

Zadání bakalářských prací

1) Vliv povrchového chemicko-tepelného zpracování na otěruvzdornost ocelí

Vedoucí: Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž

Konzultant: Ing. Jiří Hájek Ph.D.

Studentka: Martina Dostálová

Ve vybraných firmách bude provedeno cca 9 kombinací povrchového chemicko tepelného zpracování. Student provede metalografické výbrusy jednotlivých typů CHTZ. Jednotlivé vzorky budou podrobeny tribologickým experimentům. Vyhodnocena bude rovněž závislost tvrdosti na odolnosti proti opotřebení. Sledován bude rovněž průběh mikrotvrdosti a hloubka jednotlivých vrstev dle ČSN.

Osnova:

- 1) Chemicko-tepelné zpracování ocelí
- 2) Materiály vhodné pro jednotlivé typy chemicko-tepelného zpracování
- 3) Hodnocení vybraných režimů chemicko-tepelného zpracování.
- 4) Diskuse výsledků
- 5) Závěr

Doporučená literatura:

[1] KRAUS, V.: Tepelné zpracování a slinování, Plzeň 2000

[2] TOTTEN, G.E.: Steel heat treatment, Taylor Francis Group, Portland State University 2007

[3] PYE, D.: Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing, ASM International 2003

[4] PARRISH G.: Carburizing: Microstructures and Properties, ASM International 1999

2) Technologie černění povrchu strojních součástí

Vedoucí: Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž

Konzultant: Ing. Petr Hrbáček

Student: David Bricín

Ve společnosti PilsenTools s.r.o. budou provedeny experimenty s černěním různě upravených povrchů i různých materiálů. Úmyslně budou voleny i materiály, které se prozatím k černění nepoužívají, ale u nichž by se mohlo časem o této technologii uvažovat. V teoretické části budou uvedeny další technologické možnosti barevné úpravy povrchů vytvářením speciálních chemických a fyzikálních vrstev.

Osnova:

1. Úvod a analýza současného stavu technologie povrchových úprav, cíle BP
2. Rozbor vlivů parametrů procesu alkalického černění
3. Variantní návrhy řešení problematiky alkalického černění a jejich zhodnocení
4. Ověřovací zkoušky nejvhodnějších variant
5. Ekonomické zhodnocení vypracovaných variant
6. Zhodnocení výsledků BP a návrh dalších řešení

Doporučená literatura:

[1] KRAUS, V.: Povrchy a jejich úpravy. Plzeň 2000

[2] Český obraný standart - Nekovové anorganické povlaky pro součásti vojenské techniky

[3] DIN 50938 - Černění předmětů vyráběných ze železných kovů

[4] ČSN EN ISO 16348 - Kovové a jiné anorganické povlaky - Definice a dohody týkající se vzhledu

[5] MIL-HDBK-205A - Phosphatizing and black oxide coating of ferrous metals

3) Důsledky stavu obráběcích nástrojů na metalografické aspekty třísek

Vedoucí: Ing. Petr Beneš Ph.D.

Konzultant: Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž; Ing. M. Zetek

Student: Jakub Železný

Úkolem bakalářské práce je posoudit vliv geometrie břitu třískového obráběcího nástroje na metalografické změny ve třísce. Důraz bude kladen především na posouzení vlivu opotřebení břitu nástroje. Z hlediska zjišťování metalografických změn odehrávajících se ve třísce bude nutné vypracovat měřící metodiku, kterou bude možné obecně a jednoznačně přiřadit příslušné metalografické změny k jednotlivým aspektům obráběcího nástroje, resp. obráběcího procesu. Z tohoto důvodu bude praktický experiment proveden na odlišných materiálech – nástrojové oceli, hliníkové slitině, niklové slitině a šedé litině.

Osnova:

1. Důsledky obrábění na metalografickou strukturu materiálu
2. Možnosti zjišťování stavu obráběcích nástrojů dle materiálových aspektů
3. Hodnocení metalografických změn vzniklých u třísek vytvořených různými nástroji
4. Diskuze výsledků
5. Závěr

Doporučená literatura:

- [1] NESLUŠAN, M., et al., Experimentální metody v triskovom obrábění. Žilina, Žilinská univerzita, 2007.
- [2] HUMÁR, A., Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění, 1995.
- [3] BEŇO, J., Teoria rezania kovov, Košice, 1999.

4) Teplotní degradace vrstev

Vedoucí: Ing. Petr Beneš Ph.D.

Konzultant: Ing. Jiří Šimeček; Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž

Student: Michaela Ottová

V praxi se využívají tenké vrstvy nejen pro zajištění vysokých tvrdostí a řezivostí nástrojů, ale i pro vytvoření účinné teplotní bariéry. Z tohoto důvodu je velmi aktuální sledovat projevy teplotně zatížených vzorků opatřených různými tenkými vrstvami. Tyto systémy budou analyzovány kontaktními tribologickými a Impactovými testy.

Osnova:

1. Možnosti testování teplotní degradace vrstev v praxi
2. Teplotní degradace vybraných typů PVD vrstev
3. Hodnocení teplotní degradace PVD vrstev zatížených speciálním typem kontaktního ohřevu
4. Diskuze výsledků
5. Závěr

Doporučená literatura:

[1] Navinšek, B., et al., Improvement of hot-working processes with PVD coatings and duplex treatment, Elsevier Science B.V., 2006.

[2] Thobor-Keck, A., et al., Influence of silicon addition on the oxidation resistance of CrN coatings, Elsevier Science B.V., 2005.

[3] Reiter, A., E., et al., Investigation of the properties of AlCrN coatings prepared by cathodic evaporation. Elsevier Science B.V., 2005.

[4] Joshi, A., Oxidation behavior of titanium-aluminium nitrides. Elsevier Science B.V., 1995.

5) Měření drsnosti povrchu pomocí optických přístrojů i profiloměrů

Vedoucí: Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž

Konzultant: Ing. Lukáš Kafka; Ing. Pavla Klufová

Student: Václav Auterský

Různými třískovými technologiemi budou připraveny povrchy, jejichž profil bude charakterizován pomocí drsnost popisujících veličin. Využity budou optické přístroje, řádkovací elektronový mikroskop a profiloměry. Tyto povrchy budou zatíženy kontaktním namáháním a bude vyhodnocena velikost a charakter poškození.

Osnova:

- 1) Definice povrchu a jeho vliv na vlastnosti
- 2) Metody popisující stav povrchu ve vazbě na integritu povrchu
- 3) Charakteristiky drsnosti
- 4) Experimentální měření a studium povrchu
- 5) Vyhodnocení výsledků a diskuse
- 6) Závěr

Doporučená literatura:

- [1] BUMBÁLEK, B.; ODVODY, V.; OŠŤÁDAL, B.: Drsnost povrchu. Praha 1989.
- [2] BUMBÁLEK, L.: Vlastnosti povrchové vrstvy a jejich vliv na únavu. Brno 2004.
- [3] DAVIM, J.P.: Surface integrity in Machining. Springer 2009.
- [4] ASM Handbook; Volume 8: Mechanical Testing, ASM International 1997.

6) Vyhodnocení přítomnosti povrchových a podpovrchových vad vzniklých konvenčním obráběním materiálu P91 pomocí vhodných metod nedestruktivního zkoušení

Vedoucí: Ing. Petr Beneš Ph.D.

Konzultant: Ing. Jiří Šplíchal; Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž

Student: Monika Rovašová

Cílem bakalářské práce je zvolit vhodné metody nedestruktivního zkoušení povrchových a podpovrchových trhlin vzniklých třískovým obráběním oceli P91. Dílčím úkolem bude také navrhnout optimální metodiku zkoušení, tak aby byla zaručena komplexnost měření. Zjištěné necelistvosti budou klasifikovány a vyhodnoceny dle příslušných norem.

Osnova:

1. Použití a omezení vybraných metod NDT
2. Charakteristika oceli P91 – možnosti použití
3. Volba vhodné metodiky pro zjišťování vad vzniklých obráběním pro případ oceli P91
4. Zjišťování přítomnosti vad pomocí vhodné metody NDT
5. Vyhodnocení zjištěných vad
6. Diskuze výsledků
7. Závěr

Doporučená literatura:

- [1] KOPEC, B., Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí, CERM, 2008.
- [2] OBRAZ, J., Zkoušení ultrazvukem, SNTL, 1989.
- [3] MÍŠEK, B., Defektoskopie a provozní diagnostika, VUT Brno, 1992.
- [4] ASM Handbook, Volume 18: Nondestructive evaluation and quality control, ASM International, 1997.

7) Mechanické vlastnosti lepených spojů používaných pro kolejová vozidla

Vedoucí: Ing. Petr Beneš Ph.D.

Konzultant: Ing. Jiří Barták Ph.D.; Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž

Student: Zbyšek Cakl

V rámci bakalářské práce budou provedena měření, jejímž úkolem bude posoudit vliv technologie lepení na mechanické vlastnosti lepených spojů. K lepení bude použito několik nejnovějších druhů lepidel, které se v současné začínají uplatňovat pro lepení některých konstrukčních dílů kolejových vozidel. Mechanické vlastnosti lepených spojů budou posuzovány z hlediska základních druhů namáhání, které se mohou vyskytnout při skutečném provozu kolejových vozidel. Posuzován bude také vliv okolních faktorů, jako je vlhkost a teplota na kvalitu lepeného spoje.

Osnova:

1. Charakteristika lepených spojů
2. Nerozebíratelná spojení používaná u kolejových vozidel
3. Mechanické parametry posuzované u lepených spojů
4. Degradace lepených spojů
5. Hodnocení lepených spojů dle normativních mechanických zkoušek
6. Diskuze výsledků
7. Závěr

Doporučená literatura:

- [1] Kinloch, A.J., Adhesion and adhesives: Science and technology, Chapman and Hall, New York, 1987.
- [2] Ikegami, K., Benchmark tests on adhesive strengths in butt, single and double lap joints and double-cantilever beams, Elsevier B.S., 1996.
- [3] Bishopp, J. et al., Handbook of Adhesives and Sealants, Vol.1, Elsevier B.S., 2005.
- [4] Cognard, P., Handbook of Adhesives and Sealants, Vol.1: Chapter 2.- Technical characteristics and testing methods for adhesives and sealants, Elsevier B.S., 2007.

8) Tepelné zpracování rychlořezných ocelí

Vedoucí: Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž

Konzultant: Ing. Jiří Hájek Ph.D.

Student: Lukáš Martinec

Nástrojové oceli budou tepelně zpracovány nejen předepsanými postupy, ale také parametry, které z hlediska teplot a austenitizačních prodlev nejsou správné. U těchto vzorků bude sledována nejen mikrostruktura a tvrdost, ale také chování při Impactovém testování a tribologických experimentech.

Osnova:

1. Rychlořezné oceli – druhy, požadované vlastnosti
2. Tepelné zpracování rychlořezných ocelí
3. Vyhodnocení vybraných režimů tepelného zpracování rychlořezných ocelí
4. Diskuse výsledků
5. Závěr

Doporučená literatura:

- [1] KRAUS, V.: *Tepelné zpracování a slinování*, Plzeň 2000
- [2] KŘÍŽ, A: *Přednášky SMA*, ZČU v Plzni 2010.
- [2] ROBERTS, G. A., KRAUSS G., KENNEDY R.: *Tool Steels*, ASM International 1998
- [3] PŘIBIL, E., ENGST, A., EICHLER, V., PRŮCHA, J., ESTERKA, B., KREJČÍK, J.: *Nástrojové oceli Poldi a jejich použití – I. díl*. Praha: SNTL, 1986.
- [4] TOTTEN, G.E.: *Steel heat treatment*, Taylor Francis Group, Portland State University 2007

9) Materiálové aspekty slinutých karbidů při úpravě mikrogeometrie břítu nástrojů

Vedoucí: Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž
Konzultant: Ing. Pavel Kožmín Ph.D.
Student: Antonín Janoušek

Slinuté karbidy se využívají především na řezné nástroje, u nichž je rozhodující kvalita řezné hrany. Dosáhnout vysoké kvality řezné hrany pouze technologií broušení je nemožné, proto se začaly aplikovat technologie omílání nebo otryskávání. Vlastnosti slinutého karbidu jsou velmi závislé na jejich struktuře, proto budou dány do souvislosti vlastnosti vyplývající z materiálových listů, vlastního měření a výsledky stavu břítu nástroje po úpravě mikrogeometrie. Tyto výsledky budou ověřeny ve spolupráci s katedrou KTO technologickými zkouškami trvanlivosti nástroje a jakostí obrobené plochy.

Osnova:

- 1) Analýza současného stavu SK z pohledu chemického složení, mikrostruktury, velikosti zrn a dalších charakteristických vlastností (tvrdost, houževnatost atd.). Trendy vývoje SK.
- 2) Analýza technologických možností zvyšování jakosti povrchů u SK
- 3) Volba technologie (vlečné omílání) a určení jejího vlivu na změnu povrchových vlastností u SK (2 druhy) – návrh postupu řešení
- 4) Realizace a vyhodnocení provedených zkoušek
- 5) Závěr – celkové hodnocení, doporučení při realizaci technologie, výhody, příp. nevýhody při použití technologie omílání na povrchové vlastnosti SK

Doporučená literatura:

- [1] RISSE K.: Einflüsse von Werkzeugdurchmesser und Schneidkantenverrundung beim Bohren mit Wendelbohrern in Stahl. Berichte aus der Produktionstechnik, Fraunhofer Institut Produktionstechnologie. Shaker Verlag 2006.
- [2] HUMÁR A.: Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění, 1995
- [3] HUMÁR A.: Materiály pro řezné nástroje, 2008.
- [4] KIEFFER R.; BENESOVSKY F.: Hartmetalle. 1965
- [5] CWAJNA J.; ROSKOSZ S.: Effect of microstructure on properties of sintered carbides. Materials Characterization, Volume 46, Issues 2-3, February-March 2001.
- [6] Příručka obrábění – kniha pro praktiky. Sandvik Coromant. 1997.

10) Změny mechanických vlastností duplexních vrstev

Vedoucí: Ing. Milan Vnouček Ph.D.

Konzultant: Ing. Jiří Šimeček; Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž

Student: Hedvika Mišterová

Cílem práce je posouzení vlastností duplexních hybridních vrstev – nitridovaná + PVD vrstva. Tyto aplikace se využívají na moderní strojní součásti a nástroje, přesto je zapotřebí řešit celou řadu úkolů vyplývajících z jejich nepříznivých křehkolomových vlastností. V bakalářské práci bude provedeno srovnání těchto „moderních vrstev“ s konvenčními PVD vrstvami. Pro porovnání budou použity laboratorní metody: Impact test, Pin-on-Disk, scratch test.

Osnova:

1. Rešerše na téma PVD vrstvy, nitridace, aplikace tenkých vrstev v obrábění
2. Rešerše na duplexní vrstvy, výhody a nevýhody
3. Metody zkoumající povrchové vlastnosti duplexních vrstev
4. Experimentální hodnocení
5. Diskuse výsledků
6. Závěr

Doporučená literatura:

[1] KŘÍŽ A. BENEŠ P. ŠIMEČEK J.: Využití impact testu při studiu povrchových vrstev, Konference Aplikovaná mechanika 2009, Telč 2009.

[2] KŘÍŽ A. BENEŠ P. ŠIMEČEK J. URBAN J.: Experimentální zpráva „Sledování kontaktního dynamického namáhání materiálu určeného k výrobě železničních kol“, Západočeská univerzita v Plzni, 2009.

[3] P. JURČI, P. HÁJKOVÁ, M. LODEREROVÁ, J. HORNÍK: Duplexní povlakování nástrojových ocelí – struktura, vlastnosti a zařízení, CVUT v Praze, Ústav materiálového materiálového inženýrství, Karlovo nám. 13, 121 35 Praha 2, CR,2009/05

[4] K.-D. BOUZAKIS , A. ASIMAKOPOULOS, G. SKORDARIS, E. PAVLIDOU, G. ERKENS: The inclined impact test: A novel method for the quantification of the adhesion properties of PVD films, Laboratory for Machine Tools and Manufacturing Engineering, Mechanical Engineering Department, Aristoteles University of Thessaloniki, 54124 Greece dostupné online na www.science-direct.com, 2006/10

11) Vlastnosti a struktury progresivních slinutých karbidů pro řezné nástroje

Vedoucí: Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž

Konzultant: Ing. Jiří Hájek, Ph.D.

Student: David Hůda

Osnova:

1. Historický vývoj slinutých karbidů a současné materiály pro řezné nástroje
2. Výroba slinutých karbidů dle požadovaných vlastností
3. Rozdělení slinutých karbidů dle použití, požadavky a trendy vývoje
4. Strukturní analýza zvolených slinutých karbidů
5. Vybrané mechanické vlastnosti
6. Závěr

Doporučená literatura:

- [1] HUMÁR A.: Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění, 1995
- [2] HUMÁR A.: Materiály pro řezné nástroje, 2008.
- [3] KRAUS V: Tepelné zpracování a slinování. 2000.
- [4] KIEFFER R.; BENESOVSKY F.: Hartmetalle. 1965
- [5] CWAJNA J.; ROSKOSZ S.: Effect of microstructure on properties of sintered carbides. Materials Characterization, Volume 46, Issues 2-3, February-March 2001.
- [6] Příručka obrábění – kniha pro praktiky. Sandvik Coromant. 1997.

12) Mechanické vlastnosti dřev

Vedoucí: Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž

Konzultant: Ing. P. Beneš Ph.D.

Student: Zbyněk Špirit

Osnova:

1. Dřevo jako konstrukční materiál
2. Metody experimentálního zjišťování vlastností dřev
3. Mechanické vlastnosti dřev
4. Anizotropie vlastností dřev; vliv vnitřní stavby dřeva a vnějších faktorů na mechanické vlastnosti dřev
5. Vliv vlhkosti na mechanické vlastnosti dřev
6. Diskuze výsledků
6. Závěr

Doporučená literatura:

- [1] Green,D.W., Winandy, J.E., Kretschmann D.E.: Mechanical Properties of Wood, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999.
- [2] Gandelová L., Horáček P., Šlezingerová J.: Nauka o dřevě, MZLU Brno, 1998.
- [3] Horáček P.: Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I a II, MZLU v Brně, 1999.
- [4] Matovič A.: Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva, ES VŠZ Brno, 1993.
- [5] Požgaj A. et.al.: Štruktúra a vlastnosti dreva, PRÍRODA, Bratislava, 1997.
- [6] Bodig J., Jayne: Mechanics of Wood and Wood Composites, Krieger Publishing Brunden M.N., 1982.

13) Vliv tepelného zpracování na integritu povrchu konstrukčních ocelí

Vedoucí: Ing. Petr Beneš Ph.D.

Konzultant: Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž;

Student: Martin Vadlejch

Osnova:

1. Možnosti zpevnování ocelí
2. Tepelné zpracování konstrukčních ocelí
3. Kontaktní namáhání a požadavky kladené na materiály
4. Vliv tepelného zpracování oceli na odolnost vůči rázovému kontaktnímu namáhání
5. Diskuze výsledků
6. Závěr

Doporučená literatura:

- [1] Kraus, V.: Tepelné zpracování a slinování, skripta ZČU 2000
- [2] ASM Metals HandBook Volume 04 - Heat Treating, 1991
- [3] Pluhař J.: Strojírenské materiály, Praha 1977
- [4] Iwai Y. Honda T. Yamada H. Matsubara T. Larson M. Hogmarg S. Evaluation of wear resistance of thin hard coatings by a new solid particle impact test. 2001 [online 31.8.2009] dostupné na www.science-direct.com
- [5] ASM Handbook; Volume 8: Mechanical Testing, ASM International 1997.
- [6] DAVIM, J.P.: Surface integrity in Machining. Springer 2009.

Zadání diplomových prací

1) TECHNOLOGIE SVAŘOVÁNÍ MIKROLEGOVANÝCH OCELÍ DOMEX 700 MC

Vedoucí: Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž

Konzultant: Doc. Ing. Jan Kalous CSc.

Diplomant: Bc. Miroslav Zajíček

Cílem práce bude ověřit technologický předpis pro svařování mikrolegovaných ocelí pro aplikaci v kolejových vozidlech. Tyto svařené oceli budou z hlediska svých pevnostních, strukturních i únavových vlastností porovnány s doposud běžně používanými konstrukčními ocelmi.

Osnova:

- 1) Charakteristika mikrolegovaných ocelí
- 2) Návrh optimální technologie svařování (vypracování VPS)
- 3) Svaření a experimentální analýzy kontrolních svarových spojů
- 4) Diskuse výsledků a vyhodnocení navržené technologie svařování
- 5) Závěr

Doporučená literatura:

- [1] Zvaranie a zvažiteľnosť materialov. STU Bratislava, 2009.
- [2] Časopisy: zvaranie-svařování
- [3] Firemní podklady švédské firmy SAAB
- [4] D.T.LLEWELLYN; R.C.HUDD: Steels:Metallurgy and Applications, Third Edition, Third edition 1998. ISBN 0 7506 3757 9

2) NÁVRH MATERIÁLU A POVRCHOVÉ ÚPRAVY PRO ŘEZNÉ NÁSTROJE URČENÝCH K OBRÁBĚNÍ PRYŽOVÝCH HADIC ZPEVNĚNÝCH KEVLAREM

Vedoucí: Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž

Konzultant: Ing. Petr Beneš Ph.D.

Diplomant: Jiří Hodač

Cílem práce bude navrhnout nový materiál a jeho povrchovou úpravu pro řezné nástroje. V současné době dochází díky kompozitnímu obráběnému materiálu k rychlému poškození břitu řezného nástroje. Diplomová práce se bude zabývat nejen návrhem nových, avšak pro výrobu cenově dostupných materiálů, ale bude také řešit povrchovou úpravu formou PVD technologií.

Osnova:

1. Definice kompozitního materiálu
2. Nástrojové oceli
3. Povrchové úpravy nástrojových ocelí zvyšující jejich otěruvzdornost
4. Specifika obrábění pryžových hadic zpevněné kevlarovými vlákny
5. Hodnocení opotřebení nástrojů obrábějící pryžové komponenty
6. Optimalizace systému povrchová úprava – substrát pro obrábění pryžových hadic zpevněných kevlarovými vlákny
7. Diskuze výsledků
8. Závěr

Doporučená literatura:

- [1] ROBERTS, G. A., KRAUSS G., KENNEDY R.: Tool Steels, ASM International 1998.
- [2] MARINESCU, I.D., et al., Tribology of abrasive machining processes, William Andrew publishing, 2004.
- [3] ASM Handbook, Volume 5: Surface Engineering, ASM International, 1994.
- [4] TOTTEN, G.E., Steel heat treatment, Taylor Francis Group, Portland State University 2007

3) LASEROVÉ POVRCHOVÉ KALENÍ NÁSTROJOVÝCH OCELÍ

Vedoucí: Doc.Dr.Ing. Antonín Kříž

Katedra materiálu a strojírenské metalurgie, Západočeská univerzita v Plzni

Konzultant: Ing. Jiří Hájek Ph.D.

Katedra materiálu a strojírenské metalurgie, Západočeská univerzita v Plzni

Ing. Ondřej Soukup

Termomechanika technologických procesů, Nové technologie -Výzkumné centrum v západočeském regionu, Západočeská univerzita

Diplomant: Jakub Vober

Osnova:

1. Nástrojové oceli a jejich objemové tepelné zpracování
2. Povrchové tepelné zpracování nástrojových ocelí
3. Vyhodnocení tepelného zpracování HPDD laserem
4. Diskuse výsledků
5. Závěr

Doporučená literatura:

[1] KRAUS, V.: Tepelné zpracování a slinování, Plzeň 2000

[2] ROBERTS, G. A., KRAUSS G., KENNEDY R.: Tool Steels, ASM International 1998

[3] KLUFOVÁ P.: Návrh technologie laserového povrchového zpracování konstrukčních ocelí, Diplomová práce, Plzeň 2010

[4] TOTTEN, G.E.: Steel heat treatment, Taylor Francis Group, Portland State University 2007