového charakteru, ktorých hodnota sa pohybovala v rozmedzí 200-300 MPa

-napäťové stavy po aplikácií VRP typu V vykazovali tlakový charakter v rozsahu -500 až -700 MPa a v určitých miestach hlavne vrubového charakteru až -1000 Mpa

-pri aplikácií sústruženia v VRP typu V boli pri rezných rýchlostiach v_c= 50 m.min^{-1} a v_c= 150 m.min^{-1} namerané napäťové stavy tlakového charakteru. Pri reznej rýchlosti v_c = 300 m.min^{-1} sú napätia blízke nule, v niektorej časti súčiastky ťahové

PRÍNOS PRE PRAX:

- vhodnou voľbou geometrie VRP dosiahneme vyššie tlakové napätia a to hlavne v miestach významnej členitosti tvarovej zložitosti

- napäťové stavy po pôsobení VRP typu V pri precíznom obrábaní vysokopevných materiálov dosahovali blízke hodnoty ako pri brúsení, tieto parametre môžeme ďalej vylepšiť aplikáciou wiper, čiže dohladzovacím rádiusom na hrote nástroja

-z hľadiska ovplyvnenia napätí v podpovrchových vrstvách bude najdôležitejšie voliť reznú rýchlosť a geometriu VPR a ich uloženie v držiaku, aby vznikali čo najnižšie sily v kontaktných plochách nástroja a obrobenej plochy

Záver prednášky

Hlavné oblasti rozvoja sú členené na:

- Vznik a šírenie deformácií v deformačných oblastiach.
- Vznik a šírenie tepla a teplotných polí.
- Analýza dynamického procesu a silových pomerov.
- Identifikácia napäťových stavov.

Smerovanie rozvoja :

- Aplikácia poznatkov vzniku deformácie do výrobného procesu.
- Poznatky implementovať na konštrukčný a materiálový dizajn.
- Identifikáciu deformácií zakomponovať do simulačných procesov.
- Implementácie DIC s vektorovú analýzu.
- Identifikácia interakcie nástroja s obrábaným materiálom.
- Voľba procesných médií na ovplyvnenie funkčných vlastností.
- Implementácia systému s vysokorýchlostnou duálnou vizualizáciou.
- Kreovanie databázy rezných parametrov a podmienok.

Ďakujem za pozornosť