

VLIV MODIFIKACE STRONCIEM SLITINY AISi7Mg0,3 NA DRSNOST POVRCHU

Jaromír CAIS^A, Jaroslava SVOBODOVÁ^C, Nataša NÁPRSTKOVÁ^B

^AFakulta výrobních technologií a managementu, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Pasteurova 1, 400 96, Ústí nad Labem, CZ, e-mail: cais@fvtm.ujep.cz

^BFakulta výrobních technologií a managementu, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Pasteurova 1, 400 96, Ústí nad Labem, CZ, e-mail: svobodova@fvtm.ujep.cz

^CFakulta výrobních technologií a managementu, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Pasteurova 1, 400 96, Ústí nad Labem, CZ, e-mail: naprstkova@fvtm.ujep.cz

Abstrakt

Obrábění hliníkových slitin je v současnosti často používané a je to důležitá oblast výroby. Článek se zabývá experimentem, který byl realizován na Fakultě výrobních technologií a managementu Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, kdy byla obráběna slitina AISi7Mg0,3. Byly vyrobeny vzorky pro obrábění a to z předslitiny AISi7Mg0,3, kdy část odlitků byla ponechána v původním stavu a část odlitků byla následně modifikována stronciem. V článku je popsáno vyhodnocování drsnosti získaného povrchu po obrábění těchto odlitků a to z hlediska jak případně modifikace stronciem může toto ovlivnit. Byly měřeny hodnoty parametrů Ra, Rz a Rt, kdy parametr Ra je dosud nejčastěji používaný v běžné strojírenské praxi, Rz je využíván zejména pro vyhodnocování kvality povrchu v automobilovém průmyslu a Rt je v přímé vazbě na materiálový podíl, kdy význam tohoto parametru pro vyhodnocování povrchu roste. Na základě provedených měření bylo možné konstatovat, že modifikace Sr na drsnost povrchu neměla velký vliv. Její hodnoty byly téměř totožné s hodnotami slitiny bez modifikace. Zjištěné nepravidelnosti mohly být způsobeny způsobem výroby odlitků (grafitový kelímek pro taveninu, ruční míchání taveniny, gravitační lití), které způsobily nestejnou strukturu v rámci jednoho odlitku. Provedený experiment a měření jsou součástí rozsáhlejších výzkumů prováděných na FVTM UJEP.

Klíčová slova: modifikace, drsnost povrchu, silumin, obrábění

Úvod

Obrábění hliníkových slitin je v současnosti často používaný technologický postup. Týká se to také podeutektických siluminů, kam patří také slitina sledovaná v rámci experimentu. Kvůli zlepšení svých vlastností se siluminy často legují, očkují a modifikují. Experiment na FVTM byl realizován se slitinou AISi7Mg0,3. Struktura této slitiny je tvořena sítí primárních dendritů fáze α (Al) a eutektikem. Se zvyšujícím se obsahem křemíku roste i výskyt eutektika.

Slitina AISi7Mg0.3 se hojně využívá v automobilovém průmyslu a to např. pro odlitky kol u osobních automobilů nebo pro části motorových dílů. Další oblast, kde se můžeme s touto slitinou setkat je letecký průmysl. V důsledku přítomnosti Si, konkrétně jde o fázi Mg₂Si, se jedná o slitinu vhodnou k vytvrzování. Její složení dle normy ČSN EN 1706 je shrnuto v tab. 1.

Tab. 1: Chemické vlastnosti slitiny AlSi7Mg0,3 [12]

Prvek	Si [%]	Fe [%]	Cu [%]	Mn [%]	Mg [%]	Zn [%]	Ti [%]	Al [%]
Množství	6,5-7,5	0,19	0,05	0,10	0,25	0,07	0,08-0,25	Zbytek do 100

Jako možnost zlepšení užitečných vlastností siluminů používá přidání očkovačů (Ti, B, TiB) nebo jejich modifikace (Na, Sr). Význam modifikace hliníkových slitin v současnosti roste, protože modifikované slitiny pak dosahují změny struktury v požadovaném směru, což se pozitivně projevuje nejen na změně mechanických, ale i technologických vlastností slitin, zejména obrobitelnosti vybraných druhů slitin. Modifikace hliníkových slitin má v současné výrobě velký význam, protože využití hliníkových slitin neustále roste a modifikace zlepšuje jejich užitečné vlastnosti.

Kvalita obrobeného povrchu je indikátor, který může poskytnout informace, jak o proběhlém obráběcím procesu, tak o materiálu a jeho vlastnostech, který byl obráběn. Cílem experimentu bylo analyzovat případný vliv modifikace stronciem na drsnost povrchu po obrábění zkoumané slitiny, protože tento ukazatel je jedním důležitých prvků vyhodnocování kvality obráběcího procesu.

Experiment

Jak bylo výše řečeno, na FVTM byl realizován experiment s modifikováním výše zmíněné slitiny stronciem (Sr), kdy následně proběhlo obrábění nemodifikované a modifikované slitiny. Poté bylo hodnocena získaná drsnost povrchu.

Pro experiment s obráběním bylo vyrobeno celkem 6 kusů odlitků z předslitiny AlSi7Mg0.3. Tři z nich byli vyrobeny s touto slitinou bez dalších úprav a tři byly vyrobeny z předslitiny následně modifikované stronciem (Sr). Hmotností množství modifikátoru bylo určeno na 0.04% na základě doporučení. Odlitky bylo nutno pro obrábění upravit (obr. 1). Vstupní rozměry vzorku pro obrábění byly délka 220 mm a průměr 60 mm.

**Obr. 1:** Odlitky připravené pro experiment obrábění

Zkušební vzorky byly obráběny na soustruhu Emco Mat – 14 S (obr. 2), který je na FVTM k dispozici. Soustruh má otáčky 4000 min^{-1} s plynulou regulací a výkon pohonu 7,5 kW. [3, 6, 7]

Stanovené řezné podmínky vycházely především z typu použitého stroje a nástroje. Použitým nástrojem byly řezné destičky Pramet DCMT 070202 E – UR, jejich charakteristika je shrnuta v tabulce 2. Na základě obráběného materiálu a použitého stroje a nástroje byla stanovena hloubka záběru $a_p = 1 \text{ mm}$ a posuv na otáčku $f = 0,12 \text{ mm}$. Řeznou rychlost v_c bylo nutno přizpůsobit možnostem použitého soustruhu Emco Mat – 14 s, především jeho maximálními otáčkám n . Řezná destička byla upnuta v pravém vnějším držáku SDJCR 12 12 F 07 KT 016.



Obr. 3: Soustruh EmcoMat-14S

Tab. 2: Charakteristika břitové destičky DCMT 070202 E-UR

Rozměry [mm]					Posuv [$mm \cdot ot^{-1}$]		Hloubka řezu [mm]	
l	d	d_1	s	r_ϵ	f_{min}	f_{max}	$a_{p,min}$	$a_{p,max}$
7,8	6,350	2,8	2,38	0,2	0,05	0,12	0,2	1,0

Z provedených výpočtů bylo zřejmé, že na obrobení odlitku byly potřeba vysoké otáčky (vyplývá z obráběného materiálu), použitý soustruh má maximální otáčky $4000 \cdot \text{min}^{-1}$, což nebylo zcela vyhovující. Proto byla řezná rychlost pro samotné obrábění v_c přizpůsobena použitému soustruhu a to na výslednou hodnotu $v_c = 200,96 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Při této rychlosti v_c byly otáčky $n = 1066 \cdot \text{min}^{-1}$ na průměru 60 mm a na průměru 14 mm byly otáčky $n = 4000 \cdot \text{min}^{-1}$. [4, 5]

Analýza drsnosti obrobeného povrchu

Po obrábění vzorků byla zhodnocena drsnost obrobených povrchů jednotlivých odlitků. Drsnost povrchu je v ČR definovaná normou ČSN EN ISO 4287, která obsahuje přesné definice parametrů drsnosti, materiálového podílu profilu včetně výpočtů, klasifikace přípustných nerovností, označování a způsoby jejich hodnocení. V současné době v praxi je nejčastěji používán parametr R_a - průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu, dále největší výška profilu R_z a celková výška profilu R_t , které byly také v rámci experimentu vyhodnocovány. Měření bylo provedeno pomocí měřícího přístroje Hommel tester T 1000 (obr. 3). Výstup údajů tohoto přístroje je ve formě protokolu. Měření bylo prováděno vždy v horní, střední a dolní části odlitku a to vždy po pěti. Naměřené hodnoty opotřebení destiček jsou shrnuty v tab. 3 až 5. Hodnoty byly zprůměrnovány a určena střední směrodatná odchylka a to dle vztahu (1).



Obr. 3: Hommel tester T 1000

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (1)$$

Tab. 3: Naměřené drsnosti povrchu po obrábění nemodifikovaných a modifikovaných odlitků – vrchní část

Číslo odlitku	Modifikace	Vrchní část odlitku					
		Ra [μm]	±σ _{Ra} [μm]	Rz [μm]	±σ _{Rz} [μm]	Rt [μm]	±σ _{Rt} [μm]
1	ano	8,84	1,1932	40,297	5,7607	60,722	13,96
2		7,118	0,9305	32,62	2,1397	45,744	7,3122
3		9,426	0,5678	42,33	3,8931	50,504	7,5345
4	ne	9,606	0,6478	43,14	3,3430	53,454	4,5047
5		9,432	0,8282	41,666	3,0824	53,38	7,1682
6		9,428	1,2774	40,984	6,1808	60,298	6,8391

Tab. 4: Naměřené drsnosti povrchu po obrábění nemodifikovaných a modifikovaných odlitků – střední část

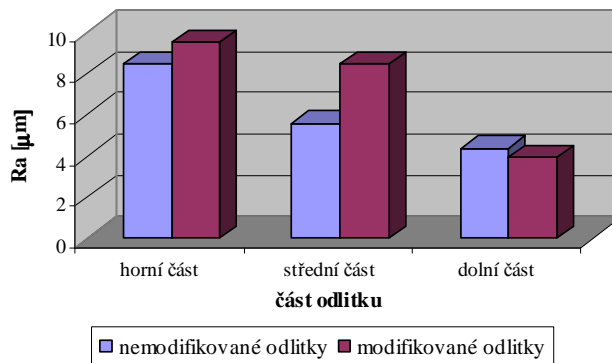
Číslo odlitku	Modifikace	Střední část odlitku					
		Ra [μm]	±σ _{Ra} [μm]	Rz [μm]	±σ _{Rz} [μm]	Rt [μm]	±σ _{Rt} [μm]
1	ano	5,992	0,1692	28,628	1,0173	36,154	1,944
2		4,814	0,4902	23,942	2,4505	32,09	5,8504
3		5,934	0,3003	27,2	3,4203	38,2	3,8346
4	ne	4,686	0,6656	23,96	2,3375	33,44	3,9491
5		6,06	0,4148	30,508	2,3624	42,234	4,5491
6		5,566	0,5011	27,444	1,2828	40,718	4,4962

Tab. 5: Naměřené drsnosti povrchu po obrábění nemodifikovaných a modifikovaných odlitků – spodní část

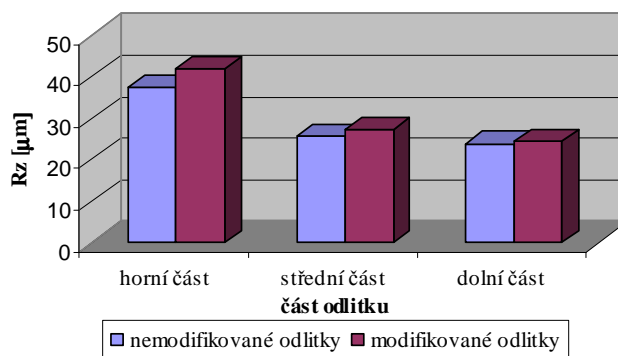
Číslo odlitku	Modifikace	Spodní část odlitku					
		Ra [μm]	±σ _{Ra} [μm]	Rz [μm]	±σ _{Rz} [μm]	Rt [μm]	±σ _{Rt} [μm]
1	ano	3,698	0,4137	20,928	2,2068	28,732	3,9918
2		4,92	0,4315	26,746	2,9937	39,504	12,0912
3		4,432	0,5279	23,602	3,1711	35,64	5,7427
4	ne	4,442	0,6485	25,074	3,3989	35,756	7,7960
5		5,12	0,9540	25,342	2,9405	33,416	4,8425
6		3,902	0,59	23,074	3,37	33,704	8,3548

Na obr. 4 až 6 jsou porovnány průměrné dosažené hodnoty měřených drsností pro modifikované a nemodifikované odlitky a to ve horní, střední a spodní části odlitku.

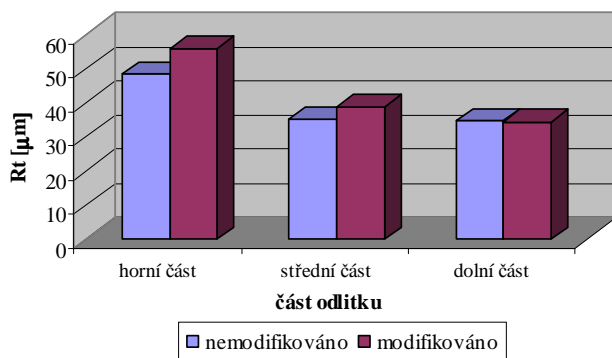
Porovnání průměrné Ra



Obr. 4: Porovnání průměrné Ra pro nemodifikovanou a modifikovanou slitinu
Porovnání průměrné Rz



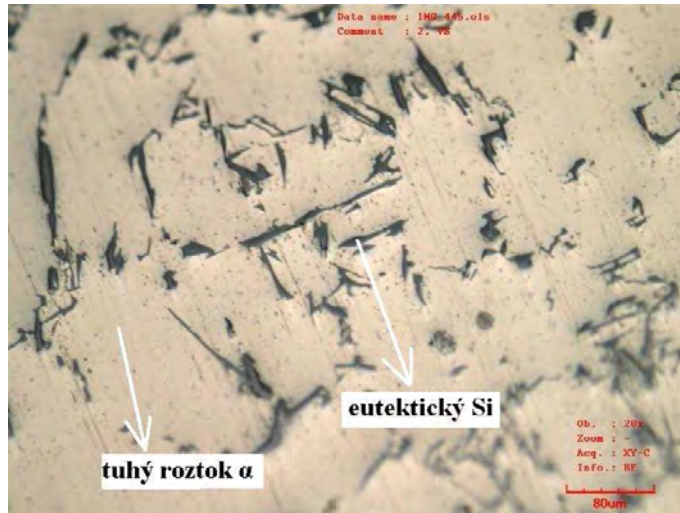
Obr. 5: Porovnání průměrné Rz pro nemodifikovanou a modifikovanou slitinu
Porovnání průměrné Rt



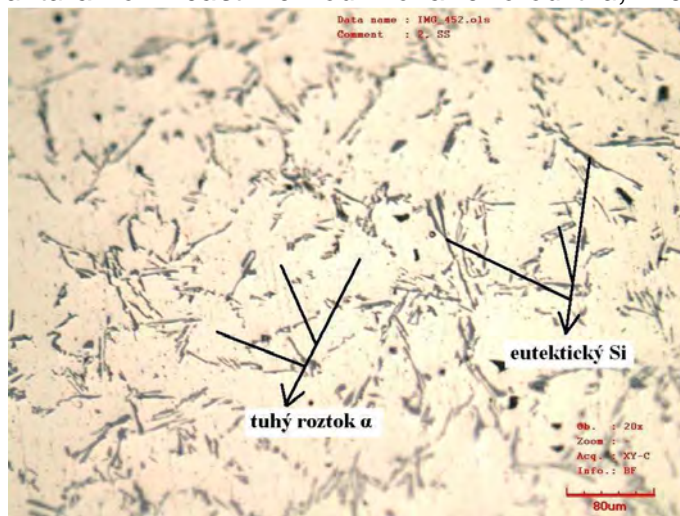
Obr. 6: Porovnání průměrné Rt pro nemodifikovanou a modifikovanou slitinu

Z uvedených údajů je zřejmé, že modifikace Sr na drsnost povrchu neměla velký vliv. Její hodnoty byly téměř totožné s hodnotami slitiny bez modifikace. Je zde jen nepatrný rozdíl v neprospěch modifikovaných odlitků. Jen u drsnosti Ra ve střední části odlitku je patrný rozdíl, ale to vzhledem ke způsobu výroby odlitků (gravitační lití) může znamenat jen nepravidelnost ve struktuře odlitku.

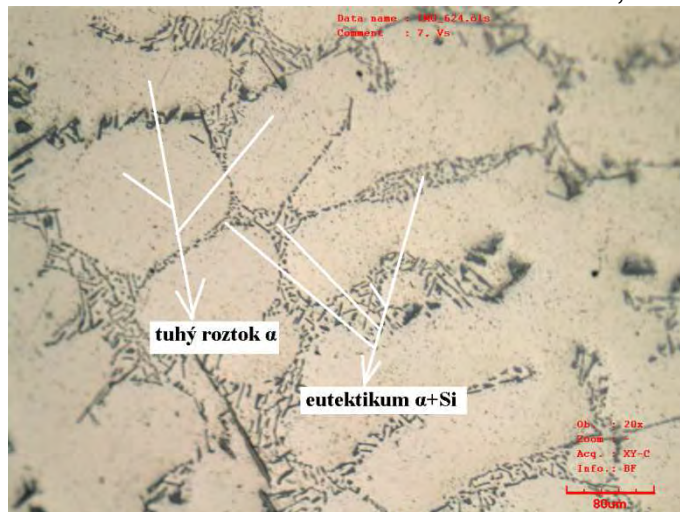
Dále je možné konstatovat, že hodnoty všech druhů drsnosti byly vždy největší v horní části odlitku a směrem dolů se snížily s tím, že v oblasti střední a dolní části obrobku byly na podobné úrovni. Opět je to možné přisuzovat způsobu výroby odlitků a jejich chladnutí. Toto podporuje i mikrostrukturní analýza (obr. 7 až 10), kdy v dolní části odlitku je struktura jemnější než v horní části odlitku a to u modifikovaného i nemodifikovaného odlitku.



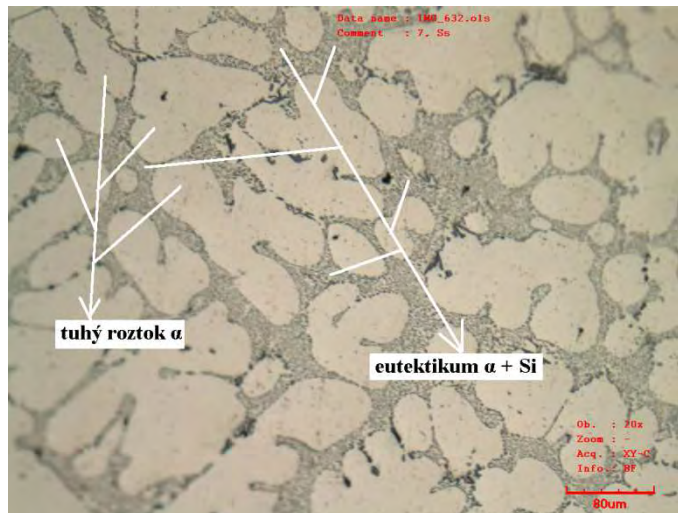
Obr. 7: Struktura horní části nemodifikovaného odlitku, zvětšeno 200x



Obr. 8: Struktura dolní části nemodifikovaného odlitku, zvětšeno 200x



Obr. 9: Struktura horní části modifikovaného odlitku, zvětšeno 200x



Obr. 10: Struktura dolní části modifikovaného odlitku, zvětšeno 200x

Závěr

Cílem experimentu bylo zjistit případný vliv modifikace slitiny AlSi7Mg0,3 stronciem na proces obrábění, respektive na drsnost výsledného obrobeného povrchu.

V rámci experimentu bylo odlito šest kusů odlitků z předslitiny AlSi7Mg0,3. Tři odlitky byly vyrobeny jen z této předslitiny, bez úprav taveniny, tři odlitky byly z předslitiny, která byla modifikována stronciem tak, aby při modifikaci stroncium tvořilo 0,04% hmotnosti taveniny. Odlitky byly následně obráběny a mimo jiné byly hodnoceny z hlediska získané drsnosti povrchu a to s pomocí parametrů Ra, Rz a Rt.

Z uvedených údajů a grafů vyplynulo, že modifikace Sr na drsnost povrchu neměla velký vliv. Její hodnoty byly téměř totožné s hodnotami slitiny bez modifikace. Zjištěné nepravidelnosti mohly být způsobeny způsobem výroby odlitků (, grafitový kelímek pro taveninu, ruční míchání taveniny, gravitační lití), které způsobily nestejnou strukturu v rámci jednoho odlitku. Toto by mohlo být vyřešeno např. použitím tlakového lití, které je pro hliníkové odlitky obvykle používáno, nebo také použitím indukční tavící pece, kdy by bylo zajištěno lepší promíchání taveniny. Tyto technologie jsou ale v současnosti na FPTM nedostupné. Provedený experiment a měření jsou součástí rozsáhlejších výzkumů prováděných na FVTM UJEP.

Příspěvek byl realizován díky podpoře grantu IRP 2013 UJEP

LITERATURA

- [1] Bilík, O. Obrábění I – 1. díl. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 136 s. (2001) ISBN 80-7078-811-9.
- [2] Michna, Š., Lukáč, I., Očenášek, V., Kořený, R., Drápala, J., Schneider, H., Miškuřová, A. a kol. Encyklopedie hliníku. Adin, Prešov. (2005) ISBN 80-89041-88-4.
- [3] Michna, Š., Kuśmierczak, S. Technologie a zpracování hliníkových materiálů. UJEP. Ústí nad Labem, 152 s. (2008)
- [4] Bolibruchová, D., Tillová, E. Zlievarenské zliatiny Al-Si. ŽU, Žilina: EDIS – vydavatelstvo ŽU. (2005) ISBN 80-8070-485-6
- [5] ČSN EN 1796 - Hliník a slitiny hliníku - Odlitky - Chemické složení a mechanické vlastnosti

- [6] Čapek, J. Analýza vlivu titanu na opotřebení nástroje při obrábění hliníkových slitin., Bachelor thesis, FVTM UJEP. (2011)
- [7] ČSN EN ISO 4287 Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu
- [8] Michna, Š. Náprstková, N. The Mechanical Properties Optimizing of of Al - Si Alloys Precipitation Hardening and the Effect on the Character of the Chip, Acta Metallurgica Slovaca, No. 3, (2011) ISSN-1335-1532
- [9] Mádl. J., Holešovský, F. Integrita obrobených povrchů z hlediska funkčních vlastností. 1.vyd. Ustí nad Labem, FVTM UJEP, 230 s. (2008) ISBN 978-80-7414-098-2
- [10] Kalincová, D. Skúšanie mechanických vlastností materiálov - prehľad meracích metód a zariadení. In Zvyšovanie efektívnosti vzdelávacieho procesu prostredníctvom inovačných prostriedkov. KEGA 3/6370/08., TU vo Zvolene, Zvolen., s. 13-26 (2010)
- [11] Mádl, J. Surface Properties in Precise and Hard Machining, Manufacturing Technology, Vol. 12, s. 158-166. (2012) ISSN 1213-2489
- [12] Novák M. Surface quality of hardened steels after grinding. Manufacturing Technology, Vol. 11, s. 55-59, (2011) ISBN 1213-2489
- [13] Novák, M. Surfaces with high precision of roughness after grinding. Manufacturing Technology, vol. 12, s. 66-70, (2012) ISSN 1213-2489
- [14] Valíček, J., Rusnák, J., Müller, M., Hrabě, P., Kadnár, M., Hloch, S., Kušnerová, M. Geometrické aspekty drsnosti povrchu klasických a netradičních technologií. Jemná mechanika a optika, Vol. 53, No 9, s. 249-253. (2008) ISSN 0447-6441.
- [15] Novák, M., Holešovský, F. 2009. Problematika broušení hliníkových slitin. Transactions of the Universities of Košice, No.4, Košice, s. 284-291 (2009) ISSN1335-2334
- [16] Czán, A., Stančeková, D., Ďurech, I., Štekláč, D., Martikáň, J. Základy opotrebenia pri suchom tvrdom sústružení. Nástroje 2006 - ITC, 5. - 6. september 2006, Zlín (2006)