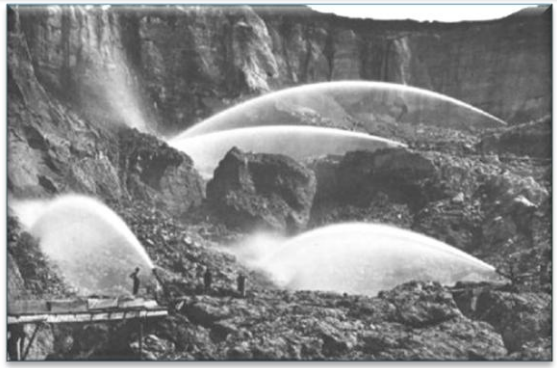
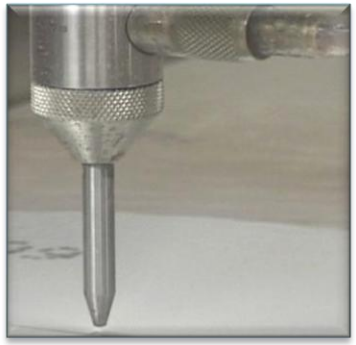
Water Jet|Surface|Quality|Control

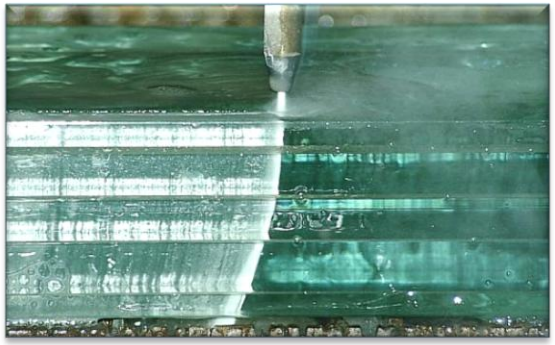
„Myšlienka delenia vysokorýchlostným vodným prúdom sa zrodila za účelom používania nástroja dostupného v prírode, ale súčasne aj s jeho rešpektom voči nej.

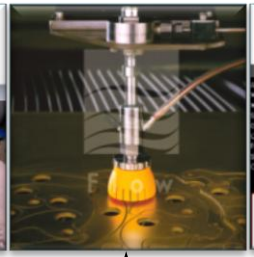
Voda produkujúca čistú pracovnú silu je schopná povrchovou úpravou alebo čistým rezom zvládnuť aj ten najtvrdší materiál jestvujúci na Zemi.

Voda ako najbežnejší a najobyčajnejší prírodný a taktiež pre život potrebný zdroj sa tak stala základným pracovným nástrojom.“









WJ v banskom priemysle

1936: Prvý patent (Peter Tupitsyn)
vŕtanie dier

1963: Dr. Norman Franz
vysokotlakový vodný prúd

1971: PASER
patentovaný FLOW Corp.

1971: Výskumné pracovisko
FLOW RESEARCH

1972: Prvé komerčné zariadenie
delenie dreva, kože

1976: Dodávateľ technológie (400 MPa)
FLOW Corp.

1983: BARTON MINES Corp.
hlavný dodávateľ abraziva Barton Garnet

1983: BHRA
prvý systém dávkovania abraziva

1992: FLOW Corp.
delenie hrubého skla pre optiku

1994: FLOW Corp.
patentované frézovanie s AWJ

1995: FLOW Corp.
kryogénne delenie tekutým dusíkom

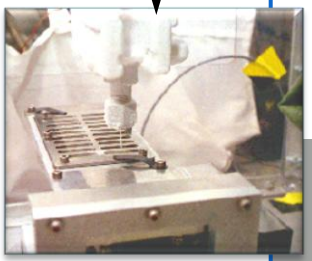
1996: Ingersoll Rand Corp.
AUTOLINE - rezacia hlavica s diamantovou dýzou

1998: Univ. Hannover
využitie AWJ v ortopédii pri delení kostí (vývoj)

2002: FLOW Corp.
Dynamic WaterJet - 3D delenie

1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000

Trendy:
- *Ultravysoké tlaky 700 MPa (delenie bez abraziva)*
- *Mikroabrazívny prúd*
- *Presné delenie*
- *Delenie v prostredí inertných plynov (dlhší prúd)*
- *Delenie kvapalným plynom (prúd sa vyparí)*
- *Aplikácie v medicíne - zubárstvo, ortopédia*
- *Pulzujúce vodné prúdy (Geonika AV ČR)*
- *Ultrajemné mletie materiálov*



evropský sociální fond v ČR

EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

OP Vzdělávání

1958: Finnie
Mechanizmus erózie ťažných materiálov

1963: Bitter
Štúdium erózneho účinku častice

1966: Kim, Sylvia, Posner
Delenie keramiky AWJ

1979: Ruff a Wiederhorn
Erózny účinok abraziva

1984: Hashish
AWJ štúdie
Modelovanie AWJ

1984: Hashish
Erózny model pre mäkké materiály

1989: Burnham, Kim
Štatistická charakteristika povrchov vytvorených AWJ

1991: Kovacevic, Hocheng, Chang
Analýza úberu AWJ keramických platní

1992: Hashish
Modelovanie vlnitosti

1993: Chao a Geskin
Spektrálna analýza povrchov (dvojstupňový cyklický úber)

1993: Arola a Ramulu
Modelovanie vlnitosti (kinetická energia AWJ)

1994: Raju a Ramulu
Predikcia hydroabrazívneho opotrebenia

1995: Hashish
Erózny model častice (def. rezný a deformačný mechanizmus)

1996: Zeng a Kim
Potvrdený cyklický úber materiálu

1996: Chen, Siores, Wong
Charakteristika deliacej medzery keramických platní

1997: Gosper et al.
Asimetria reznej medzery

1997: Young a Kovacevic
Analytický model pre hydroabrazívne delenie

1997: Momber, Kovacevic, Kwak
Alternatívna metóda hodnotenia pre hodnotenie delenia AWJ sivej liatiny

1997: Hashish, Steele, Bothell
Alternatívna metóda hodnotenia pre hodnotenie delenia AWJ sivej ocele

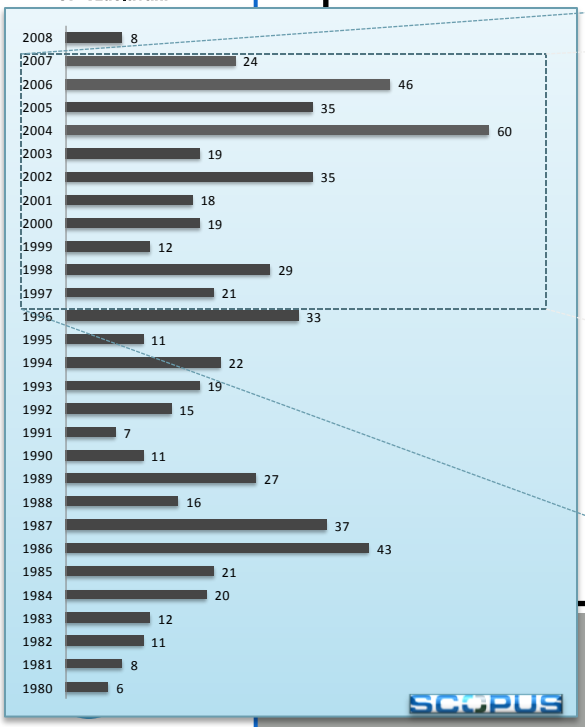
1997: Arola, Ramulu
Analýza zvyškových napätí, Úber materiálu, integrita povrchu a textúra

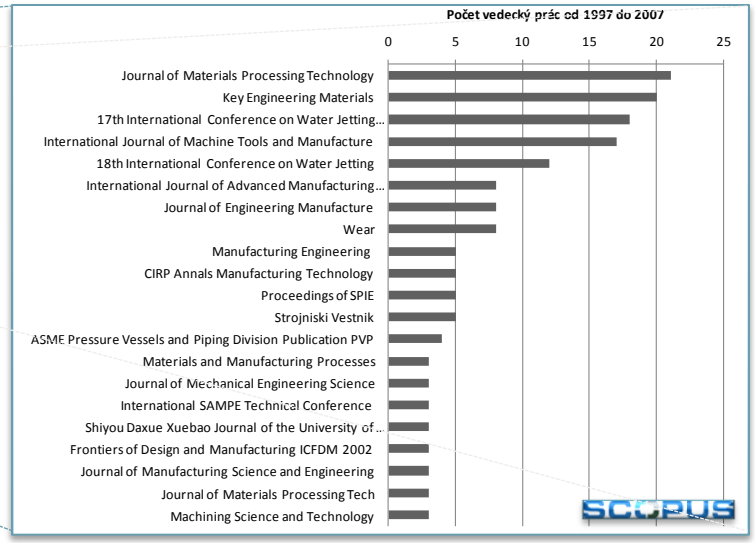
2001: Lemma et al.
Redukcia rýh oscilačnými technikami

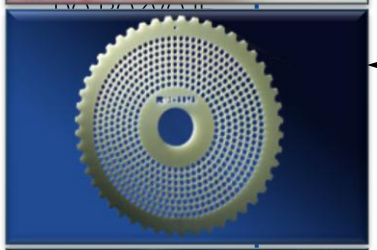
2002: Martinec et al.
Abrazíva pre delenie hydroabrazívnym prúdom

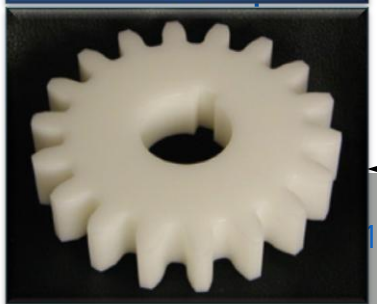
2003: Mackerle, Wang, Guo
FEM - analýza a simulácia AWJ delenia materiálov

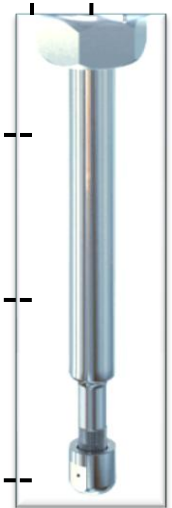
1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005





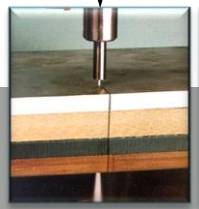






WJ

AWJ



evropský sociální fond v ČR

EVROPSKÁ UNIE

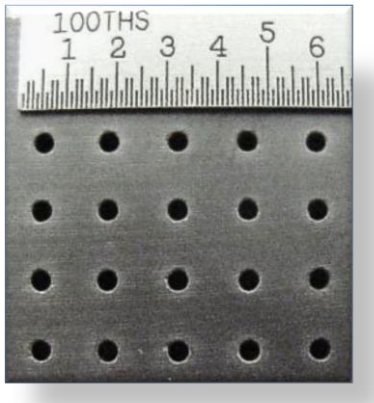
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

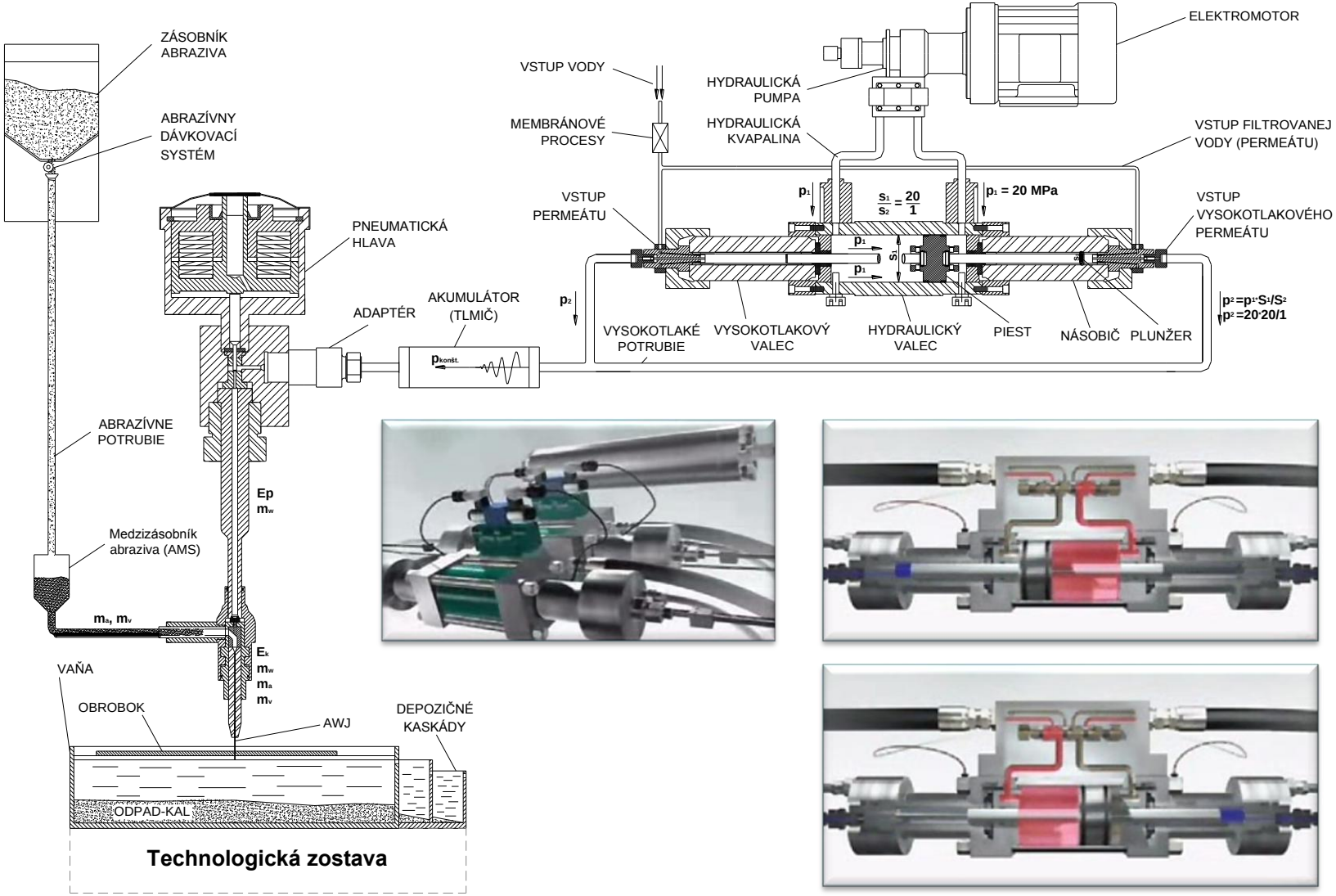
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

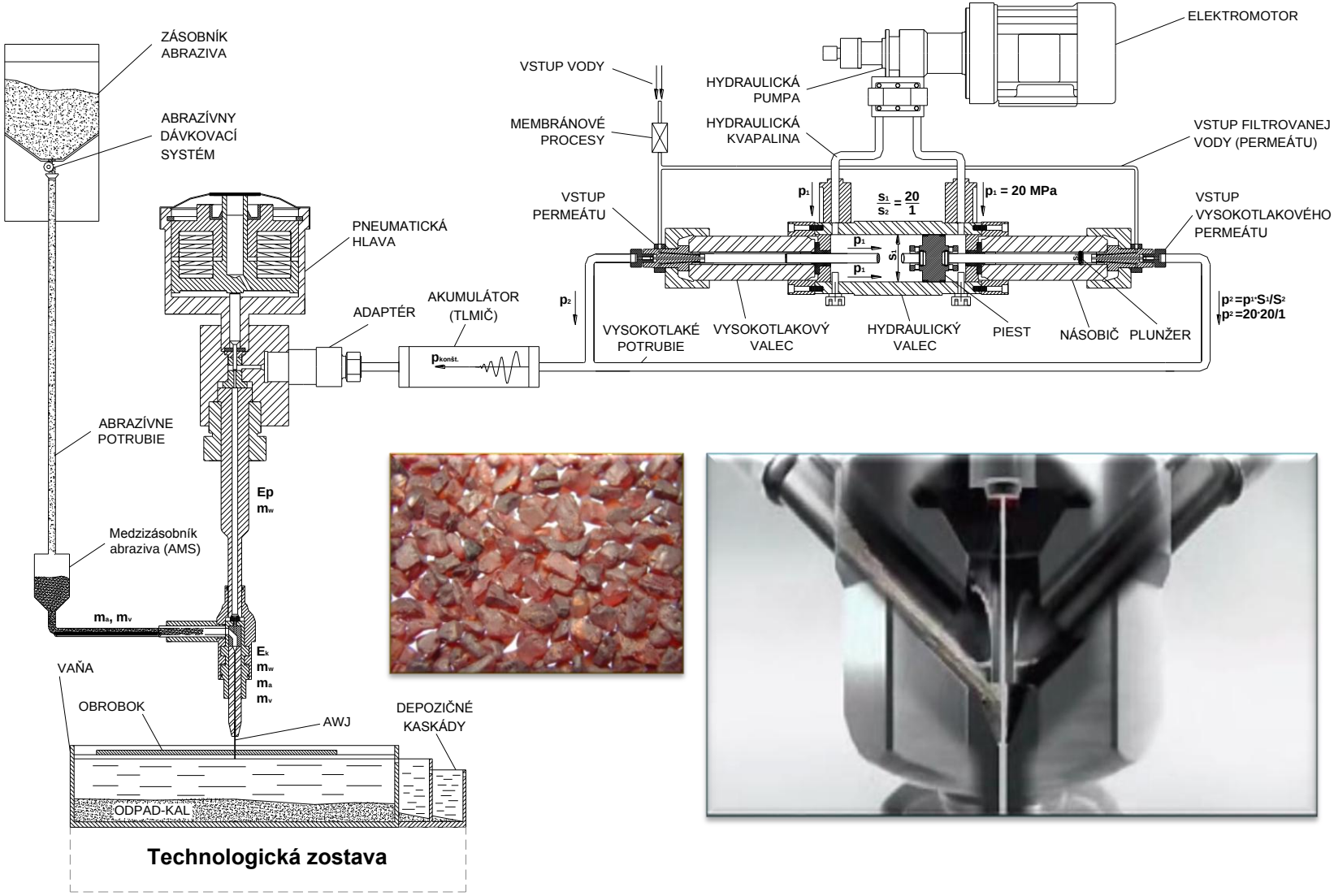
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

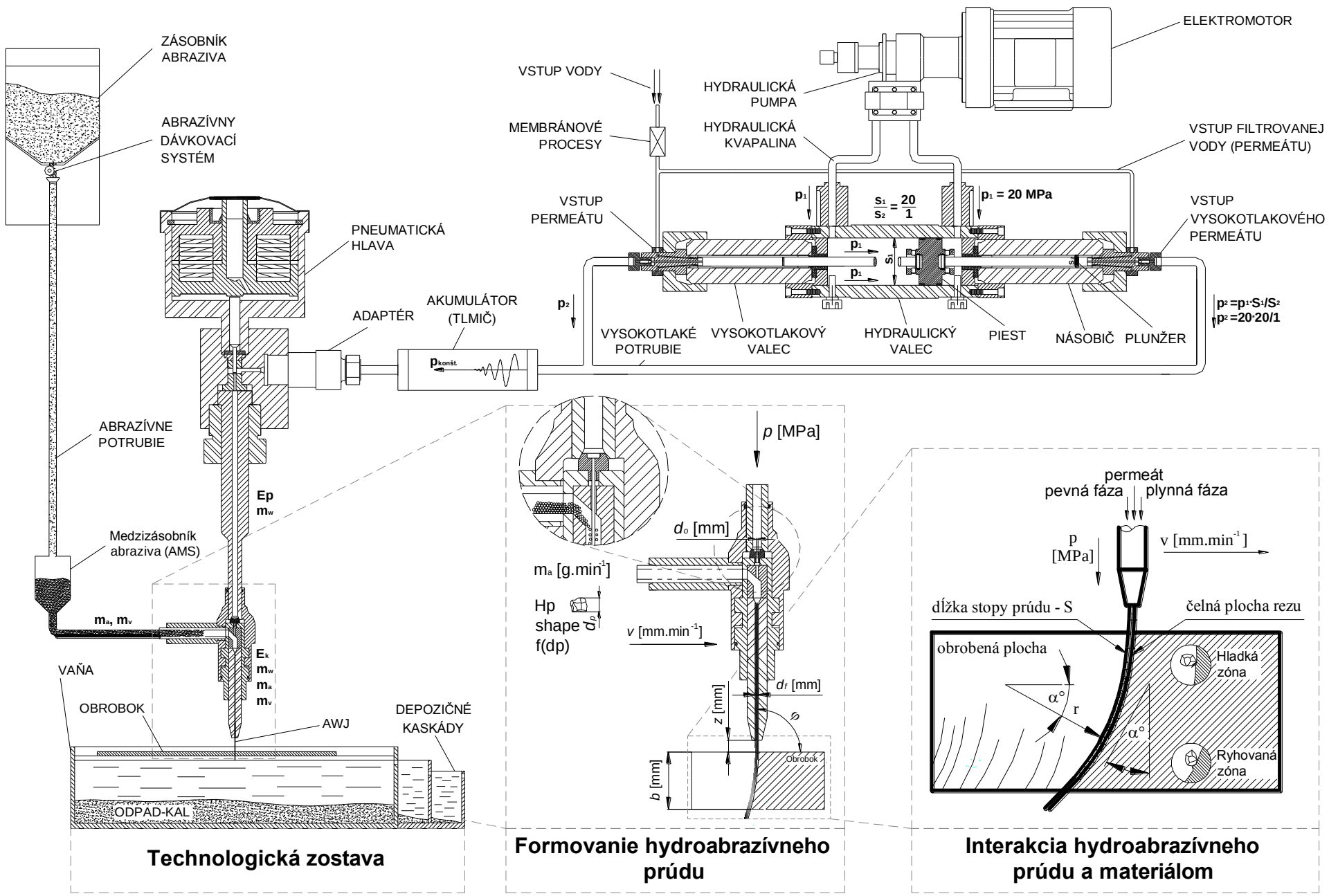
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Presné delenie → delenie → vŕtanie → čistenie → gravírovanie → sústruženie → Presné delenie




ZÁSOBNÍK ABRAZIVA
ABRAZÍVNY DÁVKOVACÍ SYSTÉM
PNEUMATICKÁ HLAVA
ADAPTÉR
AKUMULÁTOR (TLMIČ)
ABRAZÍVNE POTRUBIE
Medzizásobník abraziva (AMS)
VAŇA
OBROBOK
AWJ
DEPOZIČNÉ KASKÁDY
ODPAD-KAL
Technologická zostava
VSTUP VODY
MEMBRÁNOVÉ PROCESY
VSTUP PERMEÁTU
HYDRAULICKÁ PUMPA
HYDRAULICKÁ KVAPALINA
ELEKTROMOTOR
VSTUP FILTROVANEJ VODY (PERMEÁTU)
VSTUP VYSOKOTLAKOVÉHO PERMEÁTU
p₁ = 20 MPa
VYSOKOTLAKÉ POTRUBIE
VYSOKOTLAKOVÝ VALEC
HYDRAULICKÝ VALEC
PIEST
NÁSOBIČ
PLUNŽER

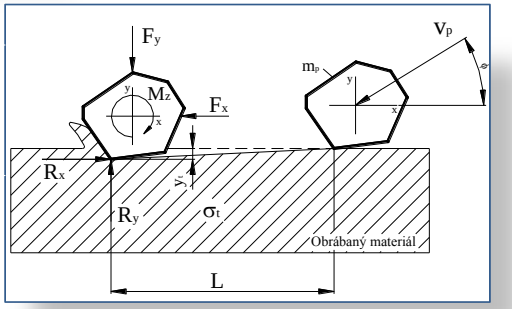

ZÁSOBNÍK ABRAZIVA
ABRAZÍVNY DÁVKOVACÍ SYSTÉM
PNEUMATICKÁ HLAVA
ADAPTÉR
AKUMULÁTOR (TLMIČ)
ABRAZÍVNE POTRUBIE
Medzizásobník abraziva (AMS)
VAŇA
OBROBOK
AWJ
DEPOZIČNÉ KASKÁDY
ODPAD-KAL
VSTUP VODY
MEMBRÁNOVÉ PROCESY
HYDRAULICKÁ PUMPA
HYDRAULICKÁ KVAPALINA
ELEKTROMOTOR
VSTUP FILTROVANEJ VODY (PERMEÁTU)
VSTUP PERMEÁTU
VSTUP VYSOKOTLAKOVÉHO PERMEÁTU
p1 = 20 MPa
VYSOKOTLAKÉ POTRUBIE
VYSOKOTLAKOVÝ VALEC
HYDRAULICKÝ VALEC
PIEST
NÁSOBIČ
PLUNŽER
Technologická zostava


ZÁSOBNÍK ABRAZIVA
ABRAZÍVNY DÁVKOVACÍ SYSTÉM
PNEUMATICKÁ HLAVA
ADAPTÉR
AKUMULÁTOR (TLMIČ)
ABRAZÍVNE POTRUBIE
Medzizásobník abraziva (AMS)
VAŇA
OBROBOK
AWJ
DEPOZIČNÉ KASKÁDY
ODPAD-KAL
Technologická zostava
VSTUP VODY
MEMBRÁNOVÉ PROCESY
HYDRAULICKÁ PUMPA
HYDRAULICKÁ KVAPALINA
ELEKTROMOTOR
VSTUP FILTROVANEJ VODY (PERMEÁTU)
VSTUP PERMEÁTU
VSTUP VYSOKOTLAKOVÉHO PERMEÁTU
p1 = 20 MPa
S1/S2 = 20/1
p2 = p1·S1/S2
p2 = 20·20/1
VYSOKOTLAKÉ POTRUBIE
VYSOKOTLAKOVÝ VALEC
HYDRAULICKÝ VALEC
PIEST
NÁSOBIČ
PLUNŽER
p [MPa]
do [mm]
ma [g.min-1]
Hp shape f(dp)
v [mm.min-1]
df [mm]
z [mm]
b [mm]
Obrobok
Formovanie hydroabrazívneho prúdu
permeát
pevná fáza
plynná fáza
p [MPa]
v [mm.min-1]
dĺžka stopy prúdu - S
čelná plocha rezu
obrobená plocha
Hladká zóna
Ryhovaná zóna
Interakcia hydroabrazívneho prúdu a materiálom

Mechanizmy úberu

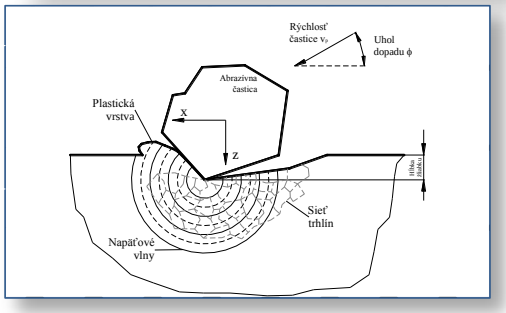
FINNIE

MODEL MIKROREZANIA



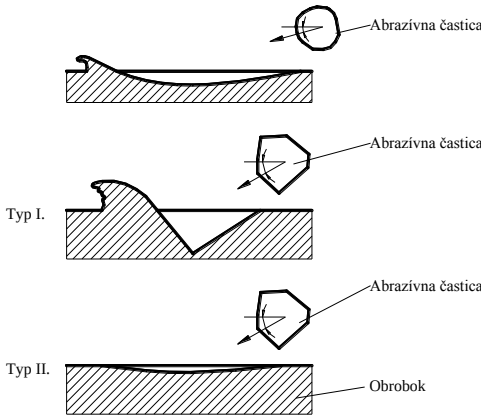
BITTER

ZÁREZOVO DEFORMAČNÝ MODEL



HUTCHINGS

PLASTICKÉ VYTLÁČANIE

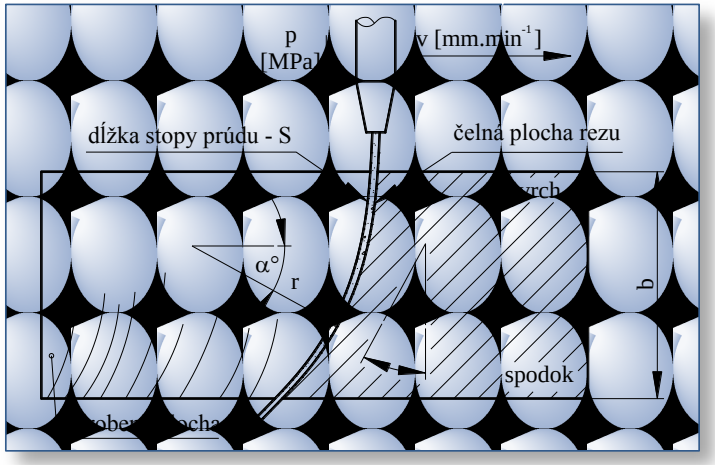


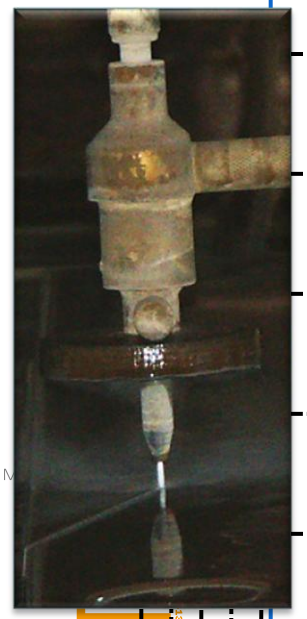
LUDEMA A MENG

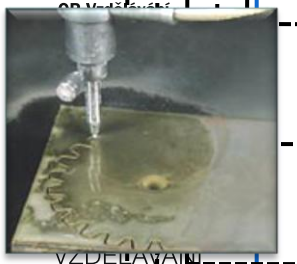
- rezanie - cutting
- únava - fatigue
- lom - fracture

- uhol dopadu abr. častíc
- veľkosť a tvar abr. častíc
- kinetická energia abr. častíc
- materiálové vlastnosti častíc
- vlastnosti del. materiálu

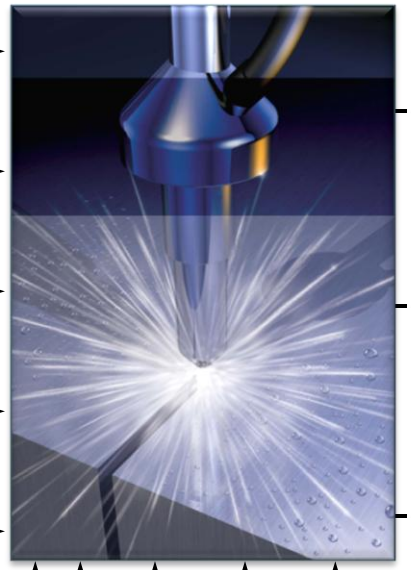
→ **Tieto mechanizmy pôsobia vo vzájomných kombináciách**

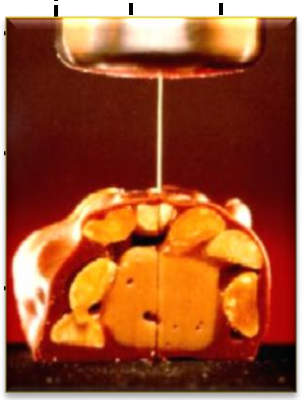




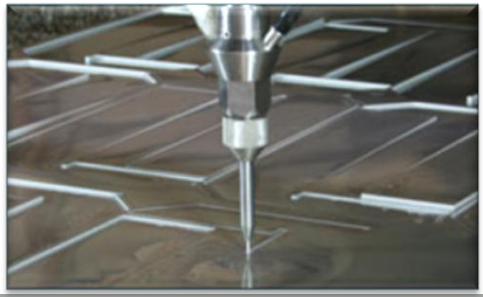


- malé straty v reze
- úspora nástrojov a výrobnej kapacity
- rôzne materiály s jedným nástrojom
- minimálny dopad na environment
- nevzniká tepelné ovplyvnenie povrchu
- vysoká tvarová presnosť produktu
- nedochádza k deformácii materiálu
- schopnosť deliť tvrdé a mäkké materiály
- delenie materiálov s rôznymi štruktúrami bez drobenia okrajov
- použiteľnosť pre tvarové delenie NC a CNC riadením





- Strata materiálu je od 0,3 mm pri delení tenkých a mäkkých materiálov až do 3 mm pri delení hrubých materiálov
- V súčasnosti je možné deliť polotovary do hrúbky 200 mm.
- Univerzálnosť spočívajúca okrem delenia ľubovoľných materiálov aj v tom, že pre ich delenie sa nevyžadujú rôzne nástroje.
- Umožňuje deliť i materiály, pri rezaní ktorých dochádza mechanickým spôsobom k uvoľňovaniu prachových, karcinogénnych či jedovatých látok do ovzdušia.



evropský sociální fond v ČR

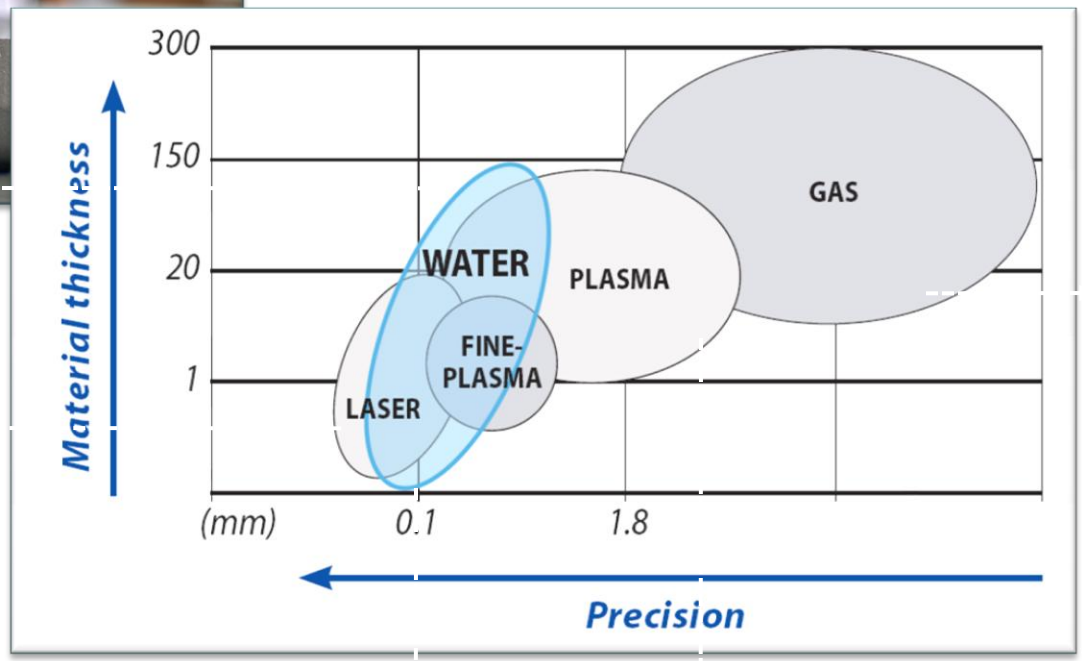
EVROPSKÁ UNIE

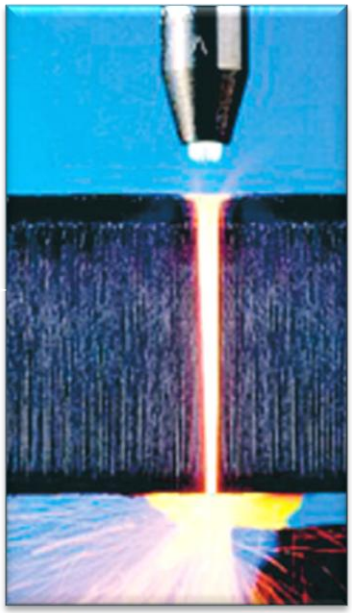
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

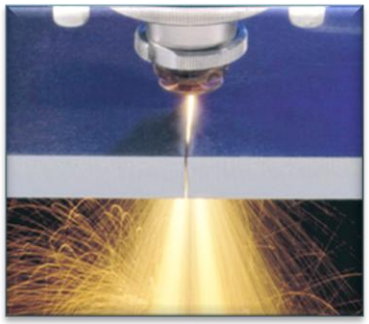
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

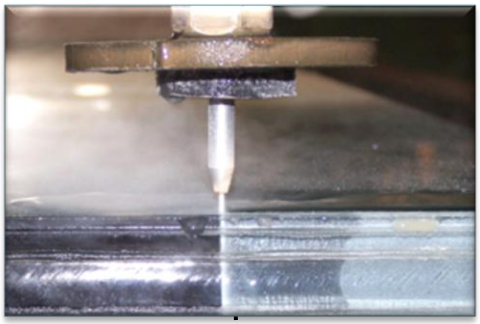
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

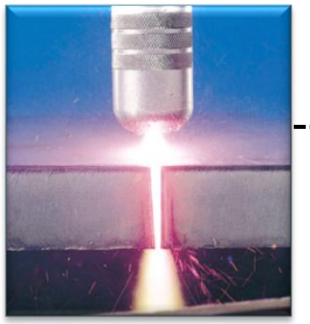
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ







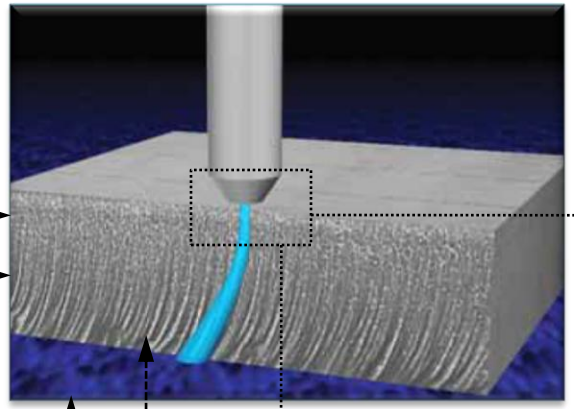


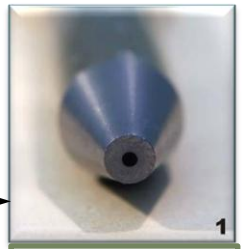


Nie je zabezpečená dostatočná kvalita rezu pri delení hrubých materiálov

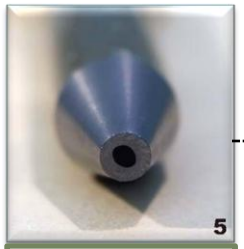
Pôsobením odporu rezaného materiálu nespráva ako pevný nástroj, preto je obtiažne dosiahnuť dokonale kolmú plochu.

Z hľadiska prierezu deleného materiálu je rozdiel kvality rezu medzi hornou a dolnou oblasťou povrchu.





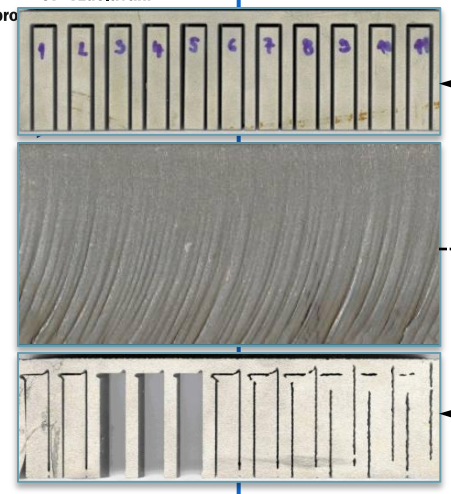
d_f = 0,89 mm

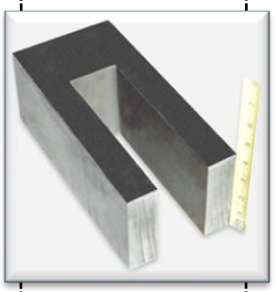


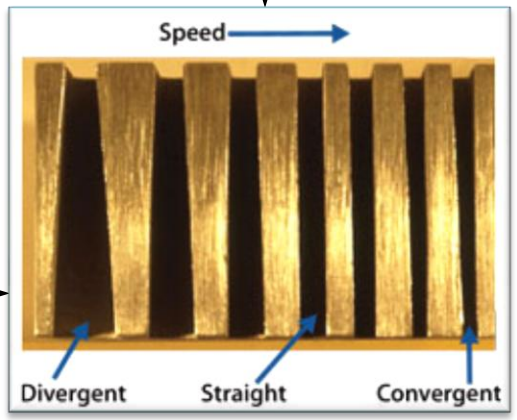
d_f = 1,3 mm

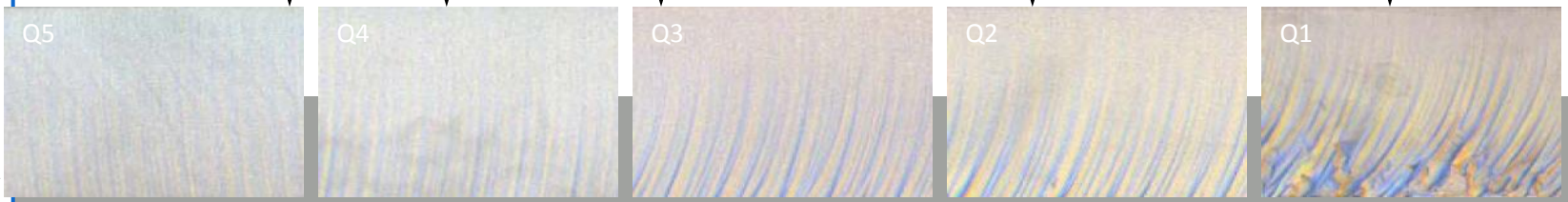
V dôsledku opotrebenia zaostrovacej trubice degradujú vlastnosti AWJ, čo sa prejavuje zväčšením priemeru nástroja

Pretrvávajúcim problémom spojeným s vysokorýchlostným hydroabrazívnym prúdom sú nerovnosti vo forme rýh a drsnosti, ktoré vznikajú pri delení materiálov uvedenou technológiou.









OP Vzdělávání
OPVK INTEGRITA

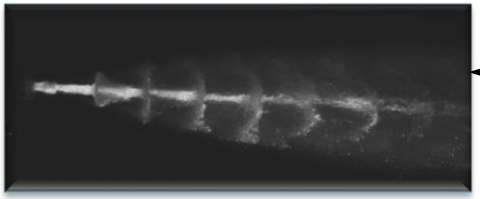
evropský sociální fond v ČR

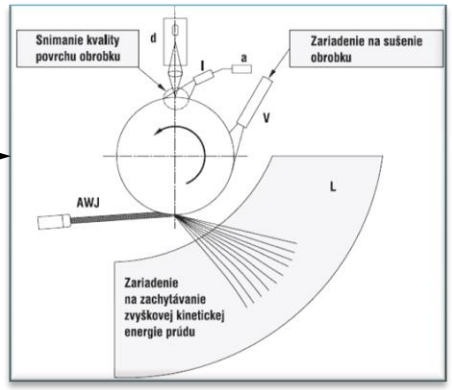
EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

OP Vzdělá
pro konkurence

INVEST
DO RO
VZDĚLÁVÁNÍ





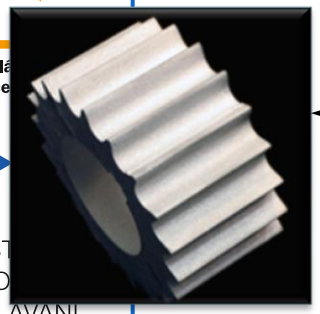
On line control

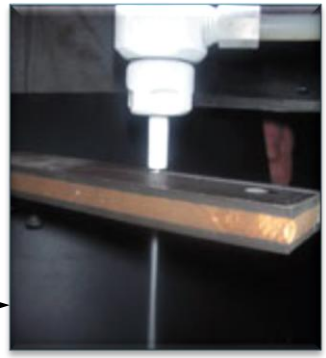
Pulzujúce prúdy

Presné delenie

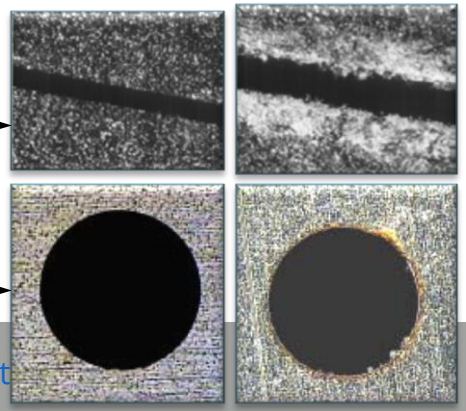
AWJ
Laser
Plazma

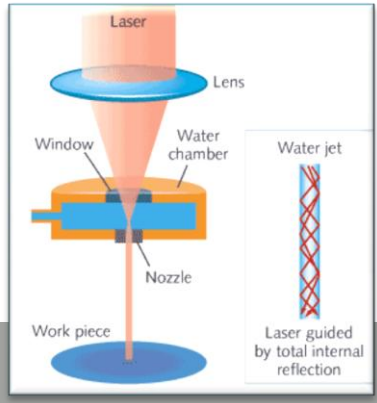
Delenie dusíkom



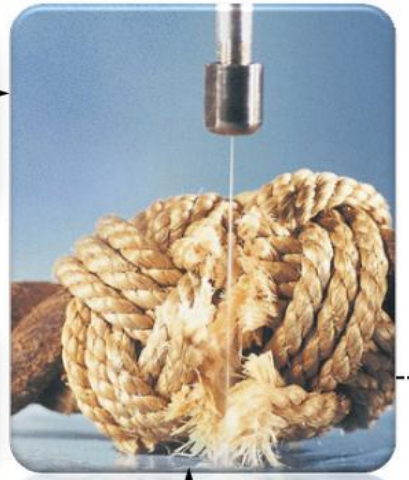


Výhody:
-Nie je potrebné riadiť Z os,
-Šírka reznej škáry 50 µm
- Veľmi malá HAZ
-Znížená oxidácia plochy
-Bez ochranného plynu



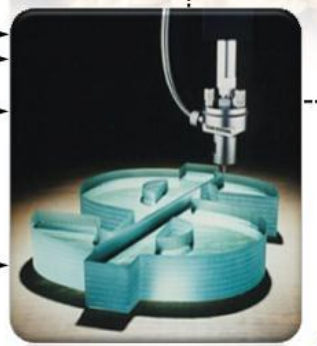


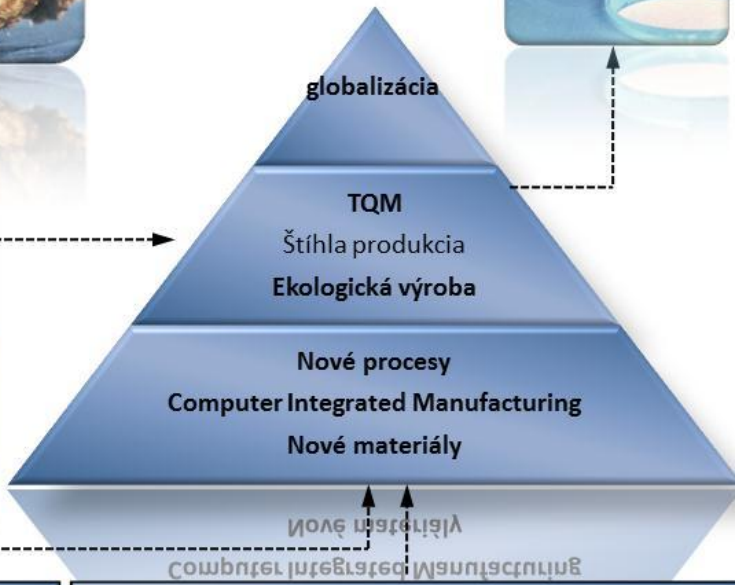
Jedným z mála nástrojov schopných zvládnuť požiadavky technológov a prispôsobiť sa trendu vývoja nových materiálov je AWJ.



Technológia delenia materiálov AWJ zvyšuje finančné úspory (okrem priamych výrobných nákladov):

- zvýšením produktivity práce
- skvalitnením životného prostredia a hygieny práce
- úspory nástrojov i výrobnej kapacity, polotovarov a energie
- úspory práce spojenej s následným obrábaním, možnosťou deliť na jednom stroji ľubovoľné materiály bez potreby rôznych nástrojov.





V súčasnosti je známych viac než 50 tisíc konštrukčných materiálov

Množstvo nových materiálov je umelo vyrobených a navrhnutých vedcami za účelom dosiahnutia požadovaných špecifických vlastností.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VALÍČEK, J., HLOCH, S., et al. An investigation of surfaces generated by abrasive waterjets using. In: ***Strojniški vestnik.*** vol. 53, no. 4 **(2007)**, p. 224-232. ISSN 0039-2480.

HLOCH, S., VALÍČEK, J. O mechanizme úberu vysokorýchlostným hydroabrazívnym prúdom. In: ***Strojárstvo.*** roč. 10, č. 12 **(2006)**, s. 12-13. ISSN 1335-2938.

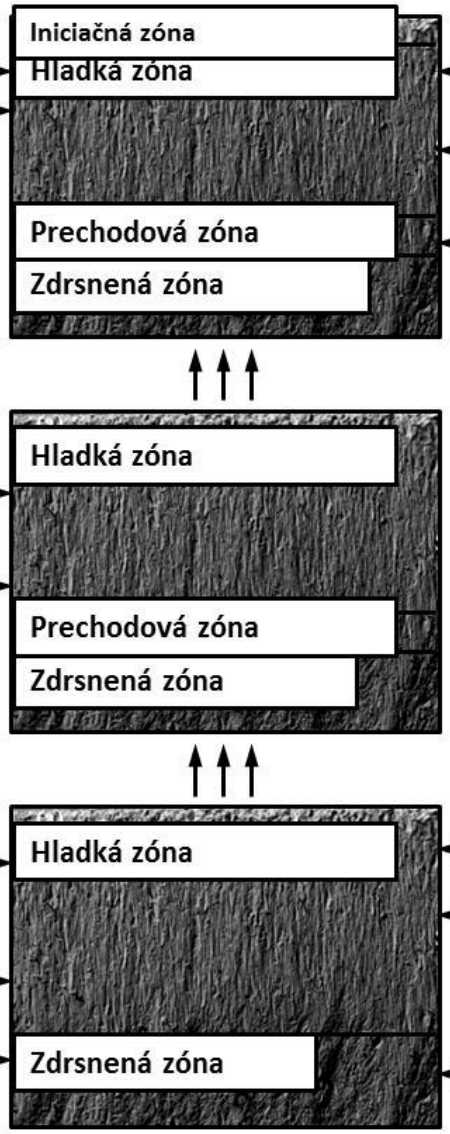
CHEN, F., L.; SIORES, E. The effect of cutting jet variation on striation formation in abrasive water jet cutting, In: ***International Journal of Machine Tools & Manufacture*** 41 **(2001)** 1479–1486.

MOMBER, W., A., KOVACEVIC, R. Principles of Abrasive Water Jet Machining. Springer-Verlag Berlin Heidelber, **1998**, New York.

ZENG, J., KIM, T., J. An erosion model of polycrystalline ceramics in abrasive waterjet cutting, **Wear** 193 (2) **(1996)** 207.

GUO, N. S. Schneidprozess und Schnittqualität beim Wasserabrasiusstrahl – schneiden. **VDI Verlag, (1994)**, s. 174.

HASHISH, M. A model study of metal cutting with abrasive water jet. ***ASME J. Engng. Mat. and Techn.***, 106, **(1984)**, pp. 88-100.



HASCALIK, A., CAYDAS, U., GURUN, H. Effect of traverse speed on abrasive waterjet machining of Ti–6Al–4V alloy. *In.* ***Materials & Design***, Volume 28, Issue 6, **(2007)**, pp. 1953-1957

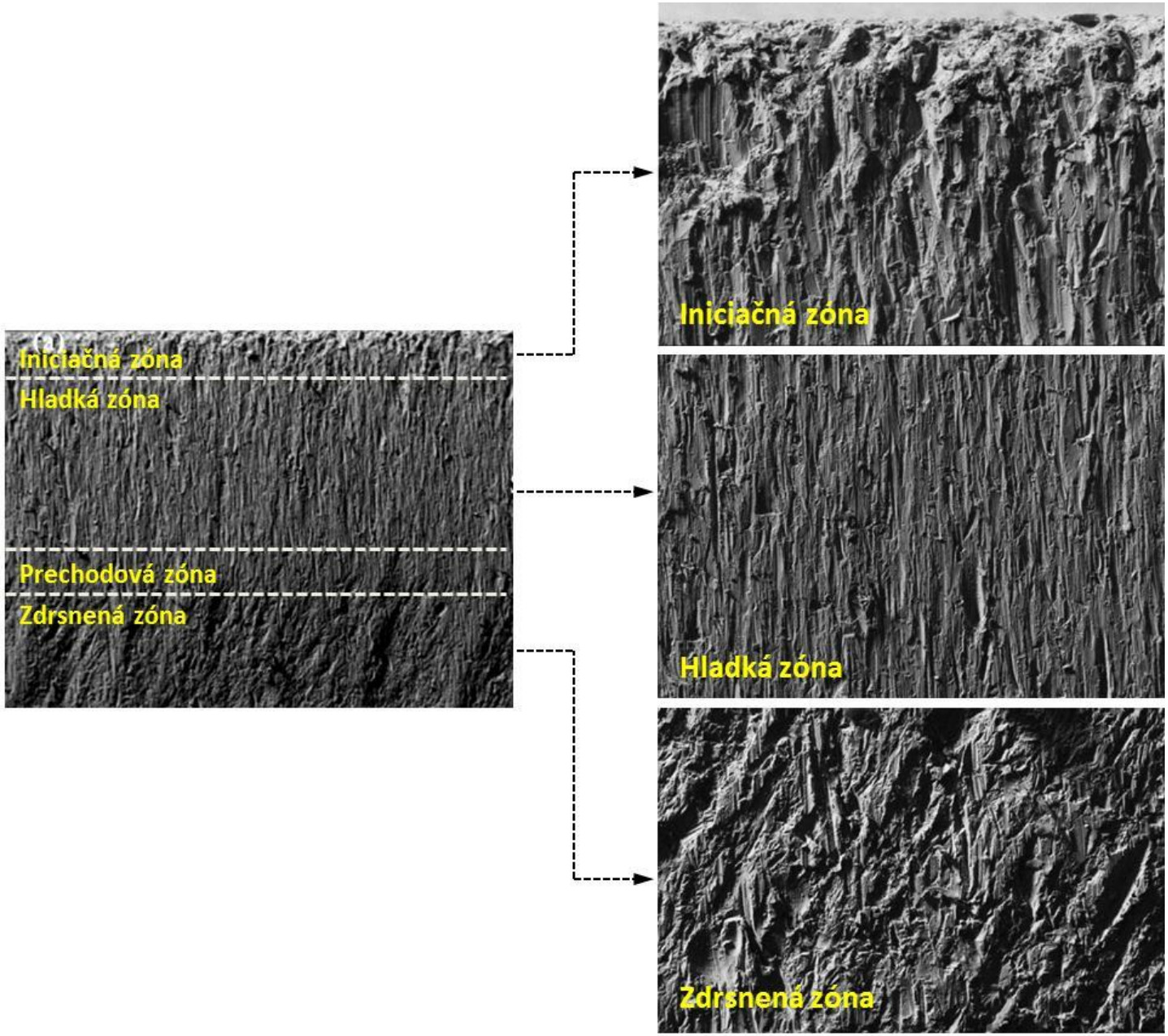
AROLA, D., RAMULU, M. Material removal in abrasive waterjet machining of metals Surface integrity and texture. ***WEAR*** *210* ***(1997)***, vol. 210, no 1, p. 50-58.

AROLA, D., RAMULU, M. *Mechanism of material removal in abrasive waterjet machining of common aerospace materials*, in: **Proc. of the 7th American Water Jet Conf., 1993**, pp. 43–64.

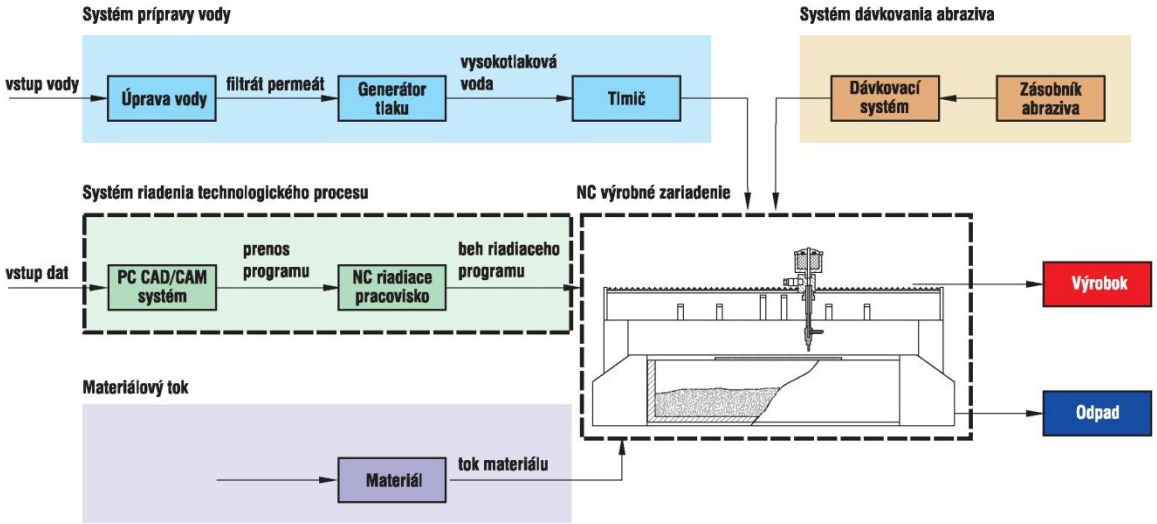
M. NIU, Y. FUKUNISHI, R. KOBAYASHI, Experimental and numerical studies on the mechanism of abrasive jet cutting, **Proc.of the Ninth American Waterjet Conference (1997)** 145–156

BITTER, J. A. study of erosion phenomena part I. ***WEAR,*** vol. 6, 1963A, p. 5-21.

BITTER, J. A. study of erosion phenomena, part II. ***Wear,*** vol. 6, 1963B, p.169-190.



evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ
OPVK INTEGRITA

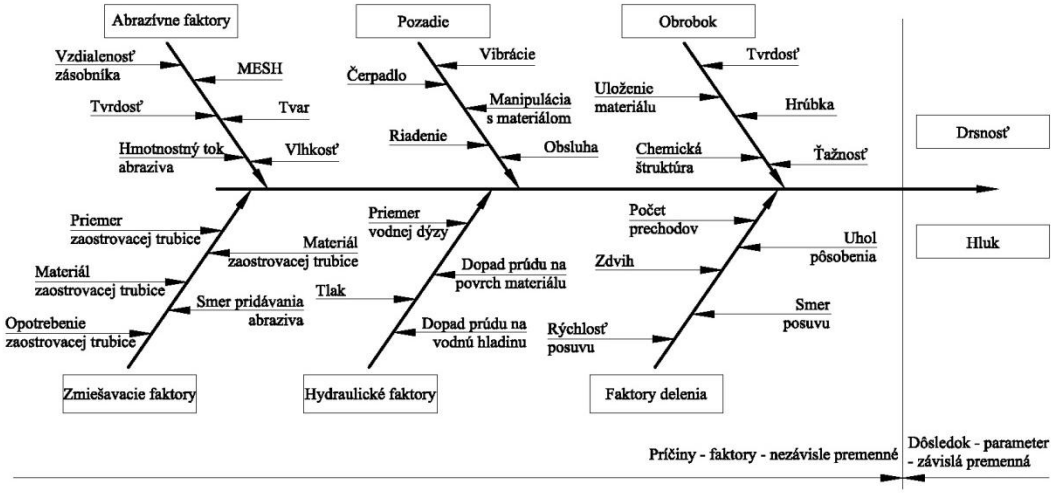


> Cieľom technológie AWJ s automatizovanou prevádzkou je delenie materiálov s požadovanou presnosťou.

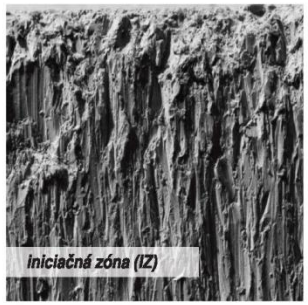
Technológia hydroabrazívneho delenia je už hardvérovo i softvérovo do značnej miery vyriešená, ale spôsob kontroly kvality povrchu vytvorených plôch s kontinuálnym riadením (on-line) pri výrobe naďalej zostáva technickým problémom.

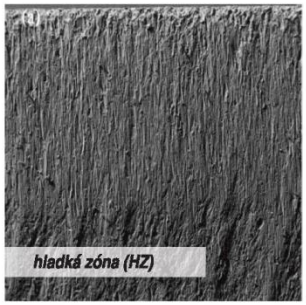
Práve riadenie takejto technológie predstavuje jednu z možností ako túto technológiu optimalizovať čo sa týka produktivity práce a riadenia kvality výroby. Pomocou novo vyvinutej optickej metódy je možné takto v reálnom čase kontrolovať proces delenia vysokorýchlostným hydroabrazívnym prúdom.

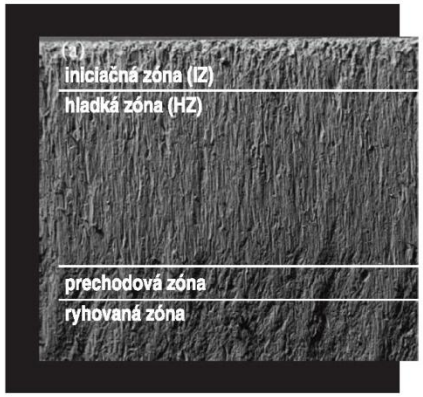
evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ
OPVK INTEGRITA

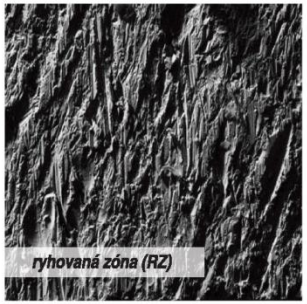


Príčiny ovplyvňujúce nerovnosti povrchov pri delení hydro-abrazívnym prúdom









SEM fotografie povrchu titánu, na ktorom je zreteľne vidieť tri morfologicky odlišné oblasti

Na základe mikroštruktúrneho hodnotenia vytvorených povrchov na vzorkách sa prejavujú tri odlišné zóny, ktoré boli označené ako:

1. iniciačná zóna (IZ), kde dochádza k reznému opotrebeniu pri plytkých uhloch nástroja s deleným materiálom;

2. hladká zóna (HZ), ktorá je zónou, v ktorej dominuje rezný mechanizmus pri väčších uhloch abrazívneho prúdu s deleným materiálom;

3. ryhovaná zóna (RZ), na začiatku ktorej dochádza k zaostávaniu hydroabrazívneho prúdu.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ
OPVK INTEGRITA

evropský sociální fond v ČR

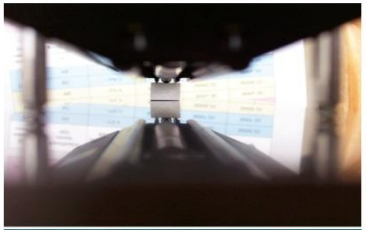
EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Nevýhody: —

- neumožňuje kontinuálnu kontrolu a riadenie kvality povrchu
- relatívne pomalý pohyb hrotu po meranom povrchu
- deštrukcia povrchu pri mäkkých materiáloch
- opotrebenie polomeru hrotu

Výhody: +

- priame meranie štruktúry povrchu
- vysoká rozlišovacia schopnosť
- vzhľadom k priamemu meraniu môžu slúžiť pre kalibráciu výsledkov z nepriamych metód

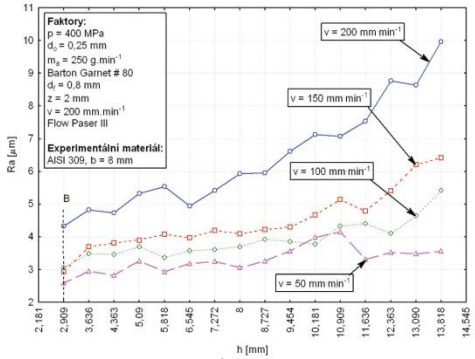
Nevýhody: —

- vyžaduje prvotné predpoklady o meranom povrchu
- meranie parametrov štruktúry je nepriame
- zložitejšia interpretácia výsledkov

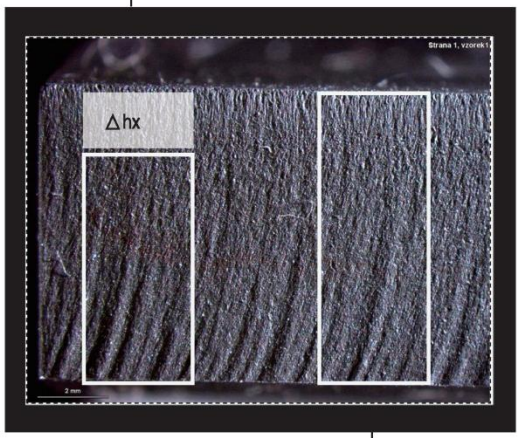
Výhody: +

- bezkontaktnosť, nedeštruktívnosť, vysoká informatívnosť, opakovateľnosť merania,
- okamžité výsledky, schopnosť kontinuálnej kontroly a riadenia kontroly povrchu,
- možnosť merania on-line

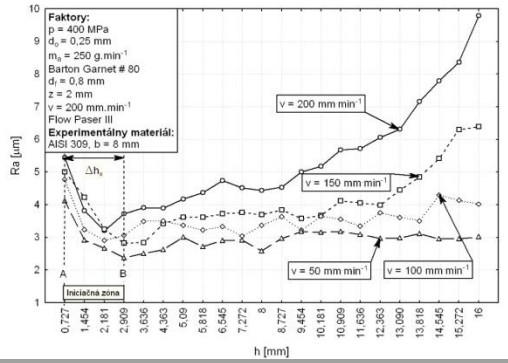
Kontaktný profilometer:



Tvar topografickej funkcie
Ra = f(h) bez iniciačnej zóny



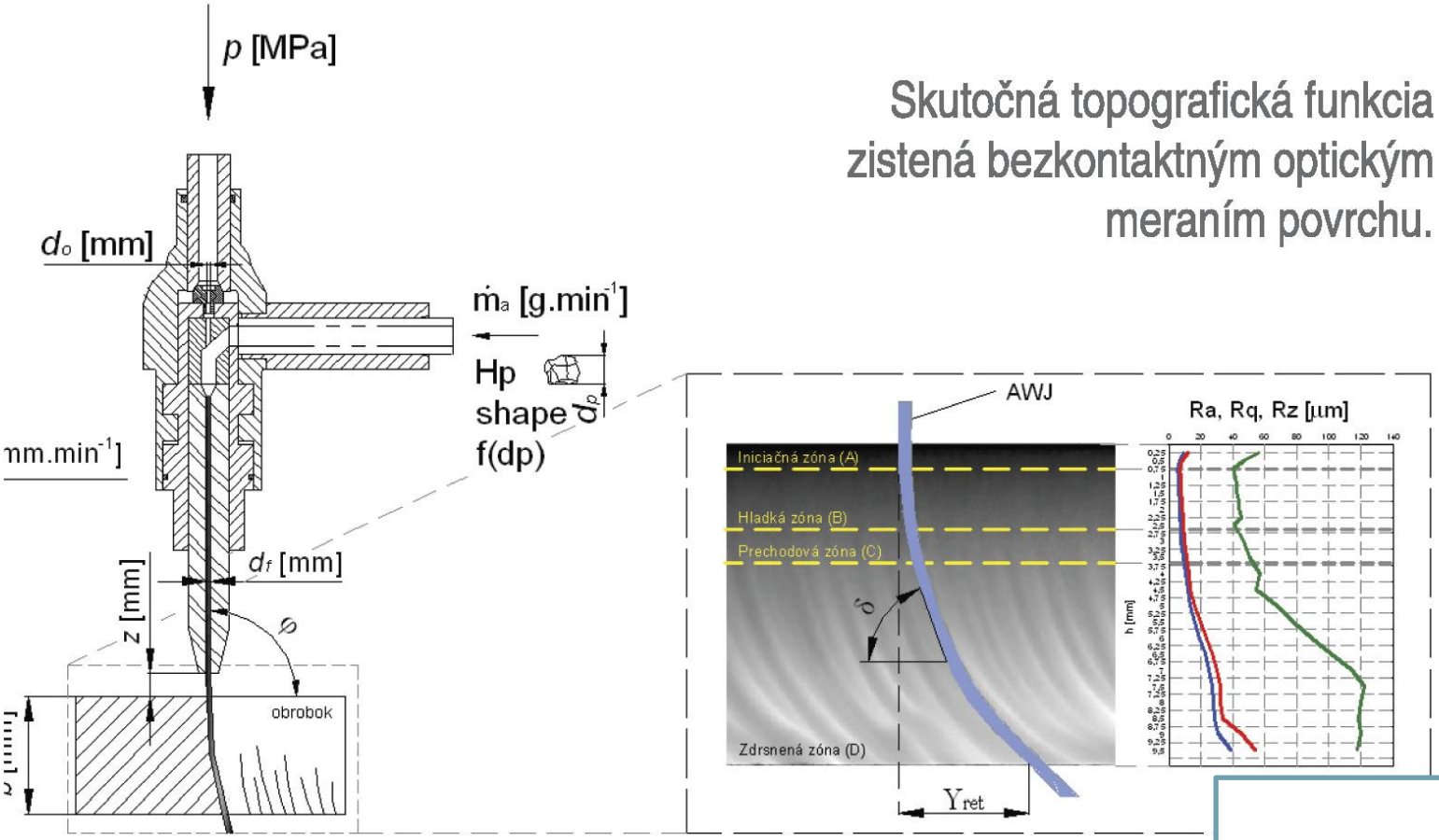
Skutočný tvar topografickej funkcie
Ra = f(h) vrátane iniciačnej zóny



Optický profilometer:

OPVK INTEGRITA

Skutočná topografická funkcia zistená bezkontaktným optickým meraním povrchu.



Nepriama identifikácia

- Definovanie problému
- Stanovenie cieľov
- Experimentálna procedúra
- Výsledky práce
  - Proces spracovania nameraných údajov
  - Zhodnotenie celkových priebehov amplitúd v čase
  - Vyhodnotenie FFT diagramov signálov Akustickej Emisie (AE)
  - Zo získaných charakteristík budú vytvorené regulačné rovnice aplikovateľné v on-line riadení procesu technológie AWJ

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ
OPVK INTEGRITA

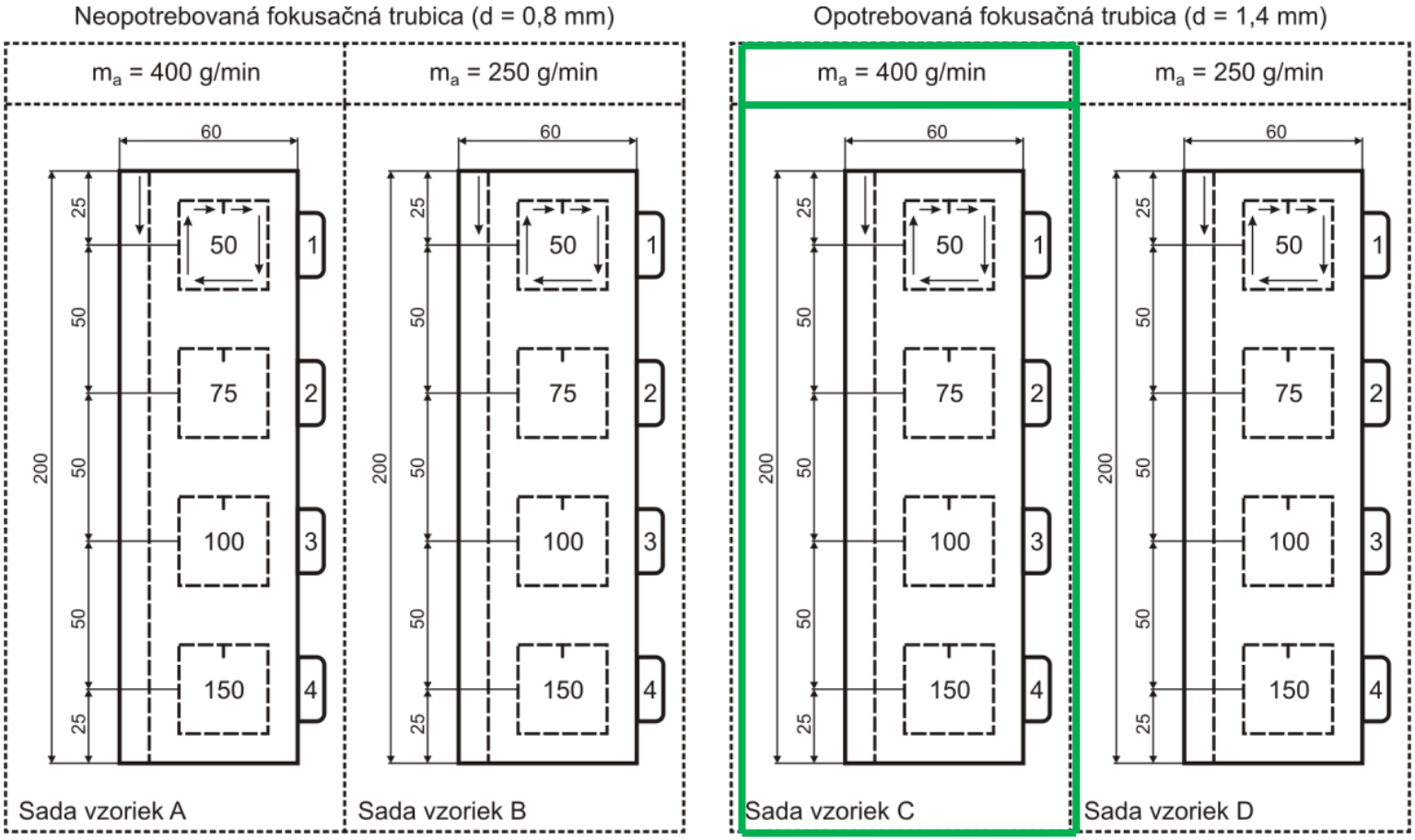
Definovanie problému a cieľov

- Slabé zakomponovanie signálov akustického tlaku do procesu on-line riadenia,
- Nedostatočne charakterizované vzťahy medzi faktormi AWJ a signálmi Akustickej Emisie (AE).

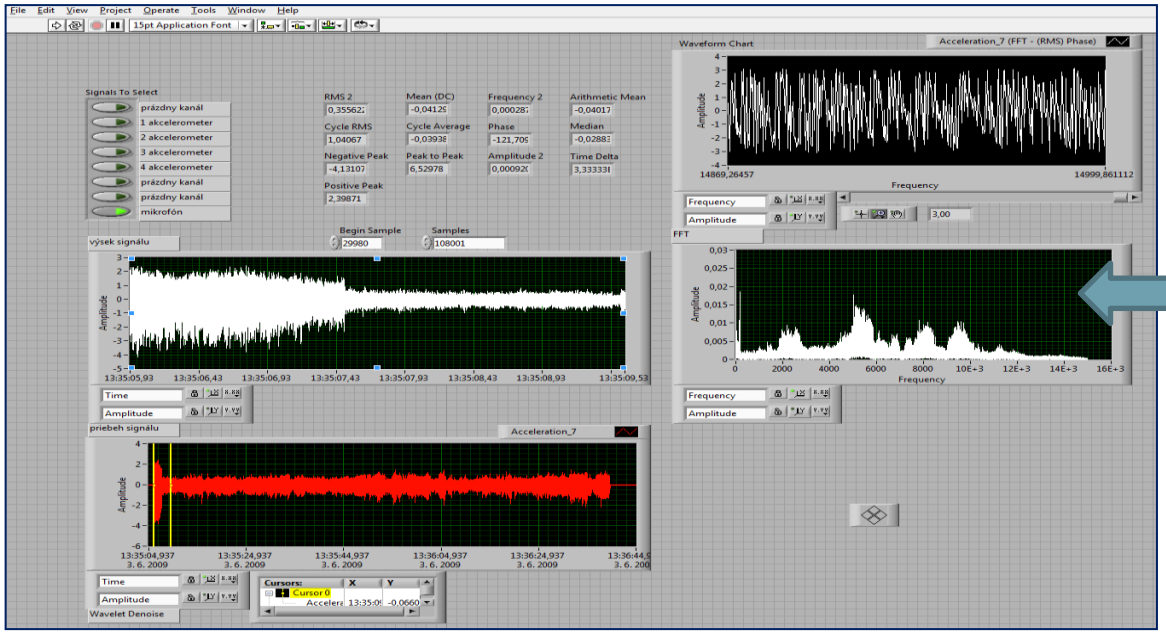
- Získať a popísať priebehy amplitúd signálov AE v čase, FFT spektrá signálov AE,
- Graficky vyjadriť priebeh hodnôt Peak-To-Peak (max. amplitúd) a RMS hodnôt signálu AE v čase,
- Graficky a následne regulačnou rovnicou vyjadriť závislosť Peak-To-Peak (max. amplitúd) a RMS hodnôt signálov na rýchlosti $v_{pn.}$

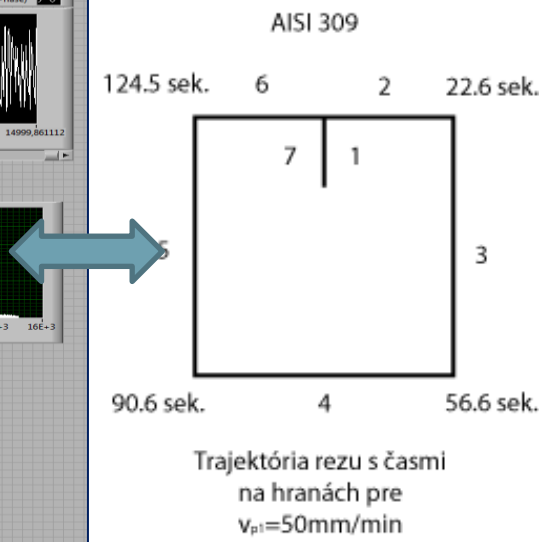
evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ
OPVK INTEGRITA

Experimentálna procedúra



Výsledky



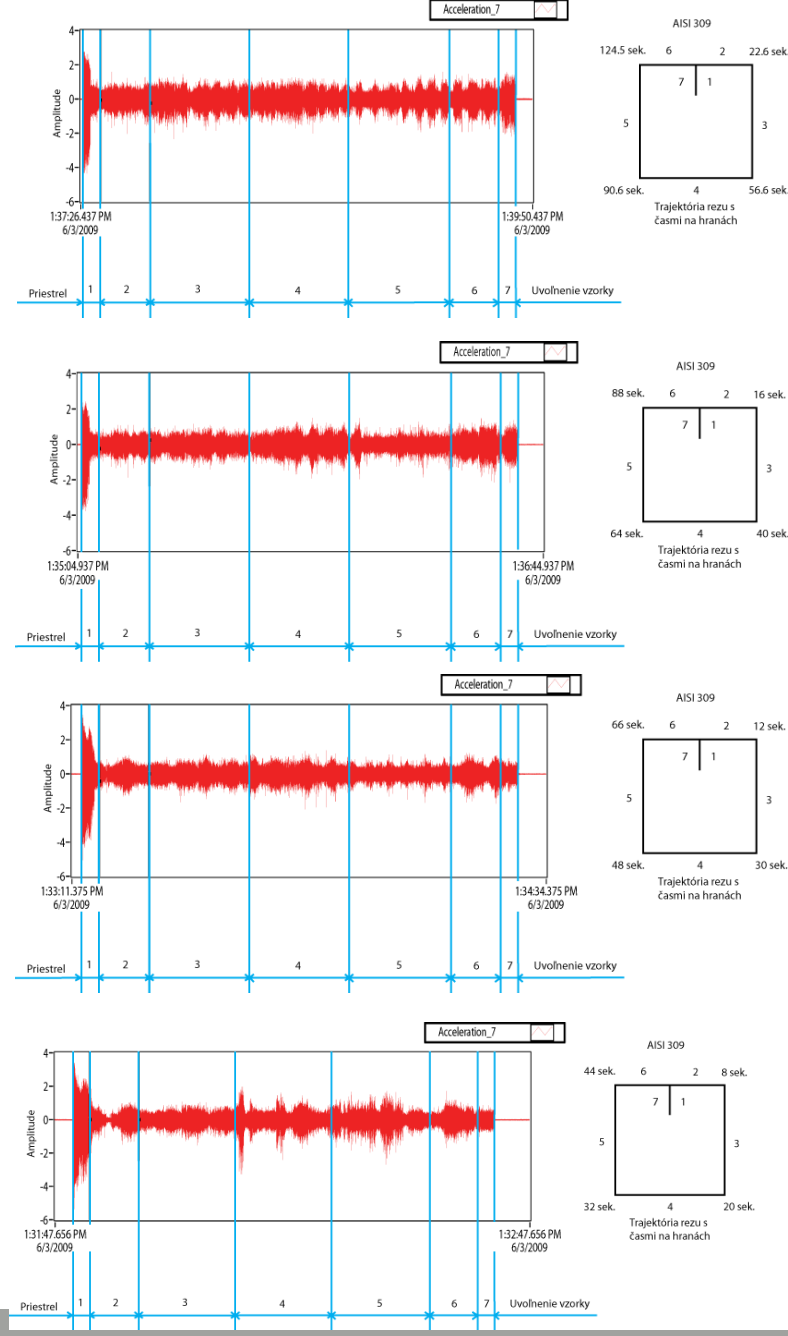


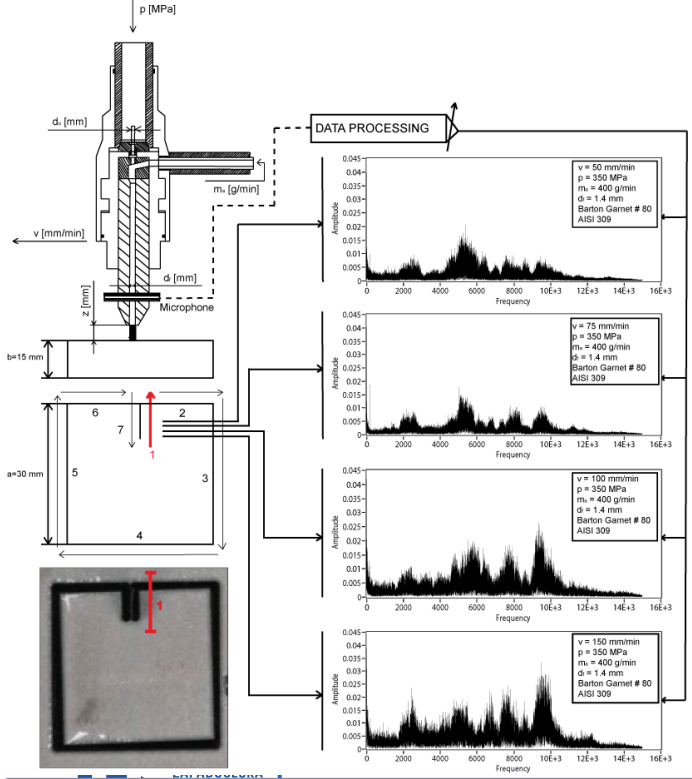
Analýza prejavov akustickej emisie softvérom LabView® 2009

- Získané priebehy signálov AE pre v_{p1}, v_{p2}, v_{p3} a v_{p4} v siedmich úsekoch rezu,
- Tieto priebehy boli v nasledujúcich častiach práce slovne i matematicky popísané podľa stanovených cieľov.

Môžeme tvrdiť:

- Amplitúdy v úsekoch 1 dosahujú najvyššie amplitúdy z dôvodu priestrelu materiálu,
- Amplitúdy úsekov 3, 4 a 5 pri rýchlostiach v_{p1}, v_{p2} a v_{p3} kolíšu väčšinou neperiodicky ale považujeme ich za stabilné; v_{p4} je v rovnakých úsekoch nestabilná,
- Vo všeobecnosti sa proces delenia za úsekom 4 stáva menej stabilným z dôvodu uvoľňovania vzorky,
- Zo štyroch sledovaných rýchlostí posuvu reznej hlavy v_p (v_{p1}, v_{p2}, v_{p3}, v_{p4}) považujeme za najstabilnejší rez o v_{p3} = 100 mm.min^{-1}.





Porovnanie FFT spektier štyroch rýchlostí vzorky C na úseku 1

Môžeme tvrdiť:

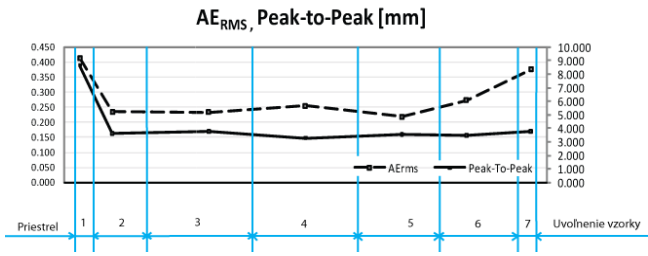
- Delený úsek 1 dosahoval v maximálnych amplitúdach v priemere 5.77 krát vyššie hodnoty ako zvyšok delených úsekov ,
- Úsek 6 dosahuje oproti úseku 2 vyššie amplitúdy z dôvodu mechanického uvoľnenia vzorky pred posledným úsekom,
- pri všetkých delených úsekoch medzi max. frekvencie patrili 2,5 kHz, 5,5 kHz, 7,7 kHz, 9,5 kHz,
- Frekvencie do 2 kHz a frekvencie na úrovniach 3, 4, 7 a 9 kHz celkovo nepreukázali významnú závislosť na variabilných faktoroch experimentu.

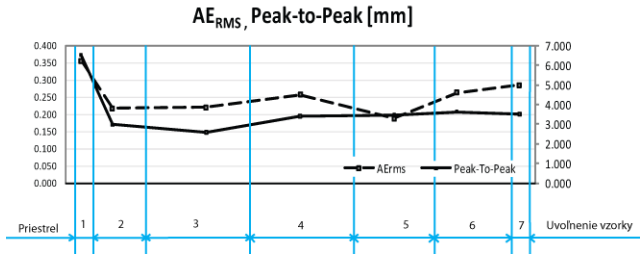
		Delené úseky						
		1. úsek	2. úsek	3. úsek	4. úsek	5. úsek	6. úsek	7. úsek
v=50 mm.min^{-1}	Peak Freq. [kHz]	5.3000	5.1000	5.4000	9.3000	9.6000	5.2000	5.2000
	Peak Ampl. [mm]	0.0209	0.0031	0.0022	0.0024	0.0022	0.0033	0.0033
v=75 mm.min^{-1}	Peak Freq. [kHz]	5.1000	5.4000	9.6000	8.1000	9.3000	9.7000	9.6000
	Peak Ampl. [mm]	0.0180	0.0030	0.0023	0.0024	0.0023	0.0044	0.0072
v=100 mm.min^{-1}	Peak Freq. [kHz]	9.4000	9.5000	9.4000	9.6000	9.3000	9.4000	5.6000
	Peak Ampl. [mm]	0.0260	0.0035	0.0030	0.0029	0.0028	0.0041	0.0055
v=150 mm.min^{-1}	Peak Freq. [kHz]	9.5000	2.6000	10.0000	5.4000	9.3000	9.4000	7.9000
	Peak Ampl. [mm]	0.0038	0.0044	0.0030	0.0036	0.0037	0.0038	0.0055

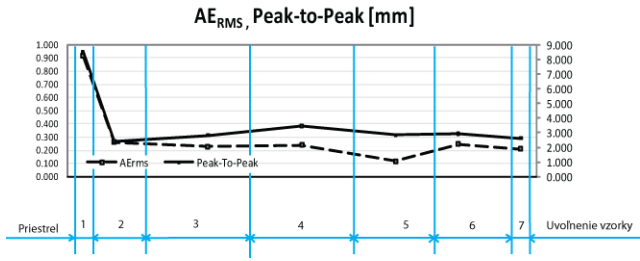
FFT Peak (maximálne) hodnoty signálov Akustickej Emisie u štyroch rýchlostí posuvu reznej hlavy pre material AISI 309

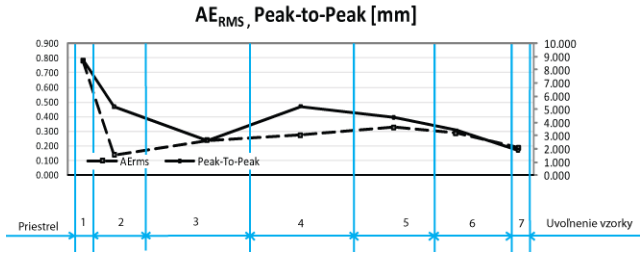
Môžeme tvrdiť:

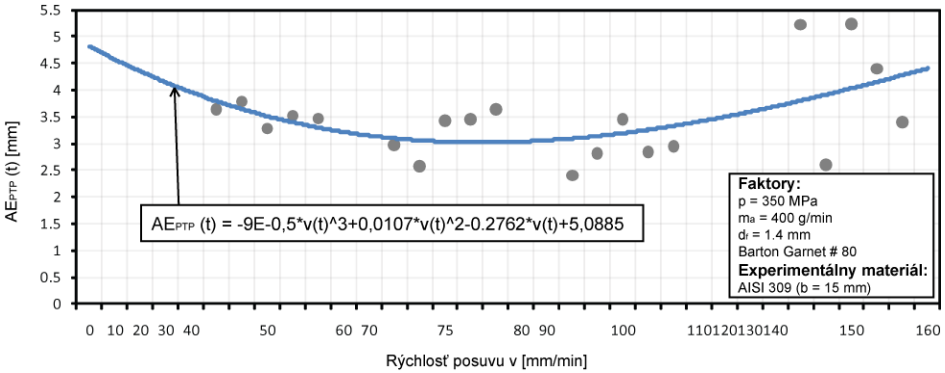
- Najvyššie hodnoty Peak-To-Peak (maximálne amplitúdy) sú dosahované na úseku 1 a to v čase priestrelu materiálu vodným lúčom,
- Maximálne amplitúdy v priebehu celých procesov delenia (úseky 1-7) buď mierne rástli alebo stagnovali až do konca procesu; v prípade v_{p4} išlo o nárast maximálnych amplitúd na úseku 4 (nestabilita rezu),
- Úrovne AE_{RMS} boli na začiatku procesu v úseku 1 najvyššie, keďže počas priestrelu materiálu bolo spotrebovanej najviac energie na prekonanie odporu materiálu;
- mierne vyššie úrovne AE_{RMS} boli zaznamenané na koncových úsekoch rezov (úseky 6 a 7) s výnimkou v_{p4} = 150 $mm.min^{-1}$, kde ide dokonca o pokles energie.









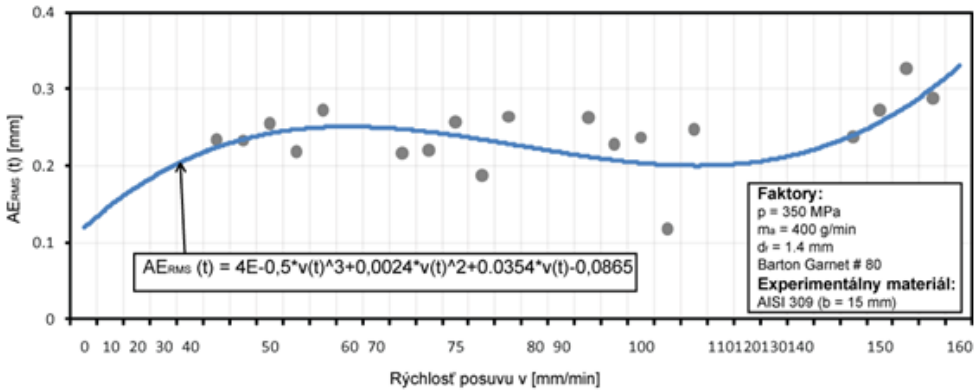


Závislosť hodnôt $AE_{PTP(t)}$ na rýchlosti posuvu reznej hlavy v_p

Nasledujúca regulačná rovnica bola získaná polynomickou regresiou 3. stupňa, všeobecne:

$$y = -9E\text{-}05x^3 + 0{,}0107x^2 - 0{,}2762x + 5{,}0885$$

$$\mathbf{AE_{PTP(t)} = -0{,}00009*v_{p(t)}^3 + 0{,}0107*v_{p(t)}^2 - 0{,}2762*v_{p(t)} + 5{,}0885}$$



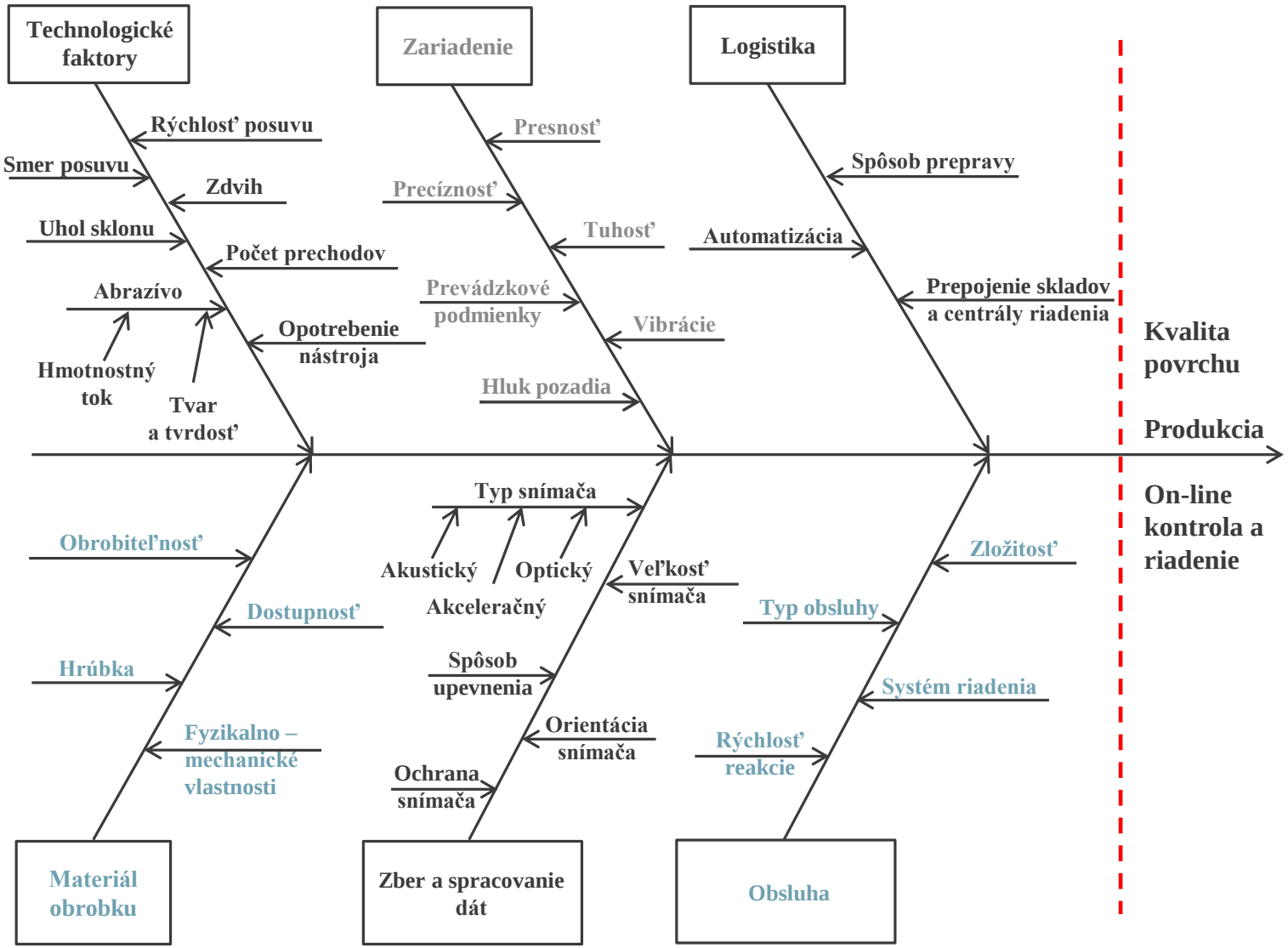
Závislosť hodnôt $AE_{RMS(t)}$ na rýchlosti posuvu reznej hlavy v_p

Nasledujúca regulačná rovnica bola získaná polynomickou regresiou 3. stupňa, všeobecne:

$$y = 4E\text{-}05x^3 - 0{,}0024x^2 + 0{,}0354x - 0{,}0865$$

$$AE_{RMS(t)} = 0{,}00004 * v_{p(t)}^3 - 0{,}0024 * v_{p(t)}^2 + 0{,}0354 * v_{p(t)} - 0{,}0865$$

Vibrácie


Technologické faktory
Zariadenie
Logistika
Rýchlosť posuvu
Smer posuvu
Zdvih
Uhol sklonu
Počet prechodov
Abrazívo
Hmotnostný tok
Tvar a tvrdosť
Opotrebenie nástroja
Presnosť
Precíznosť
Tuhosť
Prevádzkové podmienky
Vibrácie
Hluk pozadia
Spôsob prepravy
Automatizácia
Prepojenie skladov a centrály riadenia
Kvalita povrchu
Produkcia
On-line kontrola a riadenie
Typ snímača
Akustický
Optický
Akceleračný
Veľkosť snímača
Spôsob upevnenia
Orientácia snímača
Ochrana snímača
Obrobiteľnosť
Dostupnosť
Hrúbka
Fyzikalno – mechanické vlastnosti
Zložitosť
Typ obsluhy
Systém riadenia
Rýchlosť reakcie
Materiál obrobku
Zber a spracovanie dát
Obsluha

evropský sociální fond v ČR

EVROPSKÁ UNIE

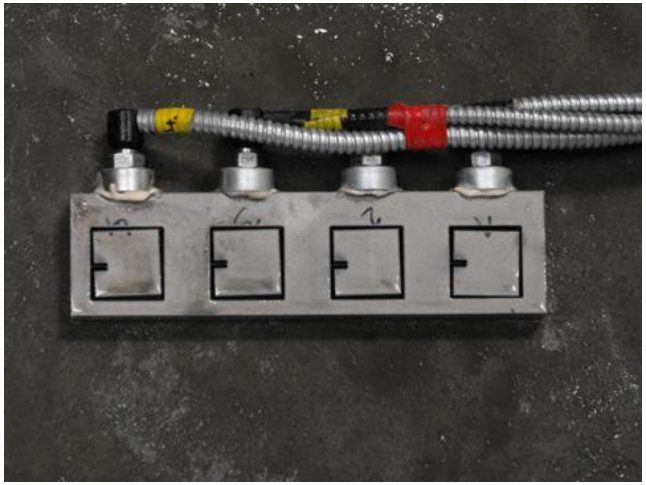
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

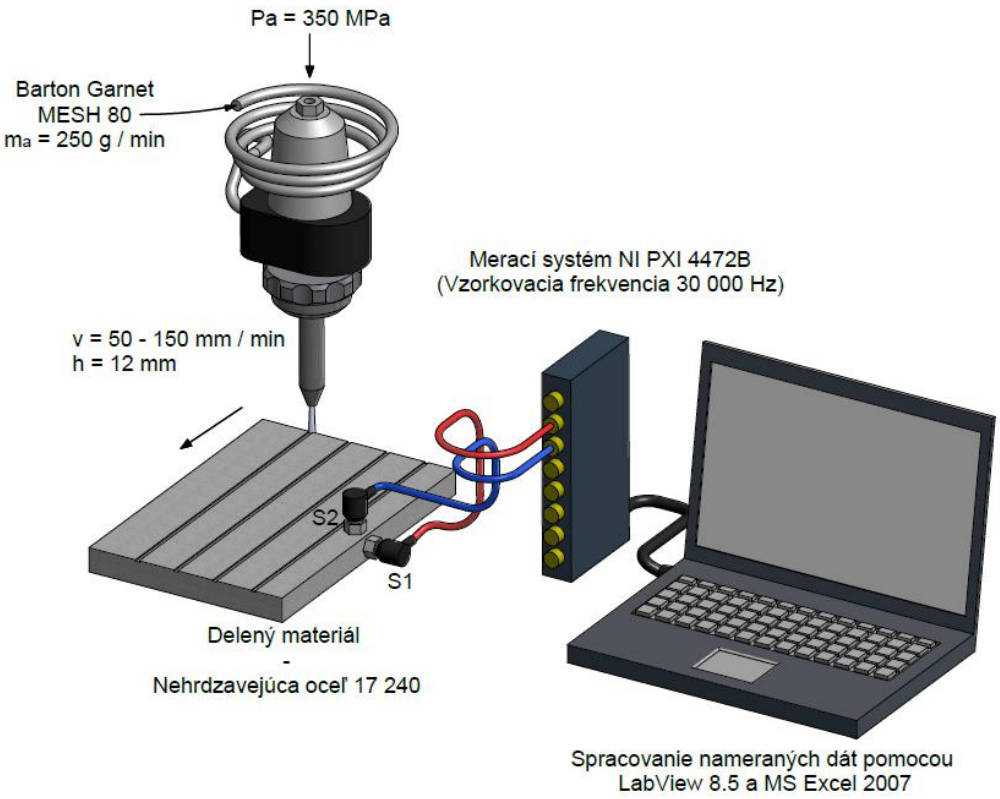
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

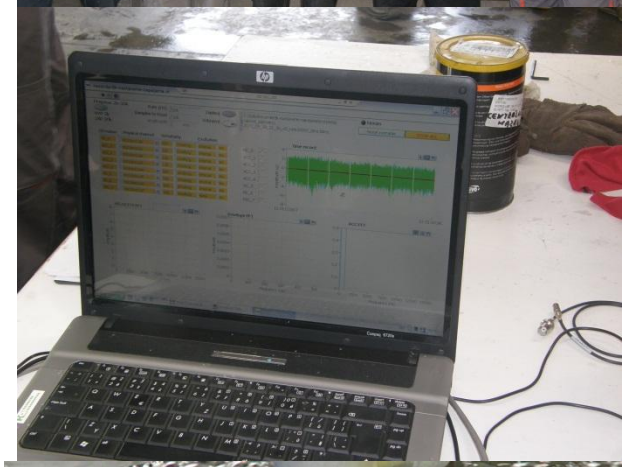
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Spracovanie poskytnutých dát z experimentov vykonaných v rámci našej katedry :
  - Vibračná analýza
  - Analýza topografie generovaného povrchu
- Porovnanie spracovaných dát vzhľadom na rozdielnosť vstupných nastavení s cieľom nájsť závislosť kvality povrchu na vzniknutých vibráciách
- Využitie získaných poznatkov pre návrh systému predikcie kvality povrchu (on-line monitorovanie kvality povrchu obrobku)

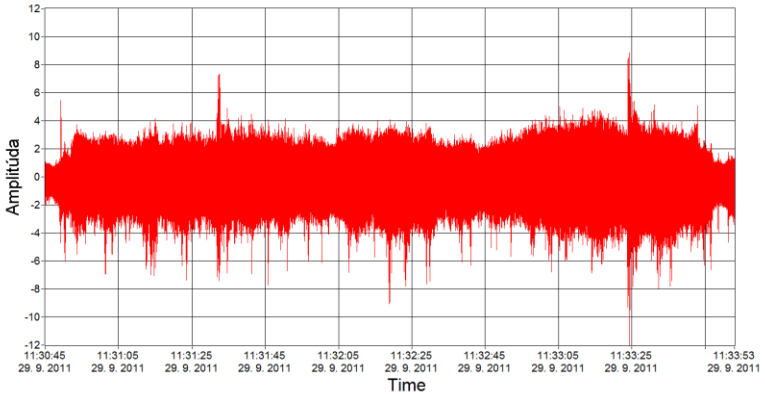


Experiment

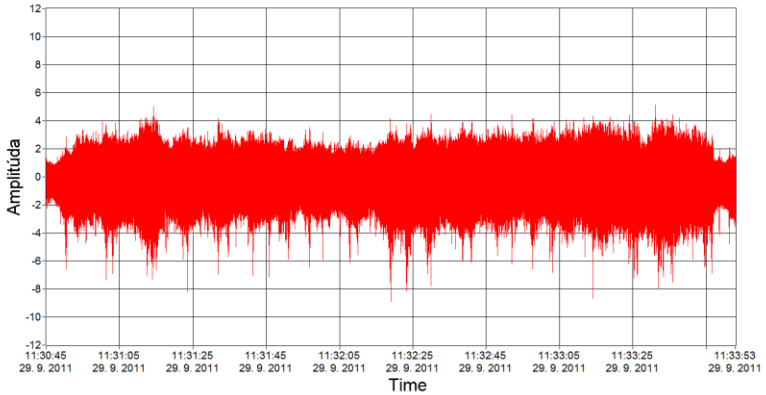

Pa = 350 MPa
Barton Garnet
MESH 80
ma = 250 g / min
Merací systém NI PXI 4472B
(Vzorkovacia frekvencia 30 000 Hz)
v = 50 - 150 mm / min
h = 12 mm
S2
S1
Delený materiál
-
Nehrdzavejúca oceľ 17 240
Spracovanie nameraných dát pomocou
LabView 8.5 a MS Excel 2007



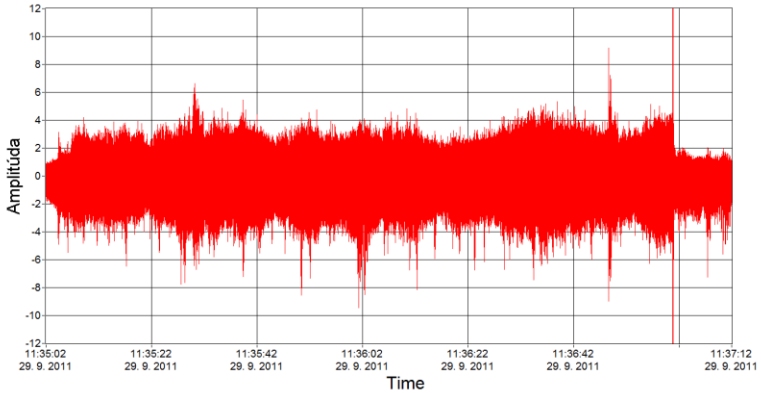
Analýza dát pomocou programu LabView 8.5 – vibračná analýza



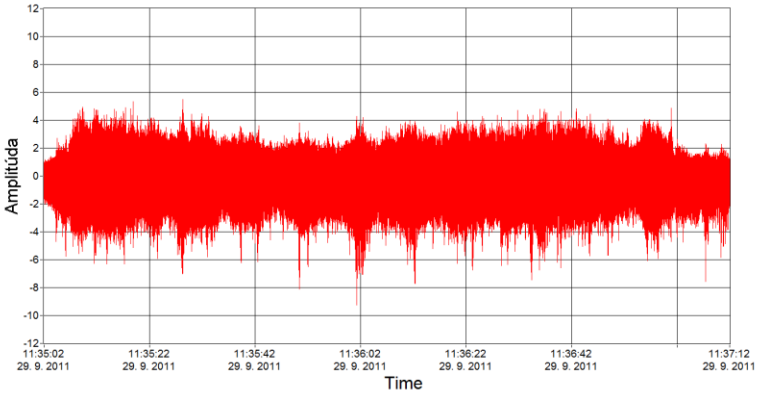
Obr. 3 Časový priebeh vibračného signálu pri rýchlosti posuvu v = 50 mm/min (snímač S1 – axiálny)



Obr. 4 Časový priebeh vibračného signálu pri rýchlosti posuvu v = 50 mm/min (snímač S2 – radiálny)

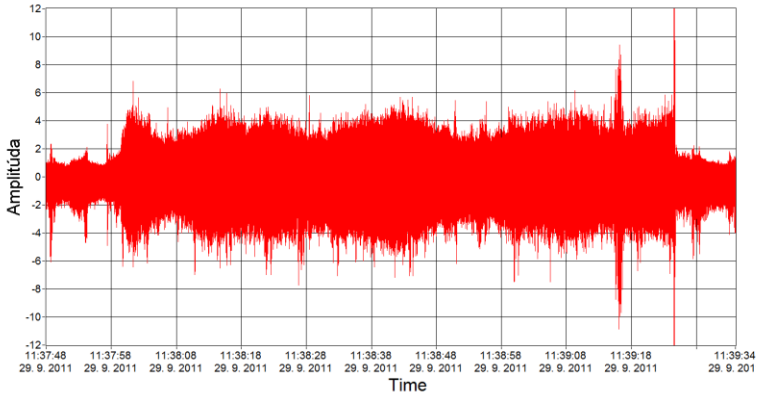


Obr. 5 Časový priebeh vibračného signálu pri rýchlosti posuvu v = 75 mm/min (snímač S1 – axiálny)

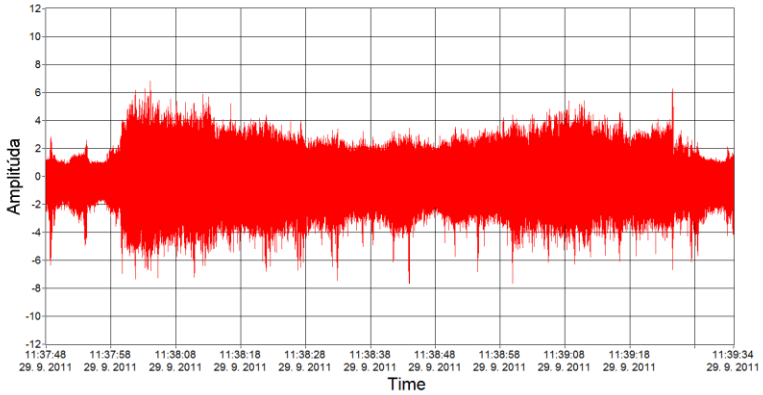


Obr. 6 Časový priebeh vibračného signálu pri rýchlosti posuvu v = 75 mm/min (snímač S2 – radiálny)

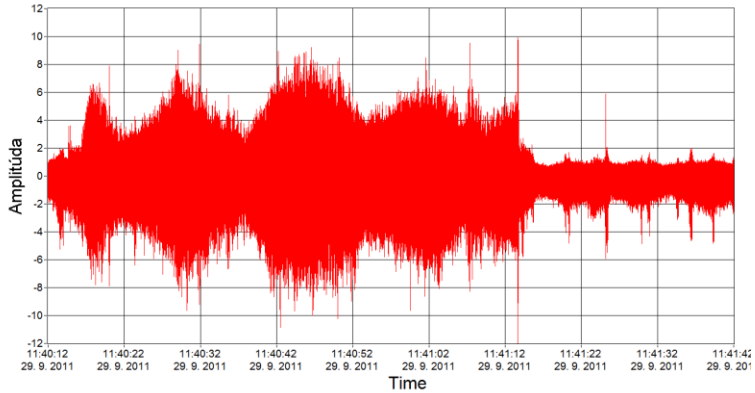
Analýza dát pomocou programu LabView 8.5 - vibračná analýza



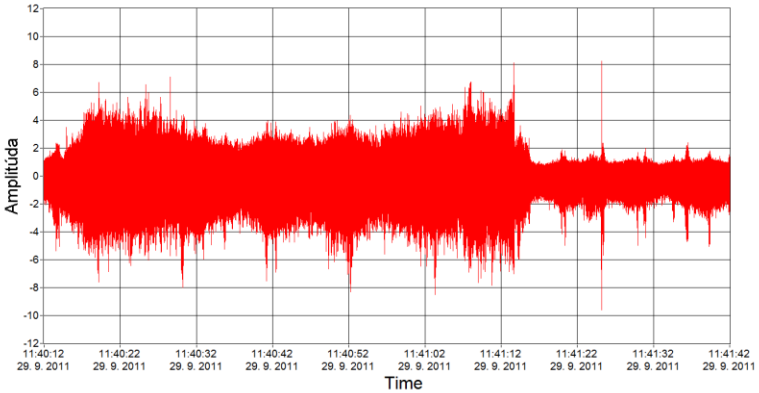
Obr. 7 Časový priebeh vibračného signálu pri rýchlosti posuvu v = 100 mm/min (snímač S1 – axiálny)



Obr. 8 Časový priebeh vibračného signálu pri rýchlosti posuvu v = 100 mm/min (snímač S2 – radiálny)

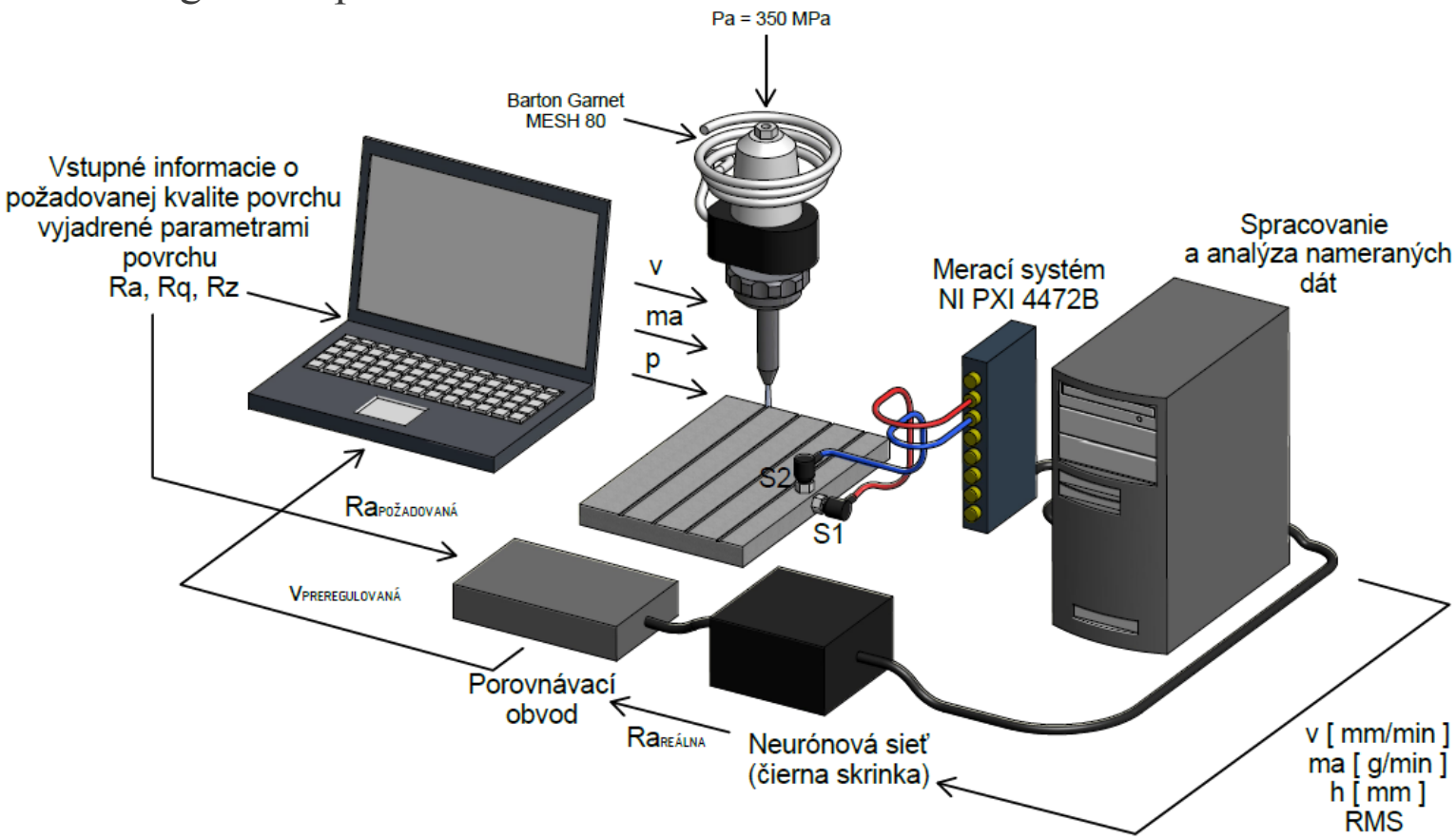


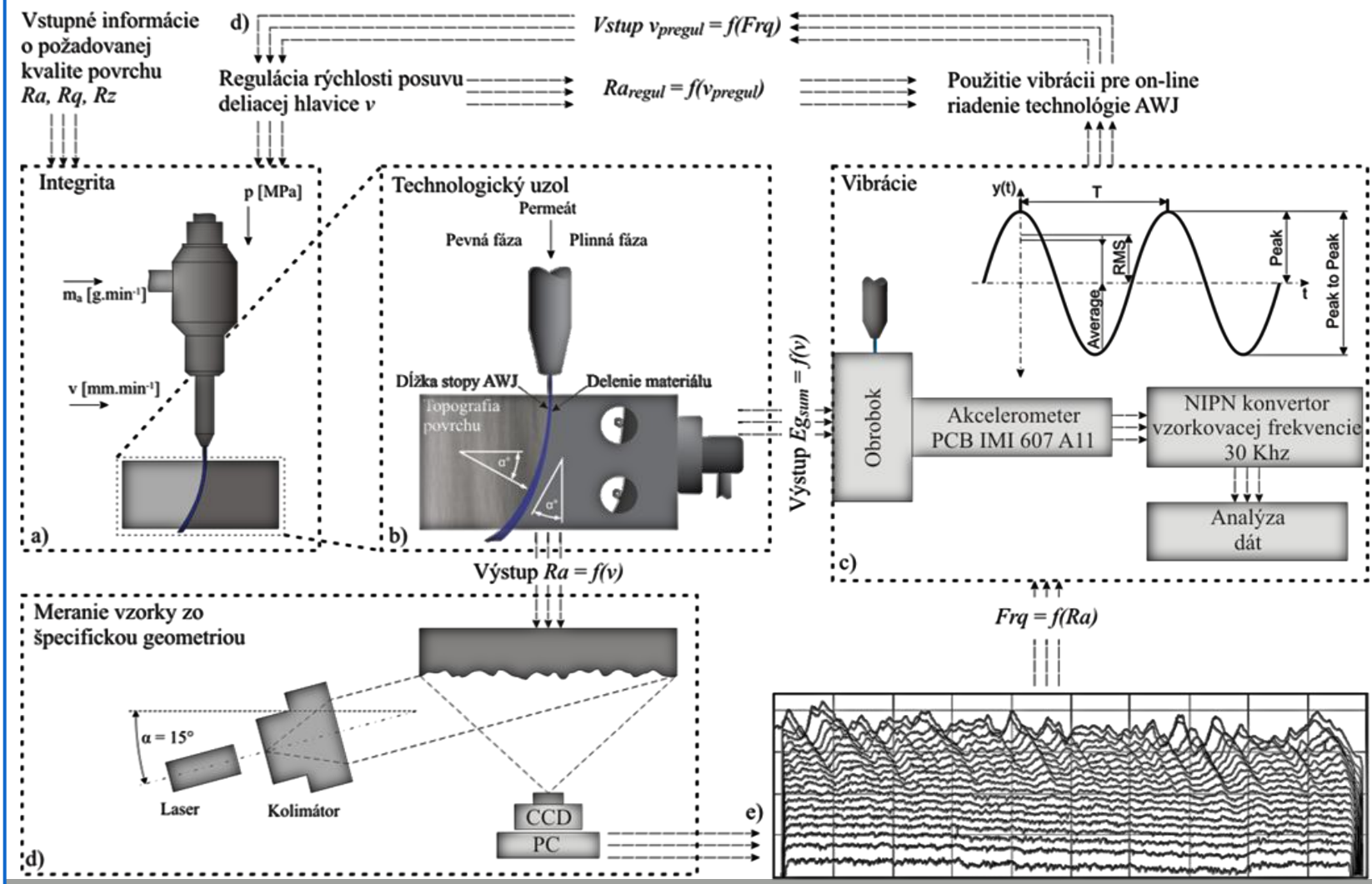
Obr. 9 Časový priebeh vibračného signálu pri rýchlosti posuvu v = 150 mm/min (snímač S1 – axiálny)



Obr. 10 Časový priebeh vibračného signálu pri rýchlosti posuvu v = 150 mm/min (snímač S2 – radiálny)

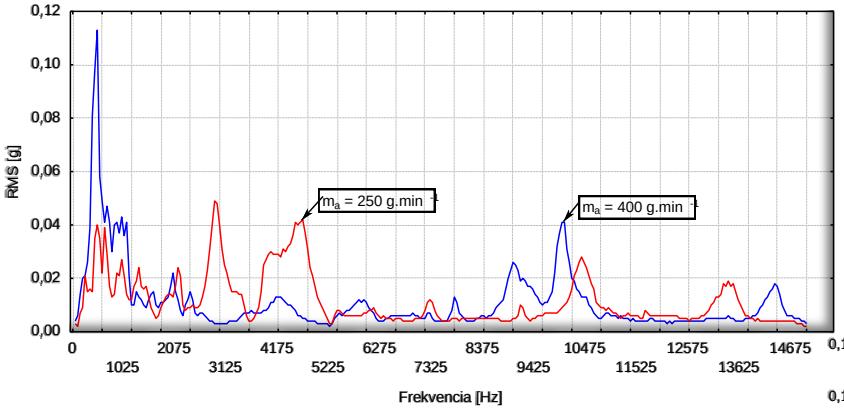
Návrh možného spôsobu on-line kontroly a riadenia daného technologického procesu

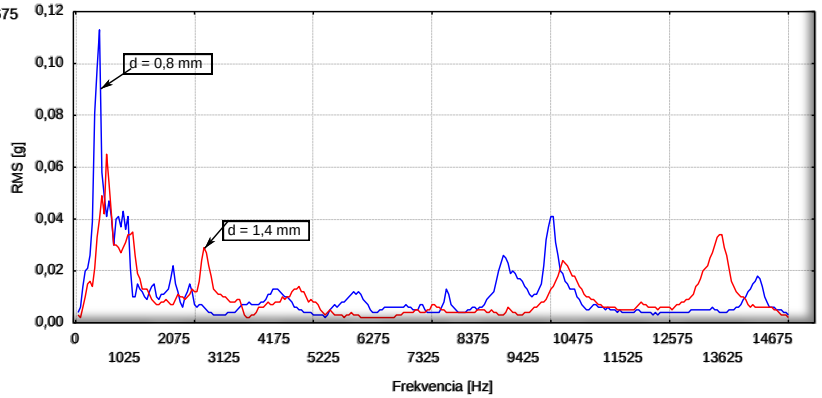



Vstupné informácie o požadovanej kvalite povrchu Ra, Rq, Rz
d)
Vstup $v_{pregul} = f(Frq)$
Regulácia rýchlosti posuvu deliacej hlavice v
$Ra_{regul} = f(v_{pregul})$
Použitie vibrácii pre on-line riadenie technológie AWJ
Integrita
p [MPa]
m_a [g.min^{-1}]
v [mm.min^{-1}]
a)
Technologický uzol
Permeát
Pevná fáza
Plinná fáza
Dĺžka stopy AWJ
Delenie materiálu
Topografia povrchu
b)
Výstup $Eg_{sum} = f(v)$
Vibrácie
y(t)
T
RMS
Average
Peak
Peak to Peak
t
Obrobok
Akcelerometer PCB IMI 607 A11
NIPN konvertor vzorkovacej frekvencie 30 Khz
Analýza dát
c)
Výstup $Ra = f(v)$
Meranie vzorky zo špecifickou geometriou
α = 15°
Laser
Kolimátor
CCD
PC
d)
$Frq = f(Ra)$
e)

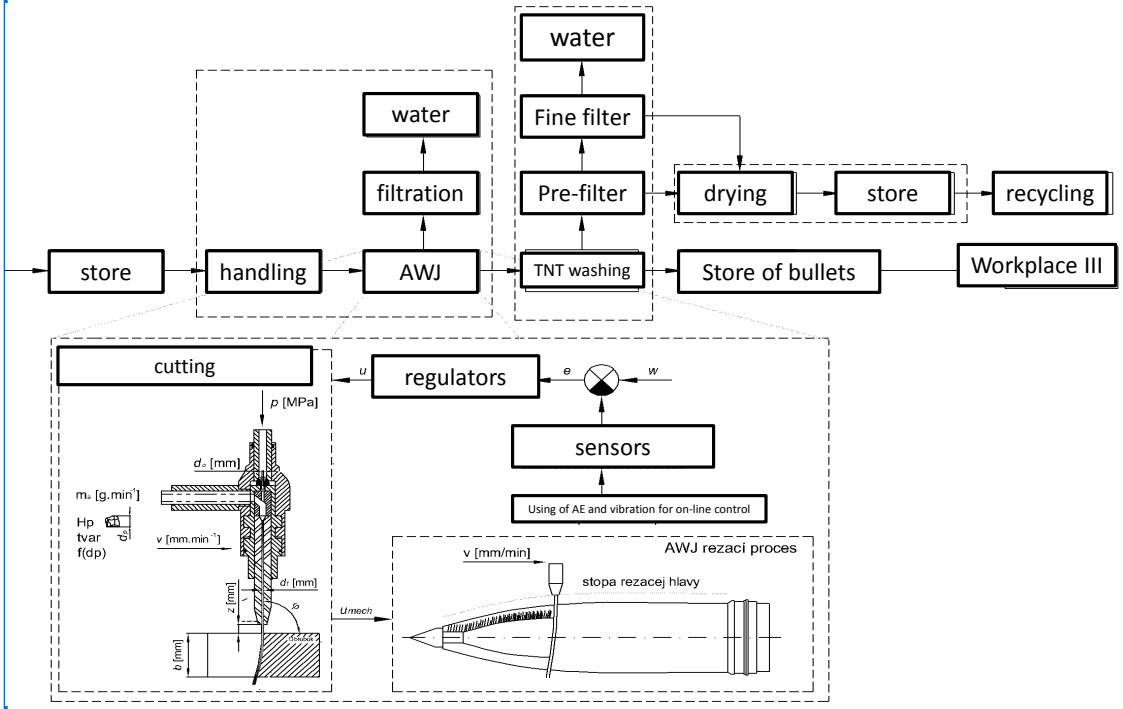
Prínosy a budúce smerovanie výskumu

- detekcia porúch bez ľudskej intervencie,
- detekcia opotrebenia fokusačnej trubice,
- týmto je možné detekovať poruchu systému dávkovania abrazíva





Využitie


water
Fine filter
water
filtration
Pre-filter
drying
store
recycling
store
handling
AWJ
TNT washing
Store of bullets
Workplace III
cutting
regulators
sensors
Using of AE and vibration for on-line control
AWJ rezací proces
stopa rezacej hlavy

evropský sociální fond v ČR

EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

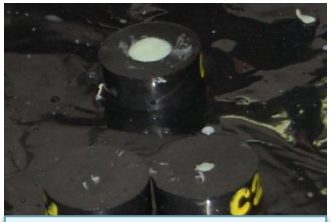
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

N.	Name	Sign	ATB	m	Colour
1.	Palacos R	C	No	40 g	Green
2.	Palacos R	D	Yes	40 g	Green
3.	Hi-Fatigue	E	Yes	40 g	White
4.	Osteobond	F	No	40 g	White

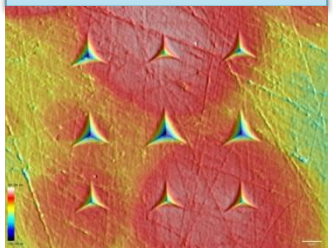
Ručne

Manuálne

AWJ



Mech.



evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ
OPVK INTEGRITA

Hloch et al.

HLOCH Sergej, Assoc. Prof., Ing., PhD.
Dept. of Manufacturing Management
Faculty of Manufacturing Technologies TU of Košice
with the seat in Prešov
Bayerova 1
080 01 Presov
Slovak Republic

Thomson Reuters Researcher ID: G-7727-2012
Email: hloch.sergej@gmail.com

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ
OPVK INTEGRITA