

10
2006

JMO

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA
FINE MECHANICS AND OPTICS

Bohemia Machine, s. r. o.

TRADIČNÍ DODAVATEL SKLÁŘSKÉ
TECHNOLOGIE A STROJŮ

navštivte nás na veletrhu **GLASSTEC** v Düsseldorfu



ve dnech 24. - 28. 10. 2006, hala 13, stánek F23

ISSN 0447-6441
Index 46 723

BML

Nová Ves u Světlé 58,582 91 Světlá nad Sázavou



me opta

Meopta na veletrhu Photokina 2006, Kolín nad Rýnem



REDAKČNÍ RADA

Předseda: RNDr. Miloslav VYCHODIL, CSc., Meopta-optika, s.r.o., Přerov

Členové: RNDr. Ing. Ján BARTL, CSc., ÚM SAV, Bratislava, doc. Dr. RNDr. Zdeněk BOUCHAL, UP, Olomouc, Ing. Igor BREZINA, Bratislava, Ing. Jan DUPÁK, CSc., ÚPT AV ČR, Brno, prof. Ing. Pavol HORŇÁK, DrSc., STU, Bratislava, prof. RNDr. Miroslav HRABOVSKÝ, DrSc., SLO UP a FZÚ AV ČR, Olomouc, RNDr. Vladimír CHLUP, Olomouc, RNDr. Lubomír JASTRABÍK, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, RNDr. Karol KAROVIČ, DrSc., Předsednictvo SAV, Bratislava, RNDr. Pavel KLENOVSKÝ, Český metrologický institut, Brno, RNDr. Josef KRÁSA, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, Ing. Jiří KRŠEK, VUT, Brno, doc. RNDr. Vojtěch KRĚSÁLEK, CSc., UTB, Zlín, Ing. Jan KŮR, Mesing, spol. s.r.o., Brno, doc. Ing. Martin LIBRA, CSc., ČZU, PRAHA, prof. RNDr. Miroslav LIŠKA, DrSc., VUT, Brno, RNDr. Zdeněk LOŠŤÁK, Meopta-optika, s.r.o., Přerov, prof. Ing. Petr LOUDA, CSc., TU, Liberec, Ing. Monika MÍCHALOVÁ, PHILIPS Slovakia s.r.o., Bratislava, Ing. Vladimír MATELA, Meopta-optika, s.r.o., Přerov, prof. RNDr. Jan PEŘINA, DrSc., UP, Olomouc, prof. Ing. Jaromír PIŠTORA, CSc., VŠB - TU, Ostrava, prof. RNDr. Ing. Jaroslav POSPÍŠIL, DrSc., UP, Olomouc, Jan ŘÍDKÝ, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, RNDr. Dagmar SENDEŘÁKOVÁ, Ph.D., UK, Bratislava, prof. Ing. Karel STUDENOVSKÝ, DrSc., ČVUT, Praha, prof. RNDr. Anton ŠTRBA, CSc., UK, Bratislava

Gerd HÄUSLER, Lehrstuhl für Optik, Universität Erlangen - Nürnberg, Erlangen (Germany), Michael J. LALOR, Liverpool John Moores University, U. K.; Paul RAUSNITZ, TCI New York, U. S. A.; Rodney J. SOUKUP, University of Nebraska-Lincoln, U. S. A.; M. C. TEICH, Boston University, U. S. A.; Emil WOLF, University of Rochester, U. S. A.

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

Vydává Fyzikální ústav Akademie věd České republiky za spoluúčasti The International Society for Optical Engineering (SPIE/CS) v Nakladatelství Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky.

Ředitel FZÚ AV ČR: Ing. Karel JUNGWIRTH, DrSc.

Odpovědný zástupce vydavatele: Jan ŘÍDKÝ, CSc.

Šéfredaktor: dipl. tech. Jaroslav NEVŘALA

Adresa redakce v Olomouci (předplatné, nakladatelské služby):

SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc,
tel.: 585 631 576, fax: 585 631 531, e-mail: pelcova@optnw.upol.cz

Adresa redakce v Přerově (šéfredaktor): Kabelíkova 1, 750 02 Přerov,
tel.: 581 242 151, mobil: 776 011 925, fax: 581 242 222.

Otisk povolen se svolením redakce a se zachováním autorských práv. Nevyžádané materiály se nevrací. Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autoři.

Předplatné: Celoroční 420,- Kč/rok. Ceny jsou jednotné pro Českou i Slovenskou republiku. Do všech ostatních zemí je časopis JMO distribuován za jednotnou cenu 10 EUR/ks. Pro členy SPIE/CS činí předplatné 120,- Kč/rok. Předplatné pro studenty Bc., Mgr., Ph.D. a studenty středních škol při osobním odběru činí 120 Kč/rok; v případě zaslání poštou 300,- Kč/rok.

Rozšiřuje vydavatel, Podniková prodejna Meopta-optika, s.r.o., Přerov, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov a KNIHKUPECTVÍ ACADEMIA, Václavské nám. 34, 110 00 Praha 1.

V Slovenské republice je kontaktní místo: prof. RNDr. Anton Štrba, CSc., katedra experimentální fyziky FMFI UK, Mlynská dolina F2/148, SK - 842 48 Bratislava, tel.: 00421 2 65 426 706, e-mail: Strba@fmph.uniba.sk

V Slovenské republice rozšiřuje a objednávky přijímá:

prof. Ing. Ivo Čáp, CSc., Žilinská univerzita - FPV, Hurbanova 15, SK - 010 26 Žilina, tel.: +421 415 136 350, e-mail: ivo.cap@fpv.uts.sk

Tiskne TYPOServis Holešov, Masarykova 650, 769 01 Holešov, tel.: 573 398 746, e-mail: dtp@typoservis.cz

Inzerce: redakce, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, tel.: 581 242 151, mobil: 776 011 925, fax: 581 242 222.

Odborné články jsou lektorovány.

© JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA 2006

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

VĚDECKO-TECHNICKÝ ČASOPIS
ROČNÍK 51 10/2006

OBSAH

Výpočty korektorů otvorové vady v elektronové optice (B. Lencová).....	263
Demonstrační fotovoltaický systém FVS 2001E (M. Vašina).....	267
Nová kariérová simulační hra (K. Nevřalová).....	269
Spektrální radiometry pro měření světelných podmínek pro růst rostlin (P. Oupický).....	270
Z dílny starých mistrů	273
Dobíjení akumulátorů elektrické energie v ostrovních fotovoltaických solárních systémech (J. Mareš, M. Libra).....	274
TELEWORKING – šance pro zaměstnání sociálně ohrožených skupin obyvatelstva (K. Nevřalová).....	276
Možnosti hodnocení mechanické úpravy lepeného povrchu (M. Müller, R. Chotěborský, N. Náprstková).....	277
Vliv indexu lomu a disperze materiálu brýlové čočky na její zobrazovací vlastnosti (A. Mikš, J. Novák, P. Novák).....	280
Vlastnosti pružinového kloubu obdélníkového průřezu (M. Antoš).....	283
Z technické knihovny (J. Novák).....	285, 291
Výroba ovladače oken automobilu (P. Kábrt).....	286
Využití klimatizační skříně k měření rovnovážné vlhkosti zrna obilovin (J. Krupička, B. Hanousek, S. Laga).....	288
Profil firmy Bohemia Machine	290
AQUA-THERM PRAHA již pro celou Evropu (jpe).....	291
Obsah časopisu Jemná mechanika a optika je uveden na internetu: http://jmo.fzu.cz	

Informace o předplatném podá, objednávky přijímá, objednávky do zahraničí vyřizuje: SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, tel.: 585 223 936, fax: 585 631 531.

Cena čísla 40 Kč včetně DPH

ADVISORY BOARD

Chairman: Miloslav VYCHODIL - Meopta-optika, s.r.o., Přerov (Czech Rep.)
Members: Ján BARTL - Inst. of Measurement Science Slovak Academy of Sciences, Bratislava (Slovak Rep.), Zdeněk BOUCHAL - Palacky Univ. (Czech Rep.), Igor BREZINA - Bratislava (Slovak Rep.), Jan DUPÁK - Inst. of Scientific Instruments of Czech Academy of Science, Brno (Czech Rep.), Pavol HORNÁK - Slovak Tech. Univ., Bratislava (Slovak Rep.), Miroslav HRABOVSKÝ - Joint Lab. of Optics of Palacky Univ. and Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Olomouc (Czech Rep.), Vladimír CHLUP - Olomouc (Czech Rep.), Lubomír JASTRABÍK - Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Karol KAROVIČ - Presidium of the Slovak Academy of Science, Bratislava (Slovak Rep.), Pavel KLENOVSKÝ - Czech Metrology Inst., Brno (Czech Rep.), Josef KRÁSA - Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Jiří KRŠEK - Tech. Univ., Brno (Czech Rep.), Vojtěch KRĚSÁLEK - Tomas Bata Univ. in Zlín (Czech Rep.), Ing. Jan KŮR, Mesing, spol. s r.o., Brno (Czech Rep.), Martin LIBRA - Czech Univ. of Agric. Praha (Czech Rep.), Miroslav LIŠKA - Tech. Univ., Brno (Czech Rep.), Zdeněk LOŠTÁK - Meopta-optika, s.r.o., Přerov (Czech Rep.), Petr LOUDA - Tech. Univ., Liberec (Czech Rep.), Vladimír MATELA - Meopta-optika, s.r.o., Přerov (Czech Rep.), Ing. Monika MÍČHALOVÁ, PHILIPS Slovakia s.r.o., Bratislava (Slovak Rep.), Jan PERINA - Palacky Univ., Olomouc (Czech Rep.), Jaromír PIŠTORA - Tech. Univ., Ostrava (Czech Rep.), Jaroslav POSPÍŠIL - Palacky Univ., Olomouc (Czech Rep.), Jan ŘÍDKÝ - Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Dagmar SENDEŘÁKOVÁ - Comenius Univ., Bratislava (Slovak Rep.), Karel STUDENOVSKÝ - Czech Tech. Univ., Praha (Czech Rep.), Anton ŠTRBA - Comenius Univ., Bratislava (Slovak Rep.),

Gerd HÄUSLER, Lehrstuhl für Optik, Universität Erlangen - Nürnberg, Erlangen (Germany), Michael J. LALOR, Liverpool John Moores University, U. K.; Paul RAUSNITZ, TCI New York, U. S. A.; Rodney J. SOUKUP, University of Nebraska-Lincoln, U. S. A.; M. C. TEICH, Boston University, U. S. A.; Emil WOLF, University of Rochester, U. S. A.

FINE MECHANICS AND OPTICS

Published by Institute of Physics Academy of Sciences of the Czech Republic under participation of The International Society for Optical Engineering (SPIE/CS) in the Publishing House of the Institute of Physics of the Academy of Sciences of the Czech Republic.

Director of Institute of Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic: Karel JUNGWIRTH

Editor: Jan ŘÍDKÝ

Managing Editor: Jaroslav NEVŘALA

Address of the Editor's office in Olomouc (subscription, publisher services): SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, Czech Republic, phone: ++420 585 631 576, fax: ++420 585 631 531, e-mail: pelclovea@optnw.upol.cz

Address of the Editor's office in Přerov (Managing Editor): Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, Czech Republic.

Reproduction only with permission of the Editor and under observing the copyright. Unasked manuscripts are not sent back. The authors are responsible for originality and correctness of their contributions.

Subscription fee: Annual fee is 420,- CZK. This price of subscription is the same for both Czech and Slovak Republics. Fine Mechanics and Optics journal is distributed into other countries for uniform price 10 EUR/Pcs. For members of SPIE/CS the annual subscription fee is 120,- CZK. For Bc., Mgr., Ph.D. and secondary school students the subscription fee is 120,- CZK per year, annual subscription including postage is 300,- CZK.

Distribution: by the Publisher, Company Sales shop of Meopta-optika, s.r.o., Přerov, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, Czech Republic.

Contact place for the Slovak Republic: Anton Štrba, Department of Experimental Physics, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University, Mlynská dolina F2/148, SK - 842 15 Bratislava, phone: 00421 2 65 426 706, e-mail: strba@fmph.uniba.sk

Printing: TYPOservis Holešov, Masarykova 650, CZ-769 01 Holešov, phone: 573 398 746 (from abroad: ++420 573 398 746). e-mail: dtp@typoservis.cz

Advertising: editor's office, Kabelíkova 1, CZ-750 02 Přerov, fax: 581 242 222.

Papers are reviewed.

© FINE MECHANICS AND OPTICS 2006

FINE MECHANICS AND OPTICS

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL
VOLUME 51 10/2006

CONTENTS

- Calculation of spherical aberration correctors in electron optics** (B. Lencová) 263
- Demonstrational photovoltaic system FVS 2001E** (M. Vašina) 267
- New career simulation game** (K. Nevřalová) 269
- Spectral radiometers for light condition measurements of plant growing** (P. Oupický) 270
- Electrical energy battery charging in insular photovoltaic solar systems** (J. Mareš, M. Libra) 274
- TELEWORKING – A chance for employment of socially endangered citizens** (K. Nevřalová) 276
- An assessment possibilities of mechanically adapted glued surfaces** (M. Müller, R. Chotěborský, N. Náprstková) 277
- Influence of the refraction index and dispersion of spectacle lens on its imaging properties** (A. Mikš, J. Novák, P. Novák) 280
- Properties of rectangular flexure hinge** (M. Antoň) 283
- From technical library** (J. Novák) 285, 291
- Production of car window controllers** (P. Kábrt) 286
- Application of conditioning chamber for measurement of grain equilibrium moisture** (J. Krupička, B. Hanousek, S. Laga) 288
- Company Bohemia Machine profile** 290
- AQUA-THERM PRAHA already for entire Europe** (jpe) 291
- You can also find the contents of the Journal on Internet:
<http://jmo.fzu.cz>

Information on subscription rate and on ordering gives the SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, tel.: 585 223 936, fax: 585 631 531.

Price for single copy: 40 Kč incl. VAT

Výpočty korektorů otvorové vady v elektronové optice

Článek podává stručný přehled výpočetních metod používaných v ÚPT AV ČR pro návrh elektronově optických zařízení. Možnosti programového vybavení jsou pak ilustrovány na výpočtech korektorů otvorové vady pro prozařovací a rastrovací elektronové mikroskopy.

Klíčová slova: Optika nabitých částic, výpočet elektromagnetického pole, metoda konečných prvků, korekce otvorové vady v elektronové mikroskopii

1 ÚVOD

Optika nabitých částic je velmi zajímavý obor aplikované fyziky. Jedna z nejdůležitějších aplikací optiky nabitých částic, elektronová mikroskopie, zpřístupnila svět miniaturních rozměrů, pro který používáme termín „nanosvět“, už při použití prvních elektronových mikroskopů: Knoll a Ruska odhadli už v roce 1932 [1] možné rozlišení mikroskopu pod 1 nm (proto se také v němčině pro tato zařízení razil termín Übermikroskopie, dosud zachovaný v anglickém překladu v názvu časopisu Ultramicroscopy). V roce 1936 prokázal Scherzer [2], že rotačně souměrná pole nejsou dokonalé čočky, protože mají vždy kladnou hodnotu koeficientu otvorové vady 3. řádu a chromatické vady 1. řádu; o deset let později pak Scherzer ukázal několik možných způsobů, jak by bylo možné pomocí korektorů tyto vady kompenzovat [3]. Není ani příliš známo, že holografii „vynalezl“ Gabor [4] právě jako další metodu k odstranění vlivu otvorové vady objektivu elektronového mikroskopu (úspěch v elektronové optice se dostavil až po více než 40 letech práce).

Nedokonalé technologické možnosti v počátcích mikroskopie výrazně omezovaly dosažení předpokládaného rozlišení, byly to například malá stabilita zdrojů proudu a vysokého napětí, nedostatečné metody přípravy tenkých vzorků pro prozařování elektronovým svazkem, nekvalitní magnetické materiály pro elektronové čočky a jejich zpracování, nízké vakuum, málo intenzivní zdroje elektronů. V 50. letech byly provedeny první neúspěšné pokusy s elektronovou holografií a s použitím korektorů založených na multipólových polích; zde se prokázalo, že otvorová vada soustavy sice byla odstraněna, ale korekční systém se nedal seřadit. V 70. letech pak byl konečně možný počítačový návrh čoček a vylepšily se technologie potřebné pro mikroskopii s vysokým rozlišením pod 0,15 nm. Až v roce 1986 se zakladatel elektronové mikroskopie Ruska dočkal uznání, když mu připadla polovina Nobelovy ceny za fyziku (druhou polovinu získali Binning a Rohrer za rastrovací tunelový mikroskop). 90. léta pak přinesla fungující korektory a je příznačné, že jako první „fungovaly“ korektory založené na použití hexapólových polí, které navrhl Rose, Scherzerův nástupce v Darmstadtu. Tyto korektory realizovali jeho studenti [5].

Stejně jako v jiných oborech je v současnosti návrh a analýza zařízení na počítači jednodušší a snadnější než při standardním postupu konstrukce – výroba – testování. Současné programy pro návrh v částicové optice běží na osobních počítačích, z metod pro výpočty polí se ukázala jako nejvhodnější a zároveň univerzálně použitelná metoda konečných prvků. V ÚPT máme vlastní programy pro výpočty čoček a deflektorů, museli jsme proto vyvinout řadu výpočetních metod. Programy jsou dostatečně zdokumentované a vybavené i uživatelskými rozhraními a používají se jak při návrhu elektronových mikroskopů tak při výuce u nás i v zahraničí.

V částicové optice máme zpravidla velmi vysoké požadavky na přesnost spočtených polí a optických vlastností. Pro fokusaci částic potřebujeme rotačně souměrná elektrostatická a magnetická pole čoček nebo jejich kombinací. Vychylovací a korekční prvky jsou zpravidla navrženy tak, že i jejich pole můžeme řešit jakou dvourozměrný problém. Optické chování čoček se také liší od toho, jaké

známe ze světelné optiky. Ve světelné optice používáme zpravidla lámavé a odrazné plochy a velké aperturní úhly; kombinací čoček z různých materiálů a s různou ohniskovou délkou můžeme vynulovat některé vady zobrazení. V optice nabitých částic základní osové vady soustav rotačně souměrných čoček nedokážeme vynulovat, čočky jsou tlusté a mají přehozené polohy hlavních rovin. Protože vlnová délka elektronů je velmi malá a používáme malé úhly svazku vůči ose, je vliv interferenčních jevů na tvorbu obrazu velký. Navíc nabitě částice na sebe mohou působit Coulombovou silou.

V tomto článku nejprve stručně popíšeme vlastnosti námi užívaných programů. Jejich použití ukážeme na výpočtech korektorů sférické vady, což je jeden z nejzajímavějších problémů současné elektronové optiky.

2 VÝPOČTY PRO ČÁSTICOVOU OPTIKU

2.1 Výpočty elektromagnetických polí

Stejně jako v případech počítačového návrhu při řešení řady stavebních, strojírenských a elektrotechnických úloh při výpočtu deformačních nebo elektromagnetických polí, je i v optice nabitých částic nejčastěji používanou výpočetní metodou metoda konečných prvků (MKP), kterou řešíme Laplaceovu nebo Poissonovu rovnici se zadanými okrajovými podmínkami. Jen MKP dovoluje započtení a zobrazení syčení magnetických čoček [6, 7]. I pro výpočty skalárního potenciálu používáme MKP prvního řádu s řadou vylepšení při výpočtu potenciálu u osy rotační symetrie [6] a při volbě potenciálu a koeficientů pro deflektory a multipóly [8]. Výpočty potenciálu jsou velmi rychlé a snadno dosahujeme přesnosti výsledného pole lepší než 0,01 %.

2.2 Výpočty optických vlastností

Nalezení optických vlastností elektromagnetických polí je úloha zdánlivě jednoduchá ve srovnání s vlastním výpočtem polí. Jedná se „pouze“ o numerický problém řešení obyčejných diferenciálních rovnic 2. řádu – buď jako rovnic trajektorie (souřadnice a směrnice v rovinách kolmých na optickou osu v závislosti na souřadnici podél osy) nebo jako pohybových rovnic (raytracing, časová závislost polohy a rychlosti částic).

Výpočet vycházející z rovnic trajektorie dovoluje rychle získat hodnoty paraxiálních optických vlastností a určit koeficienty vad při použití aberační teorie vhodného řádu; ze získaných polí použijeme pouze znalost rozložení potenciálu a pole na ose. Pro většinu problémů máme vhodné vztahy i numericky stabilní metody výpočtu.

Ray-tracing (trasování) je univerzálnější výpočetní metoda, podávající názorný pohled na to, jak se částice v daném systému pohybují. Proti rovnic trajektorie jsou tyto výpočty pomalé, protože trasování vyžaduje přesné určení pole z numericky spočtených potenciálů pomocí vhodné a přesné interpolační metody v každém bodě trajektorie. Teprve v poslední době je možné trasovat tak přesně, že můžeme odvodit koeficienty vad z výsledků trasování [9]. Trasování je nutno použít při návrhu zdrojů (katod) a detektorů a také při výpočtu prostorového náboje nebo coulombovské interakce [10].

2.3 Programy a uživatelské rozhraní

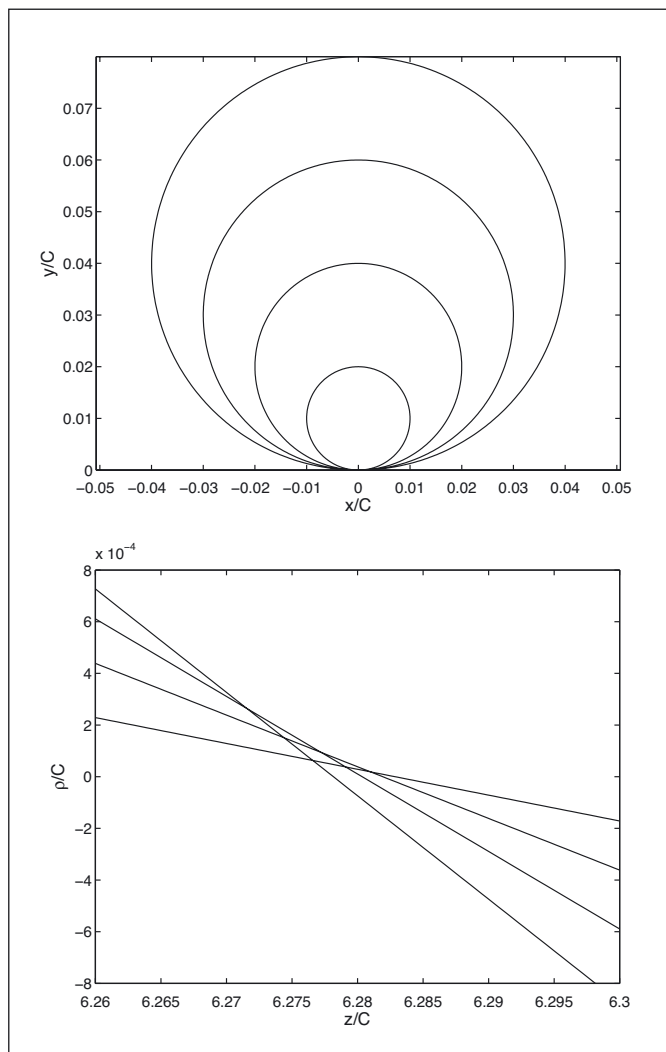
Existuje ještě jeden poslední krok – vytvoření uživatelského grafického rozhraní, které dovoluje nejen snadný vstup dat a jejich kontrolu, ale také prezentaci výsledků výpočtů pole i následné výpočty optických vlastností a grafické znázornění jejich výsledků. Při vývoji výpočetních metod je otázka interfejsu často zanedbávána, pro uživatele programů se však jedná o zásadní záležitost. Současné programovací jazyky jako je Visual Fortran dovolují vytvářet programy slučující výpočty, v našem případě výpočty potenciálu, optických vlastností a trasování, s grafickým uživatelským prostředím pro Windows [11].

3 KOREKTORY

3.1 Otvorová a chromatická vada elektronových čoček

Svatým grálem každé mikroskopické metody je dosažení mezního rozlišení, daného fyzikálními zákony. V případě prozařovacích mikroskopů tvoří největší překážku na této cestě působení otvorové a difrakční vady, u iontové optiky musíme uvažovat zejména vliv chromatické vady. Ukažme si vznik otvorové vady na triviálním příkladu. V homogenním magnetickém poli indukce B orientovaném podél osy z válcové soustavy souřadnic (ρ, φ, z) se elektron s nábojem e pohybuje po spirále, která je pro částici vycházející z počátku souřadné soustavy dána rovnicí

$$\rho = 12C \sin \alpha \cos \varphi, \quad \varphi = z / (2 C \cos \alpha), \quad C = p / (e B).$$

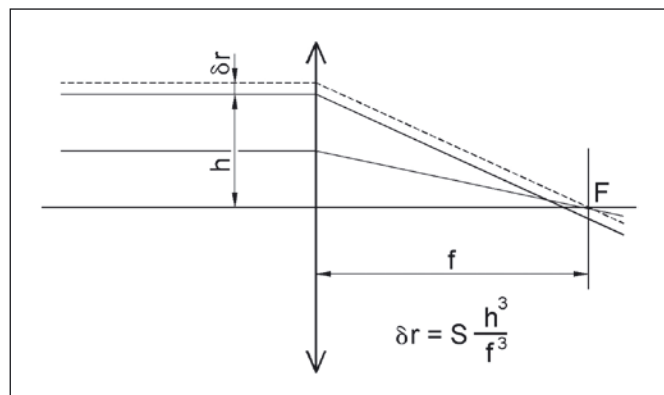


Obr. 1 V homogenním magnetickém poli se elektrony pohybují po spirále, jak ukazuje pohled ve směru optické osy v horní části obrázku. Ani pro malé úhly s osou se paprsky v důsledku otvorové vady neprotnou v jednom bodě v Gaussově obrazové rovině

Zde p je velikost hybnosti, C je cyklotronový poloměr a α je počáteční úhel s osou z . Elektrony, které se pohybují v paraxiální oblasti (tedy $\alpha \rightarrow 0$), jsou v rovině $z = 2\pi C$ opět soustředěny do jediného bodu na ose. Při malých ale konečných hodnotách úhlu α vyplňují elektrony kružnici o poloměru (obrázky 1a a 1b) $\rho_s = S \alpha^3$, $S = \pi C l$.

Koeficient otvorové vady S je u homogenního magnetického pole vyjádřen velmi jednoduše pomocí základních charakteristik pohybu, velikosti hybnosti elektronu a velikosti magnetické indukce. Podobně bychom získali koeficient chromatické vady, který vyjadřuje změnu polohy průsečíku s osou pro různou hybnost elektronů p . Ten má pro homogenní pole stejnou velikost jako S .

U prozařovacích mikroskopů korigujeme zejména otvorovou vadu, protože svazek elektronů může být téměř monochromatický. Každá rotačně symetrická čočka má kladný koeficient otvorové vady a tu tedy nelze odstranit pomocí dalších rotačně souměrných čoček. Jak potom můžeme otvorovou vadu zkorigovat? Obrázek 2 ilustruje tento postup názorně: pokud by se nám podařilo každý svazek vstupující do čočky rovnoběžně s osou ve vzdálenosti h posunout o $\delta r = S(h/f)^3 \ll h$, kde f je ohnisková délka objektivu, pak by se tento svazek nefokusoval před Gaussovou obrazovou rovinu, ale přesně do této roviny. Jak však ukázal Scherzer, musíme pro korekci použít pole s jinou než rotační symetrií, které by mělo koeficient vady záporný, to už pak můžeme zkombinovat s čočkou s kladnou hodnotou S a vytvořit tak systém s nulovou vadou. Schůdnou cestou, jejíž realizace ale trvala skoro půl století, bylo použití multipólových polí.

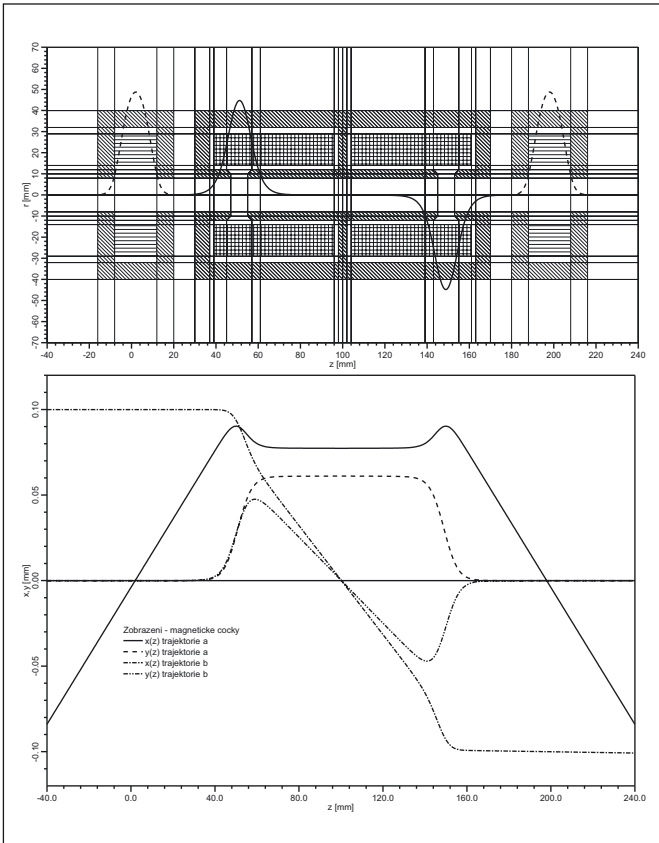


Obr. 2 Princip korekce otvorové vady spočívá v tom, že pro danou čočku s ohniskovou délkou f a koeficientem otvorové vady S musíme posunout rovnoběžný svazek o poloměru h o malou hodnotu $\delta r \ll h$

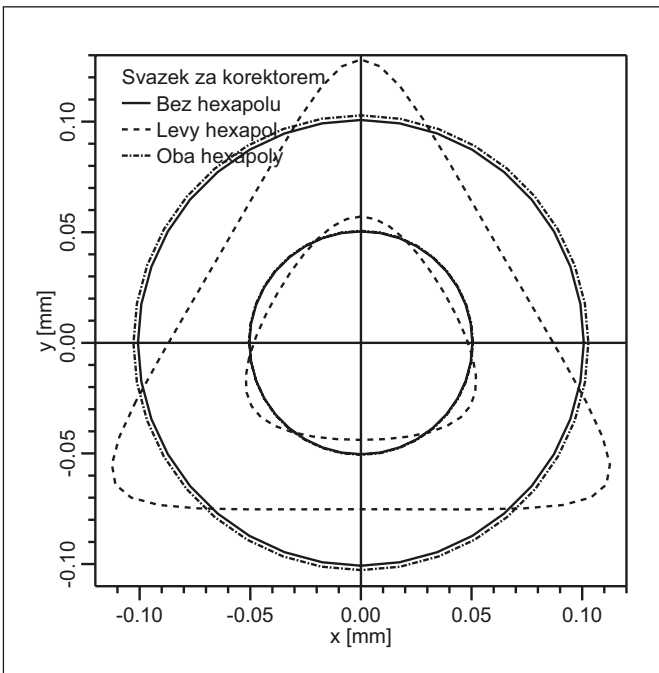
3.2 Hexapólový korektor

Poprvé se takovýto systém podařilo vytvořit pomocí hexapólového korektoru [5], který ukazuje obr. 3. Korektor sestává ze dvou magnetických čoček v teleskopickém režimu a dvou identických hexapólů umístěných v ohniskových rovinách čoček. Čočky mají opačný směr buzení, aby v nich nedocházelo k rotaci obrazu, a stejnou ohniskovou délku, takže vstupní svazek rovnoběžný s osou vstupuje ze systému čoček rovnoběžně s osou ve stejné vzdálenosti od osy. Do předmětového i obrazového ohniska umístíme hexapólový prvek, sestávající z 6 magnetických pólů, každý z nich je buzený proudem stejné velikosti a opačné orientace než jeho soused. Obrázek 3a ukazuje osové rozložení indukce v čočkách a osovou funkci hexapólu, obrázek 3b ukazuje x a y souřadnice trasovaných trajektorií: zobrazovací trajektorie a prochází ohniskem a trajektorie b vstupuje do korektoru rovnoběžně s osou.

Obrázek 4 ukazuje, co bychom viděli na výstupu z korektoru pro dva kruhové svazky o poloměrech $50 \mu\text{m}$ a $100 \mu\text{m}$, pokud bychom nepoužili hexapól, zapojili pouze první hexapól, nebo když zapojíme oba hexapóly tak, aby měly stejná buzení a orientaci. Pro jeden hexapól získáme na výstupu z korektoru výrazně trojúhelníkový



Obr. 3 Výpočet hexapólového korektoru otvorové vady objektivu prozařovacího mikroskopu. (a) Geometrie systému a rozložení magnetické indukce na ose (plná čára) a osový průběh pole hexapólu (čárkovaně). (b) Trajektorie elektronů ve směru x a y; svazek v čočkách rotuje, ale v důsledku stejného buzení a opačné orientace fokusačních polí je na výstupu celková rotace nulová



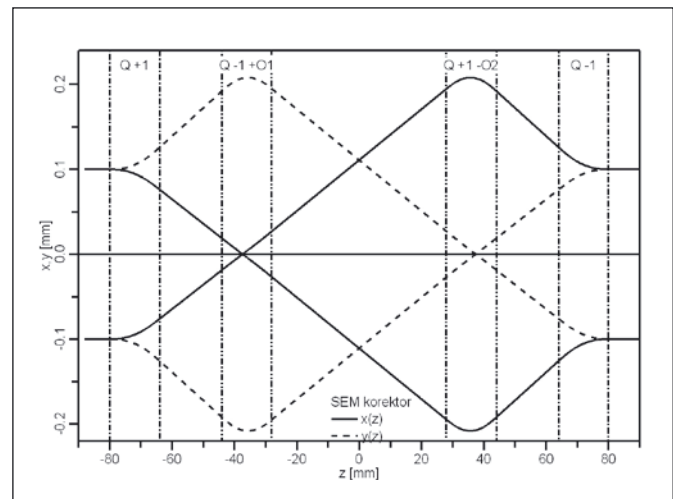
Obr. 4 Působení korektoru na kruhový svazek rovnoběžný s osou pro dva poloměry svazku: původně kruhový svazek (plná čára) se mění působením vstupního hexapólu na výrazně trojúhelníkový (znázorněno čárkovaně), přitom odchylka svazku je úměrná druhé mocnině vzdálenosti od osy. Po zapojení druhého hexapólu se poloměr vnějšího svazku zvětší o 2 μm a vnitřního o 0,25 μm (čerchované čáry).

průřez svazku a deformace svazku je úměrná druhé mocnině vzdálenosti od osy. Když ale budíme oba hexapóly současně, dostaneme opět kruhový rovnoběžný svazek, který má pro námi zvolené buzení hexapólů na výstupu místo 100 μm poloměr 102 μm , svazek o poloměru 50 μm má ale poloměr jen 50,25 μm , tedy úměrný třetí mocnině vzdálenosti od osy. Máme tedy správný korektor, jehož působení je úměrné třetí mocnině vzdálenosti od osy, který má záporný koeficient otvorové vady, protože výstupní poloměr je větší. Zároveň má korekce řádově správnou velikost, protože by dokázala odstranit vadu pro čočku s koeficientem otvorové vady $S = 1 \text{ mm}$ a ohniskovou délkou $f = 0,8 \text{ mm}$ pro svazek vymezený clonou o poloměru $h = 0,1 \text{ mm}$. Všechny výpočty trajektorií byly získány přesným trasováním v programu EOD [9, 10].

Dosažení subatomového rozlišení v korigovaných mikroskopech jistě povede k dalšímu rozvoji oboru [12]. Na projekt TEAM (Transmission Electron Aberration-corrected Microscope) jsou v USA věnovány dosti velké prostředky - kolem 100 milionů dolarů ročně. Rozlišovací schopnost pod 0,1 nm není jediný důvod použití korektorů: pro korigované mikroskopy dostaneme více proudu pro větší aperturu svazku do menší stopy a tak získáme lepší signál v obraze. Navíc snížená hloubka ostrosti dovolí snadněji realizovat elektronovou tomografii a umožní nové techniky, jako je konfokální rastrovací prozařovací mikroskopie [13]; obě tyto metody jsou velmi důležité jak pro elektronický průmysl, tak pro biologii. Korigované mikroskopy jsou zcela unikátní nákladná zařízení, a to proto, že dovolují získat zcela nové poznatky o uspořádání atomů v pevných látkách a o struktuře biologických vzorků. Stojí za to si připomenout, že kvalita elektronových čoček byla i před korekcí srovnatelná s nejdokonalejším optickým zařízením, které existuje; vezmeme-li jako měřítko (figure of merit) podíl průměru svazku a používané vlnové délky, pak pro Hubbleův teleskop máme 2,5 m/400 nm, zatímco pro 100 keV korigovaný elektronový mikroskop máme tento podíl 100 $\mu\text{m}/4 \text{ pm}$ dokonce lepší [14].

3.3 Kvadrupólový-oktupólový korektor

Prvním podrobněji studovaným korektorem, který se nyní používá pro rastrovací mikroskopy, byl jiný typ korektoru, pro který potřebujeme nejméně 4 kvadrupóly a 2 oktupóly pro vytvoření kruhového svazku se zápornou otvorovou vadou (obr. 5). Kvadrupóly zobrazují různě ve dvou navzájem kolmých směrech a vytvářejí dva astigmatické meziobrazy (ideální tenký kvadrupól má ohniskovou délku ve dvou kolmých směrech stejně velikosti a opačného znaménka). Působení oktupólů je pak úměrné třetí mocnině vzdálenosti svazku od osy, a pokud je umístíme v obou meziobzích kvadrupólového systému, zkorigujeme otvorovou vadu nezávisle pro



Obr. 5 Chod svazku elektronů v systému čtyř kvadrupólů v kvadrupólovém-oktupólovém korektoru. Vlastní korekci otvorové vady provádí dva oktupóly vytvořené v místech obou středních kvadrupólů

každý směr zobrazení. Výhoda kvadrupólového systému je, že by se mohlo dosáhnout i korekce chromatické vady, pokud jako střední kvadrupóly použijeme překrývající se elektrostatické a magnetické pole. U rastrovacího elektronového mikroskopu se podařilo dosáhnout stopy o průměru 0,8 nm pro 1 keV svazek [15] (tento mikroskop komerčně vyrábí firma JEOL, ale původní návrh korektoru pochází od J. Zacha, bývalého doktoranda profesora Rose a spoluzakladatele firmy CEOS, která vyrábí hexapólové korektory pro všechny typy prozařovacích elektronových mikroskopů). Původní návrh pro rastrovací prozařovací mikroskop s cílem dosáhnout rozlišení 0,05 nm pro 200 keV pak má skupina O. Krivanka [14].

5 ZÁVĚR

Bez elektronových mikroskopů nemůžeme nahlédnout do nano-světla a většina lidí jistě souhlasí s klasickým „*Seeing is believing*“. U prozařovacího elektronového mikroskopu se díky korektorům konečně podařilo prorazit bariéru 1 Å, rozlišení dosahuje (0,07-0,08) nm jak pro mikroskopy s korigovanou otvorovou vadou objektivu, tak i v elektronové holografii. Korigovaný rastrovací mikroskop dosahuje průměr stopy 0,8 nm při 1 keV, opět řádové zlepšení možností získat unikátní informace v této tak zajímavé aplikační oblasti elektronové mikroskopie, zatímco běžné komerční rastrovací mikroskopy dosahují rozlišení (3-4) nm při 30 keV a pod 10 nm pro 1 keV elektrony. I v našich podmínkách můžeme přispět k rozvoji oboru. Máme k dispozici velmi přesné programy pro výpočty většiny potřebných prvků pro návrh mikroskopů, zejména jako důležitá se ukazuje možnost přesného trasování částic, kterou jsme ilustrovali na příkladu výpočtu multipólových korektorů.

Literatura

- [1] M. Knoll, E. Ruska: „Das Elektronenmikroskop“. Z. für Physik **78** (1932), 318-339.

- [2] O. Scherzer: „Über einige Fehler von Elektronenlinsen“. Z. für Physik **101** (1936), 23-26.
 [3] O. Scherzer: „Sphärische und chromatische Korrektur von Elektronen-Linsen“. Optik **2** (1947), 114-132.
 [4] D. Gabor: „A new microscopic principle“. Nature **161** (1948), 777-778.
 [5] M. Haider, H. Rose, S. Uhlemann, E. Schwan, B. Kabius and K. Urban: „A spherical-aberration-corrected 200 keV transmission electron microscope“. Ultramicroscopy **75** (1998), 53-60.
 [6] B. Lencová, M. Lenc: „A finite element method for the computation of magnetic electron lenses“. Scanning Electron Microscopy 86, Part III (1986), 897-915.
 [7] B. Lencová: „Accurate computation of magnetic lenses with FOFEM“. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research **A427** (1999), 329-337.
 [8] M. Lenc, B. Lencová: „Analytical and numerical computation of the multipole components of magnetic deflectors“. Rev. Sci. Instruments **68** (1997), 4409-4414.
 [9] B. Lencová: „Electrostatic Lenses“. In: Handbook of Charged Particle Optics (ed. J. Orloff), pp. 177-222. CRC Press, 1997.
 [10] P. Janský, B. Lencová a J. Zlámal: „Optimalizace optiky elektronové svářečky“. Jemná mechanika a optika **50** (2005), 46-48.
 [11] B. Lencová and J. Zlámal: „EOD (Electron Optical Design) program for computation for electron microscopy“. Proc. MC2005, Davos, p. 8.
 [12] <http://ncem.lbl.gov/team3.htm>
 [13] S. P. Frigo, Z. H. Levine, N. J. Zaluzec: „Submicron imaging of buried integrated circuit structures using scanning confocal electron microscopy“. Appl. Phys. Lett. **81** (2002), 2112-2114.
 [14] O. L. Krivanek, P. D. Nellist, N. Dellby, M. F. Murfitt and Z. Szilagy: „Towards sub-0.5 Å electron beams“. Ultramicroscopy **96** (2003), 229-237.
 [15] S. Uno, K. Honda, N. Nakamura, M. Matsuya and J. Zach: „Aberration correction and its automatic control in scanning electron microscopes“. Optik **116** (2005), 438-448.

Prof. RNDr. Bohumila Lencová, CSc., Ústav přístrojové techniky AV ČR, Královopolská 147, 612 64 Brno, tel.: 541 514 294, fax: 541 514 493, e-mail lencova@isibrno.cz

Technické pokyny pro autory

Příspěvky se přijímají v elektronické formě.

Požadavky na textovou část: Text musí být pořízen v editoru MS WORD, doporučuje se font Times New Roman, velikost písma 12, dvojitě řádkování, formát stránky A4. Ve všech částech příspěvku používejte stejný font. Text pište do jednoho sloupce se zarovnáním k levému okraji, klávesu ENTER používejte pouze na konci odstavce.

Rovnice a vzorce uváděné na samostatných řádcích musí být vytvořeny modulem pro matematiku editoru MS WORD, rovnice a vzorce, které jsou součástí textu na řádku, zapisujte pomocí vložených symbolů, nikoliv zmíněným modulem. Při psaní matematických a chemických výrazů dodržujte základní pravidla: Veličiny pište kurzívou, matice tučně stojatě (antikva), vektory a skaláry tučnou kurzívou. Úplný (totální) diferenciál „d“ vždy stojatě. Ludolfovo číslo „π“ stojatě. Indexy, pokud vyjadřují veličinu, pište kurzívou, v opačném případě stojatě (např. max, min apod.). Imaginární jednotku „i“ stejně jako „j“ v elektrotechnice pište stojatě.

Dodržujte pravidla českého pravopisu; za interpunkčními znaménky je vždy mezera. Rovněž tak před a za znaménky „+“, „-“, „=“ apod. je vždy mezera.

Požadavky na obrázky a grafy: Grafickou část příspěvku nevěnujte do textu, ale dodávejte ji jako samostatné grafické soubory typu *.CDR, *.EPS, *.TIF, *.JPG a *.AI (vektorovou

grafiku jako *.EPS nebo *.AI soubory, bitmapovou grafiku jako *.TIF nebo *.JPG soubory). V žádném případě nedodávejte obrázky v souboru typu *.doc. Bitmapové soubory pro černobílé kresby musí mít rozlišení alespoň 600 dpi, pro černobílé fotografie nejméně 200 dpi a pro barevné nejméně 300 dpi. Při generování obrázků v COREL DRAW do souboru typu *.EPS převedte text do křivek. U souborů typu *.JPG používejte takový stupeň komprese, aby byla zachována co nejlepší kvalita obrázku. Velikost písma v obrázcích by neměla klesnout pod 1,5 mm (při předpokládané velikosti obrázku po zalomení do tiskové strany).

Pokyny k předávání příspěvku

Ke každému textu nebo grafice musí být přiložen kontrolní výtisk nebo fotografie.

Dále je třeba, aby k článku autor dodal překlad resumé a názvu článku do anglického (českého – slovenského) jazyka, klíčová slova, jména všech autorů včetně titulů, jejich plných adres, telefonického spojení a případně e-mailové adresy.

Soubory je možno dodat na disketě, CD nebo na médiu ZIP 100 MB.

Ke každému příspěvku připojte seznam všech předávaných souborů a u každého souboru uveďte pomocí jakého software byl vytvořen.

Příspěvky zasílejte na adresu: Redakce časopisu JMO, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov.

Demonstrační fotovoltaický systém FVS 2001E

Ceny energií stále stoupají. Kromě toho se snižují celosvětové zásoby fosilních paliv, které se v budoucnu zcela vyčerpají. Proto je třeba hledat nové energetické zdroje. Jednou z možností je přímá transformace solární energie v elektrickou energii pomocí fotovoltaických článků. Předmětem tohoto příspěvku je názorná demonstrace činnosti fotovoltaického systému FVS 2001E umístěného na venkovní stěně budovy Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

Klíčová slova: sluneční záření, fotovoltaický systém, intenzita záření, výkon, energie

1. ÚVOD

Převážná část energie pro její další využití se v současné době vyrábí z neobnovitelných zdrojů energie. K těmto zdrojům patří fosilní paliva (tzn. uhlí, ropa a zemní plyn) a jaderná paliva. Jejich zásoby jsou ale omezené a v budoucnu budou zcela vyčerpány. Kromě toho tato paliva nejsou šetrná k životnímu prostředí při jejich dalším zpracování. Proto je nutno hledat nové zdroje energie – obnovitelné zdroje energie, které jsou prakticky nevyčerpatelné a ekologicky šetrné. Mezi obnovitelné zdroje patří např. energie slunečního záření, větru, vody a biomasy.

Tento příspěvek se zabývá přímou přeměnou energie slunečního záření v elektrickou energii. K tomuto účelu slouží fotovoltaické články, z kterých se skládají fotovoltaické (solární) panely. Fotovoltaický systém je vytvořen několika solárními panely.

2. DEMONSTRACNÍ FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM FVS 2001E

2.1 Účel demonstračního fotovoltaického systému FVS 2001E

Účelem demonstračního fotovoltaického systému je především:

- Demonstrovat využití fotovoltaických (FV) systémů jako „čistého“ obnovitelného zdroje elektrické energie.
- Demonstrovat architektonická řešení integrace FV systémů do budov v podmínkách České republiky.
- Využít reálného provozu fotovoltaických instalací pro výuku nových odborníků a pro vědecko-výzkumné účely i v mezinárodních projektech v rámci evropské integrace.
- Umožnit pedagogům a studentům využívat FV systémy k jejich profesnímu růstu a vědecko-výzkumné činnosti. Znamená to zejména vytvořit podmínky pro to, aby se pedagogové a studenti mohli podílet na měření a analýze chování FV systémů, případně se podílet i na návrhu a projektování FV systémů a využívat tyto systémy při výzkumu, řešení, měření a ověřování nových komponent fotovoltaických systémů.
- Získání zkušeností pro české odborníky (architekty, projektanty, výrobní a montážní firmy) s integrovanými instalacemi FV systémů a jejich napojení na elektrickou síť.
- Šířit osvětu o fotovoltaike jako perspektivním obnovitelném zdroji elektřiny prostřednictvím médií, přednášek, seminářů a publikační činnosti.

2.2 Umístění a parametry demonstračního fotovoltaického systému FVS 2001E

Demonstrační fotovoltaický systém je od září 2005 umístěn na fasádě budovy U5 Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně v lokalitě Jižní svahy (viz obr. 1). Tento systém tvoří 12 kusů solárních panelů, jejichž výrobcem je Solartec, s. r. o. Rožnov pod Radhoštěm. Solární panely jsou pevně upevněny na fasádě s orientací na jižní světovou stranu. V panelech jsou použity křemíkové fotovoltaické články, jejichž vzájemným sériovým a paralelním řazením vznikne solární

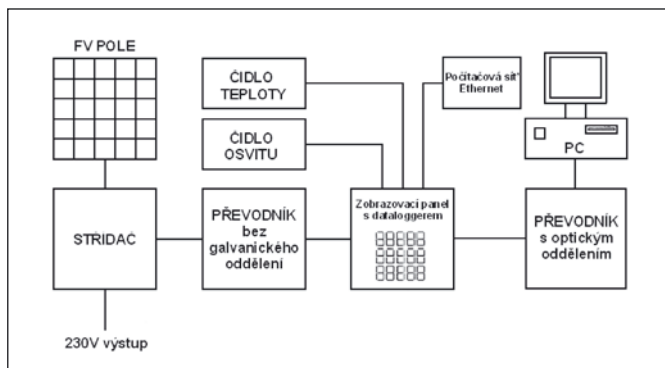
panel o šířce 0,66 m a délce 1,32 m. Potom celková plocha všech solárních panelů je $S \approx 10,45 \text{ m}^2$. Špičkový (za ideálních podmínek) stejnosměrný výkon jednoho solárního panelu je $P_{lmax} = 100 \text{ W}$. Potom špičkový výkon celého fotovoltaického systému je $P_{max} = 1,2 \text{ kW}$. Solární panely jsou z architektonických důvodů skloněny vzhledem k zemskému povrchu přibližně pod úhlem 60° .



Obr. 1 Umístění demonstračního fotovoltaického systému FVS 2001E na UTB ve Zlíně

2.3 Princip demonstračního fotovoltaického systému FVS 2001E

Na obr. 2 je znázorněno schéma zapojení demonstračního fotovoltaického systému FVS 2001E. Systém FVS 2001E je určen k zobrazování a pravidelnému ukládání dat z fotovoltaického systému vybaveného střídačem, který zajišťuje transformaci stejnosměrných veličin na střídavé. Střídač je k zobrazovacímu panelu připojen přes speciální převodník bez galvanického oddělení. Zařízení pro sběr a ukládání dat ze střídače datalogger je součástí zobrazovacího panelu. Na třířádkovém displeji zobrazovacího panelu jsou zobrazeny nejdůležitější vybrané údaje z FV systému, a sice okamžitý střídavý výkon, celková dodaná energie do elektrické sítě a snížení emisí CO_2 . FVS 2001E zajišťuje nezávislý sběr dat z FV systému, respektive z připojeného střídače. Počítač PC je připojen přes opticky oddělený převodník. Na tomto počítači lze aktuálně sledovat střídavý výkon, vyrobenou elektrickou energii, snížení emisí CO_2 , střídavé napětí sítě, stejnosměrné napětí z FV panelů, teplotu střídače, teplotu FV pole, intenzitu slunečního záření, datum a aktuální čas. Tyto veličiny jsou veřejně přístupné na webu <http://www.ft.utb.cz/czech/ufmi/solar/FVS2001E.html>. Kromě toho systém ukládá do paměti v pravidelných časových (vhodně zvolených) intervalech údaje o některých veličinách, které lze zpětně prohlížet a porovnávat.

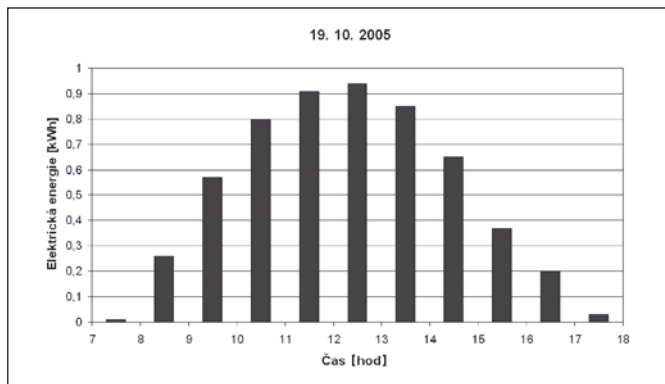


Obr. 2 Schéma zapojení demonstračního fotovoltaického systému FVS 2001E

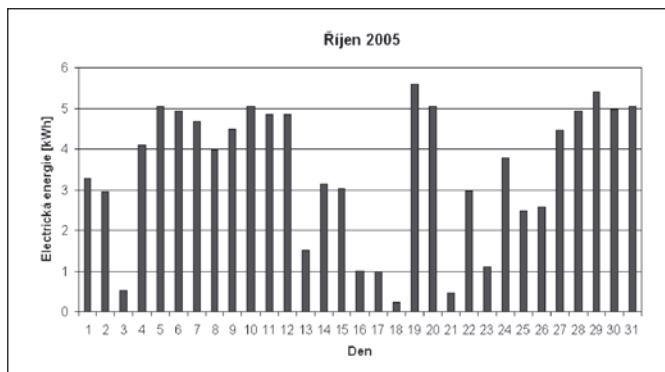
3. NAMĚŘENÉ ZÁVISLOSTI Z DEMONSTRAČNÍHO FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU FVS 2001E

Jak již bylo uvedeno, tento demonstrační FV systém slouží veřejnosti k bližšímu poznání fotovoltaiky. Za tímto účelem jsou přehledně uloženy a vyhodnoceny grafické závislosti některých důležitých veličin, konkrétně střídavého výkonu, dodané energie do elektrické sítě, napětí FV panelů, intenzity slunečního záření a teploty FV pole. Tyto závislosti mohou být vyhodnoceny v konkrétní den, měsíc nebo rok.

Na obr. 3 je znázorněna hodinová výroba elektrické energie ze dne 19. 10. 2005. Z obrázku je zřejmé, že nejvíce elektrické energie bylo vyrobeno v časovém úseku, ve kterém se slunce nachází na jihu, tzn. mezi 12. a 13. hod. V tomto čase jsou právě solární panely orientovány směrem ke slunci. Na obr. 4 je znázorněna vyrobená elektrická energie v jednotlivých dnech měsíce října v roce 2005. Z tohoto obrázku je zřejmé, že vyrobená energie v jednotlivých dnech tohoto měsíce velmi kolísá. Je to způsobeno různou četností oblačnosti v jednotlivých dnech měsíce.



Obr. 3 Hodinová výroba elektrické energie systému FVS 2001E ze dne 19. 10. 2005



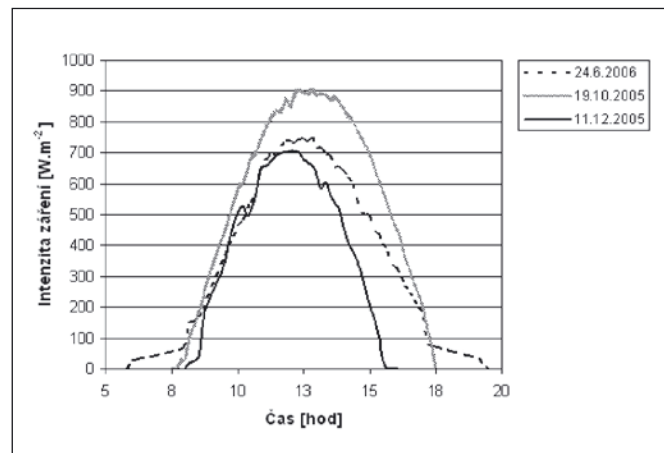
Obr. 4 Denní výroba elektrické energie systému FVS 2001E v říjnu 2005

Jak již bylo uvedeno, nejvíce elektrické energie lze vyrobit v době, kdy jsou solární panely přímo orientovány ke slunci. Důležitým faktorem je rovněž roční období. V tab. 1 je uveden maximální úhel sklonu, který zaujímá slunce nad obzorem v jednotlivých měsících v podmínkách České republiky [4]. Dále je zde uveden doporučený úhel sklonu solárního panelu v příslušném měsíci. Je zřejmé, že z hlediska efektivity výroby elektrické energie je třeba zajistit, aby součet těchto dvou úhlů byl roven 90° (viz tab. 1). V tomto případě sluneční záření dopadá kolmo na solární panel a vyrobí se více elektrické energie. Pro získání maximálního množství vyrobené elektrické energie je tedy optimální neustálý kolmý dopad slunečních paprsků na solární panel. Toho lze dosáhnout pomocí tzv. sledovačů slunce, které zajišťují natáčení solárních panelů kolmo ke slunci v průběhu celého dne. Tím se podstatně zvýší množství vyrobené elektrické energie.

Tab. 1 Maximální úhel sklonu slunce nad obzorem a doporučený úhel sklonu solárních panelů

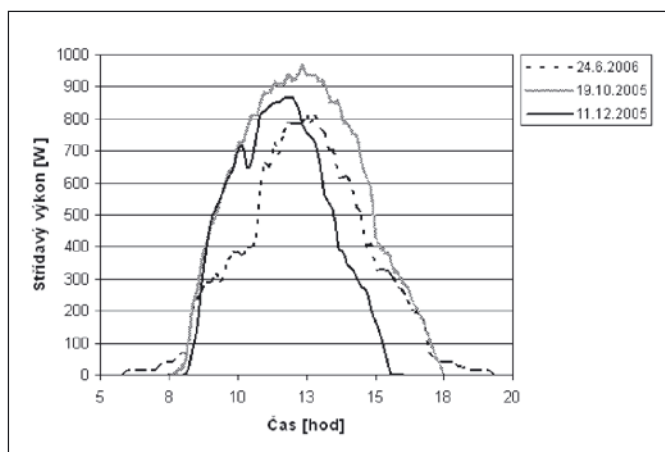
Měsíc	Maximální úhel sklonu slunce nad obzorem [°]	Doporučený úhel sklonu solárních panelů [°]
Leden	19	71
Únor	27	63
Březen	38	52
Duben	50	40
Květen	59	31
Červen	63	27
Červenec	61	29
Srpen	54	36
Září	43	47
Říjen	32	58
Listopad	22	68
Prosinec	17	73

Na obr. 5 je uveden průběh intenzity slunečního záření v některých dnech letního, resp. zimního času. Tomu odpovídá průběh střídavého výkonu (viz obr. 6). Z těchto průběhů je zřejmé, že nejvyšší hodnoty střídavého výkonu, a tím i vyrobené elektrické energie nejsou dosaženy ve dnech nejdelšího slunečního svitu v roce (tzn. v měsíci červnu), ale v měsíci říjnu. Je to způsobeno úhlem sklonu



Obr. 5 Denní průběhy dopadající intenzity slunečního záření u systému FVS 2001E

solárních panelů (tzn. 60°) demonstračního FV systému. Vyšší výroby elektrické energie lze dosáhnout v měsících březnu a říjnu (viz tab. 1), kdy je maximální úhel slunce nad obzorem přes 30° a solární paprsky v těchto měsících v poledních hodinách dopadají prakticky kolmo na solární panely fotovoltaického systému FVS 2001E.

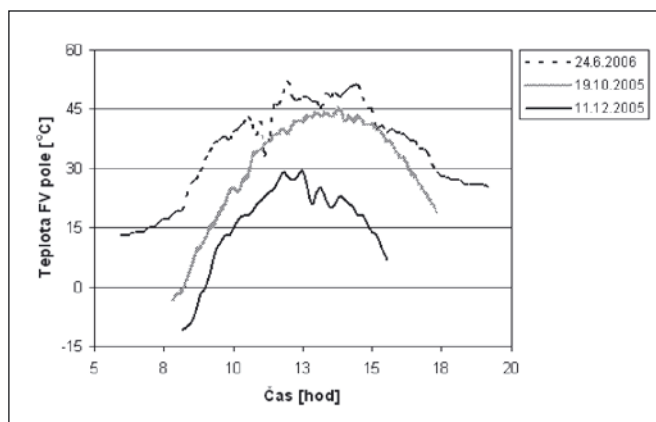


Obr. 6 Denní průběhy střídavého výkonu u systému FVS 2001E

Na obr. 7 jsou pro srovnání uvedeny průběhy teplot fotovoltaických polí ve stejných dnech jako u intenzity záření a střídavého výkonu. Je zřejmé, že teploty fotovoltaických polí při celodenním slunečním svitu jsou podstatně vyšší v letních měsících.

4. ZÁVĚR

Demonstrační fotovoltaický systém FVS 2001E na UTB ve Zlíně seznamuje přehledně širokou veřejnost s přímou přeměnou energie slunečního záření na elektrickou energii. Nespornou výhodou fotovoltaických systémů je ekologicky šetrná výroba elektrické energie bez vedlejších znečišťujících produktů. K ne-



Obr. 7 Denní průběhy teploty fotovoltaického pole systému FVS 2001E

výhodám fotovoltaiky patří poměrně dlouhá doba návratnosti investice do solárních panelů a poměrně nízká účinnost (běžně 14% až 17%) přímé transformace energie solárního záření v elektrickou energii [4].

Poděkování:

Tento příspěvek vznikl v rámci programu „Slunce do škol“ ze Státního fondu životního prostředí (grant č. 03770491).

Literatura

- [1] Cenek, M.: Obnovitelné zdroje energie. FCC PUBLIC s. r. o., Praha, 2001. 208 s.
- [2] Kaminský, J., Vrtek, M.: Obnovitelné a alternativní zdroje energie. Skriptum VŠB – TU Ostrava, 1998. 148 s.
- [3] Medek, F.: Netradiční zdroje energie a architektura. Skriptum ČVUT Praha, 1994. 105 s.
- [4] <http://www.ekowatt.cz/library/infolisty/infolisty1999/>

Ing. Martin Vašina, Ph.D., Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Ústav fyziky a materiálového inženýrství, Fakulta technologická, Česká republika, Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín, tel.: +420 576035101, e-mail: vasina@ft.utb.cz

Nová kariérová simulační hra

Nová vzdělávací počítačová hra určená dívkám ve věku 12 – 16 let si klade za cíl motivovat a vést „hráčky“ k technickým, strojírenským a vědním oborům.

Hra byla vytvořena v rámci mezinárodní spolupráce různých organizací v projektu SITCOM (Socrates – Minerva). Produkt je díky podpoře EU zdarma přístupný na internetových stránkách www.donau-uni.ac.at/sitcom.

Vedle samotné hry, která umožňuje profilaci dívky do šesti různých oborů, inspirují dívky k technice i životopisy různých žen a studentek, které se pro podobnou profesní dráhu rozhodly.

Učitelům pomohou při aplikaci hry ve výukovém procesu didaktické materiály, které slouží jako návod a inspirace pro různé možnosti zařazení hry do výuky.

Hra nyní přichází do škol v Rakousku, Polsku, Řecku, Španělsku, Rumunsku, Francii a České republice. Produkt tento rok získal mezinárodní ocenění Comenius Edu-Media.

Kontakt: Ing. Kateřina Nevřalová, Euroface Consulting, tel.: 777 01 17 17, e-mail: management@euro-face.cz.

Spektrální radiometry pro měření světelných podmínek pro růst rostlin

Článek stručně pojednává o vlivu světla na růst rostlin a o speciálních radiometrech, které byly pro účely měření tohoto vlivu vyvinuty a vyrobeny v rámci podpory cíleného vývoje a výzkumu ve Vývojové optické dílně AV ČR v Turnově za spolupráce s dalšími vědeckými pracovišti.

Na zemský povrch dopadá ze Slunce po útlumu v atmosféře průměrně asi 650 W/m^2 záření všech vlnových délek. Významná část tohoto záření – viditelné světlo (vlnové délky 400 - 700 nm) představuje zdroj energie pro rostliny. Proces, při kterém dochází k využití sluneční energie k tvorbě organických sloučenin, se nazývá fotosyntéza. Na zachycení energetických kvant se přitom podílejí dva hlavní receptory: chlorofyl A a chlorofyl B, a další fotosyntetické pigmenty, odborně nazývané karotenoidy.

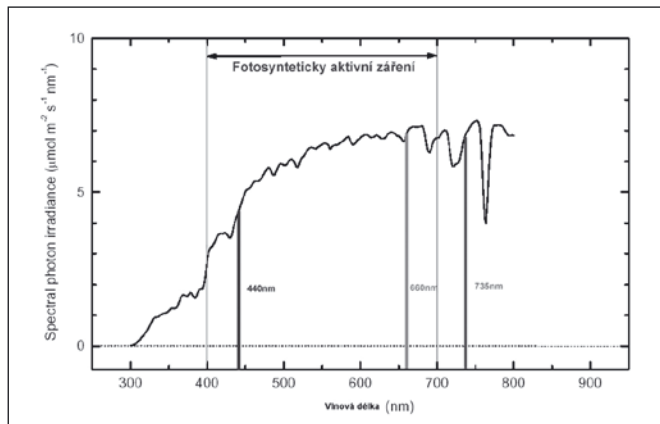
Záření kratších vlnových délek (do 400 nm) je pro rostliny škodlivé. Jeho průniku do rostlinných pletiv brání korkové pokožkové vrstvy. Tím, jak rostliny světlo absorbují nebo odrážejí, dochází ve spodních patrech vegetace k úbytku celkového množství záření, ale i ke změně jeho spektrálního složení. Množství i kvalita záření, které do porostu proniká, je závislé především na jeho hustotě a výšce. Významnou roli hraje dále struktura porostu, především orientace rostlinných orgánů, listová plocha, druhové složení porostu a obsah chlorofylu.



Obr. 1 Příklad měření světelných podmínek pro růst rostlin

Úbytek záření pod určitou mez má pro rostliny velmi neblahé následky: snížená dostupnost světla vede ke zpomalení až k zástavě fotosyntézy. To pak vede ke zpomalení až k zástavě růstu a v extrémním případě i k uhynutí rostliny. Proto je pro rostliny velmi důležité, aby umístily své fotosyntetizující orgány, t.j. především listy, do míst s dostatkem světla. Změna spektrálního složení (kvality) záření představuje pro rostliny důležitý signál vypovídající o stávajících ale i potencionálních konkurentech, kteří danou rostlinu zastíňují nebo mohou v budoucnu zastíňovat. Z těchto hledisek jsou nejdůležitější tři oblasti spektra:

- oblast modrého světla (B, vlnová délka 380 - 450 nm),
- červené světlo kratších vln. délek (R (Red), okolo vlnové délky 660 nm),
- červené záření delších vln. délek (FR (Far Red), okolo vlnové délky 730 nm).



Obr. 2 Sluneční spektrum s vyznačením hlavních fotosynteticky aktivních pásem

Svým způsobem není překvapivé, že dvě z těchto tří oblastí se kryjí s absorpčními maximy hlavních fotosyntetických pigmentů – chlorofylů.

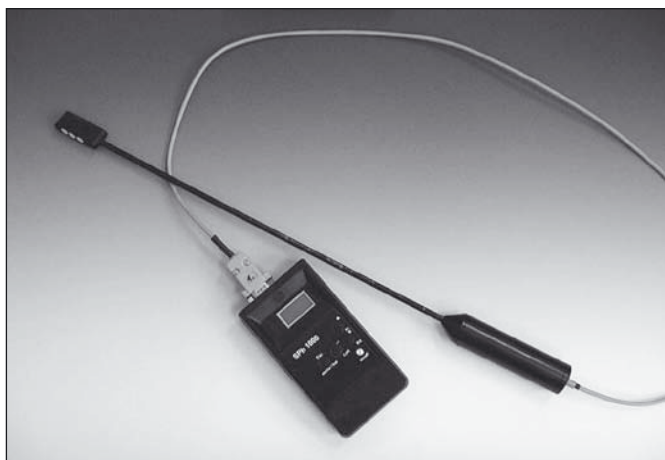
Modré záření vyvolává u krytosemenných rostlin především poměrně rychlé pohybové reakce – např. fototropismus („ohýbání ke světlu“). Jeho receptorem je kryptochrom.

Receptorem červeného světla (R a Fr) je fytochrom. To je poměrně složitá látka, která se vyskytuje ve dvou formách, a ty se liší svými absorpčními maximy. Základní forma má absorpční maximum 660 nm. Absorpce fotonu vlnové délky 660 nm se mění na formu s absorpčním maximem 730 nm, která je fyziologicky aktivní, neboť vyvolává reakce rostlin. Červené záření, lépe řečeno změny poměru R/FR, vyvolává u rostlin celou řadu dlouhodobých nevratných změn (klíčení semen, prodloužení lodyh a řapíků, změny ve větvení, kvetení). Následkem silnější absorpce R zelenými částmi rostlin dochází v jejich blízkosti k citelnému poklesu R/FR. Tento poměr je velmi citlivým ukazatelem přítomnosti sousedních rostlin a je důležitým signálem, pomocí kterého rostliny přítomnost svých rostlinných sousedů vnímají. Pokles poměru R/FR ve stínu vegetace vyvolává u rostlin reakce, které jim alespoň částečně umožňují vynést fotosyntetizující orgány ze stínu okolních rostlin. Takovou typickou reakcí je zesílené prodloužování lodyh a řapíků.

Následkem nerovnoměrného pohlcování záření (absorpce) a odrazu (reflexe) záření od rostlin panuje ve spodních vrstvách porostů značná heterogenita. Většina poznatků o radiačních (světelných) podmínkách v porostech presentovaných ve světové odborné literatuře pochází vzhledem k snadnosti měření z lesních porostů. Sledování radiačních podmínek v nižších jemněji strukturovaných porostech je však důležité nejen z hlediska fungování těchto porostů ale i vzhledem k možnosti detailního studia reakcí rostlin na změny radiačních podmínek. Vzhledem k velké časové proměnlivosti radiačních podmínek následkem změn počasí, především oblačnosti, je pro přesnější měření v porostech potřeba vedle přístroje, kterým

se měří uvnitř porostu, používat i referenčního přístroje umístěného mimo porost, a hodnoty naměřené v porostu následně vztahovat k referenčním hodnotám naměřeným mimo něj.

Speciální radiometry, kterými je možno proměřovat radiální podmínky i v jemně strukturovaných porostech, jako jsou lesní porosty nebo horské louky a podobně, byly vyvinuty a vyrobeny ve spolupráci s pracovníky našich předních vědeckých botanických pracovišť v Optické vývojové dílně AV ČR v Turnově.



Obr. 3 Speciální radiometr SPh 1000 se sondou SPp 1000

Světlo je zářivým projevem elektromagnetického pole v určité oblasti vlnových délek. Nese energii, pro kterou používáme v aktuální soustavě jednotek SI jednotku joule (J). Záření vydávají zářivé zdroje, u těch mluvíme o jejich zářivém toku a uvádíme ho v jednotkách watt (W), tj. je to energie, kterou zdroj vyprodukuje za jednu sekundu. U zářivých zdrojů dále mluvíme o jejich zářivosti. Zářivost zdroje je zářivý tok, který ze zdroje vystupuje v jednotkovém prostorovém úhlu.

Když záření ze zdroje dopadá na jiné těleso, mluvíme o jeho ozáření. Zde se pro kvantifikaci používá radiometrické veličiny intenzita ozáření. Je to energie, která za jednotku času dopadá na jednotkovou plochu. Odvozenou jednotkou pro tuto veličinu je v dosud používané soustavě SI jeden watt na čtvereční metr (W/m^2). Ozáření měříme radiometrem.

Jednotky pro zářivost, ozáření, osvětlení atd. jsou odvozovány a definovány přes záření černého tělesa, základní jednotkou v soustavě SI je jedna candela (tj. jedna uměle definovaná svíčka), další jednotky jsou od ní odvozeny.

Takto definované jednotky pro ozáření i osvětlení jsou svým charakterem statistické, neřekají nám nic o tom, na jaké vlnové délce k přenosu energie dochází. Jak jsme viděli na výše uvedených příkladech, rostliny přijímají a zpracovávají hlavně modré a červené záření. Energie, kterou každé záření nese, přitom podstatně závisí na jeho vlnové délce.

Podle známého Planckova zákona je energie, kterou nese jeden foton

$$E = h \cdot c / \lambda,$$

kde h je Planckova konstanta, c je rychlost světla ve vakuu a λ je vlnová délka záření. Pokud vlnové délky záření jsou z viditelného oboru, záření nazýváme světlem. Fotony modrého světla s kratší vlnovou délkou tedy ponosou větší energii než fotony červeného světla s delší vlnovou délkou.

Botaniky nejvíce zajímá, jaké záření konkrétně dopadá na sledované porosty. Je pro ně podstatný počet fotonů, které se účastní konkrétních reakcí v rostlinných buňkách. Aby se více přiblížili skutečným podmínkám a mohli je kvantitativně co nejlépe popsat, používají jednotku mikro-einstein ($\mu mol/m^2/s$), která lépe charakterizuje pro danou vlnovou délku skutečný počet interagujících

fotonů (po redukci pomocí Avogadrova čísla, vzhledem k obrovskému počtu fotonů v dopadajícím světle. Jeden einstein odpovídá jednomu molu fotonů, tj. počtu $6,022141 \times 10^{23}$ fotonů).

Běžně vyráběné fotometry jsou orientované na měření světla tak, jak je vidíme okem a pro měření v rostlinných porostech proto nejsou vhodné. Z tohoto důvodu jsou vyráběny speciální radiometry, tzv. měřiče kvant, které jsou specializovány na měření v modré a v červené oblasti světla a na souhrnné měření ozáření tzv. fotosynteticky aktivním zářením (PAR) v rozsahu cca od 400 nm do 700 nm.

Mezi přední světové výrobce těchto přístrojů patří např. International Light, Inc. a Licor, Inc., obě firmy sídlí v USA, nebo též méně známé firmy LMT a PRC v Německu.

V Botanickém ústavu používali k těmto měřením přístroj IL 150. Na základě potíží s tímto přístrojem kolem roku 1992 ve spolupráci s dr. Krahulcem byla ve Vývojové optické dílně zahájena výroba obdobných přístrojů – radiometrů řady SPh (Spectral photometer – zkratka tak vznikla díky tehdy běžně používanému pojmu fotometr), které lépe splňovaly požadavky na speciální měření v rostlinných porostech.

Tyto radiometry se obecně skládají ze sondy, s kterou je možné měřit nad, mezi i pod porosty, a z měřicí jednotky, která měří a případně registruje nebo dále předává naměřené hodnoty do výpočetní techniky.

První vyrobený typ s označením GP 100 v podstatě nahrazoval bedničkový přístroj s ručičkovým měřidlem typu IL 150 od výrobce International Light z USA. Jednalo se o relativně jednoduché zapojení s fotodiodami a panelovým voltmetrem. Druhý vyráběný typ s označením SPh 100 byl vyvinut ve spolupráci s firmou Comet Rožnov p. R. a používal již mikroprocesor TSS 400 od firmy Texas Instrument z USA a velkoplošný displej. Měl tři senzory pro oblast B, R a FR, vše s poměrně širokými filtry a zatím bez kosinové korekce.

Tyto radiometry byly kalibrovány podle přístroje IL 150 v $\mu W/cm^2$. Na bázi tohoto mikroprocesoru pak byly vyrobeny zdokonalené typy SPh 110, 120 a 130.

Na základě spolupráce s dr. Glossem z Masarykovy univerzity v Brně byly v sondách použity úzkopásmové filtry pro R a FR a senzor byl doplněn i kosinovou korekcí. Takto zdokonalené přístroje byly potom vyrobeny např. pro katedru botaniky UK a katedru botaniky Jihočeské univerzity. Tyto přístroje byly již kalibrovány ve W/m^2 a na přání dr. Glosera rovněž v $\mu mol/m^2/s$.

Za zmínku stojí i radiometry vyrobené pro katedru geobotaniky UK pro měření UV záření typu UVB a UVA, z nichž s jedním byla prováděna měření v Turnově a s druhým dr. Sklenář z katedry geobotaniky UK prováděl měření v ekvádorských Andách. Přestože tyto přístroje měly drobné nedostatky (jelikož tyto nedostatky měly i použité diody od firmy Hamamatsu - průsaky ve viditelné oblasti) a byly i problémy s kalibrací přístrojů, byla provedena celá řada zajímavých měření.



Obr. 4 Spektrální radiometr SPh 2010 se sondou SPp 200 pro měření UVB, UVA, VIS a NIR

Bohužel v době, kdy přístroj na bázi mikroprocesoru TSS 400 byl již v poměrně vysoké kvalitě co do přesnosti i ovladatelnosti, ukončil výrobce těchto mikroprocesorů jejich výrobu a bylo proto nutné přejít na jiný typ mikroprocesoru. Se stejným problémem se potýkal i výrobce teploměrů firma Comet a v důsledku nutnosti nového vývoje byla s touto firmou ukončena spolupráce.

Ta byla navázána nově s firmou Elektronika Novotný z Turnova a za základ nové řady spektrálních radiometrů byly zvoleny mikroprocesory od firmy Atmel, a to novější typy AVR. Tak spatřily světlo světa radiometry typu SPh 1000 a SPh 2000.

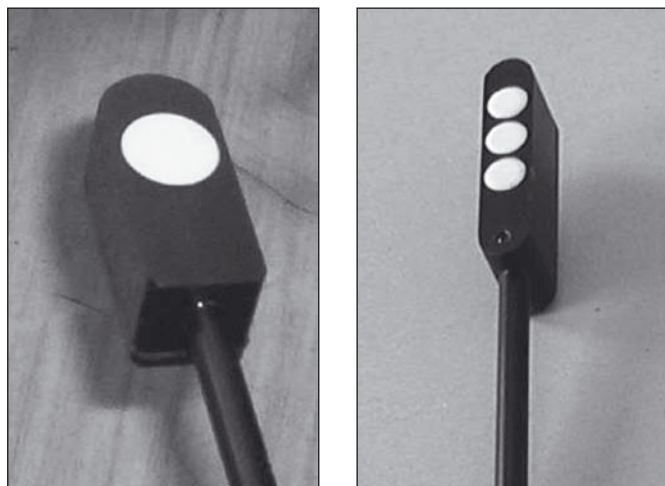
Přístroj typu SPh 1000 má formát kapesního přístroje a je napájen z malé 9V baterie, přesto umožňuje připojení až čtyř senzorů a může být vybaven registrací měřených dat a jejich následným přenosem do PC.

Přístroj typu SPh 2000 je větší a dokonalejší přenosný přístroj napájený ze čtyř tužkových akumulátorů. Umožňuje přímý přenos dat do PC i registraci dat do interní paměti a jejich pozdější přenos do PC. Lze k němu připojit až šest senzorů nebo tři senzory a pak je možno měřit ve dvou rozsazích, což se ukázalo při aplikaci v botanice jako velmi důležité vzhledem k velkému rozsahu měřených intenzit.



Obr. 5 Spektrální radiometry SPh 1010 a 2010 - měřicí jednotky

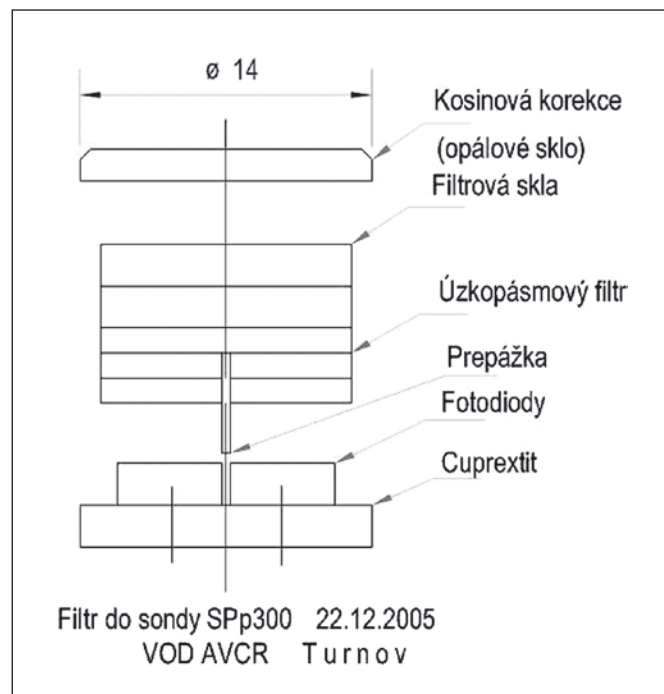
Používané sondy byly převzaty od osvědčeného typu SPh 100, jsou osazovány (na přání uživatelů) úzkopásmovými filtry a vybaveny kosinovou korekcí, kterou zajišťuje krycí opálové (bílé matné) sklo. Senzory mohou být uspořádány buď v kruhu anebo v jedné řadě, aby naměřené výsledky pokud možno co nejvíce korespondovaly se skutečnými hodnotami ozáření v porostech.



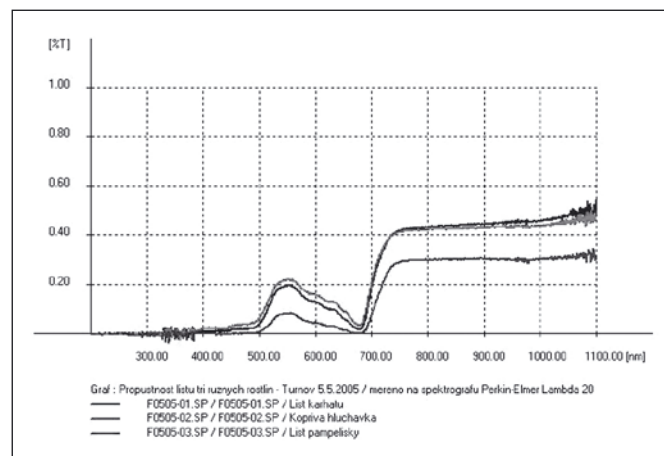
Obr. 6 Sondy SPp 2300 a SPp 1000 - sensorové pole

Na dalším obrázku je příklad konstrukce sondy pro měření Red (R) a Far Red (FR) v uspořádání s jedním okénkem pro vstup světla, které současně zajišťuje i kosinovou korekci a s dělenými filtry a dvěma fotodiodami oddělenými kovovou prepážkou.

Na dalším obrázku je příklad na spektrometru naměřených spekter světla procházejícího listy u nás typických rostlin - karhátu, kopřivy a pampelišky. Je zde zřejmý útlum na vlnových délkách pod 500 nm a dále výrazný útlum odpovídající vysoké absorpci na vlnové délce 680 nm.



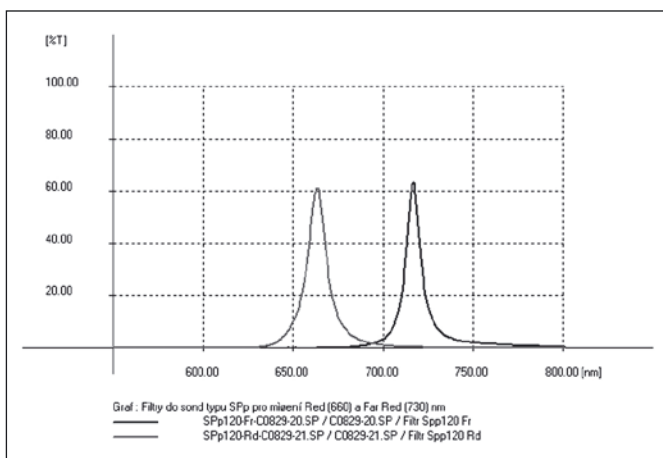
Obr. 7 Konstrukce sondy SPp 300



Obr. 8 Spektrum propustnosti listů některých obecně známých rostlin

Na následujícím obrázku jsou spektra filtrů používaných při měření na vlnových délkách odpovídajících reakcím fytochromů 660 nm (R) a 730 nm (FR). Po porovnání se spektrem propustnosti listů je zřejmé, jak lze pomocí sondy zjistit vyhovující světelné podmínky pro růst rostlin.

Samostatným problémem při výrobě radiometrů je jejich kalibrace. Pro tento účel byl použit přístroj IL 1400A od firmy International Light, Inc. s širokopásmovou sondou W pro rozsah 200-1100 nm a speciálně vyrobené filtry s průměrem 25,4 mm pro vlnové délky 660 nm a 730 nm. Pro kalibraci pro rozsah PAR byla použita sonda k těmto přístrojům se shodným označením.



Obr. 9 Filtry do sond SPP 100 a SPP 300

Díky pokračující spolupráci s Botanickým ústavem v Průhoních se podařilo v krátké době odstranit drobné problémy a v současné době jsou již radiometry připraveny k malosériové výrobě.

V letošním roce máme v plánu další zdokonalování těchto radiometrů i sond podle požadavků specializovaných výzkumných pracovišť.

Tento článek vznikl za podpory projektů č. B6005107 a AV02 60050516 a projektu cíleného výzkumu AV ČR ISQ1008 20502.

Autor článku děkuje RNDr. Haně Skálové z Botanického ústavu AV ČR za spolupráci na přípravě článku a profesoru Pavlu Hornáčkovi za oponenturu a korekturu.

Vývojová optická dílna AV ČR v Turnově byla od 1. 1. 2006 sloučena s Ústavem fyziky plazmatu AV ČR v Praze.

Literatura

- [1] Procházka S. a kolektiv (1998): Fyziologie rostlin, Academia, Praha
- [2] Larcher W. (1988): Fyziologická ekologie rostlin, Academia, Praha
- [3] Pavlová L. (1996): Fotomorfogeneze, skripta UK, Praha
- [4] Pavlová L., Daněk L. (2002): Fotomorfogeneze I. Kryptochromy a fototropin. Biologické listy 67 (3): 195-205
- [5] Pavlová L., Daněk L. (2002): Fotomorfogeneze II. Fytochromy. Biologické listy 67 (3): 207-224
- [6] Skálová H. (2004): Jak rostliny mění světelné podmínky ve svém okolí. Živa 5: 201-203
- [7] Skálová H. (2004): Jak rostliny reagují na změny světelných podmínek ve svém okolí. Živa 6: 251-253
- [8] Smith H. a Morgan D. C. (1983): Photomorphogenesis In: Shropshire W. Jr., Mohr H. (eds.) Encyclopedia of Physiology, New Series, Vol. 16B, Springer-Verlag, Berlin
- [9] Thomas B., Johnson C.B. (1991): Phytochrome Properties and Biological Action, Springer-Verlag, Berlín
- [10] Prue-Vince D. (1975): Photoperiodism in the plants, McGraw Hill, London
- [11] Smith H. & Whitelam G. C. (1997): The shade avoidance syndrome: multiple responses mediated by multiple phytochromes. Plant, Cell and Environment 20: 840-844
- [12] Hornák, P.: Svetelná technika, vysokoškolská učebnice, Bratislava
- [13] Mišek, Kučera, Kortán: Polovodičové zdroje optického záření, SNTL 1988
- [14] Horák, Krupka: Fyzika, SNTL Praha, 1967
- [15] International Light, Inc., firemní literatura, www.international-light.com
- [16] Palmer: Radiometry vs. photometry, University of Arizona, Tucson, 2003
- [17] Hana Skálová, Pavel Oupický (2005): Vliv spektrálního rozložení záření na růst rostlin, referát ze semináře Člověk v jeho kosmickém a pozemském prostředí, Úpice 2005

Ing. Pavel Oupický, Ústav fyziky plazmatu AV ČR, Skálava 89, Turnov, tel.: +420 481 322 622/26, e-mail: oupicky@ipp.cas.cz

Z dílny starých mistrů

(29. pokračování)



- K ochraně mědi před oxidací, natírají se měděné předměty opětovně roztokem 1 dílu sirouhlíku, 1 dílu benzínu, 1 dílu terpentýnového oleje, 1 dílu metylalkoholu a 1 dílu tvrdého kopálu.

Pozn.: **Kopál** – ztvrdlá pryskyřice vyteká z kmenů dosud žijících stromů (např. damaroně bílé, kurbarylu, kopáloně indické, kanárníku bengálského, drsnolusku mozambického). Zkamenělé (fosilní) kopály se nacházejí v povrchových geologických vrstvách tam, kde kdysi rostly stromy podobných, event. příbuzných druhů. Kopál je barvy většinou žluté dohněda, někdy načervenalý; bod tání 80 – 350 °C. Nejsnáze se taví kopál manilský, velmi obtížně zanzibarský. Použití do laků, tvrdší na ozdobné předměty (náhražka jantaru). Rozeznávají se kopály měkké (recentní) – z nich se vyrábí těkavé laky, rozpustidlem je alkohol (někdy benzin, aceton) s malým přídatkem terpentýnu nebo i kaučuku (zlepšují vláčnost a lesk). Olejové kopálové laky se vyrábějí z kopálů tvrdých (fosilních) tak, že se roztaví a přileje se lněný olej a potom se zředí silicí terpentýnovou.

- Ochranu ocele a železa před korozi poskytne dle Kayzera rozpuštěný 1 díl bílého vosku v 10 dílech benzolu. Předměty se tímto stejnoměrně natírají.
- Ochranu lesklých dílů nástrojů před korozi poskytne tato hmota: roztaví se a smísí bílý nebo žlutý včelí vosk s takovým množstvím terpentýnu, až vznikne téměř tuhá hmota, kterou se díly natírají. Tak vnikne povlak do pórů kovu, který poskytuje dlouhodobou ochranu před korozi.
- Zaponové laky sestávají z 5 g celuloidu, 16 g éteru, 16 g acetonu, 16 g amylacetátu, nebo z 10 g celuloidu, 4 g kafru, 30 g éteru, 30 g acetonu, 30 g octanu amylnatého, nebo z 5 g celuloidu, 5 g kafru, 50 g alkoholu, nebo z 5 g celuloidu, 25 g acetonu a 25 g octanu amylnatého.

Dobíjení akumulátorů elektrické energie v ostrovních fotovoltaických solárních systémech

ÚVOD

Fotovoltaická (PV) přeměna energie ve fotovoltaických solárních systémech je perspektivním oborem, který se rychle rozvíjí. Jedná se o významný a obnovitelný zdroj energie, který je šetrný k životnímu prostředí a na stránkách Jemné mechaniky a optiky jsme se touto problematikou už vícekrát zabývali [1,2]. Zejména v sousedním Německu rychle roste počet solárních fotovoltaických systémů i množství elektrické energie v nich vyrobené. Předpokládá se, že za cca 30 let by fotovoltaika mohla být nejvýznamnější ze všech zdrojů energie [3]. Určitou nevýhodou je nerovnoměrnost slunečního svitu. Je tedy třeba v době dostatku slunečního záření vyrobenou energii akumulovat pro pozdější využití v době nedostatku záření, například v noci. Možností akumulace energie je více [3], například výroba vodíku elektrolýzou vody jakožto alternativního paliva. V tomto článku se zabýváme akumulací energie elektrochemickou cestou v olověných akumulátorech.

Tato forma akumulace energie patří sice k méně efektivním, ale dobře se uplatňuje na odlehlých místech bez elektrické sítě k napájení drobných spotřebičů. Běžným použitím je napájení např. meteorologických stanic, radiokomunikačních pojítek, měřicích systémů v terénu, osvětlení v chalupách na samotě apod. Na Technické fakultě ČZU v Praze jsou konstruovány a testovány síťové i ostrovní fotovoltaické solární systémy (obr. 1). Síťovému systému byl věnován předchozí článek [2]. Malý ostrovní systém (systém nepřipojený k rozvodné síti) slouží k výzkumně vývojové práci s nabíječkami olověných akumulátorů.

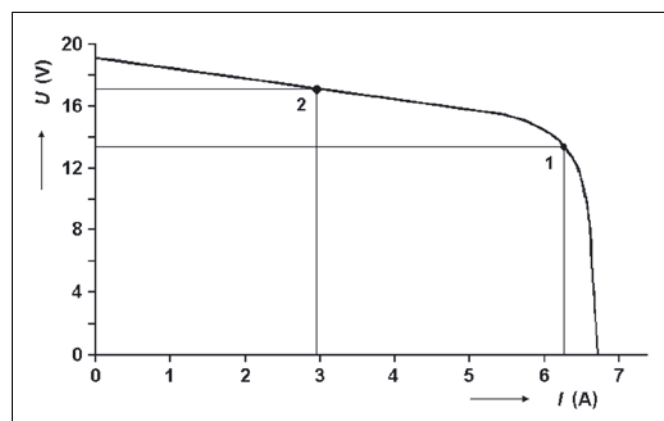


Obr. 1 Fotovoltaický systém na ČZU v Praze

ZÁKLADNÍ PRINCIPY NABÍJENÍ

Pro malé systémy je k akumulaci elektrické energie z PV panelů použit akumulátor dostatečné kapacity a jmenovitého napětí. Nabíjecí proces akumulátoru je řízen pomocí nabíječky, po které požadujeme, aby bylo nabíjení efektivní, aby akumulátor nebyl přebíjen a aby v případě plně nabitého akumulátoru nabíječka poskytovala tzv. režim udržovacího nabíjení. V současné době je na nabíječky kladen požadavek, aby dále chránily akumulátor i proti hlubokému vybití a případně obsahovaly obvody elektronické pojistky a další

funkce. Základní principy nabíjení jsou a) nabíjení konstantním napětím, b) nabíjení konstantním proudem a c) kombinace těchto způsobů [4]. My jsme se zatím zabývali dvěma základními způsoby nabíjení akumulátorů z PV panelů - nabíjení konstantním napětím a nabíjení konstantním proudem. (Termín „konstantní“ zde nelze brát doslova, neboť byl zaveden pro případ nabíjení akumulátorů z tvrdého zdroje, ale v našem případě především proud ale i napětí závisí na intenzitě osvětlení PV panelů.) Pro oba případy je nutné vycházet z volt-ampérové charakteristiky PV panelu. Na obr. 2

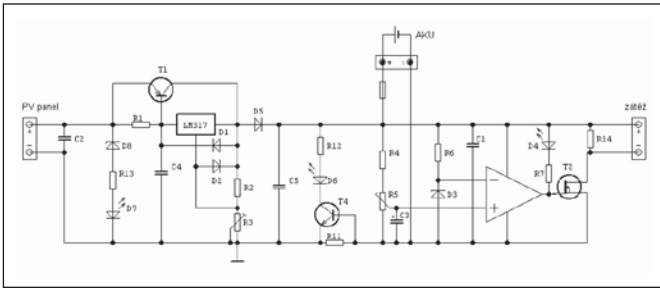


Obr. 2 Volt-ampérová charakteristika PV panelu na bázi monokrystalického křemíku 12V/100W měřená při intenzitě osvětlení 120 000 lx

je charakteristika PV panelu na bázi monokrystalického křemíku 12 V/100 W měřená při intenzitě osvětlení 120 000 lx za jasného dne. Dalším nutným předpokladem pro návrh nabíječky je znalost parametrů použitého akumulátoru, především napětí plně nabitého a vybitého akumulátoru a rovněž napětí v průběhu nabíjení. Dalšími důležitými parametry jsou nabíjecí proud a vhodný průběh tohoto proudu (konstantní, pulzující apod.). Pro malé ostrovní PV systémy jsou vhodné olověné staniční akumulátory (obvykle s trubkovými kladnými elektrodami), ale běžné je i využití startovacího olověného akumulátoru (tzv. autobaterie), jejíž předností je snadná dostupnost na trhu a příznivější cena. Pro sezónní využití je pak toto řešení dostačující.

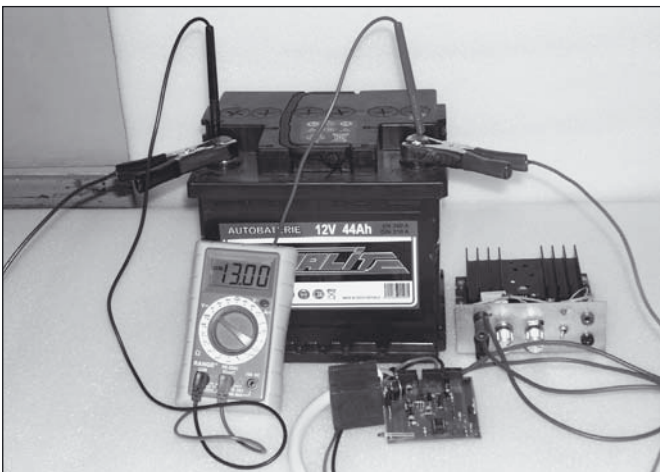
NABÍJENÍ KONSTANTNÍM NAPĚTÍM

Dále se tedy zabýváme využitím startovacího olověného akumulátoru, jehož napětí v plně nabitém stavu je 14,4 V. Na tuto hodnotu je nastaveno i výstupní napětí nabíječky pro nabíjení konstantním napětím. Naše nabíječka je v tomto případě řešena jako stabilizátor napětí schopný dodat požadovaný nabíjecí proud a její schéma zapojení je na obr. 3. Na obvodech stabilizátoru napětí vzniká úbytek napětí, který byl v případě nabíječky zkonstruované a testované na ČZU v Praze cca 2,5V. Akumulátor považujeme za vybitý, klesne-li jeho napětí na hodnotu cca 11 V. Při této hodnotě by měla vnitřní ochrana nabíječky odpojit zátěž, aby akumulátor nebyl již dále vybit. Tehdy součet napětí na akumulátoru a na obvodu nabíječky činí cca 13,5 V. Jak je vidět z charakteristiky na obr. 2, kde je tato situace vyjádřena jako případ 1, maximální proud,



Obr. 3 Schéma zapojení nabíječky pro nabíjení konstantním napětím

ktej je panel schopen dodat, je cca 6,2 A. V průběhu nabíjení se napětí na akumulátoru zvětšuje až do stavu plného nabití (14,4 V). Při tomto napětí se začne uplatňovat funkce stabilizátoru, který omezí výstupní napětí z nabíječky na tuto hodnotu. Napětí potřebné pro udržovací nabíjení je pak dáno součtem této hodnoty a úbytku napětí na obvodu nabíječky, tj. cca 16,9 V. Pro tuto hodnotu je maximální proud z panelu pro nabíjení roven cca 3 A, jak je vidět v případě 2 na obr. 2. Tato hodnota je pro konečnou fázi plně dostačující. Pohled na experimentální uspořádání je na obr. 4.



Obr. 4 Pohled na experimentální uspořádání

Z této situace je patrné, že v případě vybitého akumulátoru je panel schopen dodávat svůj maximální proud, účinnost nabíjení je v tomto případě poměrně vysoká a pracovní bod se zde nachází v blízkosti bodu maximálního výkonu panelu. S rostoucím stupněm nabití akumulátoru stoupá jeho napětí, ale snižuje se tak rozdíl mezi napětím akumulátoru a konstantním výstupním napětím nabíječky, což má za následek menší nabíjecí proud. Při menším odebraném proudu je panel schopen dodávat větší napětí. Charakteristika panelu tak příznivě sleduje potřeby nabíječky.

V reálném případě je proud z PV panelu závislý přibližně lineárně na intenzitě osvětlení, zatímco napětí je závislé logaritmicky. PV panel je proto schopen poskytovat napětí dostatečné velikosti pro nabíjení pro velký rozsah denních intenzit osvětlení, což je optimální především pro tzv. udržovací režim, kdy je nabitý akumulátor dobíjen malým proudem. Je-li akumulátor částečně či zcela vybit, je nabíjecí proud limitován právě maximálním možným proudem z PV panelu, který je závislý na intenzitě osvětlení.

Tento způsob nabíjení je vhodný především pro aplikace, kde je odběr z akumulátoru jen občasný či krátkodobý a je potřeba mít akumulátor pokud možno stále nabitý (např. dálniční nouzová pojítka). Díky stabilizátoru napětí, který zaručí výstupní napětí nabíječky na hodnotě napětí plně nabitého akumulátoru, nemůže docházet k přebíjení ani při dlouhodobém připojení akumulátoru k nabíječce. Zároveň snižující se hodnota proudu v konečných nabíjecích fázích

je pro olovené akumulátory výhodná s ohledem na jejich životnost. Nevýhodou jsou naopak ztráty na stabilizátoru napětí při nabíjení vybitého akumulátoru, které snižují účinnost systému.

NABÍJENÍ KONSTANTNÍM PROUDEM

Druhým způsobem nabíjení je nabíjení konstantním proudem. Záměnou os voltampérové charakteristiky PV panelu obdržíme charakteristiku panelu jako zdroje proudu. Z té je patrné, že PV panel můžeme považovat za dobrý zdroj proudu, kde maximální hodnota proudu je určena osvětlením PV panelu.

Jako nejjednodušší řešení se zde nabízí připojení akumulátoru přímo k PV panelu s podmínkou, že takto nebude překročen maximální nabíjecí proud akumulátoru. Vzhledem k velkému výběru akumulátorů na trhu lze snadno v systému provozovat právě takový akumulátor (akumulátor takové jmenovité kapacity), že jeho maximální nabíjecí proud bude větší, než jaký je maximální proud z PV panelu při velmi jasném dni.

Problémem této jednoduché metody je ale přebíjení nabitého akumulátoru dále připojeného ke zdroji proudu. V nejjednodušším případě můžeme měřit napětí akumulátoru, které podle nabíjecí křivky vypovídá o stavu nabití, nabitý akumulátor odpojit od PV panelu a při poklesu tohoto napětí naopak PV panel připojit. Tyto funkce lze automatizovat a realizovat elektronickým obvodem. Výhodnější však je řídit velikost proudu tak, aby byl v konečné fázi nabíjení menší než jmenovitý nabíjecí proud, což je příznivé pro životnost akumulátorů, a aby v případě plně nabitého akumulátoru proud dosahoval desetin jmenovitého nabíjecího proudu, tzv. udržovacího.

Řízení proudu lze provést pomocí proměnného zdroje proudu, výhodnější je ale měnit střední hodnotu nabíjecího proudu spínáním (obdélníkovými pulzy). Při použití elektronického spínače (tranzistoru) je výkonová ztráta na spínači při rozpojeném spínači nulová ($I = 0$) a při sepnutém spínači je díky malému vnitřnímu odporu malá, což zvyšuje účinnost nabíjení.

Vyjdeme-li ze vztahu pro střední hodnotu proudu:

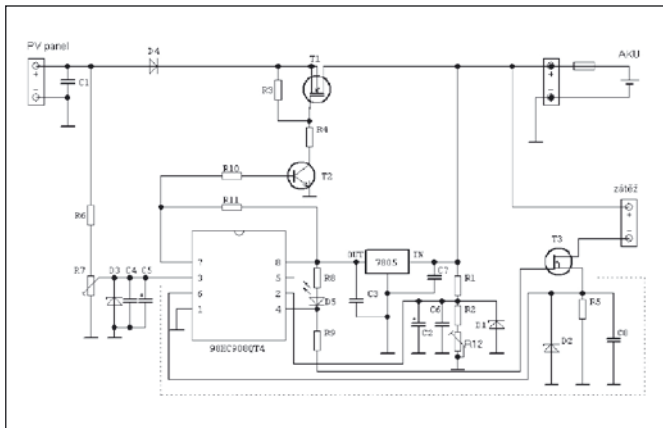
$$\bar{I} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt,$$

pak můžeme průběh spínaného proudu rozdělit na dvě části. Část, kdy je spínač sepnut a nabíjecí proud je roven maximálnímu proudu z PV panelu a část vypnutého spínače, kdy je proud nulový. Poměr trvání těchto částí je dán střídou spínání, tj. poměrem délky intervalu $\langle 0; t \rangle$ ku délce intervalu $\langle t; T \rangle$, kde T je perioda. Vztah pro střední hodnotu pak je:

$$\bar{I} = \frac{1}{T} \left(\int_0^t I_{\max} dt + \int_t^T 0 dt \right) = \frac{1}{T} [I_{\max} t]_0^t = I_{\max} \frac{t}{T}.$$

Změnou doby sepnutí t pak můžeme regulovat střední hodnotu proudu. Tato regulace může být sice velmi jemná, podle toho s jakou jemností dokážeme měnit dobu sepnutí, ale prakticky během nabíjení mají význam nejvýše tři fáze. 1) fáze, kdy spínač je trvale sepnut a do akumulátoru je dodáván maximální proud z PV panelu. 2) fáze, kdy je střední hodnota nabíjecího proudu snížena na polovinu, tedy poměr délek obou intervalů je 1:1. 3) fáze tzv. udržovacího nabíjení, kde je pro olovené akumulátory doporučena hodnota střední hodnoty nabíjecího proudu rovná desetině jmenovitého nabíjecího, tedy poměr délek obou intervalů je 1:9. Tento způsob nabíjení je vhodný pro zmíněné olovené akumulátory a je příznivý i pro některé speciální akumulátory dodávané na trh pro použití především ve fotovoltaických systémech. Schéma zapojení naší nabíječky je na obr. 5.

Tento způsob nabíjení je vhodný především pro aplikace v systémech s velkým odběrem proudu, kde akumulátor bývá značně vybit v době mezi dostatečnou intenzitou slunečního záření pro nabíjení (tj. v noci či během zatažených dní) a během slunečných dní bývá nabíjen po většinu doby. To znamená, že po většinu doby nebývá v režimu tzv. udržovacího nabíjení.



Obr. 5 Schéma zapojení nabíječky pro nabíjení konstantním proudem

Nabíječky pro oba výše zmíněné způsoby nabíjení byly zkonstruovány na ČZU v Praze a jsou zde nyní testovány. V prvních testech během jara a léta 2006 se dobře osvědčily. Práce probíhá v rámci výzkumného záměru MSM 6046070905.

Literatura

- [1] M. Libra, V. Poulek, *Solární energie – stále aktuální problematika!*, Jemná mechanika a optika, 47, 2, (2002), 58-59, ISSN 0447-6441.
- [2] Bican, P., Libra, M., Poulek, V., *Solární fotovoltaický systém instalovaný a testovaný na České zemědělské univerzitě v Praze*, Jemná mechanika a optika, 50, 11-12, (2005), 345-347, ISSN 0447-6441.
- [3] M. Libra, V. Poulek, *Solární energie, fotovoltaika, perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti*, Česká zemědělská univerzita v Praze, (2006), ISBN 80-213-1488-5.
- [4] M. Cenek a kol., *Akumulátory od principu k praxi*, FCC PUBLIC, s.r.o., Praha, (2003), ISBN 80-86534-03-0.

Bc. Jan Mareš, doc. Ing. Martin Libra, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6, tel.: 224383284, e-mail: libra@tf.czu.cz

TELEWORKING – šance pro zaměstnání sociálně ohrožených skupin obyvatelstva



Možným řešením zaměstnávání matek s dětmi, občanů se zdravotním postižením, ale i dalších sociálně ohrožených skupin obyvatel může být teleworking.

Teleworking, jinak také česky - práce z domu prostřednictvím informačních technologií, je od dubna letošního roku jako alternativní nástroj řešení nezaměstnanosti sociálně znevýhodněných skupin obyvatel Zlínského kraje, realizován prostřednictvím projektu „Teleworking – šance pro zaměstnání“.

Hlavním cílem projektu je zařadit práci z domu prostřednictvím informačních technologií mezi využívané pracovní úvazky, odstranit nedůvěru zaměstnavatelů v tento typ práce a především přispět ke snížení nezaměstnanosti zdravotně postižených obyvatel a žen s malými dětmi, pro které je teleworking často jedinou alternativou zaměstnání.

Projekt nabízí nezaměstnaným sérii školení zaměřených na zvýšení dovedností potřebných při teleworkingovém zaměstnávání, především zvýšení počítačové gramotnosti a užívání dalších komunikačních prostředků.

Projekt dále zahrnuje poskytování poradenství pro zaměstnavatele, zaměřeného na aplikaci teleworkingu do firemní praxe. Seznamuje zaměstnavatele s přínosem teleworkingového zaměstnávání, které představuje úsporu nákladů na pracovní místo a pronájem nebytových prostor, zajištění stravování a zázemí pro zaměstnance.

Dalším pozitivem této formy zaměstnávání pro firmu je růst její výkonnosti díky vyšší produktivitě práce, neboť je jednoznačně prokázána vyšší produktivita práce z domova než na pracovišti, způsobená delší dobou práce a minimalizací absence v době nemoci. Určitě nezanedbatelná je i možnost geografického rozvoje firmy, využití vzdálených pracovníků prakticky z celého světa, což souvisí s větší nabídkou při výběru zaměstnanců, kdy odpadá hledisko bydliště v blízkosti sídla zaměstnavatele.

Významnou část projektu „Teleworking – šance pro zaměstnání“ je také vytvoření webových stránek obsahujících poradenské nástroje a vzdělávací moduly určené pro nezaměstnané a zároveň podpůrné a motivační materiály pro malé a střední podniky.

Vytvářené dokumenty jsou v současnosti průběžně zveřejňovány na internetových stránkách projektu, na adrese: www.denesa-teleworking.cz.

Poskytované služby v rámci projektu „Teleworking – šance pro zaměstnání“ jsou bezplatné, proto se mohou zájemci o zářazení do projektu jak z řad zaměstnavatelů tak zájemců o zaměstnání bezplatně registrovat na internetových stránkách projektu v jednotlivých databázích.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Kontakt: Ing. Kateřina Nevřalová, vedoucí projektu, tel.: 777 011717, e-mail: management@euro-face.cz, www.denesa-teleworking.cz

Možnosti hodnocení mechanické úpravy lepeného povrchu

ÚVOD

Jednou z možných metod spojování různorodých materiálů je využití technologie lepení, která nabízí mnoho předností před jinou metodou spojování. Současně je ale i limitována několika technologickými zásadami, které je třeba dodržet. Určením těchto limitů je umožněno perspektivní využívání lepení v praxi.

Pro vznik soudržného lepeného spoje je důležitá adheze (síly vyvolávající přilnavost lepidla a lepeného materiálu) a koheze (soudržnost vrstvy lepidla po ztuhnutí nebo vytvrzení; její hodnoty závisí na složení filmu lepidla v konečné fázi lepení) [2].

Adheze lepidla k lepenému povrchu je ovlivněna úpravou povrchu. Úprava povrchu materiálu před lepením je jednou z nejdůležitějších operací v procesu utvoření lepeného spoje. Jejím cílem je připravit ideální podmínky pro maximální možné smáčení adherendu lepidlem. Zakládá se na představě pronikání lepidla do dutin, pórů a nerovností povrchu, kde po ztuhnutí vytváří mechanicky soudržný systém. Z toho vyplývá, že úroveň adheze je částečně závislá na vlastnostech lepeného povrchu. Je potřeba zajistit vhodný tvar, drsnost a čistotu povrchu. Bez správné přípravy povrchu nelze dosáhnout vyhovující kvality lepeného spoje.

Většina neupravených povrchů má poměrně malé, tvarově nevhodné nerovnosti. Ovšem již jednoduchá zdrsňení bývají tvarově výhodná. Zvětšují účinný povrch, tj. povrch skutečně smáčený lepidlem, a z toho vyplývá zvýšení pevnosti spoje zásluhou zdrsňení materiálu [3]. Ne vždy však zvyšování drsnosti vede i k vyšší pevnosti. Rozhodující je právě velikost účinného povrchu. Při velmi hladkém povrchu dvou adherendů lze docílit vysoké adheze pouhým přiložením obou adherendů. I velmi hladké povrchy ale mají mikroskopické povrchové nerovnosti. K jejich vyrovnání a překlenutí je potřeba použít lepidlo [1]. Výhoda rovinnosti proti zdrsňení se nicméně může projevit jen tehdy, dojde-li k přiblížení lepených povrchů na vzdálenost odpovídající rozměrům molekul či pokud je méně drsný povrch z hlediska lepení tvarově výhodnější [3].

Dále musí být odstraněny pevné nečistoty, okuje, mastnota, produkty koroze a ostatní látky negativně ovlivňující jakost spoje. Na povrchu nesmí zůstat žádné látky, vrstvy a nerovnosti zhoršující přilnutí lepicí vrstvy. Obecně může příprava povrchu zahrnovat fyzikální nebo chemické operace. Do těchto dvou skupin spadá nespočet konkrétních technologií a postupů.

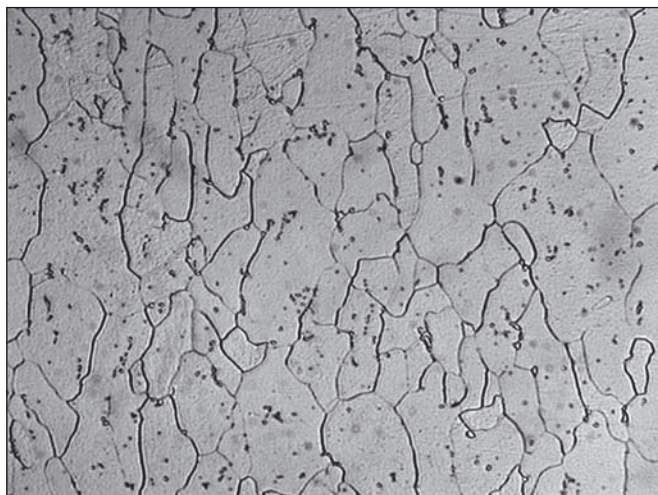
K přípravě lepeného povrchu je výhodné použití mechanických operací. Slouží k vyrovnání hrubých povrchových nerovností, odstraňování nerozpustných nečistot a vrstev kryjících aktivní povrch adherendu (např. vrstvy oxidů). Patří mezi ně broušení, otryskávání, pilování či obrábění. Po provedení těchto operací by mělo následovat odmaštění a odstranění zbytků brusiva, brusného prachu apod. Tento způsob je obvykle plně dostačující k zajištění požadované pevnosti spoje. Jedná se zpravidla o technologicky méně náročné operace.

Lepidlo musí vyplnit molekulární vzdálenost mechanicky připravených nerovností povrchu lepeného materiálu. Do jaké míry je povrch lepeného materiálu pokryt lepidlem, je závislé na jeho viskozitě, čistotě povrchu, tvaru a úhlu povrchových nerovností. Měřený povrch lze charakterizovat jako prostorový útvar tvořený nerovnostmi různých velikostí a roztečí.

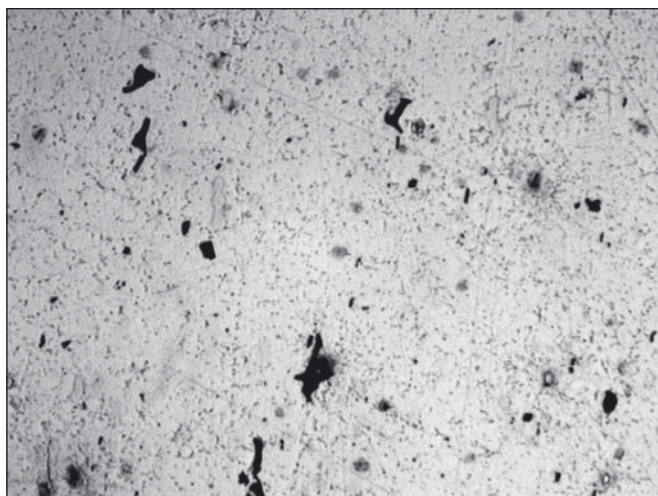
METODY HODNOCENÍ LEPENÉHO POVRCHU

Cílem laboratorních experimentů bylo hodnocení mechanické úpravy ocelového (S235J0) a duralového (AlCu4Mg) lepeného povrchu. Mikrostruktura povrchu ocelových a duralových vzorků je

na obr. 1 a obr. 2. Povrch normalizovaných zkušebních vzorků byl upravený brusnými plátny o různých zrnitostech. Bylo použito brusné plátno o zrnitosti 40, 100, 150, 240, 320, 400 a 500 [5]. Broušení brusnými plátny bylo prováděno kolmo na zátěžnou sílu. Vzorky byly před měřením chemicky očištěny v perchlorethylenu.



Obr. 1 Mikrostruktura vzorku z oceli: ferit místy s terciálním cementitem (Nital, 500x zvětšeno)



Obr. 2 Mikrostruktura vzorku z duralu: tuhý roztok α s částicemi zpevňující fáze CuAl, a sírnými vměstkami – vyžiháno (HF, 500x zvětšeno)

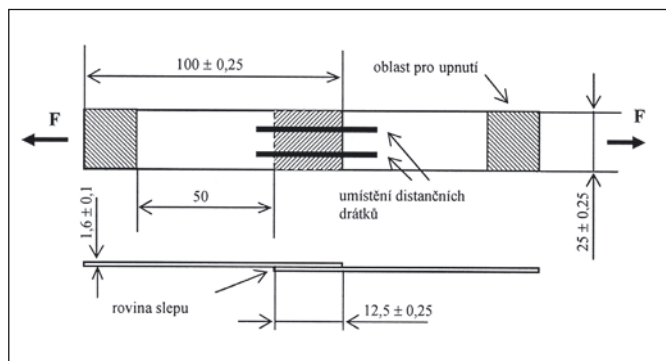
Pro získání objektivních hodnot při měření struktury lepeného povrchu je nutno využít především dotykových profilometrů. Moderní profilometry umožňují snadné nastavení přístroje i provedení vlastního měření. Při experimentech byly parametry drsnosti měřeny na profilometru SurfTest 301. Při měření dotykovým přístrojem jsou měřicím hrotem snímány nerovnosti povrchu, které jsou zpracovány do číselných hodnot parametrů drsnosti povrchu. Pro kontrolu parametrů povrchu je důležité nastavení mezní vlnové

délky (cut – off). Mezní vlnová délka je funkcí profilometru, která upravuje převod profilu povrchu na odpovídající vyslaný signál v rozmezí základní délky. Byla nastavena hodnota 0,8 mm, která bývá nejčastěji používána pro různorodé materiály. Hodnoty drsnosti povrchu byly měřeny v pěti bodech na každém vzorku. Byly zjišťovány hodnoty následujících veličin: R_a – průměrná aritmetická úchylna posuzovaného profilu, R_t – celková výška profilu a R_z – největší výška profilu [6].

Dále bylo pro hodnocení šířky rýh zanechaných po abrazivním opotřebením na povrchu vzorků využito mikroskopu Carl Zeiss Jenavert osazeného kalibrovanou snímací digitální kamerou Arctam – 300 MI.

Po vyhodnocení mechanické úpravy lepeného povrchu byly ocelové a duralové vzorky slepeny. Bylo postupováno v souladu s normou ČSN EN 1465. Podstatou zkoušky bylo stanovení pevnosti lepeného spoje smykovým namáháním jednoduchého přelátovaného spoje mezi tuhými adherendy, které jsou namáhány tahovou silou působící rovnoběžně s plochou slepu a hlavní osou vzorku až do porušení zkušebního tělesa. Zkušební tělesa (obr. 3) se připraví slepením dvou zkušebních vzorků o rozměrech 100 x 25 x 1,5 mm tak, aby doporučená délka přelátování byla 12,5 mm [4].

K lepení bylo použito čtyř různých druhů dvousložkových epoxidových pryskyřic, a to Bison epoxy metal (Bm), Bison epoxy universal (Bu), Ceys standard (Cs) a UHU plus sofort fest 2 min (U2) [7]. Po vytvrzení lepených spojů následovalo destruktivní zkoušení na univerzálním trhačím stroji ZDM 5 a vyhodnocení pevnosti lepených spojů.



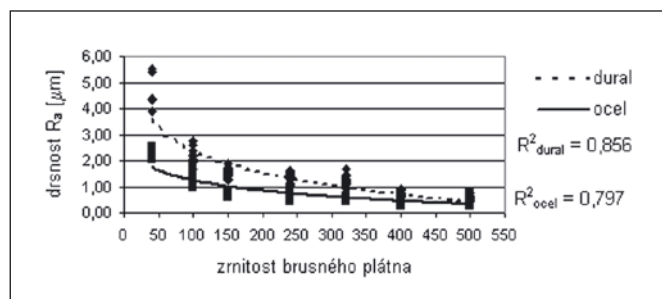
Obr. 3 Tvar a rozměry zkušebního tělesa dle ČSN EN 1465 [4]

VÝSLEDKY EXPERIMENTŮ

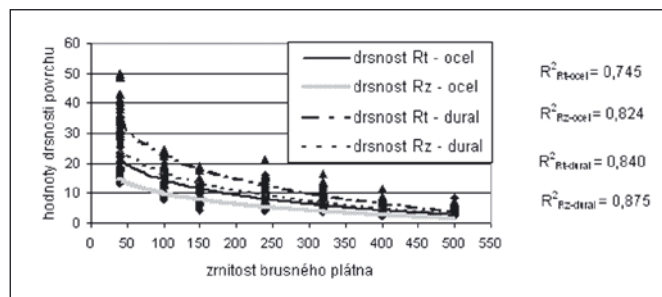
Nejprve byl sledován vliv změny parametrů drsnosti (R_a , R_t , R_z) v závislosti na brusném plátně a broušeném materiálu. Aritmetický průměr naměřených hodnot je uveden v tab. 1. Z naměřených

Tab. 1 Hodnoty parametrů drsnosti

Zrnitost brusného plátna	Průměrný rozměr zrna brusné frakce [5] [μm]	ocel			dural		
		R_a	R_t	R_z	R_a	R_t	R_z
		[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]
40	462	2,40	23,41	16,55	5,08	38,13	27,51
100	138	1,27	14,87	9,83	2,12	18,93	13,74
150	98	0,76	8,04	5,73	1,54	14,69	10,78
240	45	0,62	7,91	4,89	1,26	12,46	9,12
320	29	0,59	6,22	4,38	1,17	10,92	8,03
400	17	0,58	4,60	3,23	0,75	7,14	5,29
500	13	0,42	4,38	3,12	0,54	5,65	4,03



Obr. 4 Vliv zrnitosti brusného plátna na parametr drsnosti R_a

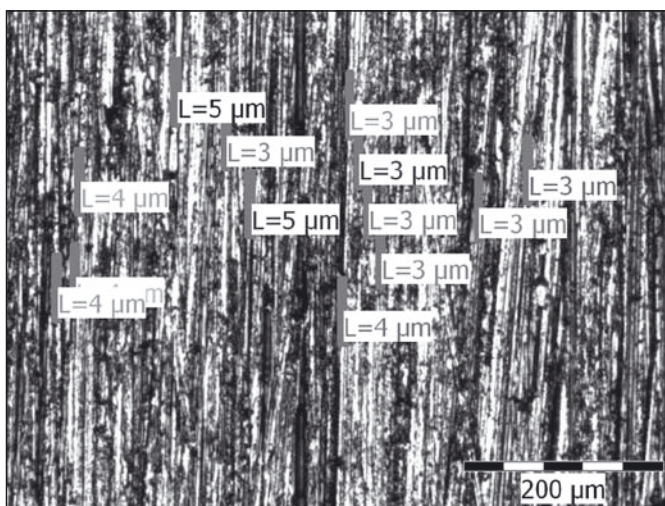


Obr. 5 Vliv zrnitosti brusného plátna na parametr drsnosti R_t a R_z

výsledků je patrný značný vliv brusných prostředků působících abrazivním opotřebením. Na duralovém povrchu se hodnoty parametrů drsnosti zvýšily oproti oceli. Se zmenšováním velikosti brusné frakce docházelo k postupnému poklesu hodnot parametrů drsnosti. Průběh závislosti, uvedený na obr. 4 pro parametr drsnosti R_a a na obr. 5 pro R_t a R_z , je vystižen logaritmickou funkcí. Pro danou funkci je dále uvedena těsnost závislosti R^2 parametrů drsnosti a zrnitosti brusných plátén.

Dále byla u brusného plátna o zrnitosti 100 hodnocena šířka rýh způsobená působením abrazivního opotřebením. Brusné plátno o zrnitosti 100 má průměrnou velikost frakce zna 138 μm. V normě ČSN ISO 8486-1 je uveden měrný rozměr zrn hlavní frakce pro toto brusné plátno od 150 μm do 125 μm [5]. Při měření bylo použito mikroskopu osazeného kalibrovanou kamerou. Na obr. 6 je ukázka mikroskopického měření šířky rýh na ocelovém povrchu. Na oceli byla naměřena šířka rýhy ($4,84 \pm 1,3$) μm a na duralu ($8,76 \pm 1,9$) μm. Uvedené hodnoty jsou aritmetickým průměrem 25 měření jednoho zkoumaného povrchu.

Jednotlivé lepené spoje byly podrobeny destruktivnímu zkoušení na univerzálním trhačím stroji. V tab. 2 jsou uvedeny aritmetické průměry pevnosti lepeného spoje, které byly naměřeny a vypočteny. Z dosahovaných pevnostních výsledků lepených spojů je zřejmý vliv odlišné mechanické úpravy lepeného povrchu.



Obr. 6 Mikroskopické měření šířky rýh na ocelovém povrchu

ZÁVĚR

Pro pevnost lepeného spoje je jedním z rozhodujících faktorů úprava lepeného povrchu. Z experimentů lze usuzovat, že není možno stanovit pouze nutnost mechanické úpravy, ale je dále nutno stanovit konkrétní úpravu. Při použití náhodného brusného plátka pro mechanickou přípravu lepeného povrchu není zaručeno dosažení optimálních pevnostních hodnot lepeného spoje. Při použití nevhodné mechanické úpravy došlo až k 54% poklesu pevnosti.

Na ocelovém i duralovém materiálu se pohybovala vhodná drsnost R_a od 1,3 μm do 2,1 μm . Při těchto hodnotách bylo dosaženo nejvyšších naměřených hodnot pevnosti. Optimálních hodnot parametru drsnosti R_a bylo dosaženo na oceli i duralu odlišnými brusnými plátny. To je způsobeno mechanickými vlastnostmi broušených materiálů. U duralu docházelo k vyššímu odírání, a proto téměř totožné drsnosti R_a je dosaženo odlišným brusným plátnem.

Geometrie rýh vzniklých abrazivním působením částic abraziva brusného plátka se liší v závislosti na velikosti příslušné frakce. Dále je možno sledovat vliv mechanických vlastností materiálu. Na duralovém povrchu bylo dosahováno shodně vyšších hodnot parametrů drsnosti a s tím související i šířky rýh.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci řešení grantu IGA TF, č. 31140/1312/313104 s názvem „Aspekty ovlivňující mechanické vlastnosti lepených spojů“.

Literatura

- [1] Kovačič, L.: Lepenie kovov a plastov. Bratislava: ALFA, 1980. 392 s.
- [2] Osten, M.: Práce s lepidly a tmely. Praha: SNTL, 1986. 288 s.
- [3] Peterka, J.: Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství. Praha: SNTL, 1980. 792 s.
- [4] ČSN EN 1465: Lepidla - Stanovení smykové pevnosti v tahu tuhých adhezendů na přeplátovaných tělesech. Praha: Český normalizační institut, 1997.
- [5] ČSN ISO 8486 - 1: Pojená brusiva - Stanovení a označování zrnitostního složení. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [6] ISO 4287: Geometrické požadavky na výrobky (GPS). Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [7] Firemní literatura – Prospekty lepidel: BISON, CEYS, UHU.

Tab. 2 Pevnostní hodnoty jednotlivých lepidel

Úprava lepeného povrchu - brusné plátno o příslušné zrnitosti	ocel				dural			
	Označení lepidla				Označení lepidla			
	Cs	Bm	Bu	U2	Cs	Bm	Bu	U2
	Aritmetický průměr pevnosti lepeného spoje [MPa]							
40	18,90	18,95	19,91	5,99	17,32	13,52	15,15	2,88
100	19,27	19,33	20,05	6,16	18,63	15,19	15,96	2,86
150	18,08	17,81	18,07	5,04	16,06	18,04	18,95	3,46
240	16,25	16,84	17,62	3,74	15,86	18,70	19,64	3,11
320	15,51	16,36	17,18	4,41	16,82	18,65	19,61	3,19
400	15,09	17,02	17,88	2,94	14,70	16,79	17,63	2,96
500	15,07	17,00	17,87	2,84	15,64	18,45	17,75	2,18

Ing. Miroslav Müller, Ph.D., katedra materiálu a strojírenské technologie, Technická fakulta, ČZU v Praze, Praha 6 - Suchbátka, Kamýcká 129, 165 21, tel.: + 420 224 383 261, e-mail: muller@tf.czu.cz

Ing. Rostislav Chotěborský, Ph.D., katedra materiálu a strojírenské technologie, Technická fakulta, ČZU v Praze, Praha 6 - Suchbátka, Kamýcká 129, 165 21, tel.: + 420 224 383 274, e-mail: choteborsky@tf.czu.cz

Ing. Nataša Náprstková, Ústav techniky a řízení výroby, UJEP, 400 01, Ústí nad Labem, Na Okraji 1001, tel.: + 420 475 285 513, naprstkova@utrv.ujep.cz

Vliv indexu lomu a disperze materiálu brýlové čočky na její zobrazovací vlastnosti

V článku je ukázán vliv indexu lomu a disperze skla brýlové čočky na její tvar a zobrazovací vlastnosti. Jsou uvedeny vztahy pro výpočet poloměrů křivosti anastigmatické brýlové čočky a její chromatické vady polohy. Dále jsou uvedeny vztahy pro výpočet změny astigmatismu brýlové čočky v důsledku disperze materiálu čočky.

1. ÚVOD

Brýlové čočky [1-6] používané ke korekci nedokonalosti oka jsou zhotoveny z různých optických materiálů, nejčastěji však ze skla. Zobrazovací vlastnosti brýlové čočky závisí na indexu lomu materiálu čočky [2]. Jak je známo, závisí index lomu optických materiálů na vlnové délce světla. V důsledku toho dojde ke zhoršení kvality zobrazení poskytovaného brýlovou čočkou a tedy z hlediska uživatele ke zhoršení „ostrosti vidění“. Úkolem tohoto článku je ukázat vliv indexu lomu a disperze skla brýlové čočky na její tvar a zobrazovací vlastnosti.

2. ASTIGMATISMUS TENKÉ BRÝLOVÉ ČOČKY

Tvar tenké brýlové čočky s korigovaným astigmatismem lze určit ze vztahu pro astigmatismus 3. řádu, pro který platí [1]

$$T - S = A \sin^2 w,$$

kde

$$A = m_2 D_1^2 + m_1 D_1 + m_0 = p_2 x_2'^2 + p_1 x_2' + p_0, \quad (1)$$

$$m_2 = \left(\frac{D x_2'^2}{n(n-1)^2} \right) (n+2),$$

$$m_1 = \left(\frac{D x_2'^2}{n(n-1)^2} \right) \left[-D(n+2) - \frac{2}{x_2'} (n^2 - 1) \right],$$

$$m_0 = \left(\frac{D x_2'^2}{n(n-1)^2} \right) n \left(\frac{n-1}{x_2'} + D \right)^2,$$

$$p_2 = \left[\frac{(n+2)D}{n(n-1)^2} \right] \left(D_1^2 - D_1 D + \frac{n}{n+2} D^2 \right),$$

$$p_1 = \left(\frac{2D}{n-1} \right) \left(D - \frac{n+1}{n} D_1 \right),$$

$$p_0 = D,$$

$$x_1 = \frac{x_2'}{1 - x_2' D}.$$

Příčemž značí: T - lámavost brýlové čočky v tangenciálním směru, S - lámavost brýlové čočky v sagitálním směru, A - koeficient astigmatismu 3. řádu, w - úhel zorného pole brýlové čočky, n - index lomu materiálu čočky, D - lámavost čočky, D_1 - lámavost první plochy čočky, x_2' - poloha výstupní pupily čočky ($x_2' = 25$ mm), x_1 - poloha vstupní pupily čočky.

Dále platí

$$D = \frac{1}{f'} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right),$$

$$D_1 = \frac{n-1}{r_1},$$

kde značí f' - ohniskovou vzdálenost brýlové čočky,

r_1 - poloměr křivosti první plochy čočky,

r_2 - poloměr křivosti druhé plochy čočky.

Vyjádríme-li si poloměry křivosti pomocí lámavostí D a D_1 , dostáváme z předcházejících rovnic

$$r_1 = \frac{n-1}{D_1} \quad \text{a} \quad r_2 = \frac{n-1}{D_1 - D}.$$

Poloha výstupní pupily brýlové čočky x_2' je dána vzdáleností středu otáčení oka od brýlové čočky. Měřením bylo zjištěno, že střed otáčení oka se v průměru nachází ve vzdálenosti asi 13 mm od vrcholu rohovky a vhodná vzdálenost brýlové čočky od vrcholu rohovky je 12 mm a tedy $x_2' = 13$ mm + 12 mm = 25 mm. Pro tuto hodnotu by měly mít brýlové čočky korigován astigmatismus.

Řešením rovnice (1) můžeme určit tvar brýlové čočky s danou hodnotou astigmatismu. Pro $A = 0$ dostáváme tvar brýlové čočky s odstraněným astigmatismem 3. řádu tzv., anastigmatickou brýlovou čočkou. Jak je patrné ze vztahu (1), jsou koeficienty $m_i = m_i(n)$ a $p_i = p_i(n)$ ($i = 0, 1, 2$) závislé na indexu lomu n materiálu brýlové čočky.

3. VLIV INDEXU LOMU SKLA BRÝLOVÉ ČOČKY NA JEJÍ VLASTNOSTI

V obchodech lze zakoupit brýlové čočky zhotovené ze skla o různé hodnotě indexu lomu. Např. firma ZEISS nabízí brýlová skla zhotovená ze skel o hodnotách indexu lomu n a Abbeových číslech v uvedených v tabulce 1.

Tabulka 1 Brýlová skla a jejich parametry

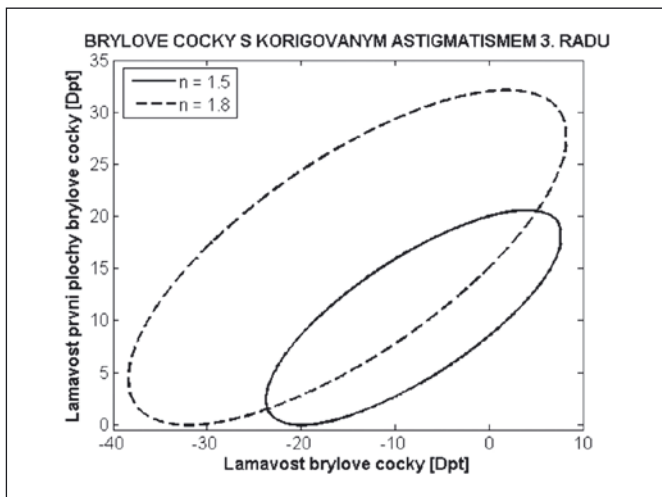
Značka	n	v
Zeiss Punktal 1.6	1,525	58,3
Zeiss Punktal 1.6	1,604	43,8
Zeiss Tital 1.6	1,706	39,3
Zeiss Lantal 1.6	1,800	35,4
Zeiss Lantal 1.6	1,893	30,4

Indexy lomu a Abbeova čísla vybraných brýlových čoček z plastových materiálů jsou uvedena v tabulce 2.

Tabulka 2 Plastová skla a jejich parametry

Značka	n	ν
CR39	1,498	58
Rodenstock Cosmolite 1.5	1,5	47
Sola Spectralite	1,537	47
Zeiss Claret 1.6	1,6	36
Zeiss Claret 1.74	1,74	33

Na obr. 1 je znázorněno řešení rovnice (1) pro **anastigmatické čočky** ($A = 0$) a dvě hodnoty indexu lomu brýlové čočky, a sice pro $n = 1,52$ a pro $n = 1,85$. Vidíme, že užití vyššího indexu lomu skla čočky umožňuje teoretickou realizaci brýlových čoček s vyšší zápornou lámavostí, která se používá pro korekci krátkozrakosti.



Obr. 1 Rozsah možností konstrukce anastigmatických brýlových čoček

Ukážeme si nyní na brýlových čočkách o lámavostech + 5 dptr a - 5 dptr jak se projeví hodnota indexu lomu na tvaru čočky s astigmatismem dané hodnoty. Tabulka 3 udává parametry těchto čoček, přičemž značí: r_1, r_2 - poloměry křivosti, d - osovou tloušťku, $ast.$ - astigmatismus a D - lámavost čočky.

Tabulka 3 Vliv indexu lomu a astigmatismu na tvar brýlových čoček

r_1 [mm]	r_2 [mm]	d [mm]	n	$ast.$ dptr	D [dptr]
48,844	66,720	3	1,84641	-0,05	5
44,264	58,076	3	1,84641	0,05	5
46,590	62,393	3	1,84641	0	5
47,926	84,953	5	1,52539	-0,05	5
44,191	73,294	5	1,52539	0,05	5
46,090	79,038	5	1,52539	0	5
67,165	47,856	0,7	1,84641	-0,05	-5
84,132	55,986	0,7	1,84641	0,05	-5
75,185	51,830	0,7	1,84641	0	-5
89,762	48,275	0,7	1,52539	-0,05	-5
115,90	54,996	0,7	1,52539	0,05	-5
101,60	51,530	0,7	1,52539	0	-5

Pro osovou tloušťku d_0 čočky s kladnou lámavostí můžeme snadno odvodit vztah (D_0 - je průměr čočky a f' - je její ohnisková vzdálenost)

$$d_0 = \frac{D_0^2}{8f'(n-1)}$$

a pro krajovou tloušťku d_k čočky se zápornou lámavostí pak dostáváme

$$d_k = d_0 - \frac{D_0^2}{8f'(n-1)}$$

Z těchto vztahů je patrné, že spojné čočky zhotovené ze skla o vyšším indexu lomu mají při stejné lámavosti menší osovou tloušťku než čočky zhotovené ze skla o nízkém indexu lomu. Podobný závěr platí i pro čočky rozptylné, pokud se jedná o jejich krajovou tloušťku.

Nyní si všimneme vlivu Abbeova čísla na **barevnou vadu** brýlové čočky. Pro lámavost tenké brýlové čočky platí

$$D = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Diferenciací podle vlnové délky λ světla dostáváme

$$\delta D_\lambda = \frac{D}{\nu}$$

kde značí: ν - Abbeovo číslo skla, ze kterého je brýlová čočka zhotovena, δD_λ - chromatická změna lámavosti brýlové čočky (změna lámavosti brýlové čočky při změně vlnové délky světla).

Jak je z tohoto vztahu patrné, bude mít malá hodnota Abbeova čísla za důsledek vyšší změnu lámavosti brýlové čočky, a tedy horší kvalitu zobrazení. Optimální sklo by tedy mělo mít jak vysoký index lomu, tak i velkou hodnotu Abbeova čísla. Jako příklad si uvedme změnu lámavosti δD_λ pro sklo s nízkým indexem lomu ($n = 1,525, \nu = 58,3$) a pro sklo s vysokým indexem lomu ($n = 1,893, \nu = 30,4$). Volíme-li např. $D = 5$ dptr, dostáváme pro chromatickou změnu δD_λ lámavosti brýlové čočky následující hodnoty

$$\delta D_\lambda(1,525/58.3) = 0,086 \text{ dptr,}$$

$$\delta D_\lambda(1,893/30.4) = 0,164 \text{ dptr.}$$

Vidíme, že chromatická změna lámavosti δD_λ u skla s vysokým indexem lomu již není zanedbatelná. Pro skla o vyšších lámavostech je situace ještě méně příznivá.

4. VLIV DISPERZE MATERIÁLU BRÝLOVÉ ČOČKY NA JEJÍ ASTIGMATISMUS

Zabývejme se nyní vlivem disperze materiálu brýlové čočky na její astigmatismus. Abychom určili vliv disperze materiálu brýlové čočky na její astigmatismus, diferencujeme vztah (1) podle vlnové délky λ . Pro změnu koeficientu astigmatismu δA_λ pak dostáváme následující vztah

$$\delta A_\lambda = \left\{ \frac{x_2'^2}{n(n+2)} \left[(n^2+2) \frac{p_2}{D} + \frac{2}{n-1} D^2 \right] + x_2' \left[\frac{p_1}{D} + \frac{2}{n^2} D_1 \right] - x_2'^2 (2x_2' p_2 + p_1) + 1 \right\} \frac{D}{\nu}, \quad (2)$$

kde

$$\nu = \frac{n-1}{dn}$$

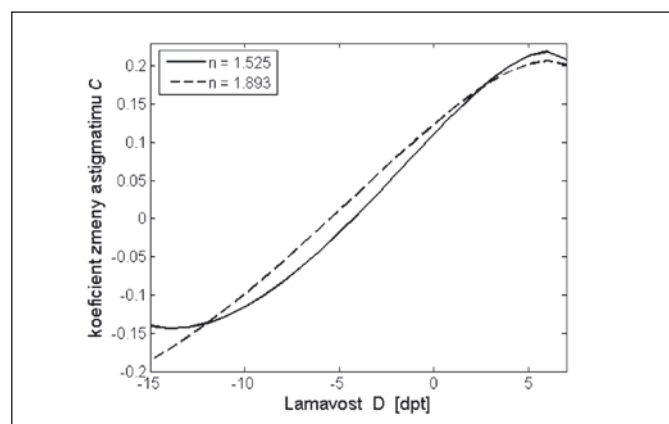
je Abbeovo číslo a dn disperze materiálu brýlové čočky. Vztah (2) můžeme psát ve tvaru

$$\delta A_\lambda = C \frac{D}{v} = C \delta D_\lambda . \quad (3)$$

Význam koeficientu C je patrný ze vztahu (2). V tabulce 4 jsou uvedeny parametry brýlových čoček zhotovených ze dvou různých skel (nízkoindexové sklo $n = 1,525$, $v = 58,3$ a vysokoindexové sklo $n = 1,893$, $v = 30,4$) a jim příslušející hodnota koeficientu C . Na obrázku 2 je znázorněna závislost koeficientu C na lámavosti D a indexu lomu n brýlové čočky pro výše uvedená dvě skla. Jak je z provedených výpočtů patrné, je chromatická změna astigmatismu δA_λ mnohem menší než je chromatická změna δD_λ lámavosti brýlové čočky.

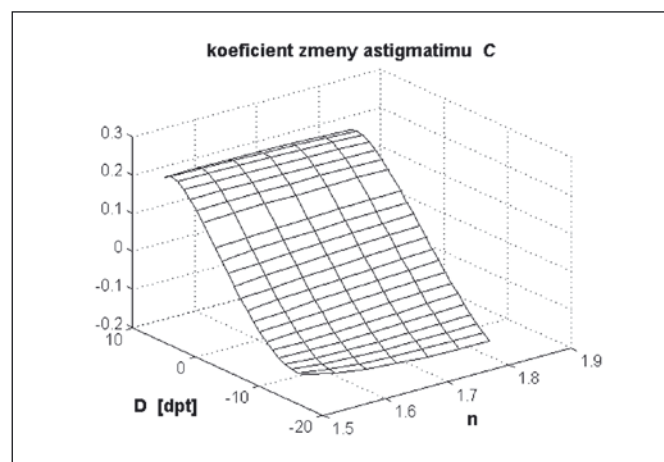
Tabulka 4 Koeficient změny astigmatismu C

D [Dpt]	$n = 1,525$	$n = 1,893$
-15,00	-0,14279	-0,18555
-14,00	-0,14517	-0,16945
-13,00	-0,14322	-0,15212
-12,00	-0,13739	-0,1337
-11,00	-0,12806	-0,1143
-10,00	-0,1156	-0,094034
-9,00	-0,10034	-0,07304
-8,00	-0,082594	-0,051441
-7,00	-0,06268	-0,029375
-6,00	-0,040898	-0,006983
-5,00	-0,017558	0,015581
-4,00	0,007028	0,038152
-3,00	0,03253	0,060548
-2,00	0,058595	0,082566
-1,00	0,084838	0,10397
1,00	0,13604	0,14384
2,00	0,15988	0,16158
3,00	0,18154	0,17721
4,00	0,19994	0,19003
5,00	0,21342	0,199
6,00	0,21901	0,20237
7,00	0,20931	0,19648



Obr. 2 Závislost koeficientu C na lámavosti D a indexu lomu n brýlové čočky zhotovené z nízkoindexového a vysokoindexového skla

Na obrázku 3 je poté znázorněna závislost koeficientu C na lámavosti D a indexu lomu n brýlové čočky v obecném případě.



Obr. 3 Závislost koeficientu C na lámavosti D a indexu lomu n brýlové čočky

5. ZÁVĚR

Byla zkoumána problematika vlivu indexu lomu a disperze materiálu brýlové čočky na její zobrazovací a tvarové vlastnosti. Bylo ukázáno, že z hlediska zobrazení nemá vyšší index lomu skla brýlové čočky žádný pozitivní vliv, naopak nižší hodnota Abbeova čísla zvětšuje barevnou vadu brýlové čočky. Pozitivní vliv má vyšší index lomu pouze na tvar čočky, neboť umožňuje užití čoček s menší středovou, resp. okrajovou tloušťkou v případě spojných, resp. rozptylných brýlových čoček. V úvahu je třeba též vzít vyšší hustotu vysokoindexového skla, což má vliv na jeho hmotnost, a dále nutnost opatřit vysokoindexová skla antireflexní vrstvou. Dále byla provedena analýza vlivu indexu lomu a disperze materiálu brýlové čočky na změnu jejího astigmatismu. Z provedených výpočtů je patrné, že chromatická změna astigmatismu brýlové čočky je mnohem menší než je chromatická změna lámavosti brýlové čočky.

Práce byla vypracována v rámci projektu MSM6840770022 Ministerstva školství ČR.

Literatura

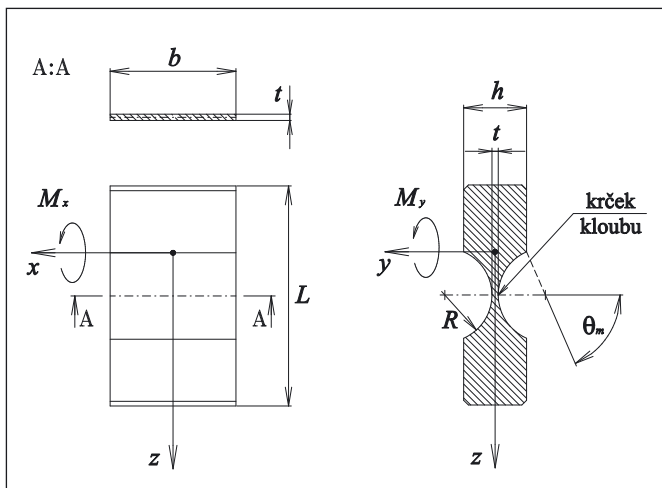
- [1] MIKŠ, A.: Teorie astigmatismu 3. a 5. řádu brýlového skla. *Jemná mechanika a optika* **43** (1998), č. 9, s. 269-270.
- [2] MIKŠ, A.: Vliv indexu lomu brýlové čočky na její vlastnosti. *Jemná mechanika a optika* **43** (1998), č. 10, s. 308-309.
- [3] POLÁŠEK, J. a kol.: *Technický sborník oční optiky*. Praha, SNTL 1974.
- [4] HAVELKA, B.: *Geometrická optika I, II*. Praha, NČSAV 1955.
- [5] KEPRT, E.: *Teorie optických přístrojů III*. Praha, SPN 1966.
- [6] MAZUREK, A.: *Základy praktické optiky II*. Praha, Nakl. Práce 1950.

Vlastnosti pružinového kloubu obdélníkového průřezu

V mikropolohovacích mechanismech se často jako základní konstrukční prvek používá pružinový kloub, jehož průřez má obdélníkový tvar. V článku je uveden zjednodušený teoretický vztah pro výpočet jeho úhlového natočení při působení vnějšího momentu sil. Při statickém zatížení pružinových kloubů o různých rozměrech a materiálech byly experimentálně stanoveny praktické meze jejich maximálního úhlového natočení.

1. ÚVOD

Pružinový kloub je bezvúlové otočné uložení s omezeným úhlem natočení. Korektní chod kloubu je splněn pouze při lineární deformaci materiálu. Konstrukční provedení kloubu lze realizovat vhodným zeslabením průřezu součásti, čímž se vytvoří pružný přechod mezi částí nepohyblivou a pohyblivou. V případě požadavku vyššího úhlu natočení se dvě součásti z běžného konstrukčního materiálu spojí kloubem z materiálu, který vykazuje mnohem vyšší hodnoty pružné deformace. Při návrhu mikropolohovacího mechanismu o vysoké tuhosti s přípustným úhlem natočení řádově několik desítek úhlových minut se jako základní konstrukční prvky využívají pružinové klouby obdélníkového průřezu, které dovolují zkonstruovat systémy určené k zástavbě i do rozměrově omezeného prostoru.



Obr. 1 Schématické znázornění namáhání pružinového kloubu obdélníkového průřezu

Předností pružinového kloubu obdélníkového průřezu je jeho vysoká ohebnost kolem jedné osy a neohebnost kolem osy kolmé (viz obr. 1). Kloub má tedy ve dvou navzájem kolmých směrech diametrálně odlišné tuhosti K_x a K_y , což zaručuje korektní natočení kloubu pouze kolem osy x při současném namáhání kloubu oběma ohybovými momenty M_x a M_y .

2. TEORIE

Úhlové natočení kloubu φ_x kolem osy x způsobené vnějším momentem síly M_x je dáno

$$\varphi_x = \frac{M_x}{K_x}, \quad (1)$$

kde tuhost kloubu K_x odvozená Parosem a Weisbordem [1] je

$$K_x = \frac{2EbR^2(\beta^2 + 2\beta)}{3} \left\{ \sqrt{1 - (1 + \beta - \gamma)^2} \left[\frac{1 + \beta}{\gamma^2} + \frac{\beta^2 + 2\beta + 3}{\gamma(\beta^2 + 2\beta)} \right] + \frac{6(1 + \beta)}{(\beta^2 + 2\beta)^{3/2}} \arctg \left(\sqrt{\frac{2 + \beta}{\beta}} \operatorname{tg} \left(\frac{\theta_m}{2} \right) \right) \right\}, \quad (2)$$

kde

$\beta = \frac{t}{2R}$ a $\gamma = \frac{h}{2R}$ jsou tvarové parametry kloubu,

$$\operatorname{tg} \left(\frac{\theta_m}{2} \right) = \frac{\gamma - \beta}{\sqrt{1 - (1 + \beta - \gamma)^2}},$$

E je modul pružnosti v tahu,

t je tloušťka krčku kloubu,

b je šířka kloubu,

h je výška kloubu,

R je poloměr křivosti krčku kloubu (viz obr. 1).

Pokud zanedbáme koncentraci napětí v blízkém okolí krčku kloubu, můžeme vyjádřit ohybové napětí σ_o v místě nejmenšího průřezu kloubu jako

$$\sigma_o = \frac{M_x}{W_{o,x}} \leq \sigma_{Do}. \quad (3)$$

Ve vztahu (3) je význam jednotlivých veličin následující:

$W_{o,x} = \frac{bt^2}{6}$ je průřezový modul v ohybu,

$\sigma_{Do} = \frac{\sigma_E}{k_B}$ je dovolené ohybové napětí, (4)

σ_E je mez pružnosti,
 k_B je koeficient bezpečnosti.

Dosazením rovnice (3) do (1) dostáváme následující vyjádření maximálního úhlového natočení kloubu kolem osy x

$$\varphi_{\max} = \sigma_{Do} \frac{bt^2}{6K_x}. \quad (5)$$

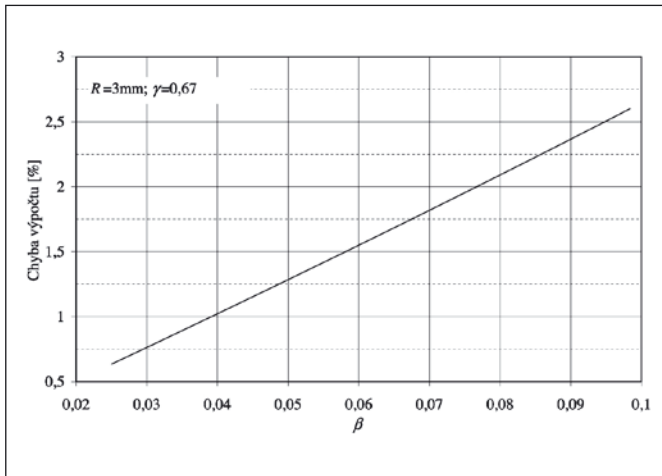
Za předpokladu, že $\beta \ll 1$ a $\beta \ll \gamma$, můžeme rovnici (2) zjednodušit bez podstatné ztráty přesnosti na následující tvar [1]

$$K_{x, \text{aprox}} = \frac{2Ebt^{5/2}}{9\pi R^{1/2}}. \quad (6)$$

Pro staticky zatížený kloub volíme $k_b=1$ a místo meze pružnosti σ_E volíme ve výpočtu smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$. S využitím vztahu (4) získáváme dosazením (6) do (5) přibližný výraz pro maximální úhlové natočení kloubu v následujícím tvaru vhodném k praktickému použití

$$\varphi_{m,aprox} = \frac{3\pi R_{p0,2}}{4E} \sqrt{\frac{R}{t}} \quad (7)$$

Jako ilustrativní příklad přesnosti vztahu (7) je uveden graf závislosti chyby výpočtu $\varepsilon = 1 - \frac{K_{x,aprox}}{K_x}$ na proměnné β pro pevně dané hodnoty R a h (viz obr. 2).



Obr. 2 Znárodnění chyby výpočtu $K_{x,aprox}$ (viz rovnice (6)) vůči K_x (viz rovnice (2)) v závislosti na parametru β

Z grafu je patrné, že chyba výpočtu užitím aproximativního vztahu je pro dané rozměry kloubu již několik procent, poněvadž již přestává být splněna podmínka $\beta \ll \gamma$.

3. EXPERIMENT

Ze tří druhů materiálů (viz tab. 1) bylo vyrobeno po pěti kloubech s různými tloušťkami krčku (viz tab. 2), které byly spojitě zatěžovány až do meze pružnosti.

Tabulka 1 Materiálové charakteristiky převzaty z [2]

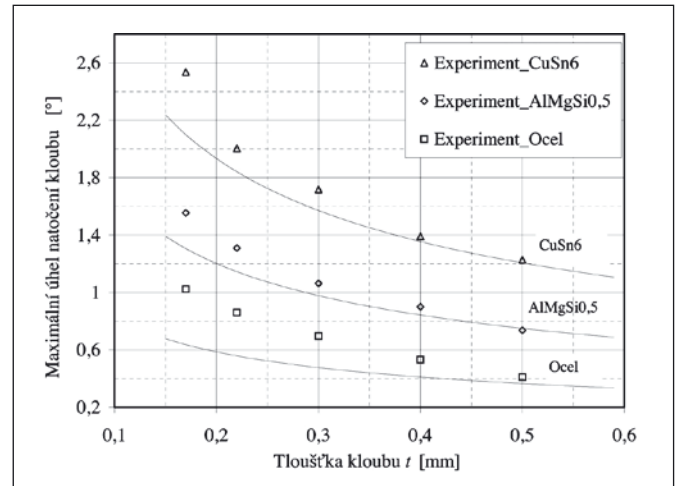
Charakteristiky materiálu	Ocel 11 375.0 (ČSN 42 5340)	AlMgSi0,5 (ČSN 42 4401)	CuSn6 (ČSN 42 3016)
E [MPa]	210 000	69 000	115 000
$R_{p0,2}$ [MPa]	235	150	340

Pružinové klouby měly tyto společné rozměry: $L = 14$ mm, $b = 8$ mm, $h = 4$ mm a $R = 3$ mm (viz obr. 1). Experimentální hodnoty maximálního natočení jednotlivých kloubů jsou uvedeny v tab. 2.

Tabulka 2 Chyba měření maximálního úhlu natočení je do 10 %

Tloušťka krčku kloubu t [mm]	Maximální úhel natočení φ_{max}		
	Ocel 11 375.0	AlMgSi0,5	CuSn6
0,17	1°02'	1°33'	2°32'
0,22	0°52'	1°19'	2°02'
0,30	0°42'	1°04'	1°43'
0,40	0°32'	0°54'	1°23'
0,50	0°25'	0°44'	1°14'

Maximální úhel natočení kloubu v oblasti pružné deformace byl vypočten z maximálního vychýlení koncové části kloubu ve směru osy y indikovaném na číselníkovém úchylkoměru. Teoretické závislosti maximálního natočení kloubu při statickém zatížení určené s využitím vztahu (2) jsou společně s experimentálními hodnotami vyneseny do grafu na obr. 3.

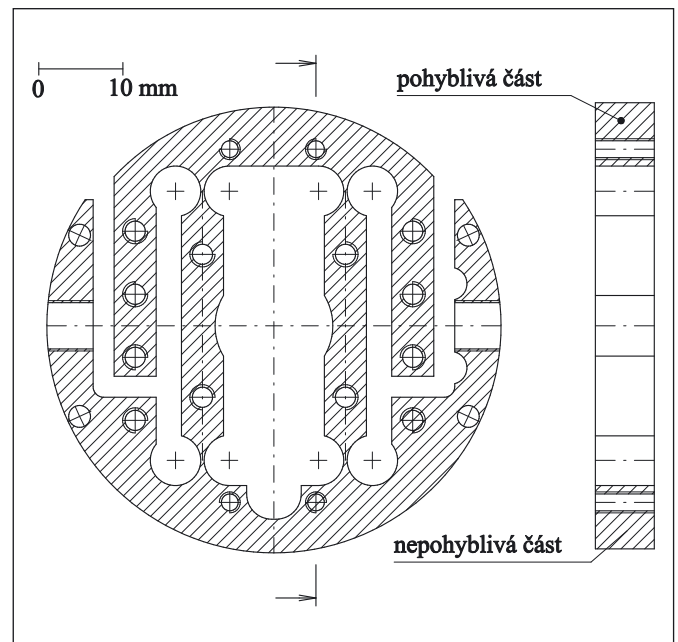


Obr. 3 Graf experimentálně určených hodnot maximálního úhlu natočení kloubu kolem osy x při působení vnějšího momentu sil M_x v závislosti na jeho tloušťce t pro materiály uvedené v tab. 1. Křivky znázorňují teoretické závislosti $\varphi_{max}(t)$ spočtené podle rovnice (5) pro $\sigma_{Do} = R_{p0,2}$

S uvážením chyby měření můžeme konstatovat, že teoretický výpočet je v souladu s experimentálně určenými hodnotami φ_{max} . Příklad výpočtu se započtením faktoru koncentrace napětí můžeme nalézt v [3].

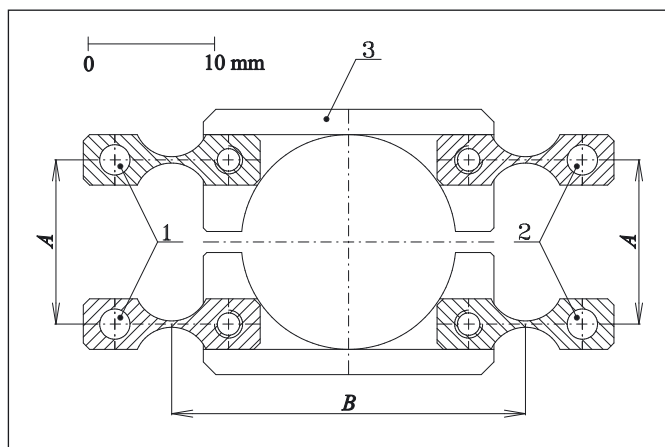
4. PRAKTICKÉ VYUŽITÍ

V mikropolohovacích mechanismech se k dosažení malých posuvů využívají bezvúlová přibližná vedení, jejichž typickým představitelem je paralelogram tvořený čtyřmi pružinovými klouby.



Obr. 4 Řez paralelogramem vyrobeného z jednoho kusu materiálu

Zachováme-li nosný průřez kloubu, tj. rozměry b a h , a budeme-li zvyšovat poloměr křivosti krčku R při zachování jeho tloušťky t , dosáhneme vyšší hodnotu úhlového natočení, tj. snížíme jeho tuhost. Pokud nejsme rozměrově omezeni, můžeme tímto způsobem navrhnout kompaktní paralelogram, jehož pružinové klouby jsou vyrobeny z jednoho kusu materiálu (viz obr. 4). Pokud však poloměr křivosti R nelze z prostorových důvodů zvyšovat, musíme volit materiál kloubu s vyšším poměrem meze pružnosti σ_E k modulu pružnosti v tahu E . V praxi je paralelogram tvořen dvojicí dvou segmentových kloubů spojených pevnou spojkou **3**, přičemž otvory v kloubech označené **1** resp. **2** (viz obr. 5) slouží k šroubovému spojení s pevnou, resp. pohyblivou částí mechanismu.



Obr. 5 Schéma části modulárního paralelogramu se segmentovými klouby. Hodnotu poměru vzdáleností A/B volíme obvykle větší než 0,5. **1** resp. **2** jsou otvory pro šroubové připojení k pevné, resp. pohyblivé části mechanismu. **3** je pevná spojka

Zhotovený paralelogram musí mít shodnou rozteč B u obou párů kloubů a rovněž tloušťka jejich krčku t společně s roztečemi A musí vykazovat co nejmenší odchylky od jmenovitých rozměrů. Je nutné si uvědomit, že v případě nesymetrického prostorového uspořádání jednotlivých kloubů bude výsledný pohyb paralelogramu nereprodukovatelný, poněvadž při zatížení bude docházet k nežádoucím pružným i plastickým lokálním deformacím kloubů.

5. ZÁVĚR

Předložený článek poskytuje informace o reálných možnostech pružné deformace pružinových kloubů na základě jednoduchého výpočtu pomocí rovnice (7), jejíž oblast platnosti zde byla teoreticky diskutována a experimentálně dokladována (viz obr. 3).

Uvedené poznatky byly získané v rámci experimentálního řešení postdoktorského projektu č. 202/06/P410 Grantové agentury České republiky.

Literatura

- [1] PAROS, J. M., WEISBORD, L.: How to design flexure hinges. *Machine Design*, 1965, vol. 37, No. 11, p. 151-156.
- [2] FIALA, J., BEBR, A., MATOŠKA Z.: *Strojnické tabulky. Materiály pro strojírenskou výrobu.* Praha: SNTL nakladatelství technické literatury, 1990.
- [3] SMITH, S. T., GHETWYND, G. C. and BOWEN, D. K.: Design and assessment of monolithic high precision translation mechanisms, *Sci. Instrum.*, 1987, vol. 20, p. 977-983.

Ing. Martin Antoš, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Technická 2, 616 69 Brno, tel.: 541 142 778, e-mail: antos@fme.vutbr.cz

Z technické knihovny

Wolfe, W. L. (Ed.): Optical Engineer's Desk Reference. SPIE Press, Washington 2003. 754 stran, ISBN: 1-55752-757-1, 125.00 USD

Tato publikace představuje rozsáhlou příručku optiky jak pro studenty, tak především pro optické inženýry v praxi. Je napsána kvalitním týmem autorů z Optical Science Centrum na univerzitě v Tusconu (USA), kteří se problematikou aplikované optiky prakticky zabývají jak na univerzitní půdě, tak v mnoha soukromých výrobních a poradenských firmách.

Jde o příručku, která má za účel poskytnout optickému inženýrovi heslovitě danou problematiku společně s potřebnými vztahy pro výpočty, ovšem bez předcházejícího podrobného odvození. Kniha obsahuje 34 tématicky oddělených kapitol, v nichž se nachází jednotlivá hesla, spadající do dané problematiky. Jednotlivé části knihy zahrnují široké spektrum nejrůznějších témat od matematických základů přes geometrickou a vlnovou optiku, interferometrii, holografii, aberace a návrh optických systémů, vláknovou optiku, radiometrii a fotometrii, detektory a zdroje záření, až po elektrooptiku, magnetooptiku a akustooptiku.

Jednotlivá hesla jsou doplněna schématickými obrázky, které umožňují lepší pochopení dané problematiky. Na konci každé ka-

pitoly je vždy uveden seznam doporučené odborné literatury, jež podrobně popisuje danou problematiku a kde lze nalézt detailnější vysvětlení a odvození nežli v této příručce. Přehledný věcný rejstřík umožňuje poté snadné vyhledávání požadovaných hesel.

Publikace se zařazuje mezi mnohé komplexní příručky optiky, které již byly napsány. Jejím cílem je být příručkou používanou v praxi inženýry nebo vědeckotechnickými pracovníky v oblastech, kde aplikovaná optika hraje důležitou roli. Kladen je tedy důraz především na praktičnost výkladu jednotlivých hesel a jednoduchou aplikovatelnost použitých teoretických vztahů pro praktické výpočty. Knihu je možno doporučit především pracovníkům, kteří se zabývají optikou a návrhem optických systémů v praxi, jako relativně velmi dobrou příručku, jež obsahuje všechny základní pojmy a vztahy z oblasti aplikované optiky. Kniha může velmi dobře posloužit i studentům jako zdroj potřebných informací, které lze získat relativně jednoduchým a prakticky aplikovatelným způsobem. Je ovšem nutno poznamenat, že tuto knihu vzhledem k jejímu charakteru nelze použít bez předchozích, alespoň základních znalostí optiky a optoelektroniky.

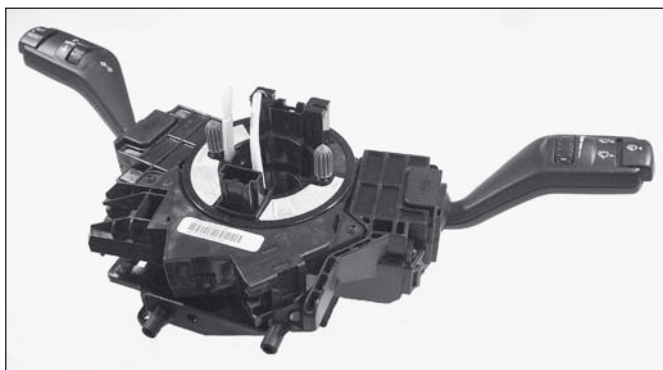
J. Novák

Výroba ovladače oken automobilu



Obr. 1 Budova TRCZ s.r.o. v Lovosicích

Firma TRCZ s.r.o. (obr. 1) je jednou z poboček japonské společnosti Tokai Rika. Současný počet zaměstnanců této firmy nyní čítá cca 1200 pracovníků. Hlavním výrobním profilem této pobočky jsou multifunkční přepínače a bezpečnostní pásy pro automobily. Ačkoli byla firma založena již v roce 2001, stále ještě probíhá nárůst jejího objemu výroby a implementace nových projektů do výroby.



Obr. 2 Multifunkční přepínač



Obr. 3 Snímač natočení volantu

Multifunkčními přepínači (viz obr. 2) se rozumí výroba páček směrových světel „blinkrů“, páček stěračů, ovladačů audiosystému, ovladačů elektrického stahování oken atd. Součástí multifunkčních přepínačů jsou např. snímače natočení volantu (viz obr. 3), které se také vyrábí v TRCZ na sekci elektroniky.

Výrobní procesy v TRCZ jsou založeny na metodě označované jako Toyota Production System - TPS. Tato metoda řízení výroby byla vyvinuta ve společnosti Toyota Motor Company a její základním principem je udržování kontinuálního toku produktů výrobou a současná pružná reakce na požadavky výroby a zákazníka. Výsledkem je štíhlá Just In Time (JIT) výroba, při níž jsou vyráběny pouze nezbytné výrobky v potřebném množství a ve vhodný čas. Odpadají tak náklady na nadbytečné zásoby a skladování, dochází k úsporám pracovní síly a zvyšuje se efektivita. Sklady jsou buď nulové nebo minimální tzv. bezpečnostní, které pokrývají např. náhlý výpadek strojů.

Dalším základním principem TPS kromě JIT produkce je koncept Jidoka - autonomní kontrola výrobních defektů, jež zajišťuje, že vadné výrobky se nikdy nedostanou do následujícího výrobního procesu a nemohou jej tak narušit.

V praxi se TPS opírá o několik základních postupů a metod, k nimž především patří:

- Kanbanový systém. Japonské slovo Kanban znamená lístek, kartička. Pomocí Kanbanu je kontrolováno množství výrobků vyráběných v každém dílčím výrobním procesu. Kanbanový systém napomáhá řídit výrobu, udržovat její plynulost a tím i Just In Time produkci. Zjednodušeně řečeno Kanban v funguje jako objednávka pro výrobu i jako dodací list.



Obr. 4 Ovladač stahování oken

- Standardizace pracovních úkonů.
- Nasazení flexibilní pracovní síly schopné vykonávat různé operace - Shojinka.
- Školení a zvyšování kvalifikace pracovníků.
- Motivace pracovníků k neustálému zlepšování výrobního procesu, podávání zlepšovacích návrhů - Kaizenů a kreativnímu myšlení - Soi Kufu.

OVLADEČ STAHOVÁNÍ OKEN

Ovladač elektrického stahování oken (viz obr. 4) je zdánlivě jednoduchá věc, ale právě v tomto malém, nenápadném přístroji se skrývá přesná a spolehlivá mechanika, která musí pracovat bez údržby po velmi mnoho let.

Nejlépeším způsobem popisu je seznámit se s postupem výroby samotného ovladače WRS (Window Regulator Switch) na konkrétním příkladě: Suzuki Ignis (viz obr. 5).



Obr. 5 Suzuki Ignis

Tento automobil patří do skupiny takzvaných malých SUV (Sport Utility Vehicle) a je již od základní verze vybaven právě těmito ovladači. Právě z důvodu dlouhodobého použití (více jak 10 let) se klade velký důraz na kvalitu materiálů (99,99% měď na kontakty, které jsou pokoveny stejně kvalitním stříbrem). Plastové díly, tlačítka a samotné tělo jsou z materiálu POM (Polyoxymethylen - materiál odolný proti UV záření a z tohoto důvodu používán právě na interiéry automobilů). Vnitřní plastové části jsou vyrobeny z materiálu ABS, který vyniká především rázovou pevností, odolností, snadnou výrobou a nízkou cenou. Výroba plastových dílů se provádí s přesností na setiny milimetru ve vysokotlakých vstříkoliscích, které jich dokáží vyrobit obrovská množství až přes 10 000 kusů denně.

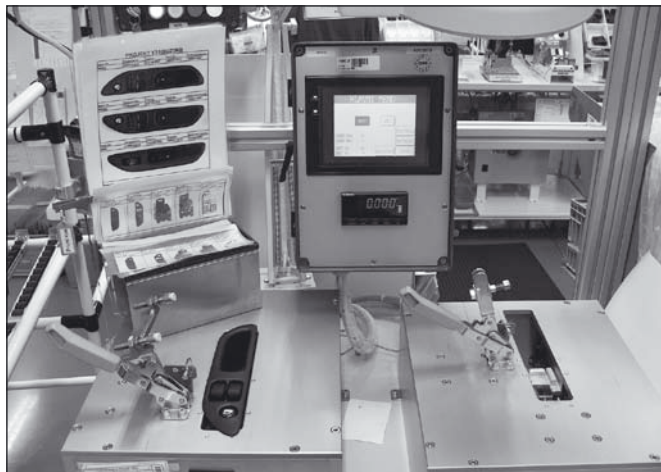


Obr. 6 Montáž ovladače stahování oken

Poté následuje montážní linka, kde se postupně skládají jednotlivé díly do celku (viz obr. 6), až dostaneme finální produkt. Výrobní linku pro montáž ovladače stahování oken můžeme vidět na obr. 7. Poslední operací je důkladná prověrka všech funkcí na inspekčním stroji, určeném jen pro tento výrobek (viz obr. 8). Ovladač stahování oken je hotov a připraven pro montáž do kokpitu automobilu (viz obr. 9).



Obr. 7 Výrobní linka pro montáž ovladače stahování



Obr. 8 Inspekční stroj



Obr. 9 Kokpit automobilu

Využití klimatizační skříně k měření rovnovážné vlhkosti zrna obilovin

Měření rovnovážných vlhkostí zemědělských materiálů gravimetrickými metodami lze realizovat známými metodami vyžadujícími zpravidla velmi dlouhé časy k dosažení rovnovážných stavů mezi měřeným objektem a klimatizovaným prostředím. V článku jsou výsledky měření rovnovážných vlhkostí zrna pšenice, ječmene a kukuřice zjištěné při desorpci v klimatizační skříně umožňující regulaci a stabilizaci klimatu sušicího prostoru. Jsou uvedeny regresní rovnice sušících křivek $\omega = f(t)$ a z nich odvozených isoterm rovnovážných vlhkostí $\omega_r = f(\phi)$ zjištěných běžnou gravimetrickou a navrženou zkrácenou gravimetrickou metodou. Matematickou statistickou analýzou výsledků měření byla s dostatečnou pravděpodobností prokázána využitelnost klimatizační skříně Feutron - 3001 k měření rovnovážných vlhkostí zrna obilovin. Ověřovaná zkrácená metoda měření poskytla ve srovnání s kontrolní běžnou gravimetrickou metodou výsledky, lišící se méně než o 1 % vlhkosti a to při potřebě jen 14,84 % - 10,32 % měřicího času podle přípustné chyby měření 0,25 % - 0,5 %.

ÚVOD

Vlhkost látky při rovnovážném stavu (rovnovážná) je v prostředí o konstantních parametrech pro různé látky rozdílná a závisí na účinnosti jeho jednotlivých parametrů. Závisí také na fyzikálních, biologických a chemických vlastnostech látek a na tom, byla-li dosažena při sorpci či desorpci.

Měření rovnovážných vlhkostí obvyklými metodami [1] vyžaduje velmi dlouhé doby expozic v obtížně kontrolovaném, stálém prostředí. Pokus o rychlé a dostatečně přesné stanovení rovnovážných vlhkostí zrna obilovin byl realizován měřením sušících křivek v klimatizační skříně s regulovatelným klimatem sušicího prostoru.

MATERIÁL A METODY

Použité přístroje:

K měření byla použita klimatizační skříně Feutron 3001 s objemem měřicího prostoru 250 l, s regulací teplot $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$ a s přesností $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, relativních vlhkostí 100 %, teplot rosného bodu -10 až $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a přesností $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Střídavé klima s cyklem 1 až 24 h a rychlostí změn teplot do $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Psychrometr, sušící pec, vysoušečky, analytické váhy WA 33 s přesností odečtu hmotnosti $0,005\text{ mg}$, exikátor se silikagelem, tlakoměr.

Použitý materiál:

K měření byly použity vzorky pšenice, ječmene a kukuřice, odebrané při sklizni. Pro každou obilovinu a trojí opakování měření bylo naváženo 3 x 8 vzorků o hmotnosti 100 g.

Měření sušících křivek probíhala ze stabilizované vlhkosti klimatu sušicího prostoru $\phi = 90\text{ }%$ na $30\text{ }%$ v 10 oblastech vlhkostí běžnou gravimetrickou metodou, respektive v 8 oblastech vlhkostí zkrácenou gravimetrickou metodou na $20\text{ }%$. Časové intervaly mezi váženími vzorků byly z počátku měření každé křivky $t = 12\text{ h}$, v oblasti konstantní hmotnosti vzorků pak $t = 6\text{ h}$.

Podstata měření zkrácenou metodou spočívala ve využití možnosti změny parametrů klimatu v sušicím prostoru. Na začátku měření sušících křivek byly použity větší vlhkostní spády než takové, které by odpovídaly očekávaným rovnovážným stavům. Po určitém čase sušení odhadnutém z pomocných měření, byly vlhkostní spády upraveny tak, aby odpovídaly měřením běžnou metodou a výsledky obou metod byly srovnatelné.

VÝSLEDKY

Parametry regresních rovnic sušících křivek, popisujících korelační pole závislosti vlhkostí zrna na době sušení měřených běžnou metodou, jsou uvedeny v tab. 1 a zkrácenou metodou v tab. 2. Parametry C odpovídají průměrným rovnovážným vlhkostem zrna

ω_r (%), dosaženým při vlhkostních spádech ϕ (%) a časech sušení t_r (h). Z průměrných hodnot rovnovážných vlhkostí zrna ω_r (%) a vlhkostí klimatu v sušící komoře klimatizační skříně ϕ (%) byly spočítány regresní rovnice rovnovážných stavů, jejichž parametry a indexy korelace jsou uvedeny v tab. 3. Je zřejmé, že použité polynomy 3. stupně vyhovují velmi dobře pro objektivní popis korelačních polí. Mezi měřeními běžnou a zkrácenou metodou nebyla dosažena úplná shoda, avšak největší zjištěný vlhkostní rozdíl nepřesahuje 1 %. Vzhledem k stálosti teploty rosného bodu v sušicím prostoru $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ jsou výsledky měření velmi dobré.

K posouzení významnosti rozdílů časů $\tau = t_{r1} - t_{r2}$ potřebných k dosažení rovnovážných vlhkostí zrna měřených obilovin oběma popsanými metodami, byla použita korelace mezi časovými rozdíly

Tab. 1 Přehled koeficientů regresních rovnic vlhkostí $\omega_r = f(t)$ vzorků obilovin pšenice, ječmene a kukuřice, měřených v klimatizační skříně dynamickou gravimetrickou metodou při desorpci s plnou časovou expozicí. t = čas (h), $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Obilovina	Nastavená vlhkost vzduchu v klimatizační skříně ϕ (%)	Hodnoty koeficientů regresních rovnic $\omega_r(\%) = A \cdot e^{B \cdot t} + C$		
		A	B	C
Pšenice	90 - 75	3,1662	-0,1001	15,4376
	75 - 60	1,9692	-0,0775	13,2805
	60 - 50	1,5068	-0,0238	11,7865
	50 - 40	1,3880	-0,0252	10,5504
Ječmen	40 - 30	1,3658	-0,0202	9,2890
	90 - 75	2,9926	-0,1095	15,7497
	75 - 60	1,9830	-0,0775	13,5457
	60 - 50	1,5621	-0,0253	11,9822
	50 - 40	1,4058	-0,0272	10,7089
Kukuřice	40 - 30	1,3233	-0,0227	9,4490
	90 - 75	2,6140	-0,1531	15,0458
	75 - 60	1,8939	-0,0910	12,9950
	60 - 50	1,4509	-0,0260	11,5712
	50 - 40	1,3311	-0,0257	10,3541
	40 - 30	1,2750	-0,0200	9,1548

Tab. 2 Přehled koeficientů regresních rovnic vlhkostí $\omega_t = f(t)$ vzorků obilovin pšenice, ječmene a kukuřice, měřených v klimatizační skříni dynamickou gravimetrickou metodou při desorpci se zkrácenou časovou expozicí. $t = \text{čas (h)}$, $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Obilovina	Nastavená vlhkost vzduchu v klimatizační skříni ϕ (%)	Hodnoty koeficientů regresních rovnic $\omega_t(\%) = A.e^{B \cdot t} + C$		
		A	B	C
Pšenice	90 - 60 - 75	4,1443	-0,1455	14,9961
	75 - 45 - 60	2,3167	-0,1380	12,6074
	60 - 40 - 50	1,1023	-0,2275	11,4767
	50 - 30 - 40	1,3417	-0,1513	10,1830
Ječmen	40 - 20 - 30	0,8994	-0,1026	9,3259
	90 - 60 - 75	3,6223	-0,1532	15,2621
	75 - 45 - 60	2,4302	-0,2046	12,7389
	60 - 40 - 50	1,1659	-0,2686	11,5906
	50 - 30 - 40	1,4065	-0,1745	10,2374
Kukuřice	40 - 20 - 30	0,8754	-0,1268	9,4163
	90 - 60 - 75	3,9221	-0,2191	14,5354
	75 - 45 - 60	2,2602	-0,1654	12,2125
	60 - 40 - 50	1,0455	-0,2817	11,1397
	50 - 30 - 40	1,2542	-0,1664	9,9292
	40 - 20 - 30	0,8538	-0,1094	9,1084

τ (h) a vlhkostmi klimatu v sušicím prostoru ϕ (%) i průměrnými rovnovážnými vlhkostmi ω_{rp} (%) = $(\omega_{r1} + \omega_{r2})/2$. Výsledky korelační analýzy jsou uvedeny v tab. 4. Všechny korelované závislosti jsou průkazné na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Prokazují s dostatečnou pravděpodobností, že měření rovnovážných vlhkostí s uvedenou přesností je zkrácenou metodou významně rychlejší než běžnou gravimetrickou metodou.

DISKUSE A ZÁVĚR

Měření rovnovážných vlhkostí rostlinných elementů v klimatizační skříni bylo realizováno při měření sušicích a desorpčních křivek semene [2], tobolek [3] a výčesků přadného lnu [4]. Byly využity při návrhu a realizaci modelu komorové sušárny výčesků z přímé sklízne kombinovanými sklízeci i dělené sklízne sběrači odsemeňovači [5].

Tab. 3 Přehled koeficientů regresních rovnic rovnovážných vlhkostí $\omega_t = f(\phi)$ vzorků obilovin pšenice, ječmene a kukuřice, měřených v klimatizační skříni dynamickou gravimetrickou metodou s plnou a zkrácenou časovou expozicí

Metoda dynam. gravimetrická	Stav	Obilovina	Koeficienty regresních rovnic $\omega_t = A + B \cdot \phi + C \cdot \phi^2 + D \cdot \phi^3$ a indexy korelace I_k				
			A	B	C	$D \cdot 10^{-5}$	I_k
S plnou expozicí	Sorpce $\omega_t = f(\phi)$	Pšenice	3,0004	0,3441	-0,0059	4,4700	0,994
		Ječmen	3,9732	0,2907	-0,0048	3,7726	0,994
		Kukuřice	4,2285	0,2593	-0,0043	3,4203	0,994
	Desorpce $\omega_{r1} = f(\phi)$	Pšenice	3,9839	0,2320	-0,0024	1,8118	0,999
		Ječmen	5,0226	0,1728	-0,0011	1,0552	0,999
		Kukuřice	5,1595	0,1492	-0,0007	0,7206	0,999
Zkrácená	Desorpce $\omega_{r2} = f(\phi)$	Pšenice	3,5061	0,2979	-0,0046	3,5904	0,999
		Ječmen	5,7492	0,1591	-0,0018	1,8894	0,999
		Kukuřice	3,8967	0,2642	-0,0040	3,2212	0,999

Ing. Josef Krupička, CSc., prof. Ing. Blahoslav Hanousek, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, 165 21 Praha 6 - Suchbátka, tel.: 224383127, e-mail: krup@tf.czu.cz

Tab. 4 Přehled koeficientů regresních rovnic vyjadřujících časovou úsporu τ (h) v závislosti na vlhkosti vzduchu ϕ (%) a rovnovážných vlhkostech ω_r (%) při měření v klimatizační skříni zkrácenou gravimetrickou metodou

Závislost	Obilovina	Hodnoty koeficientů regresních rovnic $\tau(h) = A + B \cdot \phi$, $\tau(h) = A + B \cdot \omega_r$, koeficientů korelace r a hladiny významnosti α .			
		A	B	r	α
$\tau = f(\phi)$	Pšenice	111,9744	-1,3134	-0,8938	0,05
	Ječmen	104,6764	-1,2273	-0,8979	0,05
	Kukuřice	109,5089	-1,3255	-0,9049	0,01
$\tau = f(\omega_r)$	Pšenice	141,1001	-8,0096	-0,8630	0,05
	Ječmen	135,6530	-7,6943	-0,8802	0,05
	Kukuřice	142,5163	-8,6122	-0,8687	0,05

Závěrem lze z rozboru našich měření konstatovat procentuální úsporu času zjištěnou srovnáním běžné a zkrácené gravimetrické metody. Při zvolené chybě měření 0,25 % byl zkrácenou metodou dosažen rovnovážný stav u pšenice za 14,84 %, ječmene 13,47 % a kukuřice 13,78 % z času běžné gravimetrické metody. Při chybě měření 0,5 % byl dosažen rovnovážný stav u pšenice za 11,5 %, ječmene 10,32 % a kukuřice 10,45 % z času srovnávané metody.

Literatura

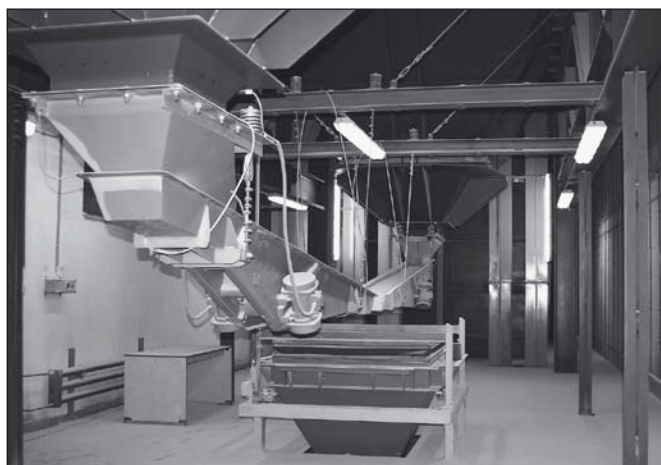
- [1] LAGA, S., *Měření rovnovážných vlhkostí zemědělských materiálů v klimatizační skříni Feutron -3001 dynamickou gravimetrickou metodou s plnou expozicí a zkrácenou expozicí*, Kandidátská disertační práce, (1978), VŠZ Praha, 93 str.
- [2] KRUPÍČKA, J., OŠTÁDAL, V., HANOUSEK, B., *Stanovení rovnovážných vlhkostí semene přadného lnu*, Zemědělská technika, 46, 2, (2000), ISSN 0044-3883, str.73 – 76.
- [3] HANOUSEK, B., KRUPÍČKA, J., OŠTÁDAL, V., *Měření rovnovážných vlhkostí lněných tobolek*, Sborník SPU Nitra, Račkova dolina, (2000), ISBN 80-7137-729-5, str.121-130.
- [4] HANOUSEK, B., KRUPÍČKA, J., OŠTÁDAL, V., *Měření rovnovážných vlhkostí výčesků přadného lnu*, Zemědělská technika a energetika na prahu nového tisíciletí, České Budějovice, Jihočeská univerzita České Budějovice, (2001), ISBN 80-7040-495-7, str. 68 – 72.
- [5] OŠTÁDAL, V., *Sušení výčesků lnu*, Závěrečná výzkumná zpráva, Šumperk, VŠÚTPL (1988), 74 str.

Firma **BOHEMIA MACHINE**, společnost s ručením omezeným, byla založena v roce 1992. Na počátku svého vývoje se firma zaměřila na vznikající soukromé brusírny užitkového skla, které vybavovala kuličkovými a hladinovými stroji a jejich příslušenstvím. Po získání počátečních zkušeností a nasycení tohoto trhu obrátila firma BM svou pozornost k transformujícím se českým sklárnám. Během roku 1993 se společnost velice rychle rozrostla a díky profesím, kterými dnes disponuje, je schopna zpracovat zakázku od zadání a studie, až po komplexní předání díla na klíč. Firma se v současné době zaměřuje především na stroje na opracování skla za studena a na kompletní linky pro úpravu, skladování, dopravu a míchání spykého materiálu v různých technologických provozech.

V oblasti sklářství je to především oblast přípravy sklářského kmene, linek střepevého hospodářství a kompletní dodávky chemických leštír. Vzhledem ke specifikaci jednotlivých sklářských provozů je řada zakázek realizována jako prototypové zařízení na zakázku. V současné době firma pracuje na rozsáhlé zakázce – stavbě nové kmenárny pro firmu Stoelzle Union Heřmanova Huť. Kmenárna je plánována pro výkon 120 tun kmene za den a má nahradit zatím používanou společnou kmenárnu s firmou SHH Heřmanovu Huť. Ačkoliv stavba začala letos v září „na zelené louce“, předpoklad je, že již v prosinci bude kmenárna plně funkční a při obsluze jedním dělníkem schopna toto množství kmene namíchat.

Pro leštění skleněných výrobků firma vyvinula a v současné době je dodavatelem leštících linek plamenem.

Od začátku roku 1996 se další aktivitou firmy stalo přesné rovinné broušení skla včetně mechanického leštění optické kvality,



později i vlastní výroba reklamních a dárkových předmětů ze skla. Ve výrobním programu je mnoho typů skleněných těžítok a bločků, které se vypískováním firemního loga stanou hodnotným propagačním dárkem. V současné době je nosným programem tohoto odvětví firmy broušení optických čoček do automobilových reflektorů a přesných optických hranolů, používaných do osvětlovacích jednotek letištních drah. Tuto aktivitu firma vykonává jako službu nebo kooperaci, kterou nabízí jak českým tak i zahraničním výrobcům. Pro broušení jsou používány poloautomatické frézy, které umožňují opracování skla v běžných tolerancích desetin milimetru, při přesnějších požadavcích i setin milimetru. Výkonné rychloleštící stroje poskytují kapacitu výrobní linky v řádech stovek kusů denně. V letošním roce se firma zaměřila na vlastní vývoj a výrobu brousící linky, která podstatně zvýší přesnost a kapacitu broušení a leštění technických, ale zejména dekorativních a bižuterních výrobků.

Od roku 2003 je firma majitelem dvou brousících 8 pozicových automatů Pötting, na kterých brousí jak nápojové sklo, tak i drobné skleněné výrobky (vázy, karafy atd.) a dodává je včetně chemického vyleštění a dárkového balení.

V současné době firma zřizuje i pracoviště pro ruční broušení skla.

AQUA-THERM PRAHA již pro celou Evropu



21. - 25. 11. 2006

Na Výstavišti v Praze-Holešovicích bude ve dnech 21. až 25. listopadu pořádán 13. mezinárodní odborný veletrh vytápění, větrání, klimatizační, měřicí, regulační, sanitární a ekologické techniky AQUA-THERM INTERNATIONAL PRAHA 2006,

kteřý v licenci veletržní správy Reed Messe Wien organizuje pražská agentura Progres Partners Advertising s.r.o.

Tato nejvýznamnější výstavní událost v oboru technických zařízení budov (TZB) je houfně vyhledávána odbornou i laickou veřejností nejen v rámci ČR, ale i v dalších 10 městech Evropy, kde jsou tyto veletrhy pořádány. Je daleko v předstihu před jinými veletrhy, splňuje náročné požadavky vystavovatelů i návštěvníků, je přehlídkou nejnovějších výrobků, technologií, nápadů a též dialogem do budoucna.

Veletrh AQUA-THERM v Praze se koná pod záštitou Ministerstva životního prostředí ČR, Ministerstva průmyslu a obchodu ČR, Hospodářské komory ČR, Hospodářské komory hl. m. Prahy a samotného města Prahy. Odbornou garancí zajišťuje Svaz podnikatelů v oboru technických zařízení ČR, Asociace odborných velkoobchodů plyn, voda, topení, vzduchotechnika a Společnost pro techniku prostředí.

Nomenklatura veletrhu je zaměřena na hlavní obory TZB: zdroje tepla, topidla, rozvody, obnovitelné a alternativní zdroje tepla, otopná tělesa, příprava teplé užitkové vody, potrubí a systémy, armatury, klimatizace, větrání, chlazení, zdravotní technika, měření a regulace, zařízení pro výrobu elektrické energie, tepelná izolace, nářadí a pomůcky, montáže a servis, revize, projektování, poradenství a vzdělávání, dodavatelé paliv a energie, ostatní služby aj.

Během uplynulých let se mezinárodní odborný veletrh AQUA-THERM PRAHA stal největší a nejprestižnější přehlídkou firem působících v oboru TZB. Pevně také zaujal místo v evropském

veletržním kalendáři a stal se bránou umožňující výrobcům vstoupit na východoevropský trh. Důkazem je narůstající zájem o účast ze zahraničí a především zvyšující se počet zahraničních návštěvníků. Nyní je stěžejním veletrhem v oboru TZB nejen v České republice, ale i největším veletrhem tohoto názvu v Evropě.

Loni měl veletrh celkovou plochu 22 860 m², z toho užitnou plochu 13 879 m². Zúčastnilo se 438 přímých vystavovatelů ze 17 zemí. Z ČR bylo 366 vystavovatelů na ploše 12 215 m² a ze zahraničí 72 na ploše 1664 m². V kolektivní expozici mělo Německo 17 vystavovatelů, Itálie 16 a Turecko 5. Samostatně vystavovalo 11 firem ze Slovenska, 7 z Rakouska, 4 z Polska, po dvou z Francie a Španělska, po jednom z Belgie, Dánska, Švédska, Maďarska, Chorvatska a Velké Británie. Po jednom byli také z Číny a Koreje. V expozicích přímých vystavovatelů, především českých, bylo zastoupeno dalších 349 firem z 18 zemí. Veletrh si prohlédlo celkem 40 156 návštěvníků, z toho 29 233 odborníků a obchodníků. Z nich bylo 4377 z 22 zemí.

Veletrh tak jednoznačně dokázal, že pražský AQUA-THERM je v České republice jedničkou mezi marketingovými akcemi oboru TZB a 98,2 % návštěvníků jej považuje za nejprestižnější. Z odborných návštěvníků bylo 66,7 % s rozhodovací pravomocí týkajícími se nákupů a investic. Každý pátý návštěvník strávil na veletrhu více než jeden den. Devadesát osm návštěvníků ze sta prohlásilo, že na veletrh přijde i v letošním roce. Expozice veletrhu lze navštívit denně od 10 do 18 hodin, poslední den od 10 do 16 hodin.

Během veletrhu je pořádán již tradičně odborný doprovodný program s každodenními semináři a konferencemi. Podrobnosti o něm a další informace o připravovaném dění na výstavišti lze najít na internetu www.ppa.cz, www.tzb-info.cz nebo na adrese pořadatele Progres Partners Advertising s.r.o., Opletalova 55, 110 00 Praha 1, tel.: 224 213 905, fax: 224 235 033, e-mail: aqua@ppa.cz.

(jpe)

Z technické knihovny

Kašpar, M. – Pospíšil, J. – Štroner, M. – Křemen, T. – Tejkal, M.: Laser Scanning In Civil Engineering and Land Surveying. Vega, s.r.o., Praha 2004. 104 stran, ISBN: 80-900860-7-1

Oblast laserových skenovacích systémů patří mezi moderní bezkontaktní optické měřicí metody, které se využívají pro určování topografie povrchů ve vědě, průmyslu a stavebnictví. V současné době se tyto metody využívají zejména v oblasti inženýrské geodézie, kde společně s příslušnou počítačovou technikou tvoří velmi výkonný nástroj pro dokumentaci a vizualizaci nejrůznějších typů pozemních i podzemních staveb a zařízení. Předložená publikace se zabývá právě aplikacemi laserových skenovacích systémů ve stavebnictví a inženýrské geodézii. Vznikla úpravou a doplněním původní české publikace stejného kolektivu autorů z roku 2003 a rozšiřuje tak nabídku odborných publikací pro stavebnictví a geodézii v anglickém jazyce.

Publikace je tématicky rozčleněna na jedenáct kapitol, které se zabývají jak teoretickou, tak především aplikační stránkou laserových skenovacích metod a přístrojů. Teoretický výklad je vhodně doplněn ve velké většině barevnými schématickými obrázky a fotografiemi přístrojů a aplikací. Kniha je psána spíše populární formou s cílem seznámit neznalého čtenáře s principy, možnými aplikacemi, výhodami a nevýhodami metod laserového

skenování povrchů. Neklade tedy značné nároky na podrobné vysvětlení fyzikálního principu uvedených měřicích metod a popis uváděných aplikací, ale spíše na srozumitelnost a přehlednost textu. Vzhledem k rozsáhlému seznamu odborné literatury může čtenář získat podrobnější informace o metodách a praktických aplikacích laserových skenovacích přístrojů.

Úvodní kapitola se zabývá v krátkosti především možným použitím a výhodami laserových skenovacích systémů, které jsou dále rozebírány v dalších částech knihy. Druhá a třetí kapitola poté popisují velmi stručně fyzikální princip laserového skenování povrchů a princip aplikace těchto metod do různých typů moderních bezkontaktních měřicích přístrojů pro 3D laserové skenování. V této části jsou též krátce diskutovány faktory, které ovlivňují přesnost a spolehlivost prováděných měření. Ve čtvrté kapitole je podán dobrý přehled současného stavu v oblasti přístrojové techniky pro provádění pozemního laserového skenování. Tato část též obsahuje v závěru přehledné tabulky s technickými parametry současných komerčně vyráběných skenovacích přístrojů pomocí nichž lze provést vzájemné porovnání. Další kapitola podrobně seznamuje čtenáře s praktickým využitím pozemních laserových skenovacích systémů nejen v oblasti stavebnictví a geodézie, ale i v dalších oborech průmyslu a vědy. Jedná se o přehledně

popsané příklady praktických měření s pomocí laserových skenovacích metod při zaměřování složitých pozemních i podzemních stavebních a průmyslových konstrukcí, při výstavbě dopravních staveb, při vytváření přesných topografických map nejrůznějších terénních útvarů, ale též při dokumentaci historických památek v archeologii apod. Převážně jsou popsány příklady měření v ČR. Šestá kapitola se zabývá oblastí leteckého skenování, přičemž je zde stručně uveden princip leteckého laserového skenování povrchu a dále jsou popsány především některé letecké laserové skenovací systémy dostupné v Evropě. Druhá část této kapitoly je pak zaměřena na princip zpracování měřených dat a praktické aplikační příklady leteckého snímkování. V sedmé kapitole se autoři zabývají otázkou ekonomických výhod a nevýhod zmíněných metod laserového skenování oproti ostatním běžně používaným metodám (klasické geodetické metody, fotogrammetrie). Osmá kapitola knihy je zaměřena na stručný popis bezpečnostních zásad při práci s laserovými měřicími přístroji. V deváté kapitole je uveden seznam odborné literatury citované v textu knihy, kterou je mož-

no použít pro hlubší studium dané problematiky. Desátá kapitola poté obsahuje seznam současných hlavních výrobců a dodavatelů přístrojové techniky pro laserové skenování povrchů. Poslední, jedenáctá kapitola je souhrnem teoretických dodatků ke knize, přičemž jsou zde rozebírány podrobněji zejména otázky průchodu laserového paprsku optickým prostředím (vzduchem) a testování přesnosti laserových skenovacích přístrojů. Monografie je doplněna o resumé v anglickém, německém, francouzském, španělském, ruském a českém jazyce.

Recenzovaná publikace se snaží co nejpřístupněji popsat problematiku laserových skenovacích systémů, zejména s ohledem na současné použití v technické praxi. Předností knihy je především její srozumitelnost a velké množství praktických ukázek aplikací uvedených měřicích metod. Pro úvodní seznámení se s danou problematikou ji mohou úspěšně využít jak čeští i zahraniční studenti, tak i odborníci ze stavební a průmyslové praxe.

J. Novák

CONTENTS

Calculation of spherical aberration correctors in electron optics (B. Lencová) 263

The paper gives a brief overview of computational methods used in the Institute of Scientific Instruments of AS CR for the design of electron optical devices. The possibilities of the software are then illustrated on the computations of correctors of spherical aberration for transmission and scanning electron microscopes.

Demonstrational photovoltaic system FVS 2001E (M. Vašina) 267

Energy prices are increasing all the time. Further worldwide supplies of fossil fuels are decreased. These supplies will be exhausted in the future. Therefore, it is necessary to find new energy sources. The direct transformation of solar energy into electrical energy through the use of photovoltaic cells is one of the possibilities. The aim of this paper is to illustrate the working principle of the photovoltaic system FVS 2001E that is located on an external wall of a building of Tomas Bata University in Zlín.

Keywords: solar radiation, photovoltaic system, radiance, power, energy

New career simulation game (K. Nevřalová) 269

Spectral radiometers for light condition measurements of plant growing (P. Oupický) 270

Electrical energy battery charging in insular photovoltaic solar systems (J. Mareš, M. Libra) 274

TELEWORKING – A chance for employment of socially endangered citizens (K. Nevřalová) 276

An assessment possibilities of mechanically adapted glued surfaces (M. Müller, R. Chotěborský, N. Náprstková) 277

Influence of the refraction index and dispersion of spectacle lens on its imaging properties (A. Mikš, J. Novák, P. Novák) 280

The paper shows an influence of the refraction index and dispersion of spectacle lens on its imaging properties. Relations are presented for calculation of curvature radii of anastigmatic spectacle lenses

and their chromatic aberration. Moreover, the formulas are derived for calculation of the change of astigmatism of spectacle lens due to dispersion of spectacle lens material.

Properties of rectangular flexure hinge (M. Antoš) 283

Flexure hinge having a rectangular cross section is often used as a basic construction element in micropositioning systems. The article deals with known theoretical relations for computing its mechanical properties. Practical limits of the maximal angular deflection of flexure hinges made from different materials and different dimensions were determined experimentally.

From technical library (J. Novák) 285, 291

Production of car window controllers (P. Kábrt) 286

Application of conditioning chamber for measurement of grain equilibrium moisture (J. Krupička, B. Hanousek, S. Laga) ... 288

A measurement of equilibrium moisture of the agricultural products by gravimetric methods can be accomplished by well-known procedures usually consuming a lot of time essential for reaching equilibrium state between the tested object and conditioned environment. In this article we describe the measurement results of equilibrium moisture of wheat, barley and maize grains obtained during desorption process in conditioning chamber providing a stabilised climate of drying space. Regression equations for drying curves $\omega = f(t)$ and also from this derived isothermal lines $\omega_r = f(\phi)$ valid for equilibrium moisture obtained with use of usual gravimetric method and the proposed reduced gravimetric method are presented here. The applicability of conditioning chamber Feutron – 3001 used for measurement of grain equilibrium moisture was proved with sufficient probability by mathematical statistical analysis of the measured results. The verified reduced method offers results differing in compare to the control usual gravimetric method in moisture less than 1 % and consuming only 14.84 % - 10.32 % of testing time according to the permissible measurement error 0.25 % - 0.5 %.

Company Bohemia Machine profile 290

AQUA-THERM PRAHA already for entire Europe (jpe) 291

Velký inovační potenciál výrobků ze skla, sklářských strojů, nejnovějších technologií zpracování skla a sklářské řemeslo tvoří základ mezinárodního sklářského veletrhu **glasstec**, který udává tón celému oboru. Již po devatenácté představí glasstec ve dnech **24. až 28. října 2006 v Düsseldorfu** ucelený přehled o současném stavu sklářské branže a o inovacích, týkající se tohoto mnohostranného materiálu. Ať jde o řešení prostorů nebo budov, o energetiku nebo o moderní komunikační technologie – neexistuje žádný jiný materiál, který by mohl nabídnout tak široce rozvětvené spektrum uplatnění a tak jedinečnou transparentnost.

Branže skla platí celosvětově za jeden z nejinovativnějších oborů.

Glasstec bude i v tomto roce navazovat na perspektivní tematické okruhy, jakými jsou speciální skla, zejména pro obrazovky a zobrazovací jednotky, laserová a solární technologie, stejně jako oblasti multifunkčních izolačních skel a inovativních oken a fasád, které mohou být s ohledem na využití přírodních zdrojů, ekologii a úsporu tepelné energie vhodně aplikovány ve stavebnictví a architektuře, ale i v automobilovém průmyslu a uměleckých oborech. Středem zájmu jsou rovněž skla se schopností samočištění, bezpečnostní skla či nově vyvinutá laminovaná skla se širokým výkonovým spektrem, která poskytují spolehlivou ochranu před hlukem.

Specializovaná přehlídka „**glass technology live**“ s doprovodným odborným sympoziem představí na ploše cca 2 500 m² nejnovější technologie, progresivní projekty k tématům „Inovativní fasády“ a „Materiály zítřka“ a vize sklářského oboru nejen z technického hlediska, ale také esteticky.

V rámci doprovodného odborného sympozia budou představena veletržní témata „Solární technologie – sklo a technologie“, „Izolační zasklení jako multifunkční součást fasády“ nebo „Architektura a design – aktuální příklady a vize“.

Na veletrhu **glasstec 2006** se očekává účast přes 1000 vystavovatelů z více než 40 zemí a svou nabídku představí cca na 60 000 m². Z České republiky by se mělo prezentovat 17 firem (vč. subvyst.) na výstavní ploše téměř 700 m². Očekávaná návštěvnost je 54.000 odborníků.

Přijměte i Vy naše pozvání do Düsseldorfu a přesvědčte se sami o kvalitách veletrhu glasstec a o inovační síle oboru skla i o tom, jak fascinující je to materiál!

Další informace a zlevněné vstupenky Vám poskytne zastoupení Messe Düsseldorf pro ČR a SR – Veletrhy Brno, a.s, mhorakova@bv.v.cz, více na: www.glasstec.de



electronica 2006

components | systems | applications

Mnichov 14. - 17. listopadu 2006

Na čtyři dny bude Mnichov mezinárodním dějištěm nejdůležitějšího veletrhu elektroniky: Electronica 2006. Přední světový veletrh prezentuje celé spektrum elektroniky a přitom ukazuje nejnovější trendy a vývoj. Veletrh je zaměřen na oblasti s nejsilnějším růstem využití: „Automotive Innovation“ pro automobilovou elektroniku, „Wireless Communications“ pro bezdrátové komunikační technologie a nově zřízenou oblast „MicroNanoWold“ týkající se mikrotechnologií. Již potřetí electronica výstavu a dvoudenní konferenci na téma „Embedded Systems“.

Bližší informace: zástupce pořadatele pro Českou republiku: EXPO – Consult + Service, spol. s r. o., tel.: 545 176 158 – 160, tel./fax: 545 176 159. Všechny informace ohledně veletrhu electronica 2006 najdete na internetu pod www.electronica.dc.

MACH

'07

6. mezinárodní veletrh strojů, zařízení a komponentů pro strojírenství

Souběžně proběhnou veletrhy:

FINET povrchové úpravy

METAL hutnictví a slévárství

WAREC nakládání s odpady recyklace, čištění

INTERCHEM chemická výroba, plasty

STAVEBNÍ STROJE

11. - 13. 4. 2007
Praha - PVA Letňany

