

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ**



TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ V PŘÍKLADECH

5 Nekonvenční metody

doc. Ing. Robert ČEP, Ph.D.
Ing. et Ing. Mgr. Jana PETRŮ, Ph.D.

Ostrava 2013

© doc. Ing. Robert ČEP, Ph.D., Ing. et Ing. Mgr. Jana PETRŮ, Ph.D.

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3014-8



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1	NEKONVENČNÍ METODY	3
1.1	Nekonvenční metody.....	4
1.1.1	Nekonvenční metody tepelným účinkem.....	5
1.1.2	Nekonvenční metody elektrochemickým nebo chemickým účinkem.....	8
1.1.3	Nekonvenční metody mechanickým účinkem.....	8
2	KONTROLNÍ OTÁZKY.....	11
3	PŘEDNÁŠKOVÝ TEXT SE VZTAHUJE K TĚMTO OTÁZKÁM.	12
4	POUŽITÁ LITERATURA	13



1 NEKONVENČNÍ METODY



OBSAH KAPITOLY:

Nekonvenční metody s tepelným účinkem

Nekonvenční metody s elektrochemickým nebo chemickým účinkem

Nekonvenční metody s mechanickým účinkem



MOTIVACE:

U nekonvenčních metod se nepoužívá standardní řezný nástroj, u kterého lze definovat pracovní části nástroje, jako například čela, hřbet, břit, ostří atd.). Netvoří se tříska v pravém slova smyslu, protože k úběru dochází účinky tepelnými, chemickými nebo mechanickými (převážně abrazivními), či jejich vzájemnou kombinací.



1.1 NEKONVENČNÍ METODY

Nekonvenční metody se používají tam, kde nelze konvenčními metodami hospodárně obrábět nové konstrukční materiály s vysokou pevností, tvrdostí a houževnatostí, materiálů odolných proti opotřebení (titanové a jiné „superslitiny“, karbidy, keramika apod.). Základními charakteristikami nekonvenčních technologií jsou:

- rychlost a výkonnost obrábění nezávisí na mechanických vlastnostech obráběného materiálu,
- materiál nástroje nemusí být tvrdší a pevnější než obráběný materiál,
- možnost obrábění složitých tvarů součástí,
- možnost zavedení do plné mechanizace a automatizace,
- možnost zvýšení technologičnosti konstrukce, sériovosti výroby a snížení pracnosti výroby,
- současně s výrobou dochází někdy k cílené změně vlastností povrchové vrstvy, zejména zvýšená odolnost proti korozi, zvýšení únavové pevnosti apod.).

Podle převládajících účinků oddělování materiálu se nekonvenční metody obrábění dělí na:

a) oddělování materiálu tepelným účinkem:

- elektroerozivní obrábění (Electro Discharge Machining - EDM),
- obrábění paprskem plazmy (Plasma Beam Machining - PBM),
- obrábění paprskem laseru (Laser Beam Machining - LBM),
- obrábění paprskem elektronů (Electron Beam Machining - EBM).

b) oddělování materiálu elektrochemickým nebo chemickým účinkem:

- elektrochemické obrábění (Electro Chemical Machining - ECM),
- chemické obrábění (Chemical Machining - CM, CHM).

c) oddělování materiálu mechanickým účinkem:

- ultrazvukové obrábění (Ultrasonic Machining - USM),
- obrábění paprskem vody (Water Jet Machining - WJM, Abrasive Water Jet Machining - AWJM).



Audio 1.1 Nekonvenční metody



Pro tyto technologie se používají CNC řízené stroje, které výrazně rozšiřují možnosti aplikace nekonvenčních metod v praxi.



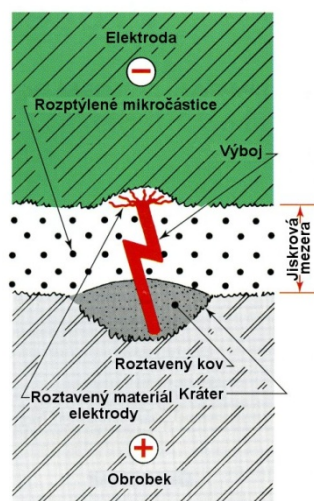
Tab. 1.11 Aplikační oblasti nekonvenčních metod obrábění

Obráběný materiál	Nekonvenční metody obrábění								Konvenční obrábění	
	Mechan. Účin.		Tepelný účinek				Chemický účin.			
	USM	AWJM	EDM	EBM	LBM	PBM	CM	ECM	Fréz.	Soust.
Slitiny Al	C	C	B	B	B	A	A	B	A	A
Oceli	B	D	A	B	B		A	A	A	A
Superslit.	C	D	A	B	B		B	A	B	B
Keramika	A	D	D	A	A		C	D	D	C
Sklo	A	D	D	B	B		B	D	D	C
Křemík			D	B	B		B	D	D	B
Plasty	B	B	D	B	B		C	D	B	C
Lepenky	D	A	D				D	D	D	D
Textil	D	A	D				D	D	D	D
A – velmi vhodné, B – vhodné, C – obtížné, D – nelze aplikovat.										

1.1.1 Nekonvenční metody tepelným účinkem

Elektroerozivní obrábění zahrnuje řadu metod, jejichž charakteristickým znakem je, že úběr materiálu je vyvolán periodicky se opakujícími elektrickými výboji mezi nástrojem a obrobkem. Z obráběného materiálu jsou tavením a odpařováním oddělovány velmi malé částice ve tvaru dutých kuliček, které jsou odplavovány dielektrickou kapalinou (petrolej, vodní sklo, solné roztoky, ...).

Obrábění je založeno na principu dvou elektrod (z vodivého materiálu), oddělených jiskrovou mezerou a ponořených v dielektrické kapalině. Celkový proces se skládá ze střídavých výbojů rozložených po celé aktivní ploše nástroje. Při každém výboji dojde k narušení materiálu a vytvoří se kráter.



Obr. 1. 163 Elektroerozivní obrábění

Elektrojiskrové hloubení je jedna ze základních metod elektroerozivního obrábění. Vytváří se tak zejména vnitřní plochy složitých tvarů, záпустek, střížných nástrojů, apod.

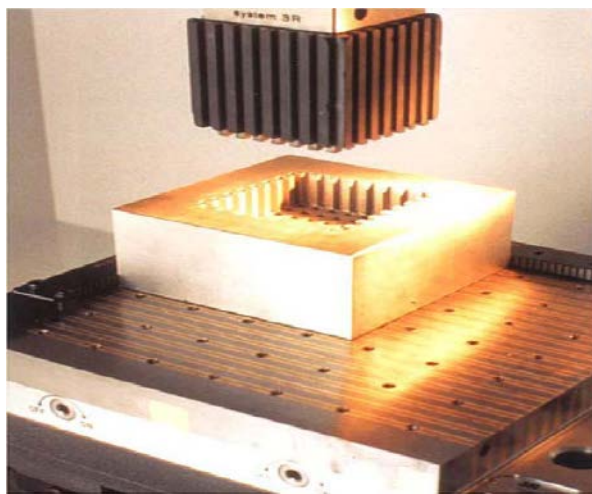
Výhody:

- možnost obrábění vodivých materiálů bez ohledu na jejich mechanické vlastnosti,



- velký rozsah pracovních parametrů,
- možnost výroby součástí složitých tvarů,
- na obrobek nepůsobí žádné mechanické zatížení,
- při výrobě ploch složitých tvarů se snižuje pracnost,
- poměrně jednoduchá výroba nástrojových elektrod,
- na hranách obrobku nezůstávají otřepy,
- výrobní proces lze snadno automatizovat.
- Nevýhody:
 - nutnost ponoření obrobku do kapaliny v průběhu obrábění,
 - nepřímá úměra mezi produktivitou obrábění a jakostí povrchu obrobené plochy,
 - jakost obrobeného povrchu závisí na mnoha faktorech, které nelze předem spolehlivě určit,
 - poměrně nízká produktivita při obrábění měkkých materiálů.

Tato metoda se vyznačuje minimální šířkou řezu a uplatňuje se při výrobě střížných a lisovacích nástrojů a při dělení velmi tvrdých a pevných materiálů. Elektrodoou je tenký drát, který se průběžně odvíjí z cívky a přes vodící zařízení prochází místem řezu. Drát je napínán konstantní silou a prostor mezi obrobkem a drátem je zaplněn dielektrickou kapalinou. Elektrody jsou vyráběny z mědi a jejích slitin, molybdenu, případně povlakované dráty obsahující vysoké procento zinku.



Obr. 1.164 Elektrojiskrové hloubení

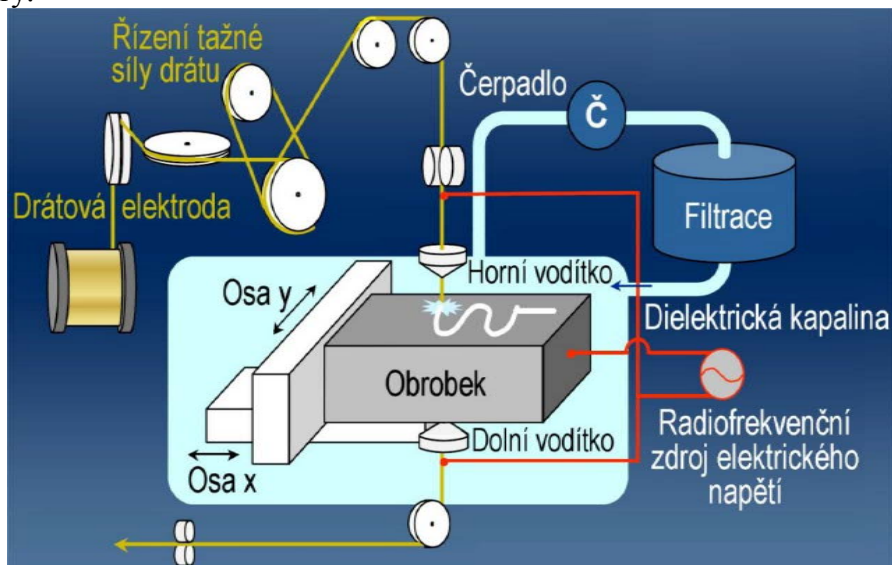
Elektrojiskrové řezání - metoda elektrojiskrového obrábění se vyznačuje minimální šířkou řezu a nachází uplatnění zejména při výrobě střížných a lisovacích nástrojů a při dělení velmi pevných a tvrdých materiálů (např. elektricky vodivých keramických materiálů - SiC, Si₃N₄, slinutých karbidů, kalených ocelí, titanových slitin, „superslitin“ atd.). Nástrojovou elektrodou je tenký drát, který se pomocí speciálního zařízení průběžně odvíjí z cívky (kvůli zamezení opotřebení) a přes vodící zařízení prochází místem řezu. Drát je napínán konstantní tahovou silou (předpětí ovlivňuje přesnost řezu), prostor mezi obrobkem a drátem je zaplněn dielektrickou kapalinou.

Dráty (průměr 0,03 až 0,35 mm) jsou vyráběny z mědi a jejích slitin, nejčastěji z mosazi, pro velmi jemné řezy z molybdenu (průměr 0,03 až 0,07 mm). V současné době jsou též velmi často používány povlakované dráty s jádrem ze slitiny mědi (např. Cu-Cr,



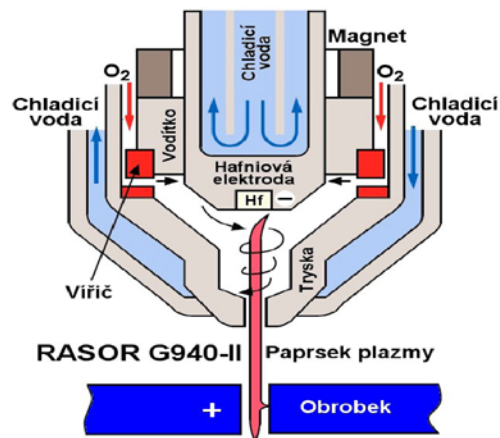
Cu-Zr, Cu-Ag, Cu-Sn, Cu-Sn-In) a povlakem, obsahujícím vysoké procento zinku - jádro umožňuje práci s vysokými řeznými rychlostmi, povlak udržuje stabilní výboj a zaručuje vysokou jakost povrchu obrobené plochy.

Pohyb stolů pro upnutí obrobku je u řezacích strojů řízen CNC systémem, který zajišťuje přesnost odpovídající nástrojařským pracím. Stroje mohou být navíc vybaveny CNC řízeným nakláněním drátové elektrody v rozsahu 0° až 30° , což umožňuje vyřezávat kuželovité a jiné složitější tvary.



Obr. 1.165 Elektrojiskrové řezání

Obrábění paprskem plazmy - při tomto způsobu obrábění je materiál odtavován, odpařován a rozprašován paprskem plazmy, která vystupuje z hořáku vysokou rychlostí. Plazma je vodivý stav plynu, který obsahuje směs volných elektronů a má vysokou teplotu ($30\,000^\circ\text{C}$ i více). Proces obrábění je tak intenzivní, že se částice obráběného materiálu odtavují velmi rychle a tepelně ovlivněná vrstva nepřesáhne 1 mm. Vzhledem k velké rychlosti odpovídá přesnost hrubovacím operacím a řezání různých materiálů.



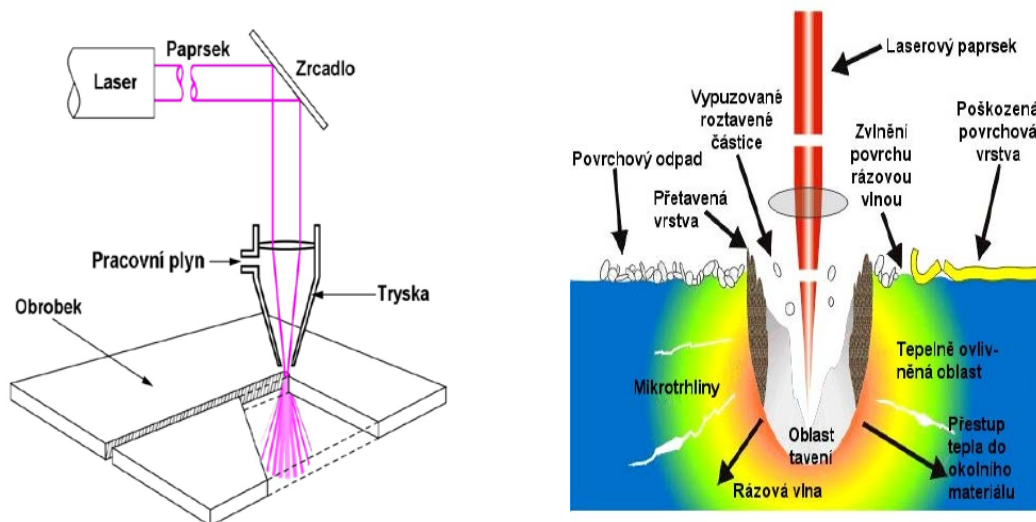
Obr. 1. 166 Obrábění paprskem plazmy

Obrábění laserem - laserové světlo vzniká v prostředí elektromagnetického záření potlačením spontánní emise na úkor emise stimulované. Laserový paprsek lze využít ve 4 základních oblastech klasifikovaných podle technologie:

- úběr materiálu (řezání, obrábění, popisování, rytí, ...),
- pájení a svařování,
- tepelné zpracování (kalení, žíhání, povlakování, ...),



- nové procesy (barvení, dělení skla a keramiky, tažení, ...).



Obr. 1. 167 Obrábění paprskem laseru

Při obrábění dochází k úběru materiálu účinkem úzkého paprsku silného monochromatického světla na velmi malou plošku. Působením laserového paprsku dochází k místnímu ohřevu na vysokou teplotu 10^4 °C, která způsobí jeho roztavení. Mohou se obrábět různé materiály od dřeva, přes plasty až po těžkoobrobitelné materiály. Výhodou je vysoká přesnost a úzké řezy.

1.1.2 Nekonvenční metody elektrochemickým nebo chemickým účinkem

Elektrochemické obrábění - je to řízený proces oddělování materiálu prostřednictvím anodického rozpouštění v elektrolytu, který proudí mezerou mezi elektrodami (anoda – obrobek, katoda – nástroj). Vyrábí se takto tvarově složité součásti (zápustky, lisovací formy, apod.) a obrábí materiály s vysokou tvrdostí a pevností. Touto metodou lze frézovat, vrtat, řezat a brousit. Nástroj má tvar negativu vyráběné součásti a jsou vyráběny z mosazi, bronzů, titanů, SK, apod.

Existují 4 základní způsoby:

- v proudícím elektrolytu,
- rotující elektrodou,
- leštění,
- odstraňování ostřin.

Chemické obrábění - podstatou je řízené odleptávání vrstev materiálu o tloušťce od několika setin mm do několika mm z povrchu obrobku. Je založené na chemické reakci obráběného povrchu s pracovním prostředím. Místa, která nemají být obráběna jsou chráněna speciálním povlakem. V praxi se uplatňují dvě metody:

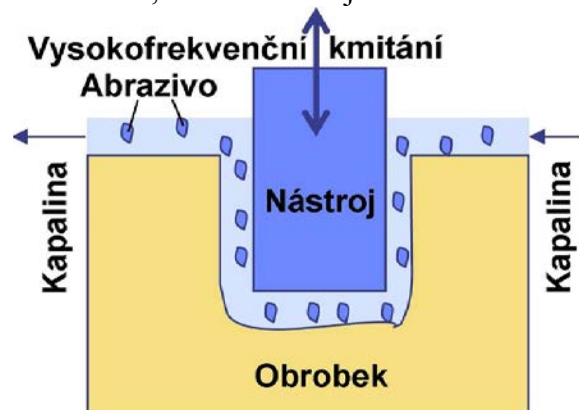
- chemické prostřihování (umožňuje zhotovovat tenké a složité výlisky z tenkého plechu nebo fólie bez otřepů),
- chemické rozměrové leptání (metoda je označována jako chemické frézování, tvar se na obrobek přenáší pomocí šablon).

1.1.3 Nekonvenční metody mechanickým účinkem

Obrábění ultrazvukem - obrábění probíhá společným účinkem abrazivních zrn, které se nacházejí mezi obrobkem a nástrojem, kmitajícím s ultrazvukovou frekvencí (20 – 30 kHz) a chemickým a kavitacním účinkem kapaliny. Tímto způsobem se obrábí tvrdé materiály (nad

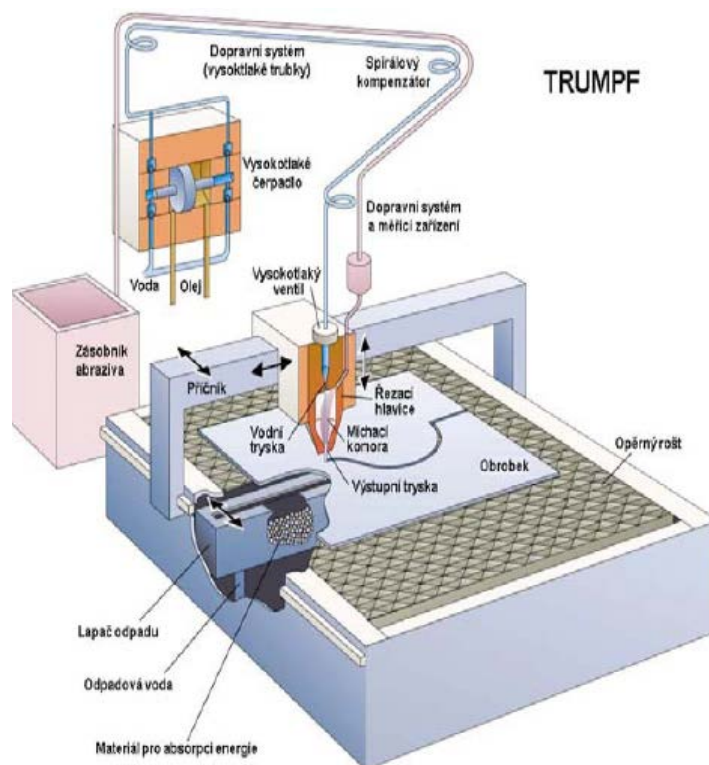


40 HRC) a křehké materiály jako sklo, křemík, keramika apod. Nevýhodou je, že abrazivní účinek zrn působí nejen na obrobek, ale i na nástroj.

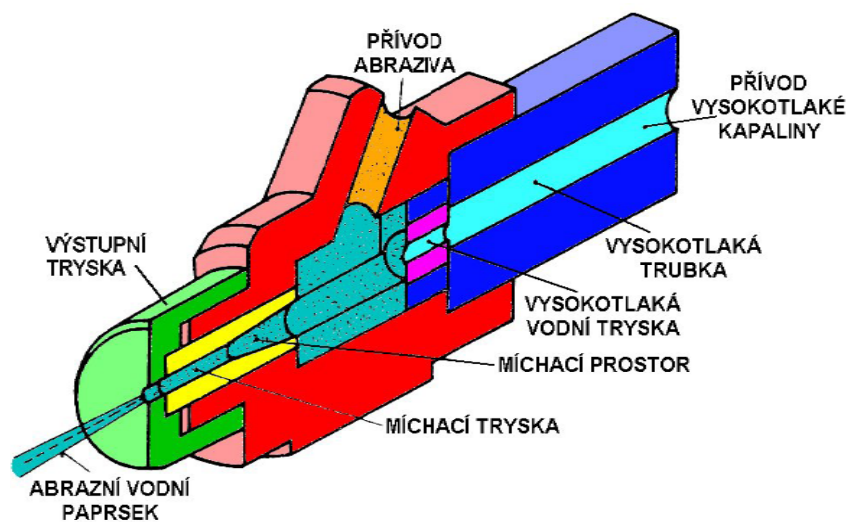


Obr. 1. 168 Princip obrábění ultrazvukem

Obrábění vodním paprskem - využívá k oddělování materiálu kinetickou energii vysokotlakého a vysokorychlostního vodního proudění (rychlost $600 - 900 \text{ m.s}^{-1}$), kombinovanou s kinetickou energií abrazivních částic. K úběru materiálu dochází erozivním procesem v důsledku působení řezného média (částic) usměrněného do úzkého paprsku, který prochází přes trysku do obrobku.



Obr. 1. 169 Obrábění vodním paprskem



Obr. 1. 170 Vysokotlaková vodní tryska

2 KONTROLNÍ OTÁZKY

- Jaké znáte metody obrábění pomocí tepelného účinku?
- Jaké znáte metody obrábění pomocí elektrochemického účinku?
- Jaké znáte metody obrábění pomocí mechanického účinku?
- Popište elektroerozivní obrábění.
- Popište elektrojiskrové hloubení.
- Popište princip drátového řezání.
- Jaké znáte metody obrábění paprskem?



3 PŘEDNÁŠKOVÝ TEXT SE VZTAHUJE K TĚMTO OTÁZKÁM.

- 26. Nekonvenční způsoby obrábění



4 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BILÍK, O. *Obrábění I. (2.Díl): Fyzikálně mechanické záležitosti procesu obrábění*. Ostrava: Vysoká škola báňská –TU Ostrava, 2002. 80 s. ISBN 80-248-0033-0.
- [2] BILÍK, O. *Obrábění II. (1.Díl): Fyzikálně mechanické záležitosti procesu obrábění*. Ostrava: Vysoká škola báňská –TU Ostrava, 1994. 132 s. ISBN 80-7078-228-5.
- [3] BILÍK, O. *Obrábění II. (2.Díl)*. Ostrava: Vysoká škola báňská –TU Ostrava, 2001. 118 s. ISBN 80-7078-994-1.
- [4] BRYCHTA, J. *Obrábění I. Návod pro cvičení 1. část*. Ostrava: Vysoká škola báňská - TU Ostrava, 1998. 84 s. ISBN 80-7078-436-9.
- [5] BRYCHTA, J. *Obrábění I. Návod pro cvičení 2. část*. Ostrava: Vysoká škola báňská - TU Ostrava, 1998. 120 s. ISBN 80-7078-470-9.
- [6] BRYCHTA, J. *Výrobní stroje obráběcí*. Ostrava: Vysoká škola báňská - TU Ostrava, 2003. 150 s. ISBN 80-248-0237-6.
- [7] HOFMAN, P. *Technologie montáže*. Plzeň: Vydavatelství Západočeské univerzity Plzeň, 1997. 90 s. ISBN 80-7082-382-8.
- [8] KOČMAN, K. *Speciální technologie obrábění*. Brno: PC-DIR Real, s.r.o., 1993. 213 s. ISBN 80-214-1187-2.
- [9] KOČMAN, K., PROKOP, K. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERN Brno, s.r.o., 2001. 274 s. ISBN 80-214-196-2.
- [10] KRÍŽ, R., VÁVRA, P. a kol. *Strojírenská příručka*. Praha: Scientia, spol. s r. o., 1996. 220 s. ISBN 80-7183-024-0.
- [11] TICHÁ, Š. *Strojírenská metrologie část 1*. Ostrava: Vysoká škola báňská –TU Ostrava, 2004. 112 s. ISBN 80-248-0672-X.
- [12] VIGNER, M., PŘIKRYL, Z. a kol. *Obrábění*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1984. 808 s.
- [13] VLACH, B. a kol. *Technologie obrábění a montáží*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1990. 472 s. ISBN 80-03-00143-9.
- [14] HAVRILA, M., ZAJAC, J., BRYCHTA, J., JURKO, J. *Top trendy v obrábění 1. část – Obráběné materiály*. Žilina: MEDIA/ST, s. r. o., 2006. ISBN 80-968954-2-7.
- [15] JURKO, J., ZAJAC, J., ČEP, R., *Top trendy v obrábění 2. část – Nástrojové materiály*. Žilina: MEDIA/ST, s. r. o., 2006. ISBN 80-968954-2-7.
- [16] VASILKO, K., HAVRILA, M., NOVÁK – MARCINČIN, J., MÁDL, J., ZAJAC, J. *Top trendy v obrábění 3. část – Technologická obrábění*. Žilina: MEDIA/ST, s. r. o., 2006. ISBN 80-968954-2-7.
- [17] MONKA, P., PAULIKOVÁ, A. *Top trendy v obrábění 4. část – Upínanie, prípravky a meradlá*. Žilina: MEDIA/ST, s. r. o., 2007. ISBN 80-968954-2-7.
- [18] PŘIKRYL, Z., MUSÍLKOVÁ, R. *Teorie obrábění*. Praha : SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1971. 200 s.
- [19] HUMÁR, A. *TECHNOLOGIE I TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 1. část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia "Strojírenská technologie". Brno: VUT Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003. 138 s. Dostupné na World Wide Web: <http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TI_TO-1cast.pdf>.
- [20] HUMÁR, A. *TECHNOLOGIE I TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 2. část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia "Strojírenská technologie". Brno: VUT Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004. 94 s. Dostupné na World Wide Web: <http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TI_TO-2cast.pdf>.



- [21] HUMÁR, A. *TECHNOLOGIE I TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 3. část*. Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program "Strojírenství". Brno: VUT Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2005. 57 s. Dostupné na World Wide Web: <http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TI_TO-3cast.pdf>.
- [22] HUMÁR, A. *Výrobní technologie II* [online]. Studijní opory pro podporu samostudia v oboru "Strojírenská technologie" BS studijního programu "Strojírenství". VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2002. 84 s. Dostupné na World Wide Web: <http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/VyrobniTechnologie_II.pdf>.
- [23] AB SANDVIK COROMANT - SANDIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cuttig - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
- [24] STEPHENSON, D. A., AGAPIOU, J. S. *Metal Cutting Teory and Praktice*. New York: Marcel Dekker, Inc., 1996. 905 s. ISBN 0-8247-9579-2.
- [25] VASILKO, K., NOVÁK – MARCINČIN, J., HAVRILA, M. *Výrobné inžinierstvo*. Prešov: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta výrobných technológií so sídlom v Prešove, 2003. 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
- [26] PILC, J., STANČEKOVÁ, D. *Základy stavby obrábacích strojov*. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, 2004. 110 s. ISBN 80-8070-281-0.
- [27] VASILKO, K., HRUBÝ, J., LIPTÁK, J. *Technológia obrábania a montáže*. Bratislava: Alfa, š. p., 1991. 494 s. ISBN 80-05-00807-4.

