

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE
FAKULTA ENVIRONMENTÁLNEJ A VÝROBNEJ TECHNIKY
Katedra environmentálnej techniky



Medzinárodný seminár

**TECHNIKA ODPADOVÉHO
HOSPODÁRSTVA**



18 – 19. september 2007

Zvolen, Slovenská republika

ISBN 978-80-228-1782-0



Odborný garant seminára / Scientific guarantor

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc., TU vo Zvolene

Vedecký výbor seminára / International Scientific Committee of the Section

Beľchinskaya Larissa, prof. Dr. Tech. Sci – Russian Federation

Hrabovský Leopold, doc. Ing. Ph.D. – Česká republika

Hostin Stanislav, doc. Ing. PhD. – Slovenská republika

Janoško Ivan, doc. Ing. CSc. – Slovenská republika

Odborné zameranie seminára

Seminár **TECHNIKA ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA** bude zameraný na štúdium z oblasti technológie odpadov a legislatívne riešenie odpadového hospodárstva, minimalizáciu a nakladanie s odpadmi, triedenie, úpravu, recykláciu a zneškodňovanie odpadov a na metódy a postupy analýzy odpadov.

Main Topics of the Seminar

The programme of the **TECHNOLOGY OF WASTE RECYCLING** seminar is oriented to theoretical basic of waste technology and legislative solution of waste economy, minimization and handling, sorting, stocking, treatment, processing, recycling and disposal as well as methods and processes of waste analysis.

Organizačný výbor seminára / Management Comitee of the Seminar

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Ing. Petra Kvasnová, PhD.

Adriana Katriňáková

Ing. Viliam Mračna, CSc.

Ing. Eva Ružinská, PhD.

Ing. Andrea Neupauerová, PhD.



OBSAH

BELCHINSKAYA, L. – NOVIKOVA, L. – HODOSOVA, N. NEUTRALIZATION AND UTILIZATION OF WASTE WATERS FROM WOODWORKING INDUSTRY	5
Emil ČERKALA VŠEOBECNÉ ZÁVÄZNÉ NARIADENIA ORGÁNOV ÚZEMNEJ SAMOSPRÁVY	11
Jozef ČERNECKÝ - Zuzana BRODNIANSKÁ ŠTÚDIUM PREBIEHAJÚCICH ZMIEN PRI INTERAKCII NÁSTROJA S PLASTOVOU LÁTKOU	16
Jozef ČERNECKÝ – Andrea NEUPAUEROVÁ ENERGETICKÁ ANALÝZA PRI DEZINTEGRÁCII RÔZNYCH DRUHOV MATERIÁLOV	21
Jozef ČERNECKÝ – Jozef SILÁČI – Ján KONIAR OPTIMALIZÁCIA GEOMETRIE REZNÉHO KLINA DEZINTEGRÁTORA	26
Stanislav HOSTIN – Kristína GERULOVÁ – Peter ERNEK CHROMATOGRFICKÁ ANALÝZA ZAPÁCHAJÚCICH PRCHAVÝCH LÁTKO V ODPADOVÝCH MATERIÁLOCH	31
Leopold HRABOVSKÝ ASPEKTY NÁVRHU SVISLÉHO PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU	37
Rastislav IGAZ – Milada GAJTANSKA DETEKCIA ZNEČISTENIA OVZDUŠIA V ENVIRONMENTÁLNEJ TECHNIKE S VYUŽITÍM LASERA	44
Adolf JANEČEK – Radomír ADAMOVSÝ MATEMATICKÝ MODEL ŠTĚPKOVAČE BIOMASY	49
Ivan JANOŠKO TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSÚDENIE MOBILNEJ ZVOZOVEJ TECHNIKY	54
Petra KVASNOVÁ INTERAKCIA REZNÉHO KLINA DEZINTEGRÁTORA S PLASTOVÝM MATERIÁLOM	62
Iveta MARKOVÁ AZBEST AKO NEBEZPEČNÝ ODPAD A SPÔSOB JEHO ODSTRANOVANIA	68
Sláva PARNIČANOVÁ – Jozef ČERNECKÝ MODEL LAMELOVÉHO ODLUČOVAČA AKO PROSTRIEDOK NA ZVÝŠENIE EFEKTÍVNOSTI ODLUČOVANIA	76



Ján PLÁŠEK AKUMULAČNÝ ZDROJ TEPLA	82
Eva RUŽINSKÁ EKOPROGRESÍVNE SPÔSOBY ZHODNOCOVANIA PLASTOVÝCH ODPADOV	87
Eva RUŽINSKÁ TECHNOLOGICKÉ SPÔSOBY ZNIŽOVANIA NEBEZPEČNÝCH ODPADOV Z PROCESOV POVRCHOVÝCH ÚPRAV	95
Jozef SILÁČI – Zdenko MAGA – Michal ŠUDÝ – Petra KVASNOVÁ SPÔSOBY SPAĽOVANIA ODPADOV	104
Maroš SOLDÁN VYUŽITIE ODPADOV Z VÝROBY KOVOV PŘI ODŠTRAŇOVANÍ ORGANICKÝCH LÁTK	111
Erika SUJOVÁ SPLYŇOVANIE DREVNÉHO ODPADU AKO JEDNA Z ALTERNATÍVNYCH MOŽNOSTÍ JEHO ENERGETICKÉHO VYUŽITIA	116
Viliam Mračna MOŽNOSTI VYUŽITIA POĽNOHOSPODÁRSKEJ A LESNÍCKEJ BIOMASY NA ENERGETICKÉ ÚČELY	123



NEUTRALIZATION AND UTILIZATION OF WASTE WATERS FROM WOODWORKING INDUSTRY

BELCHINSKAYA, L. – NOVIKOVA, L. – HODOSOVA, N.

ABSTRACT: Technological decision on decrease in formaldehyde concentration in waste waters and utilization of refined wastes from enterprises is suggested. Natural and acidly treated clay minerals – palygorskite, montmorillonite and clinoptilolite were used as adsorbents of formaldehyde. Ecology-economical parameters of waste water treatment from formaldehyde were calculated. It was shown that acidly treated palygorskite and montmorillonite are the most effective adsorbents. Tests on recycling of refined wastes and used adsorbents as fillers and coupling agent for building materials were carried out by manufacturing of plasters and heat-insulated solutions. Vegetative tests revealed a possible application of refined over resin water as agricultural fertilizers.

Key words: waste waters, clay minerals, acid activation, technological scheme of treatment, recycling of wastes, ecological damage, ecology-economical effect

INTRODUCTION

One of the actual problems of furniture and woodworking industries is not only searching of new materials and development of economically expedient "know-how" of furniture production, but also protection of ecological safety of the environment.

Waste waters from woodworking enterprises are formed at manufacturing operation of fiberboard, wood chipboard and plywoods. Application of urea formaldehyde and phenol formaldehyde resins as basic components of glues causes emission of phenol, formaldehyde and others organic pollutants in waste waters at a stage of glue applicator washing, and especially concentrated wastes are formed at a stage of resin manufacture [1].

Available ways of treatment of formaldehyde containing waters are based on chemical binding, oxidation or coagulation of formaldehyde with various reagents; thermal reburning or electrochemical neutralization; adsorption methods and biological treatment. The main disadvantages of modern treatment methods are power consumption and labour input, formation of intermediate or the end-products requiring further processing or recycling.

It is perspective and economically expedient to apply natural clay minerals as adsorbents of industrial pollutants from waste waters.

In the present paper a technological decision on decrease in concentration of formaldehyde in waste waters is suggested and ways of refined wastes recycling are proposed.

MATERIALS AND METHODS

For investigation were chosen waste waters that are formed during washing of glue applicators at the furniture enterprises of the Voronezh region with content of formaldehyde of 277-2530 mg/dm³. Qualitative and quantitative (mg/dm³) composition of waste waters is presented in table 1.

For adsorption treatment of over resin fraction of waste waters were applied natural clay minerals of various structures – palygorskite, montmorillonite and clinoptilolite. Surface of natural minerals were activated by means of treatment with 17 % H₂SO₄ [2].



Table 1. Qualitative and quantitative (mg/dm³) composition of waste waters

Place of sampling	pH	Suspended substances	Solid	Formaldehyde	Salt content	Cl ⁻ ions	Ammonia nitrogen	SO ₄ ²⁻ ions	COD	BOD
Waste holes of the enterprise №1 "Furniture of Chernozem region", Voronezh	$\frac{7,5}{7,2}$	$\frac{416}{13}$	$\frac{4610}{718}$	$\frac{277}{28}$	$\frac{7,4}{7,2}$	$\frac{52}{32}$	$\frac{80}{-}$	$\frac{74}{74}$	$\frac{10500}{2887}$	1200
Waste holes of the Enterprise № 2 "Grafskoe", Voronezh	$\frac{5,8}{7,1}$	$\frac{1315}{276}$	$\frac{18352}{9478}$	$\frac{2531}{1840}$	-	-	-	-	$\frac{15657}{9325}$	$\frac{2348}{1119}$

Note. At the enterprise 2 waste waters from washing of glue press rolls of cold way a waste hole № 1. Numerator – data for waste hole №1, denominator – for waste hole №2.

RESULTS AND DISCUSSION

During the sedimentation stage waste water is divided into fractions. About 1/3 part of volume makes heavy fraction, so-called resin part, containing the rests of urea formaldehyde resin up. 2/3 of sewage volume is easy fraction – over resin water. Table 2 shows values of formaldehyde concentration in resin, waste and over resin waters before and after sedimentation.

Table 2. Concentration of formaldehyde (mg/dm³) in resin and waste waters

Mark of resin	Mass fraction of free formaldehyde in resin, %	Average volume of a drains for a year, m ³	Concentration of formaldehyde			
			initial in waste water, mg/dm ³	initial in over resin fraction of water, mg/dm ³	in waste water after 12h of sedimentation, mg/dm ³	in over resin water after 12h of sedimentation, mg/dm ³
KFG	1,0	120	3200	2320	1420	1070

Use of natural and activated clay minerals as adsorbents allows to decrease sufficiently concentration of formaldehyde in water. Values of adsorption degree were calculated using the following expression and given in table 3.

$$\eta = \frac{C_0 - C_\tau}{C_0} \cdot 100\%,$$

where C_0 – formaldehyde concentration in waste water before treatment, mol/L;
 C_τ – formaldehyde concentration in waste water after treatment, mol/L.



Table 3. Degree of formaldehyde adsorption on sorbents

Sorbent	Degree of adsorption, %	
	Natural sorbent	Activated sorbent
Palygorskite	5	78
Montmorillonite	3	56
Clinoptilolite	1	36

It follows from table 3 that as a result of acid treatment of natural minerals degree of formaldehyde adsorption sharply increases. The most effective adsorbent of formaldehyde were found to be palygorskite, the least - clinoptilolite.

We developed a sorption nonwaste method with closed water cycle for treatment of waste waters from woodworking enterprises synthesizing and applying urea formaldehyde resins.

Proposed technological decision of treatment and recycling of sewage consists of several stages. The first stage consists in sorption neutralization of drains from formaldehyde. For this purpose principal scheme of sewage treatment from the highly toxic formaldehyde, consisting of following units is developed:

- unit of preparation of acid adsorbent;
- unit of sedimentation and separation of waste waters;
- unit of formaldehyde adsorption on acid adsorbent;
- unit of neutralization of acid adsorbent before regeneration;
- unit of neutralization of refined waters after adsorption on acid adsorbent;
- unit of regeneration of acid adsorbent.

Refined water again comes back in a production cycle, i.e. manufacture with the closed cycle of technological water is carried out.

In order to keep a steady technological mode and reach a necessary degree of purification the scheme should work round the clock in a continuous mode. The scheme was calculated on the basis of following target data on character of sewage and a degree of purification:

- volume of dump of sewage - 84 m³/day;
- content of formaldehyde - 10 g/dm³;
- ration of resin/water - 20 : 80.

According to physical and chemical processes taking place the following scheme of treatment was proposed:

- preparation of acid adsorbent;
- sewage treatment from resin by sedimentation and filtration;
- treatment of over resin waters from formaldehyde by adsorption on acidly treated sorbent;
- neutralization of over resin waters after adsorption of formaldehyde on acidly treated sorbent.

The cleared water comes back in the technological production cycle.

The second stage of the technological decision suggests several ways of recycling of used sorbents, heavy fraction of water and refined over rein fraction of sewage.

It is expedient to apply used adsorbents in manufacturing of building plaster solutions. Tests have shown, that substitution of lime in plaster limy solutions by 25 and 50 % of used clay adsorbent raises their compression strength in 1.5 times; reduces their volumetric weight



in a dry condition, and, hence, on 10 % improves thermophysical characteristics of a solution (table 4).

Resin emulsion (urea formaldehyde resin) of sewage, separated from over resin water by sedimentation for 4 hours, mainly consists of oligomers of urea formaldehyde resin. Approximate ratio of resin emulsion and over resin part equals to 1:4. We made tests on application of resin part of sewage for preparation of following kinds of building materials:

- heat-insulating solutions on perlite sand;
- plaster solutions on color cement for finishing of floors;
- plaster concrete for mosaic floors.

Table 4. Influence of the clay additives (montmorillonite) in plaster solutions on their technical characteristics

Name of trial batch	% of clay waste additive	Consumption of materials on 1 m ³ of plaster				Results of trials	
		Lime paste, $\rho=1250$ kg/m ³	Lime-clay suspension, $\rho=1250$ kg/m ³	Clay wastes, $\rho = 1250$ kg/m ³	Sand, m=1.7 kg	Volumetric weight in a dry condition,, kg/m ³	Compression strength in the age of 28 days, МПа (kgs/cm ²)
Mixture № 1	0	660	-	-	1400	1920	0.8 (7.6)
Mixture № 2	0	-	660	-	1400	1930	0.7 (7.2)
Mixture № 3	25	495	-	165	1400	1850	0.7 (7.4)
Mixture № 4	50	330	-	330	1400	1730	1.2 (11.0)

Obtained results allow drawing following conclusions:

- it is expedient to use resin part of waste waters for preparation of heat-insulating solution as heat-insulating layer by roofing and flooring;
- it is impossible to apply resin part of waste waters as binding agent for plaster solutions and plaster concrete because it decreases its compression strength;
- use of a layered clay mineral (montmorillonite) in building materials has certain advantages in technological characteristics.

Next stage of recycling was directed to application of over resin waters as a growth-promoting factor for sunflower. Waste waters containing formaldehyde and formed from washout of rollers press for glue solution, pallets and vessels after operation of pasting under rollers at the Voronezh furniture enterprise of joint-stock company "Furniture of Chernozem region" and treated by the proposed technological scheme were used in vegetative tests on processing crops of sunflower during summer period.

It was revealed that in an initial stage of development there is an advancing growth of the plants processed by refined waste waters on height and width of a sheet plate; in 2 weeks after sowing crops have bright pigmentation of leaves; in 2 months the advancing growth of the processed plants was slowed down; maximum quantity of seeds was received. Results of biochemical investigation of plants and soil by testing the over resin waters are presented in table 5.



Table 5. Results of biochemical research of plants and soil by testing the over resin waters

Variant	Biomass of seeds, g/plant	Biomass of seeds without a peel, g/plant	Crude fat, %	Output of oil, %	Nitrogen content			pH of soil	Gumus, mg/kg
					seeds, %	Vegetative part, %	soil, mg/g		
Control	9,8	6,3	55,15	3,47	2,76	1,00	9,3	7,43	7,6
Processing by waste water	11,4	7,4	50,30	3,72	2,21	0,56	15,9	6,69	7,3

The data of table 5 testify to increase of biomass of sunflower crops after processing of seeds by over resin fraction of waste water, at the same time, pH of soil extract decreased that testifies to a possibility to use refined over resin waters in agricultural irrigation and fertilizer of agricultural crops.

Ecology-economical parameters of sewage treatment from formaldehyde by suggested adsorption method were estimated (table 6).

Table 6. Ecology-economical parameters of sewage treatment from formaldehyde by suggested adsorption method

Parameter	Sorbent		
	Palygorskite	Montmorillonite	Clinoptilolite
Ecological damage from pollution, \$/year	847447	847447	847447
Ecological damage from pollution by adsorption treatment of waste waters, \$/year	$\frac{80482.2}{23653}$	$\frac{82162.4}{37212.4}$	$\frac{83848.8}{54138.4}$
Weight of formaldehyde in a drain, kg/year	75,6	75,6	75,6
Weight of a sorbent, kg	$\frac{60400}{3900}$	$\frac{60400}{3900}$	$\frac{60400}{3900}$
Weight of formaldehyde in a drain after treatment, kg/year	$\frac{71,8}{21,1}$	$\frac{73,3}{33,2}$	$\frac{74,8}{48,3}$
Decrease in ecological damage, \$/year	$\frac{766964.8}{823794}$	$\frac{765278.4}{810228.4}$	$\frac{763598.2}{793302.4}$
Additional expenses, \$/year	$\frac{6435.6}{855.6}$	$\frac{10478}{1029.2}$	$\frac{45371.6}{1723.6}$
Ecology-economical benefit by the use of adsorption treatment, $\frac{\%}{\$/year}$	$\frac{89,7}{3010}$ $\frac{24533}{823558.4}$	$\frac{89,0}{2945}$ $\frac{24108.4}{809199.2}$	$\frac{85,0}{2883}$ $\frac{23168.6}{791578.8}$

Note. Initial concentration of formaldehyde in waste water 10 kg/m³; numerator - natural sorbent; denominator – acidly treated sorbent.

Target setting and solution of optimization problem of choice of formaldehyde sorbent from sewage have shown, that it is more economically reasonable to use activated palygorskite > activated montmorillonite > natural palygorskite > natural montmorillonite.

By considered criterion "efficiency - expenses" application of activated and natural clinoptilolites is not effective. Since the investigated montmorillonite clay were from the Voronezh deposits, use of these clays in the technological scheme of adsorption treatment of



sewage is economically justified in comparison to palygorskite clays of the Ukrainian deposit whose delivery essentially raises economic expenses of the suggested technological decision.

CONCLUSIONS

Proposed technological scheme allows carrying out treatment of sewage from woodworking enterprises, synthesizing and applying urea formaldehyde resins, according to nonwaste technology with the closed cycle of used water. The technological decision of sewage treatment is based on use of natural clay minerals as adsorbents of formaldehyde. The basic steps of the offered scheme include a stage of preparation of acidly treated sorbent; sewage treatment from resin by precipitation and filtration; adsorption treatment of over resin waters from formaldehyde on acidly treated sorbent and subsequent neutralization of over resin waters after adsorption on acid sorbent.

The refined drains and used clay adsorbents could be successfully utilized as fillers and binding agents for building materials. Substitution of lime by the used clay sorbents in plaster limy solutions raises their strength and thermophysical properties. It is effective to apply resin emulsion from waste waters by manufacturing of heat-insulating solution for roofing and flooring. Processing of sunflower seeds by the refined fraction of over resin waters raises a biomass of sunflower crops, reduces pH of soil extract, and, hence, could be used in agriculture for irrigation and fertilizer of agricultural crops.

REFERENCES

BELCHINSKAYA. L. I., (2002): *Environment Protection Technologies for Neutralization and Utilization of Waste from Furniture Production*. Voronezh, VGLTA, 210 p.

BELCHINSKAJA, L. I., TKACHEVA, O. A., SAKHOKIYA, I. A. (1996): *Influence of acid processing on sorption of formaldehyde by natural minerals // Chemistry and chemical technology*. V.39. - № 6. - pp.56 - 58.

Lektoroval: doc. RNDr. Iveta Marková, PhD.

Contact address:

Beľchinskaya, L. – Novikova, L. – Hodosova, N., Voronezh State Academy of Forestry Engineering



VŠEOBECNÉ ZÁVÄZNÉ NARIADENIA ORGÁNOV ÚZEMNEJ SAMOSPRÁVY

Emil ČERKALA

ABSTRAKT: Autor z aspektu práva objasňuje spôsob a význam vydávaných všeobecne záväzných nariadení pre obce a vyššie územné celky. Zvlášť venuje pozornosť tvorbe všeobecne záväzných nariadení upravujúcich nakladanie s odpadmi.

Kľúčové slová: samospráva obce, vyšší územný celok, všeobecne záväzné nariadenie

ABSTRACT: Author exuding illustrate from law aspect form and sense of precept of binding forces for villages and major territorial unit. Especially author give his attention to creation of percept of binding forces modify treatment of wastes.

Key words: self-administration of community/village, major territorial unit, precept of binding force

Samosprávne orgány miest a obcí a vyšších územných celkov (*orgánov územnej samosprávy*) sú oprávnené vydávať *všeobecne záväzné nariadenia*. Všeobecne záväzné nariadenia v zmysle Čl.68 Ústavy SR vydávajú vo veciach územnej samosprávy, na zabezpečenie úloh, respektíve práv a povinností vyplývajúcich pre samosprávu zo zákona.

Pri výkone štátnej správy v súlade s Čl.71 Ústavy SR môže obec a vyšší územný celok (VÚC) vydávať v rámci svojej územnej pôsobnosti na základe splnomocnenia v zákone a v jeho medziach všeobecne záväzné nariadenia. Výkon štátnej správy prenesený na obec alebo na vyšší územný celok zákonom riadi a kontroluje vláda.

Z Čl.125 Ústavy vyplýva, že o súlade či nesúlade vypracovaných a prijatých všeobecných záväzných nariadení obce a VÚC so zákonmi, s medzinárodnými zmluvami vyhlásenými spôsobom ustanoveným zákonom, s nariadeniami vlády a so všeobecne záväznými právnymi predpismi ministerstiev a ostatných ústredných orgánov štátnej správy rozhoduje Ústavný súd, za predpokladu, že o nich nerozhoduje iný súd.

Všeobecne záväzné nariadenie, podľa § 8 ods.4 zák.č.302/2001 Z.z. o samospráve vyšších územných celkov, sa vyhlasuje vyvesením jeho úplného znenia na úradnej tabuli samosprávneho kraja najmenej na 30 dní; účinnosť nadobúda 30.dňom od vyvesenia, ak v ňom nie je ustanovený neskorší začiatok účinnosti. Ak je to odôvodnené naliehavým verejným záujmom, môže sa v nariadení výnimočne ustanoviť skorší začiatok jeho účinnosti, najskôr však dňom vyhlásenia. Vyhlásenie nariadenia je podmienkou jeho platnosti; okrem toho sa nariadenie zverejní v mieste obvyklým spôsobom.

Samosprávny kraj zasiela bezodkladne a bezodplatne jeden výtlačok nariadenia každej obci na svojom území a krajskému úradu. Obec je povinná zabezpečiť, aby nariadenie bolo prístupné každému, kto o to prejaví záujem.

Ak nariadenie podľa názoru vlády SR je v rozpore s národnými záujmami alebo so záujmami vyšších územných celkov alebo obcí, vráti ho vláda zastupiteľstvu prostredníctvom prednostu v lehote určenej na podpísanie. Ak nariadenie zastupiteľstvo opäť schváli v znení námietok vlády, nadobudne účinnosť v lehote do 15 dní. V opačnom prípade nariadenie stráca platnosť, ak o tom rozhodne krajský súd na návrh vlády.

Podľa § 6 zák.č.369/1990 Zb., úplné znenie č.612/2002 Z.z. o obecnom zriadení, všeobecne záväzné nariadenie obce sa musí vyhlásiť. Vyhlásenie sa vykonáva vyvesením na



úradnej tabuli v obci najmenej na 15 dní; *účinnosť* nadobúda pätnástym dňom vyvesenia, ak v ňom nie je ustanovený neskorší začiatok účinnosti. V prípadoch živeľnej pohromy alebo všeobecného ohrozenia, ak je to potrebné na odstraňovanie následkov živeľnej pohromy alebo na zabránenie škodám na majetku, možno určiť skorší začiatok účinnosti nariadenia. *Vyvesenia nariadenia na úradnej tabuli v obci je podmienkou jeho platnosti*; nariadenie sa zverejní aj spôsobom v obci obvyklým.

Z uvedeného teda vyplýva, že podmienkou platnosti nariadenia vydaného samosprávnym krajom alebo obcou podľa Čl.68 alebo Čl. 71 Ústavy SR je jeho vyhlásenie - vyvesenie na úradnej tabuli, a účinnosť je dodržanie lehoty od vyvesenia a to 15 dní pre nariadenie obce a 30 dní pre nariadenie samosprávneho kraja.

Zastávame názor, že v zmysle zákonných dikcií na každom z vyššie rozlíšených nariadení má byť v záverečných ustanoveniach uvedený dátum vyvesenia t.j. dátum platnosti a dátum účinnosti, t.j. dátum - 15 deň od vyvesenia pre nariadenie obce a 30 deň od vyvesenia pre nariadenie samosprávneho kraja. Lehota medzi vyvesením a 15. dňom slúži na zoznámenie sa obyvateľom obce s príslušným všeobecne záväzným nariadením.

Dňom účinnosti zo všeobecne záväzného nariadenia vyplývajú pre subjekty oprávnenia a právne povinnosti t. z., že oprávnený subjekt sa môže a povinný subjekt musí správať normou stanoveným spôsobom.

Uvedené nasvedčuje tomu, že normatívny text takéhoto dokumentu má byť napísaný v náležitej kvalite z hľadiska oprávnení a povinností, ale aj záväznosti pre adresátov.

Neúplný a nezrozumiteľný, text, absencia správne uvedenej platnosti, účinnosti zakladajú a priori možnosť exkulpácie (vyvinenia sa) subjektu zo sankčného postihu za nedodržiavanie ustanovení takéhoto nariadenia.

VŠEOBECNE ZÁVÄZNÉ NARIADENIA OBCÍ UPRAVUJÚCICH NAKLADANIE S ODPADMI

Časté nedostatky pri vydávaní všeobecne záväzných nariadení obcí

Vykonanou analýzou 86 vydaných všeobecne záväzných nariadení (VZN) miest a obcí upravujúcich nakladanie s komunálnymi a drobnými stavebnými odpadmi bolo zistené, že z uvedeného počtu je možné považovať za správne uvedenú platnosť a účinnosť nariadenia len v 10 prípadoch. Z pedagogických dôvodov uvádzame najčastejšie nesprávne formulácie napr.: VZN nadobúda účinnosť dňom schválenia zastupiteľstvom; o platnosti žiadna zmienka, alebo toto VZN nadobúda účinnosť 15 dňom od jeho vyhlásenia, ktoré sa vykoná na úradnej tabuli, ale s VZN sa nedá zistiť ani dátum schválenia, vyvesenia, ani účinnosti.

Ďalším zisteným problémom je skutočnosť, že mestá a obce nie vždy prijateľne zvládajú práce súvisiace s vytvorením perfektných všeobecne záväzných nariadení. Absentuje tu akákoľvek právna úprava, okrem vyvesenia (platnosti) a účinnosti upravená v zák. č. 302/2001 Z. z. a zák.č.369/1990 Zb.

Domnievame sa, že pri písaní všeobecne záväzných nariadení môžu orgánom územnej samosprávy náležite poslúžiť Legislatívne pravidlá vlády SR¹.

¹ Legislatívne pravidlá vlády SR schválené uznesením č.241/1997 v znení uznesenia vlády SR č.1118/2001



Extrakt z týchto legislatívnych pravidiel modifikovaný pre potreby samosprávy rezultuje do týchto zásad:

- ❑ normatívny text musí byť zrozumiteľný, prehľadne usporiadaný a stručný,
- ❑ v texte používať len správnu právnu terminológiu,
- ❑ musí sa dbať na jazykovú, štylistickú správnosť a všeobecnú zrozumiteľnosť,
- ❑ nemožno používať slová a slovné spojenia, ktoré nezodpovedajú kodifikovanej podobe štátneho jazyka,
- ❑ cudzie slová možno použiť len výnimočne, ak sú už súčasťou používanej právnej terminológie, ak sa bežne používajú v upravovanom právnej oblasti a ak ich nemožno nahradiť rovnocenným slovenským termínom,
- ❑ nemožno použiť na označenie dvoch rôznych subjektov slovné spojenia, ako sú napr. právnická a fyzická osoba, základná a stredná škola a pod., ale správne právnická osoba a fyzická osoba atď.,
- ❑ úvodná veta má obsahovať kto (inštitúcia) a na základe akých právnych predpisov (oprávnení a povinnosti, splnomocňujúceho ustanovenia zákona) vydáva všeobecne záväzné nariadenie,
- ❑ návrh po úvodnej vete začína úvodným ustanovením, ktoré obsahuje predmet úpravy, t.j. okruh spoločenských vzťahov, ktoré sa majú upraviť. Podľa potreby možno sem včleniť aj vymedzenie základných pojmov a právnych inštitútov zákona; potom táto úvodná časť sa označí ako „základné ustanovenia“.
- ❑ všeobecne záväzné nariadenie členiť na paragrafy, paragrafy členiť na odseky alebo pododseky; pri podrobnejšom členení paragrafov alebo odsekov na pododseky sa tieto časti označujú malými písmenami abecedy s okrúhlou zátvorkou za písmenom, napr. „a)“ a pri ďalšom členení arabskými číslicami s bodkou (radovými číslovkami), t.j. bodmi napr. „1.“ resp. „1 a.“ pri ďalšom členení,
- ❑ pri označovaní pododsekov malými písmenami abecedy sa nepoužívajú písmena zložené z dvoch písmen napr. „ch“, „dz“ a písmena s diakritickými (rozlišovacími) znamienkami napr. „ä“, „č“,
- ❑ ak má všeobecne záväzné nariadenie prílohu, treba na ňu odkázať v texte a prílohu označiť slovami napr. „Príloha k všeobecne záväznému nariadeniu č. ...“,
- ❑ ak je to účelné z dôvodu prehľadnosti jednotlivé paragrafy alebo ich skupiny majú mať stručné a výstižné nadpisy zodpovedajúce ich obsahu; ak sa označuje niekoľko paragrafov spoločným nadpisom, treba spoločný nadpis umiestniť vždy nad poradové číslo prvého paragrafu príslušnej skupiny paragrafov, inak sa nadpisy paragrafov uvádzajú pod ich poradovým číslom.

Ako sme už vyššie uviedli, podľa Čl. 71 ods. 2 Ústavy SR môže obec a vyšší územný celok pri výkone štátnej správy vydávať v rámci svojej územnej pôsobnosti na základe splnomocnenia v zákone a v jeho medziach všeobecne záväzné nariadenia. Výkon štátnej správy prenesený na obec alebo na vyšší územný celok zákonom riadi a kontroluje vláda.

Všeobecne záväzné nariadenie obce o nakladaní s odpadmi rieši mnoho dielčích otázok a to vzhľadom na to, že za nakladanie s komunálnymi odpadmi a s drobnými stavebnými odpadmi, ktoré vznikli na území obce, zodpovedá príslušná obec. Táto povinnosť obci vzniká priamo zo zákona č.223/2001 Z.z., úplné znenie zákon č. 409/2006 Z.z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

Nakladanie s odpadmi sa rozumie zber odpadov, preprava odpadov, zhodnocovanie odpadov a zneškodňovanie odpadov vrátane starostlivosti o miesto zneškodňovania.



Zhodnocovanie odpadov zahŕňa činnosti vedúce k využitiu fyzikálnych, chemických alebo biologických vlastností odpadov, ktoré zákon o odpadoch bližšie upresňuje vo svojej prílohe č.2.

Pri zneškodňovaní odpadov ide o také nakladanie s odpadmi, ktoré nespôsobuje poškodzovanie životného prostredia, alebo ohrozovanie zdravia ľudí a ktoré je tvoria prílohu citovaného zákona č.3

Obec pri vypracovávaní a následnom schválení všeobecne záväzného nariadenia vychádza z odsúhlaseného programu odpadového hospodárstva v ktorom sa premietajú i otázky znižovania produkcie odpadov ako aj zneškodňovanie a zhodnocovanie odpadov.

Obec ako vyplýva z dikcie § 39 ods. 4 citovaného zákona je povinná si upraviť podrobnosti o nakladaní s komunálnymi odpadmi a s drobnými stavebnými odpadmi a elektroodpadmi z domácností *všeobecne záväzným nariadením*.

Vo všeobecnom záväznom nariadení ustanoví najmä podrobnosti o spôsobe zberu a prepravy komunálnych odpadov, o spôsobe separovaného zberu jednotlivých zložiek komunálnych odpadov, o spôsobe nakladania s drobnými stavebnými odpadmi a elektroodpadmi z domácností, ako aj miesta určené na ukladanie týchto odpadov vrátane zabezpečenia zberných nádob zodpovedajúcich systému zberu komunálnych odpadov v obci a zabezpečenia priestoru, kde môžu občania odovzdávať oddelené zložky komunálnych odpadov v rámci separovaného zberu, na zhodnocovanie alebo zneškodňovanie odpadov.

Okrem uvedeného obec zabezpečí a umožní zber a prepravu objemných odpadov na účely ich zhodnotenia alebo zneškodnenia, oddelene vytriedených odpadov z domácností s obsahom škodlivín a drobných stavebných odpadov. Za týmto účelom zabezpečí v súlade so zákonom a podľa potrieb obyvateľov veľkoobjemové kontajnery minimálne dvakrát do roka.

Realizovať zber, prepravu, zhodnocovanie a zneškodňovanie komunálnych a drobných stavebných odpadov môže sama obec, alebo iný právny subjekt, ktorý má uzatvorenú zmluvu s obcou na túto činnosť. V zmluve sa podrobnejšie upravujú spôsoby a podmienky činnosti, ktoré musia byť v súlade s vypracovaným programom odpadového hospodárstva obce a s jej všeobecne záväzným nariadením. Zmluvný vzťah medzi obcou a iným právnym subjektom realizujúcim uvedenú činnosť sa uzatvára spravidla na dobu určitú.

V súvislosti s nakladaním s komunálnymi a drobnými stavebnými odpadmi sa stretávame s pojmami ako sú *množstvomý zber a separovaný zber*.

Povinnosť vypracovať program odpadového hospodárstva pre komunálne odpady, ako aj pre odpady z bežných udržiavacích prác zabezpečovaných fyzickou osobou v rozsahu do 1 m³ ročne od jednej fyzickej osoby - drobné stavebné odpady má obec, na ktorej území tieto odpady vznikajú.

Pôvodca odpadu, ktorý je právnickou osobou alebo fyzickou osobou -podnikateľom a produkuje ročne viac než 500 kg nebezpečných odpadov alebo 10 ton ostatných odpadov, vypracúva vlastný program; uvedení pôvodcovia odpadu sa môžu dohodnúť navzájom alebo spolu s obcou na vypracovaní spoločného programu.

Držiteľ polychlórovaných bifenylov, alebo takýchto kontaminovaných zariadení, je povinný vypracovať a dodržiavať program odpadového hospodárstva s riešením dekontaminácie zariadení a nakladanie s použitými polychlórovanými bifenyli. Ak je držiteľ polychlórovaných bifenylov zároveň pôvodcom odpadu, môže obidva programy zlúčiť a vypracovať jeden program so samostatnými časťami.



Program odpadového hospodárstva je podkladom na opatrenia na obmedzovanie vzniku odpadov, na nakladanie s odpadmi, na dekontamináciu a na spracúvanie územnoplánovacej dokumentácie.

Obec môže na svojom území zaviesť *množstvový zber* komunálnych a drobných stavebných odpadov a to pre všetkých pôvodcov komunálnych odpadov a drobných stavebných odpadov, alebo len pre niektoré kategórie pôvodcov. Určí pritom interval odvozu z určeného miesta, výber veľkosti nádob z troch možností uvedených v záväznom nariadení. Právnická osoba, alebo podnikateľ môže žiadosťou požiadať obec v ktorej nie je zavedený množstvový zber o jeho zavedenie pre svoje potreby za predpokladu, že:

- množstvo ním vyprodukovaných komunálnych odpadov je presne merateľné,
- komunálne odpady a drobné stavebné odpady sú až do ich odvozu vhodne zabezpečené pred stratou, odcudzením alebo iným nežiaducim únikom.

Jeho pozitívom je skutočnosť, že za odvoz platí pôvodca odpadu poplatok, ktorý je úmerný množstvu vyprodukovaných odpadov pôvodcom za určitý čas.

Za *separovaný zber* sa považuje zber oddelených zložiek komunálnych odpadov – papiera, plastov, kovov, skla a biologicky rozložiteľných odpadov. Obce sú povinné zaviesť separovaný zber najneskôr od 1.1.2010.

Výrobca elektrozariadení má zaviesť a prevádzkovať systém oddeleného zberu elektroodpadu z domácnosti a na tento účel užívať zariadenia na zber komunálnych odpadov. Obec na svojom území má povinnosť mu takúto činnosť umožniť.

LITERATÚRA

ČERKALA, E. (2004): *Právne predpisy životného prostredia*. (Vybrané právne normy). TU Zvolen.

KLAPAČ, J. (1985): *Právo na životné prostredie a právo životného prostredia*. Veda, Bratislava .

Lektoroval: doc. Ing. Martin Mrenica, CSc.

Kontaktná adresa:

JUDr. Emil Čerkala, PhD., Katedra UNESCO, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita , Masarykova 24, 960 53 Zvolen, cerkala@vsld.tuzvo.sk



ŠTÚDIUM PREBIEHAJÚCICH ZMIEN PRI INTERAKCII NÁSTROJA S PLASTOVOU LÁTKOU

STUDY OF THE CHANGES DURING THE INTERACTION OF A TOOL WITH A PLASTIC SUBSTANCE

Jozef ČERNECKÝ - Zuzana BRODNIANSKÁ

ABSTRAKT: V príspevku sú popísané výsledky štúdia interakcie rezných klinov s rôznou geometriou, s plastovou látkou. Pre experiment bola použitá metóda fotografovania bočnej plochy skúšobného telesa pomocou digitálnej kamery.

Kľúčové slová: deformácie, rezný nástroj, plasty, dezintegrácia

ABSTRACT: In the present contribution the results of interaction study of different geometry cutting wedges with plastic substance are described. For the experiment the method of photographing of a side surface test specimen side surface with a digital camera.

Key words: deformation, knife, plastics, disintegration

1. ÚVOD

Pod pojmom plasty sa často myslí materiálový druh. Plasty tvoria širokú skupinu rôznorodých, vzájomne rozdielných materiálov, často i vzájomne nespracovateľných. Toto poznanie je základom pre úspešnú recykláciu, úspešné a efektívne zhodnotenie plastového odpadu. My sme sa v príspevku zamerali na dezintegráciu plastových látok.

Priame pozorovanie zmien väčších objemov deformovaného materiálu skúšobného telesa je menej obtiažne ako sledovanie mikrozmiern. Používa sa *rýchlostné filmovanie časovou lupou* alebo *fotografovanie bočnej plochy skúšobného telesa*, prípadne *priame pozorovanie pod mikroskopom* pri extrémne nízkej reznej rýchlosti.

Pri fotografovaní bočnej plochy skúšobného telesa je táto plocha opatrená pomocnou mriežkou a deformácia jej elementov umožňuje nielen vymedziť jednotlivé deformačné oblasti, ale tiež stanoviť charakter a intenzitu deformácie vo zvolených súradnicových osiach.

Použitie časovej lupy má tiež obmedzené možnosti použitia. Dosahované zväčšenie je obmedzené požadovanou hĺbkou ostrosti, avšak treba počítať vždy s určitými pružnými a plastickými deformáciami v smere rezného klina nástroja. Uvedený spôsob má praktický význam pre sledovanie vzniku elementárnej trhliny. V spojení s videokamerou možno túto metódu využiť pre potreby výučby.

Priame pozorovanie makrozmiern pod optickým mikroskopom možno uskutočňovať len pri extrémne nízkych rezných rýchlostiach, a preto má len inštruktážny charakter. Najčastejšie sa k tomu používa dielenský mikroskop vybavený otočnou uhlovou stupnicou (Mádl, 1988).



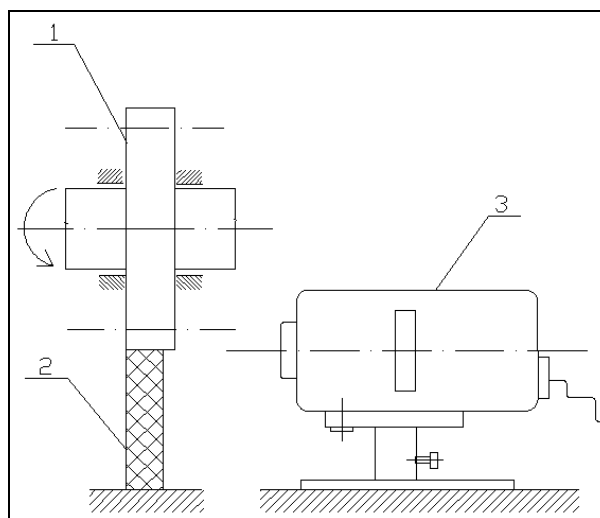
1.1 Príprava skúšobného telesa

Pre priame štúdium makroskopickým zmien sme použili pomocnú mriežku na bočnej strane skúšobného telesa, ktorá bola vytvorená pomocou pera s tenkým hrotom. Pre vytvorenie pomocnej mriežky možno použiť aj nôž, avšak kontrast mriežky je menej viditeľný. Skúšobné teleso vyrobené z plastickej gumy malo rozmery 24 x 36 x 10 mm. Veľkosť každého oka pomocnej mriežky bola 2 x 2 mm.

Pre rezanie skúšobného telesa bolo použitých šesť druhov rezných nástrojov s rôznou geometriou rezného klina. Rezné nástroje sme zaťažovali pomocou závažia o hmotnosti 150 g (Dibala - Koniar, 2006).

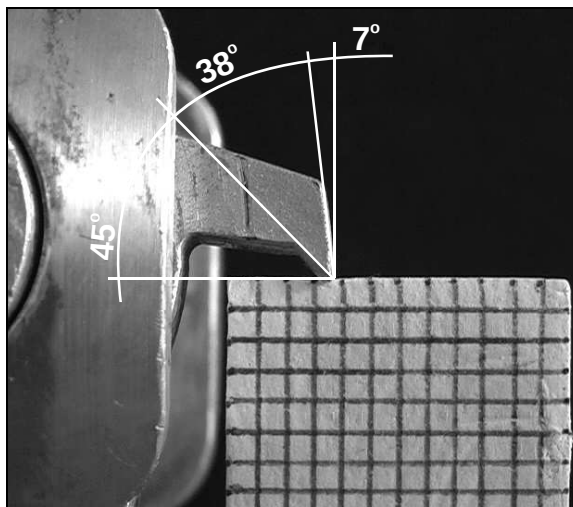
1.2 Postup experimentu

Pri experimente sme sledovali interakciu rezného klina nástroja (1) so skúšobným telesom (2) a následné otváranie trhliny. Každý druh rezného nástroja spôsoboval rôzny smer šírenia trhliny a zároveň aj deformácie okolo trhliny boli ovplyvnené geometriou rezného klina. Pre experiment bola použitá metóda fotografovania bočnej steny skúšobného telesa pomocou digitálnej kamery (3) (Obrázok 1).

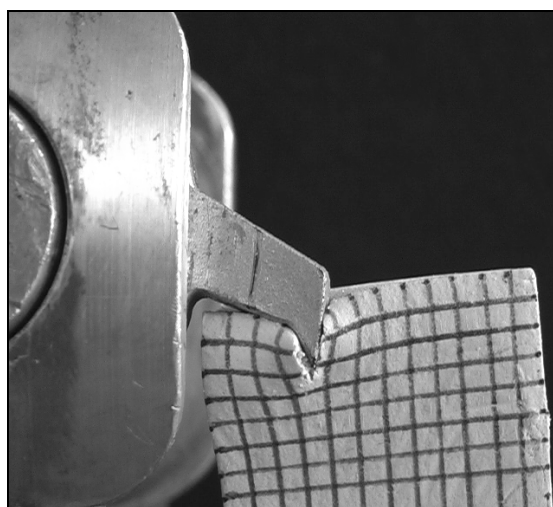


Obrázok 1 Fotografovanie bočnej plochy skúšobného telesa

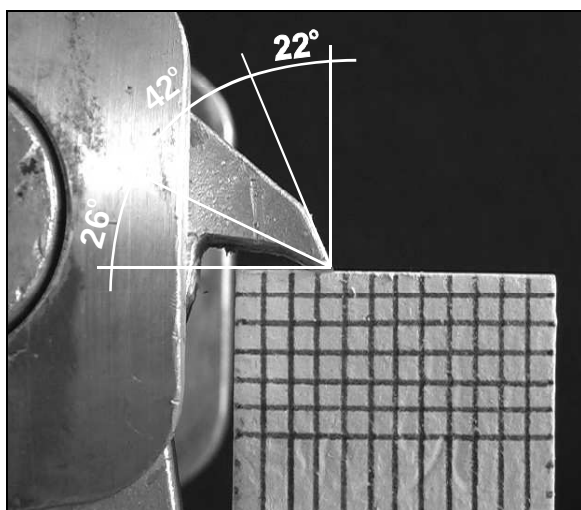
Porovnávali sme šesť druhov rezných nástrojov, z ktorých sme dva vybrali pre porovnanie. Fotografovaním sme zaznamenávali bočnú plochu skúšobného telesa pred zaťažením rezným nástrojom (Obrázok 2, 4) a po zaťažení rezným nástrojom (Obrázok 3, 5).



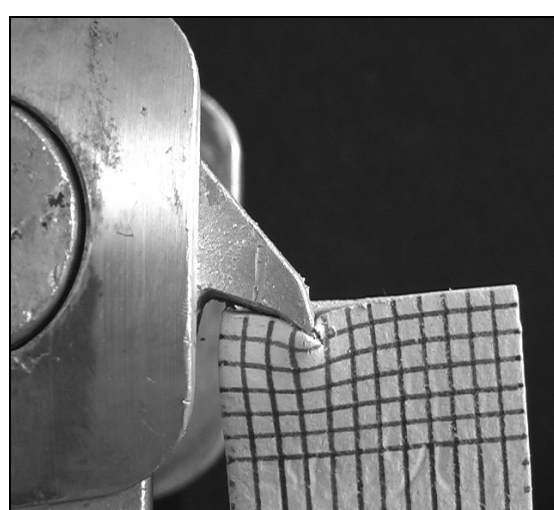
Obrázok 2 Nezaťažené skúšobné teleso č.1



Obrázok 3 Skúšobné teleso deformované rezným nástrojom č. 1 so záťažou 150 g



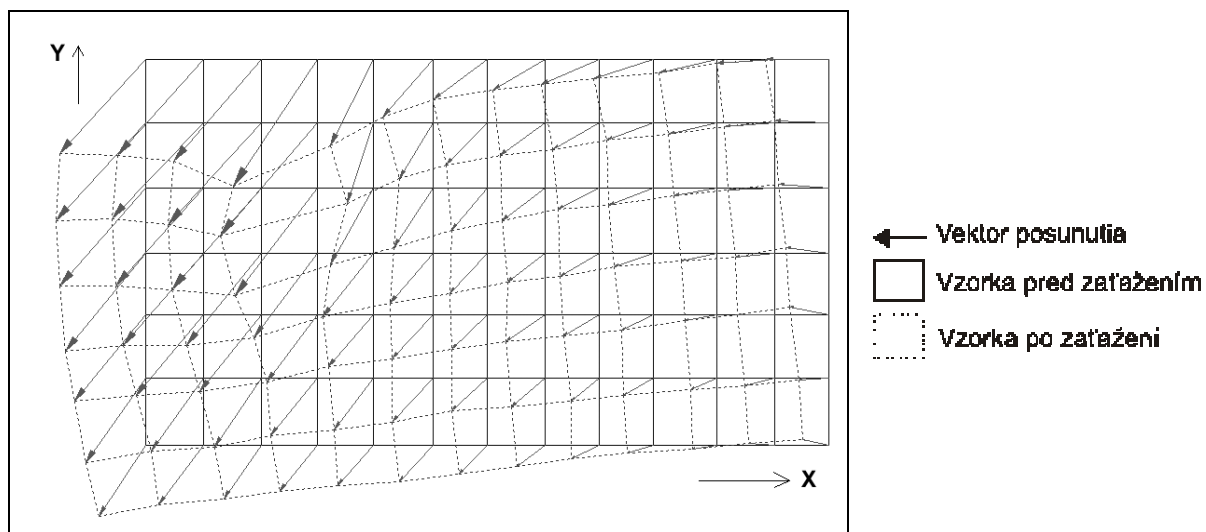
Obrázok 4 Nezaťažené skúšobné teleso č. 2



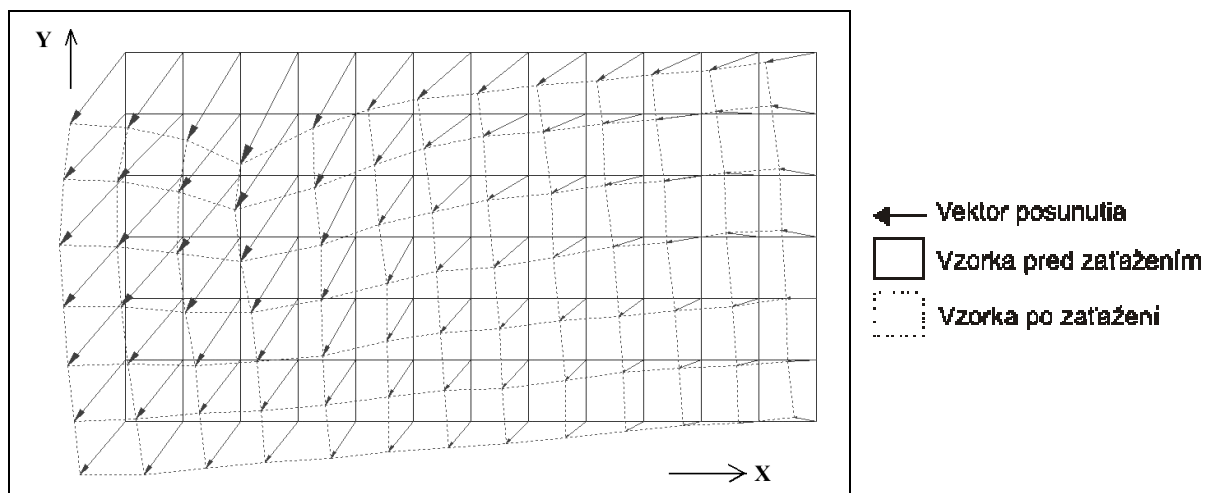
Obrázok 5 Skúšobné teleso deformované rezným nástrojom č. 2 so záťažou 150 g

Pri kvalitatívnom posudzovaní rezného nástroja č. 1 a č. 2 sme prišli k nasledujúcim poznatkom. Šírenie trhliny pod hrotom rezného nástroja č. 1 je vo vertikálnom smere a šírenie trhliny pod hrotom rezného nástroja č. 2 je odklonené od vertikály o cca 45 °. Rezné nástroje sme zaťažovali závažím o hmotnosti 150 g. Rezný nástroj č. 1 vnikol do hĺbky 5 mm a rezný nástroj č. 2 vnikol do hĺbky 2 mm.

Pre vyhodnocovanie rezaných skúšobných telies sme použili program Deformácie, vyvinutý na Katedre environmentálnej a výrobnjej techniky, pomocou ktorého sme získali vektory posunutia (Obrázok 6, 7) na digitálne zaznamenanom obraze povrchu skúšobného telesa pred a po deformácii (Siláči, 2007).



Obrázok 6 Vektorový diagram skúšobného telesa deformovaného rezným nástrojom č. 1 so záťažou 150 g



Obrázok 7 Vektorový diagram skúšobného telesa deformovaného rezným nástrojom č. 2 so záťažou 150 g

V Tabuľkách 1, 2 sú uvedené posunutia bodov pomocnej mriežky na bočnej strane skúšobného telesa v smere osi X, Y a XY. V programe Deformácie bolo možné vyhodnotiť najväčšie posunutia, priemer posunutí, smerodajné odchýlky a súčet posunutí v smere osi X, Y a XY.

Ako vyplýva z Tabuliek 1, 2, hodnoty vektorov posunutia rezného nástroja č. 1 sú vyššie ako pri reznom nástroji č. 2. Zistili sme, že čím je menší uhol rezného klina a uhol chrbta, tým lepšie rezný nástroj vnika pri dezintegrácii do plastovej látky pri rovnakom zaťažení.



Tabuľka 1 Štatistické údaje deformácie skúšobného telesa rezným nástrojom č. 1

Najväčšie posunutie			Priemer posunutí			Smerodajná odchýlka			Súčet posunutí		
X	Y	XY	X	Y	XY	X	Y	XY	X	Y	XY
3,47	4,40	5,33	1,77	1,55	2,46	0,69	1,19	3,31	160,87	140,93	223,05

Tabuľka 2 Štatistické údaje deformácie skúšobného telesa rezným nástrojom č. 2

Najväčšie posunutie			Priemer posunutí			Smerodajná odchýlka			Súčet posunutí		
X	Y	XY	X	Y	XY	X	Y	XY	X	Y	XY
2,13	3,67	4,11	1,29	1,26	1,88	0,42	0,83	2,65	117,33	114,40	170,70

2. ZÁVER

V príspevku sú popísané možnosti experimentálneho štúdia procesu delenia materiálu z plastickej gumy pri rôznej geometrii rezného klina. Pre experiment bola použitá metóda fotografovania bočnej steny skúšobného telesa, na ktorom bola narysovaná mriežka s veľkosťami ôk 2 x 2 mm, pri nízkej reznej rýchlosti.

Ako vyplýva z experimentálnych výsledkov, z ktorých časť je uvedená v príspevku, geometria rezného klina má významný vplyv na dezintegráciu plastov.

Príspevok je súčasťou riešenia grantovej úlohy GD 1/2210/05: Optimalizácia tvaru nožov a hlavíc dezintegrátora plastových látok.

LITERATÚRA

SILÁČI, J. (2007): *Program Deformácie*. Zvolen: Katedra environmentálnej a výrobnjej techniky, 2007.

MÁDL, J. (1988): *Experimentální metody v teorii obrábění*. Praha: Edičné středisko ČVUT, 1988, 153 s.

DIBALA, P., KONIAR, J. (2006): *Experimentálne zariadenie pre dezintegráciu plastových látok*. In.: VIII. Medzinárodná vedecká konferencia mladých, Zvolen, 12. - 14. jún 2006. Zvolen: Technická univerzita, 2006, 290 s., ISBN 80-228-1596-9

Lektoroval: doc. Ing. Vladimír Štollmann, CSc., PhD.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc., Ing. Zuzana Brodnianská, Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Katedra environmentálnej techniky, T. G. Masaryka 24, 960 53, e-mail: jcern@vsld.tuzvo.sk, brodnianska@vsld.tuzvo.sk



ENERGETICKÁ ANALÝZA PRI DEZINTEGRÁCII RÔZNYCH DRUHOV MATERIÁLOV

ENERGY ANALYSIS AT DISINTEGRATION OF VARIOUS KIND OF MATERIALS

Jozef ČERNECKÝ – Andrea NEUPAUEROVÁ

ABSTRAKT: Technológia drvenia rôznych materiálov je veľmi frekventovaná v samotnej výrobe i v odpadovom hospodárstve. Existuje mnoho klasifikácií drviacich zariadení. Drviče sú väčšinou rozdelené podľa veľkosti, príkonov, princípu drvenia a pod. Zvolený princíp drviaceho stroja závisí hlavne od druhu drveného materiálu. Dezintegrácia, t.j. mechanické delenie pevnej látky alebo útvaru ako celku na časti pôsobením vonkajších mechanických síl nastáva v drviacom stroji (dezintegrátore). Dôležitým parametrom dezintegrátorov je drviteľnosť, t.j. schopnosť pevných látok mechanicky sa zdrobňovať za podmienok určených technickou normou STN 72 1086.

V príspevku je uvedené porovnanie spotreby elektrickej energie dezintegrátora pri jeho zaťažení vzorkami z rôznych druhov materiálov (dreva, plastov, gumy) ako i návrh úprav dezintegrátora použitého pri meraniach.

Kľúčové slová: dezintegrácia, materiály, energetická analýza

ABSTRACT: The technology of disintegrators is very simple. As waste is fed into the unit it falls down a chute into a destruction chamber which contains a rotor with knives mounted to it. The rotating knife pass by stationary bed knives and cut the waste smaller and smaller with each pass. The size of the final waste is determined by an interchangeable security screen.

In this paper is shown the comparison of energy consumption of disintegrator by using of different samples materials (wood, plastic, rubber) with engineering design of used disintegrator.

Key words: disintegration, materials, energy analysis

1. ÚVOD

V súčasnosti nie je recyklácia iba dočasnou metódou na ochranu životného prostredia a šetrenia primárnych surovín, ale je i trvalým príspevkom k riešeniu ekologických i ekonomických otázok výroby. Realizuje sa prostredníctvom recyklačných technológií, t.j. súborom na seba nadväzujúcich výrobných procesov, postupov a operácií, ktorý vedie k premene odpadu na druhotnú surovinu [1]. Pri materiálovom zhodnotení je upravený odpad použitý ako surovina na výrobu toho istého, alebo iného výrobku. Pasívny prístup k životnému prostrediu, predstavovaný rôznymi spôsobmi skládkovania, treba nahradiť aktívnym riešením, t.j. vybudovaním spracovateľského priemyslu s nasadením techniky, umožňujúcej minimalizovať vznik odpadu, prípadne odpad, ktorý vznikne, vhodne triediť, upravovať a v maximálnej miere ho vracat' späť do výroby ako druhotnú surovinu. Pri využití odpadu ako druhotnej suroviny ide hlavne o jeho „vyčistenie“ a následnú dezintegráciu (t.j. zmenšenie veľkosti spracovaného odpadu na požadovanú frakciu). Pri energetickom zhodnotení sa odpad upravuje minimálne, alebo sa vo fáze úpravy drví, suší a následne sa vo fáze transformácie zhutňuje do paliva.

V Slovenskej republike sa výrobe drviacich strojov venujú firmy: ŠDVÚ Bratislava, ZVS Dubnica, TOS Jasová, Liptovské strojárne, LVÚ Zvolen, Nitrianske strojárne, Ing. ČASTULÍK z Bratislavy a PROFING Piešťany. V Českej republike sú to firmy UNIMER



CONSULT Ostrava, SONNTAG Králiky, ODES Jaroměř a TERIER Liberec. Známymi európskymi výrobcami dezintegračných zariadení sú firmy z Nemecka (ADELLMANN, MEWA, MOCO, GUTBA, SIEBTECHNIK, HANDLE, ALPINE A LINDNER), Talianska (COSTA) a Veľkej Británie (FRANKLIN MULER).

Pre drvenie na hrubú frakciu ($> 8 \text{ cm}$) sa pre tuhý organický odpad výlučne používajú viacrotorové nízkofrekvenčné drviče (do cca 160 min^{-1}), ktoré sú nasadzované pre drvenie alebo predrvenie materiálu v prípadoch, kedy nie sú kladené vysoké požiadavky na veľkosť a tvar podrvenej frakcie. Vyznačujú sa tzv. samovŕahovacím účinkom a pri viacstupňovom drvení sa používajú výhradne v prvom stupni. Firma MERCODOR vyrába dvojrotorové drviče typu ZM, ktoré sú určené na spracovanie dreveného odpadu, plastov, textilu, gumy a papiera. Známym výrobcom dvojrotorových nízkofrekvenčných drvičov je firma TERIER so svojimi drvičmi typového radu S, ktoré sú určené na dezintegráciu pneumatík, veľkorozmerného plastového odpadu, dreva a komunálneho odpadu. Jednorotorové drviče dezintegrujú materiál pomocou rotujúcich a pevných nožov. Monolitné alebo segmentové nástroje sú uchytené na rotore. Po stranách drviacej komory sú upevnené pevné nože a stierače, ktoré zabráňujú namotávaní drveného materiálu. Ich výhodou je jednoduché zabezpečenie veľkosti a tvaru dezintegrovanej frakcie, ktorá sa dosahuje buď interne (vzdialenosťou medzi rotujúcimi a pevnými nožmi), alebo externe (veľkosťou otvorov v sitách). Pre zvýšenie výkonu sa pri nízkofrekvenčných drvičoch používa prítlačné zariadenie. Vysokofrekvenčné drviče (cca 1500 min^{-1}), ktoré na drvenie využívajú hlavne kinetickú energiu, sú citlivé na poškodenie nožov pri vstupe cudzích predmetov (kovové časti, atď.) do drviacej komory. Nemecká firma KLÖCKNER vyrába jednorotorový drvič typu KEP, ktorý umožňuje drviť odpadové drevo, kôru, palety, lepenkové kartóny a iné. Nástroje sú v tvare štvorcových platničiek, pripevnené v držiakoch, ktoré sú na valec privarené špirálovite z oboch strán. Firma WEIMA vyrába jednorotorový drvič s typovým označením WL. Doštičky upevnené na rotore je možné 8-krát otočiť. Umožňuje drvenie všetkých druhov odpadového dreva, odrezkov, paliet, či vrstvených dosiek [2].

Príspevok uvádza porovnanie spotreby elektrickej energie dezintegrátora pri zaťažení vzorkami z rôznych druhov materiálov s konštrukčným návrhom úprav dezintegrátora.

2. MATERIÁL A METÓDY

Na meranie spotreby elektrickej energie dezintegrátora (typ GH 2500 Silent o výkone max. 2500 W) pri prázdnom a plnom zaťažení boli použité vzorky smrekového a dubového dreva dĺžky 1m o rozmere $1,5 \times 1,5 \text{ cm}$. Vykonalo sa 10 meraní, ktoré boli zaznamenané digitálnou kamerou. Spotreba elektrickej energie sa sledovala analyzátorom výkonu typu LT Lutron DW 60-90.

Priemerný výkon dezintegrátora meraný pri prázdnom zaťažení (bez vzoriek) bol 500 W. Vyššie hodnoty výkonu dezintegrátora boli preukázané pri zaťažení vzorkami dubového dreva. V tabuľke 1 sú uvedené hodnoty spotreby elektrickej energie dezintegrátora pri zaťažení vzorkami smrekového a dubového dreva.

Okrem týchto meraní boli realizované aj merania na zisťovanie výkonu dezintegrátora použitím vzoriek PET fliaš a vzoriek gumy. V prípade PET fliaš nebolo možné na danom type dezintegrátora zaznamenať výkon, nakoľko zostava daného drviča neumožňovala dokonalé podrvenie vzorky. Na základe toho sme navrhli pre zlepšenie veľkosti výstupnej frakcie dve varianty konštrukčného riešenia dezintegrátora. Na obrázku 1 je znázornený použitý typ



dezintegrátora a na obrázkoch 2 a 3 sú navrhnuté varianty na zlepšenie výkonu drviaceho stroja a kvality výstupných frakcií. Zmeny úpravy znázornené na obrázku 2 pozostávajú z doplnenia dezintegrátora o podávací valec a zo zmeny geometrie protinoža z oblého na ostrú hranu. Na obrázku 3 sa zmeny týkajú návrhu dvoch podávacích valcov, pričom teleso dezintegrátora slúži ako tzv. „oporný nôž“.

Pri použití dvoch vzoriek gummy typu NR/SBR dĺžky 1m o rozmere 1,5 x 1,5 cm, ktoré sa používajú na všeobecné technické a priemyselné použitie ako gumové tesniace dosky boli realizované merania spotreby elektrickej energie dezintegrátora. Tvar dezintegrovanej gummy zodpovedala čo do veľkosti a tvaru granulám vhodným na prevoz a následné spracovanie. Zaznamenané hodnoty spotreby elektrickej energie dezintegrátora pri zaťažení vzorkami gummy sú uvedené v tabuľke 2.

Tabuľka 1 Namerané hodnoty spotreby elektrickej energie dezintegrátora pri zaťažení vzorkami smrekového a dubového dreva

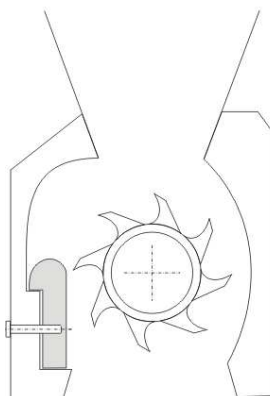
Počet meraní	Spotreba elektrickej energie dezintegrátora pri zaťažení vzorkami dreva [W]	
	Smrek (Sm)	Dub (Db)
1.	973	862
2.	967	946
3.	939	1024
4.	946	1064
5.	985	1031
6.	982	1076
7.	993	1017
8.	992	1010
9.	950	1038
10.	1100	1023
PRIMER	982,7	1009,1

Tabuľka 2 Namerané hodnoty spotreby elektrickej energie dezintegrátora pri zaťažení dezintegrátora vzorkami gummy

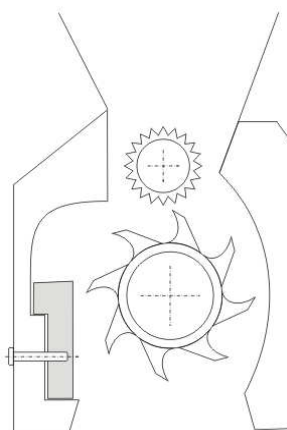
Počet meraní	Spotreba elektrickej energie dezintegrátora pri zaťažení vzorkami gummy [W]
1.	793
2.	890
PRIMER	841,5

Experimenty potvrdili rozdiel v energetickej náročnosti pri dezintegrování drevných materiálov a gummy. Pre vzorky Sm a Db dreva predstavoval rozdiel 2,69 % a pre vzorky gummy a Sm dreva bol rozdiel v energetickej náročnosti 16,78 %.

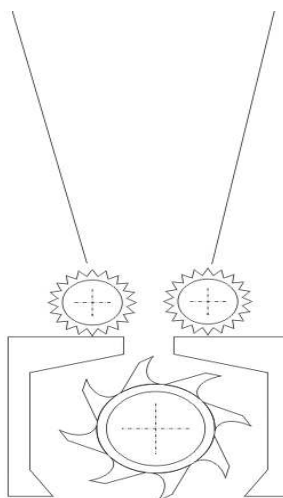
Počet meraní spotreby elektrickej energie dezintegrátora bol v prípade vzoriek dreva väčší (10 meraní), nakoľko drevo nie je homogénny materiál a v každom smere rezu - pozdĺž i naprieč vlákien vykazuje iné vlastnosti. V prípade vzoriek gummy, ktorá je homogénna, nám experiment slúžil ako overovací a počet meraní bol podstatne nižší (2 merania).



Obr. 1 Použitý typ dezintegrátora GH 2500 Silent



Obr. 2 Navrhnutý 1. variant konštrukčného riešenia dezintegrátora



Obr. 3 Navrhnutý 2. variant konštrukčného riešenia dezintegrátora



ZÁVER

Univerzálny drvič na všetky druhy odpadov neexistuje. Síce je možné takýto stroj skonštruovať, avšak musel by byť dostatočne „silný - predimenzovaný“, a z tohto dôvodu by bol aj neprimerane drahý i pre jednoduché aplikácie. Riešením je modulová stavba drviaceho stroja založená na kombinovaní dvoch, resp. troch konštrukčných princípov v určitých typorozmerových radoch.

Z výsledkov meraní spotreby elektrickej energie dezintegrátora vyplýva, že najvyššiu spotrebu vykazovali vzorky dubového dreva a najnižšiu vzorky gummy, pričom nákup špeciálneho dezintegrátora na dezintegráciu gummy tyčových tvarov nie je potrebný.

Základnými kritériami pre návrh optimálnej zostavy drviča sú: druh a veľkosť drveného materiálu, požadovaná veľkosť výstupnej frakcie, hodinový výkon, príkon, rozmery a cena stroja. Na základe týchto vstupných požiadaviek je možné navrhnúť pomocou existujúceho originálneho aplikačného softvéru vhodnú zostavu drviaceho komplexu.

Príspevok je súčasťou riešenia grantovej úlohy GD 1/2210/05: Optimalizácia tvaru nožov a hlavíc dezintegrátora plastových látok.

LITERATÚRA

ŠTEVULOVÁ, N., ŠENITKOVÁ, I. (1998): *Recyklácia tuhých odpadov*. TU Košice, 90 s., ISBN 80-7099-360-X.

www.ecb.sk/ecb/fileadmin/user_upload/editors/documents/Drevny_odpad_a_co_s_nim.pdf.

Lektoroval: Ing. Viliam Mračna, CSc.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc., Ing. Andrea Neupauerová, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnéj techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, Slovakia



OPTIMALIZÁCIA GEOMETRIE REZNÉHO KLINA DEZINTEGRÁTORA

GEOMETRY OPTIMIZATION OF DISINTEGRATOR KNIVES

Jozef ČERNECKÝ – Jozef SILÁČI – Ján KONIAR

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá analýzou interakcie rezných nástrojov s plastovými látkami za účelom optimalizácie geometrie rezných klinov pri dezintegrovaní plastových odpadov. Pre analýzu bola zvolená metóda holografickej interferometrie, pomocou ktorej bolo umožnené sledovať priebehy napätí a tiež deformácií počas dezintegrácie plastového materiálu.

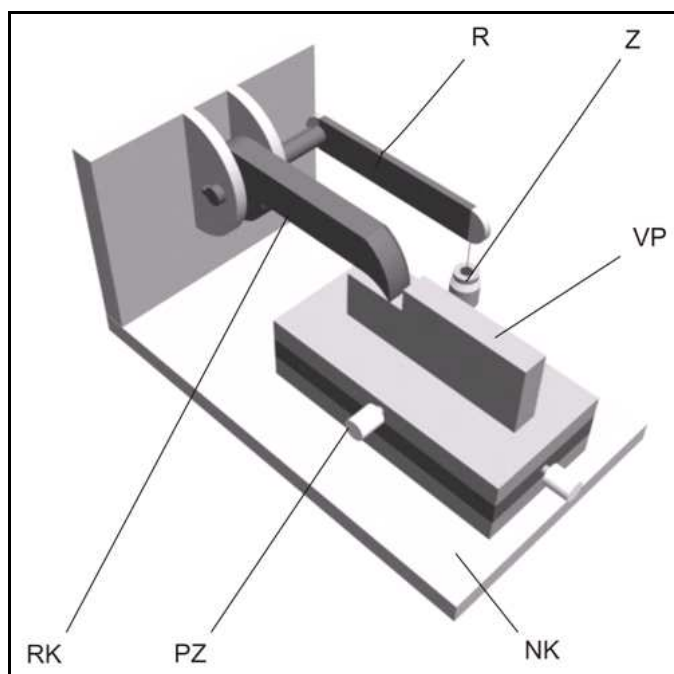
Kľúčové slová: Holografická interferometria, dezintegrátor, rezný nástroj.

ABSTRACT: This contribution deals with analyses of cutting instruments during their interaction with plastic waste to find optimal geometry for cutting wedges when the plastic waste is disintegrated. For the analyses of stress progress and the process of degradation holographic interferometry method was used.

Key words: Holographic interferometry, disintegrator, knife.

1. POPIS EXPERIMENTU

Na experimentálny výskum napätovo-deformačného stavu bolo použité experimentálne zariadenie, ktorého schéma je znázornená na obrázku 1.



Obrázok 1 Schéma experimentálneho zariadenia
Z – závažie, R – rameno, VP – vzorka plastu, RK – rezný klin (zub),
PZ – polohovacie zariadenie, NK – nosná konštrukcia



Dôležitou časťou zariadenia bol zub dezintegrátora, ktorého rezný klin vnikal do vzorky plastového materiálu. Sila pôsobiaca v bode interakcie rezného klina s materiálom bola vyvodená pomocou závažia upevneného na ramene. Zariadenie umožňuje variabilné nastavenie veľkosti pôsobiacej sily. Predmetom výskumu je optimalizácia geometrie rezného klina, preto boli pri experimentoch sledované zuby s rozličnou geometriou.

Deformácie, ktoré vznikli vplyvom vnikania rezného klina do plastu (gumová tesniaca doska typ NR/SBR) v počiatočnom štádiu zodpovedali prípadu jednoosového zaťaženia tlakovou silou. Za týmto účelom bol urobený experiment pre záznam, rekonštrukciu a vyhodnocovanie holografických interferogramov. Tieto interferogramy sa získali metódou dvoch expozícií, pričom prvá expozícia vznikla superpozíciou objektovej a referenčnej vlny pred deformáciou objektu, a druhá expozícia po deformácii objektu. Týmto spôsobom sme získali dvojexpozíčný holografický interferogram, ktorý predstavuje stav objektu v okamihu druhej expozície. Táto metóda neposkytuje časový priebeh deformácie objektu.

2. ANALÝZA DEFORMÁCIÍ

Tvary interferenčných prúžkov závisia od posunu bodu povrchu telesa a od smeru pozorovania v procese rekonštrukcie obrazu. Na analýzu posunutí bola použitá FC metóda (metóda odčítania prúžkov), pričom veľkosti posunutí v rovine objektu možno vypočítať podľa vzťahov (Briers, 1976):

$$d_x = \frac{m_x \cdot \lambda \cdot L}{x},$$

(1)

$$d_y = \frac{m_y \cdot \lambda \cdot L}{y}, \quad (2)$$

kde d_x, d_y – vypočítaná deformácia v smere osi x a y ,
 m_x, m_y – počet prúžkov, ktoré prejdú cez stanovený bod pri zmene smeru pozorovania,
 λ – vlnová dĺžka laserového žiarenia,
 L – vzdialenosť hologramu od rekonštruovaného obrazu,
 x, y – vzdialenosti na holograme.

Odčítavanie interferenčných prúžkov spočíva v zmene uhla pozorovania interferenčného poľa a následnom odčítaní interferenčných prúžkov, ktoré prejdú cez sledovaný bod na povrchu predmetu. Teda odčíta sa počet prúžkov, ktoré prejdú určitým bodom povrchu predmetu pri zmene smeru pozorovania.

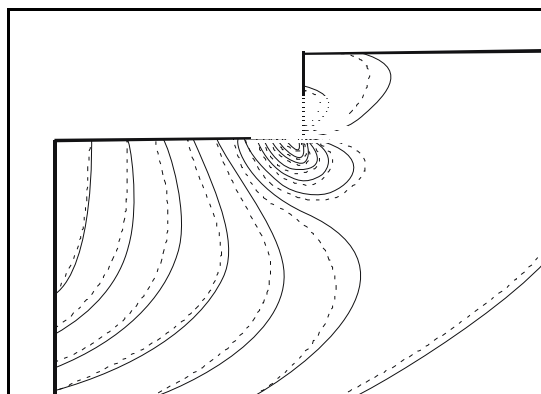
Tabuľka 1 Výpočet deformácií pre HIG A1, zaťaženie 50 g.

λ [nm]	L [m]	m_x [-]	x [m]	m_y [-]	y [m]	dx [nm]	dy [nm]
632,7	0,3375	2	0,003	2	0,003	142380	142380

Na obrázku 2 sú zvýraznené stredy interferenčných prúžkov pri rôznych smeroch pozorovania v procese rekonštrukcie a sledovaný bod P so súradnicami $x = 3$ mm a $y = 3$ mm.



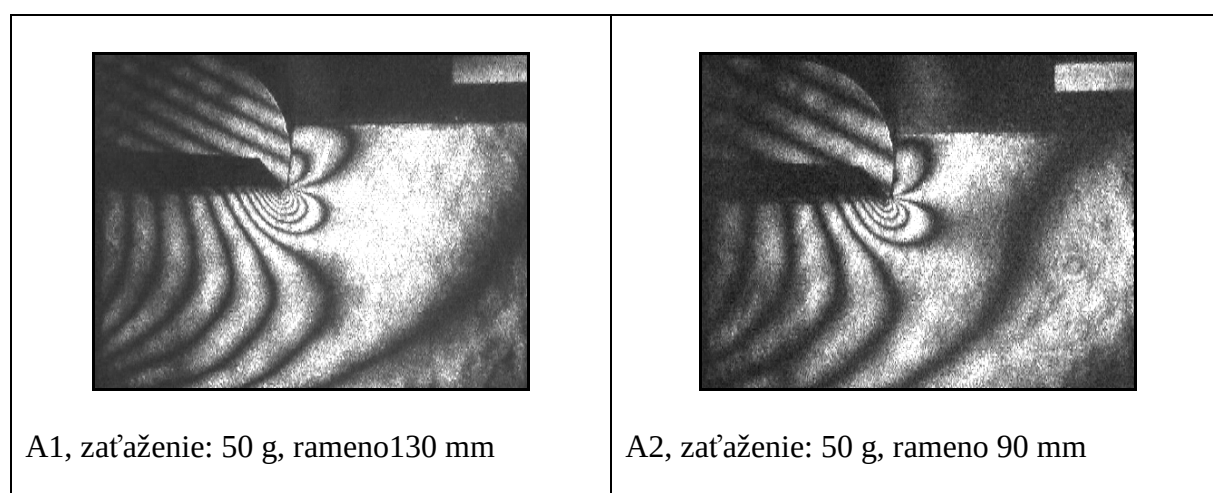
V tabuľke 1 sú uvedené vstupné parametre pre výpočet deformácií pre bod P (obrázok 2) pre interferogram z obrázka 3 (zub A, zaťaženie 50g). Vypočítaná deformácia v smere osi x bola 142,38 μm , aj v smere osi y bola 142,38 μm .



Obrázok 2 Stredy interferenčných prúžkov pre interferogram A1

3. INTERPRETÁCIA INTERFEROGRAMOV

Prvou expozíciou bola holograficky zaznamenaná interakcia rezného klina so skúšobným materiálom pri predpätí (100 g na ramene 130 mm) a zaťažení napr. 50 g na ramene 130 mm. Pri druhej expozícii bol rezný klin zaťažený silou o niečo menšou (len predpätie 100 g na ramene 130 mm), ale takou aby interferenčná štruktúra bola dobre rozlíšiteľná hlavne pre potreby kvantitatívnej analýzy. Interferogramy získané metódou dvoch expozícií sú zobrazené na nasledujúcich obrázkoch.



Obrázok 3 Holografické interferogramy – zub A

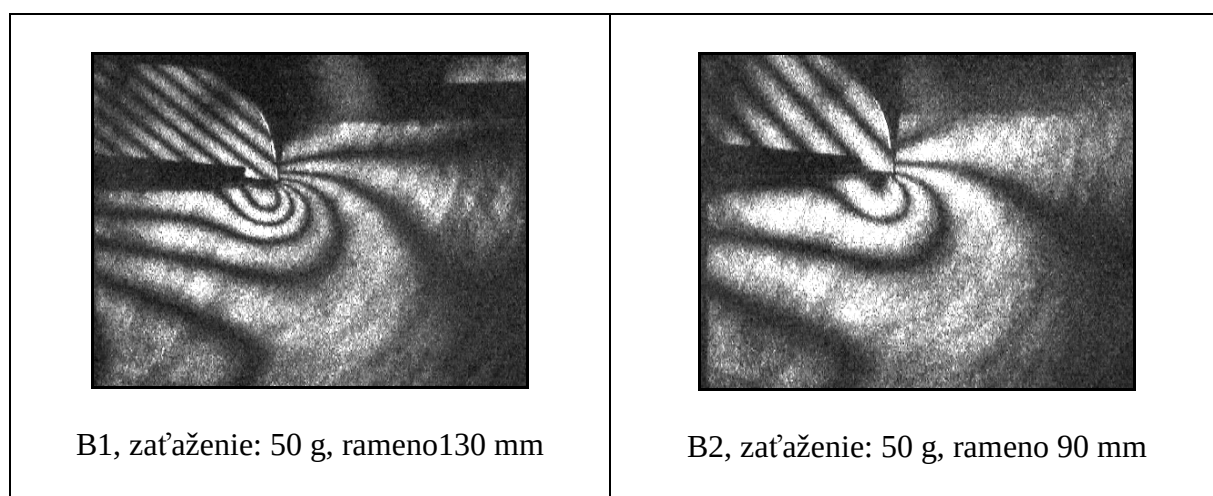
Na prvom obraze interferogramu A1 (obrázok 3) je zaznamenaná interakcia rezného klina A so skúšaným materiálom pri zmene zaťaženia o 50 g na ramene 130 mm. Ako vidno



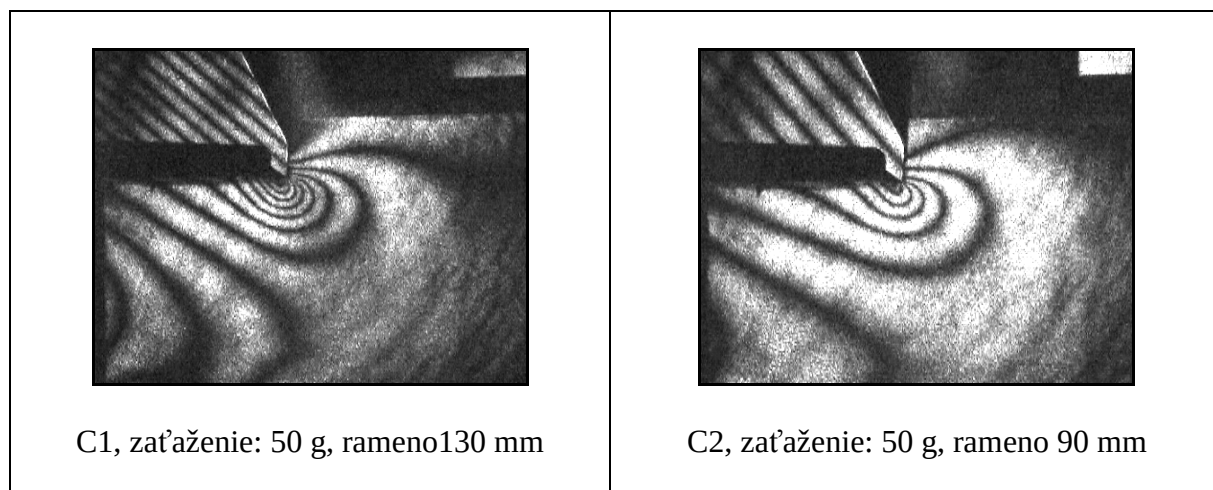
z obrazu interferogramu A2 (obrázok 3), zmenou zaťaženia (o 50 g na ramene 90 mm) možno pozorovať zmenu počtu interferenčných prúžkov. Pri väčšej zmene zaťaženia je pozorovateľných viac prúžkov, s menšou zmenou zaťaženia ich počet klesá. Rozloženie interferenčných prúžkov závisí od posunutí bodov povrchu materiálu, ktoré je spôsobené zmenou zaťaženia a od smeru pozorovania v procese rekonštrukcie.

Zmena geometrie rezného klina ovplyvní po zaťažení materiálu rozloženie napätí v sledovanej vzorke, čo sa prejaví aj na posunutí bodov povrchu. Tieto posunutia sú zviditeľnené pomocou rozloženia interferenčných prúžkov.

Na obrázku 4 sú obrazy interferogramov pre rezný klin B, ktorý má odlišnú geometriu ako rezný klin A.



Obrázok 4 Holografické interferogramy – zub B



Obrázok 5 Holografické interferogramy – zub C

Prvý obraz interferogramu B1 (obrázok 4) zviditeľňuje interakciu rezného klina B s plastovým materiálom pri zmene zaťaženia o 50 g na ramene 130 mm. Na obraze



interferogramu B2 (obrázok 4) je zaznamenaná interakcia tohto rezného klina so skúšaným materiálom pri zmene zaťaženia o 50 g na ramene 90 mm.

Na obrázku 5 sú obrazy holografických interferogramov pre rezný klin s geometriou C. Podobne, ako v predchádzajúcich prípadoch, na prvom obraze interferogramu C1 je zaznamenaná interakciu rezného klina C s plastovým materiálom pri zmene zaťaženia o 50 g na ramene 130 mm. Na obraze interferogramu C2 je zaznamenaná interakcia tohto rezného klina so skúšaným materiálom pri zmene zaťaženia o 50 g na ramene 90 mm. Ako vidno z obrázkov, zmena geometrie rezného klina sa taktiež prejavila v charaktere usporiadania interferenčných prúžkov.

4. ZÁVER

Príspevok bol zameraný na vizualizáciu interakcie rezného klina s plastovým materiálom. Za týmto účelom boli realizované experimenty pre získanie a vyhodnotenie holografických interferogramov, s následným kvalitatívnym rozborom. Kvalitatívnou analýzou interferenčnej štruktúry interferenčných prúžkov boli prehĺbené a doplnené poznatky o interakcii rezného klina a plastového materiálu. Získané výsledky môžu poslúžiť pri optimalizácii geometrie rezného klina dezintegrátora plastových látok.

Riešená problematika je súčasťou grantovej úlohy VEGA (VG 4027, 1/2210/05) „Optimalizácia tvaru a veľkosti nožov a hlavíc dezintegrátora plastových látok“.

LITERATÚRA

BALAŠ, J., SZABÓ, V. (1986): *Holografická interferometria v experimentálnej mechanike*. Bratislava, Veda, 1986.

BRIERS, J. D. (1976): *Review The interpretation of holographic interferograms*. In. Optical and Quantum Electronics 8, 1976, s 469 – 501.

ČERNECKÝ, J., PIVARČIOVÁ, E. (2006): *Možnosti a perspektívy využitia holografie*. Russia, Izhevsk, 2006.

PAVELEK, M., ŠTETINA, J. (1997): *Experimentální metody v technice prostředí*. Brno, VUT, 1997, 215 s. ISBN 80-214-0970-3.

PAVELEK, M., JANOTKOVA, E. (2001): *Vizualizační a optické měřicí metody*. Brno VUT, 2001.

PIVARČIOVÁ, E. (2002): *Možnosti vizualizácie a analýzy teplotných polí pri termickom zaťažení dreva*. Dizertačná práca. Zvolen, 2002, 92 s.

Lektoroval: doc. Ing. V. Štollmann, CSc., PhD.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Jozef Černecký, CSc., Mgr. Jozef Siláči, Ing. Ján Koniar, Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Katedra environmentálnej techniky, T. G. Masaryka 24, 960 53, e-mail: jcern@vsld.tuzvo.sk.



CHROMATOGRAFICKÁ ANALÝZA ZAPÁCHAJÚCICH PRCHAVÝCH LÁTOK V ODPADOVÝCH MATERIÁLOCH

CHROMATOGRAPHY ANALYZE OF SMELLING VOLATILE COMPOUNDS IN WASTE MATERIALS

Stanislav HOSTIN – Kristína GERULOVÁ – Peter ERNEK

ABSTRAKT: Viaceré odpadové materiály vykazujú nepríjemný zápach, ktorý spôsobujú prchavé organické látky. V príspevku je popísaná HS GC metóda stanovenia týchto aromatických prchavých látok, ako aj predbežné skúsenosti zo štúdia možnosti ich eliminácie ozonizáciou.

Kľúčové slová: head space plynová chromatografia, prchavé aromatické látky, zapáchajúce látky, ozonizácia

ABSTRACT: Several waste materials have unpleasant smell which is induced by volatile organic compounds. In contribution is describing HS GC method to determination of aromatic volatile compounds and preliminary study of elimination smelling substances by ozonization is presented.

Key words: head space gas chromatography, volatile flavor compounds, smelling substances, ozonization

ÚVOD

V rôznych oblastiach priemyselnej činnosti sa narába s materiálmi, ktoré majú rôznu úroveň arómy alebo zápachu. Tieto aromatické látky môžu mať nežiaduci vplyv na pracovné prostredie alebo okolité životné prostredie. Z tohto hľadiska sú zaujímavé mnohé vedľajšie a odpadové materiály, ktoré môžu pri transporte, ale najmä pri rôznych metódach nakladania (napríklad pri skladovaní) vykazovať problémy s nežiaducim zápachom.

Aromatické, vôňové alebo zápachové vlastnosti látok spôsobujú viaceré prchavé látky, uvoľňujúce sa z materiálu do prostredia a v plynnom stave spôsobujú senzorický vnem. Pritom charakteristickú arómu materiálu tvoria rôzne kombinácie zastúpenia ľahko prchavých chemických zlúčenín, najmä organických látok, ktoré sú obvykle prítomné iba vo veľmi nízkych koncentráciách.

Vhodnou metódou pre sledovanie týchto prchavých aromatických látok je plynová chromatografia v kombinácii s „head space“ metódou prípravy vzorky na analýzu. Popis možnosti využitia metódy je popísaný v [3], príklad pre sledovanie prchavých látok v odpadových vodách v [2].

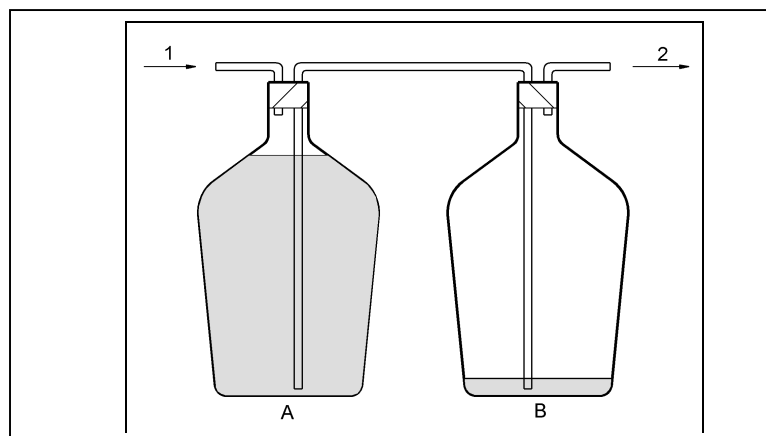
Na odstraňovanie alebo znižovanie nepriaznivých účinkov aromatických látok v prostredí sa využívajú viaceré procesy, ako napr. destilácia, dezodorizácia, adsorpcia, absorpcia alebo sa využívajú rôzne chemické reakcie. Jednou z možností je využitie ozónu, ktorý má aj v plynnom stave silné oxidačné vlastnosti. Takáto možnosť odstraňovania znečistenia ovzdušia vznikajúceho pri pražení kávy ozonizáciou pre je popísaná v [1].

Cieľom práce bolo na dostupnom zariadení overiť možnosť použitia head space plynovo-chromatografickej metódy pre analýzu niektorých priemyselných odpadových materiálov alebo látok spôsobujúcich výrazný hnilobný zápach, ako aj možnosť využitia ozonizácie vzdušného prostredia pre elimináciu prchavých látok spôsobujúcich nepríjemný zápach.

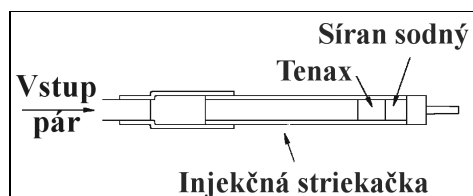


MATERIÁL A METÓDY

Pre izoláciu prchavých látok zo vzoriek testovaných materiálov sa použila dynamická metóda head space. Tekutá vzorka sa zriedila s destilovanou vodou v pomere 1 diel vzorky a 10 dielov vody a nadávkovala do odsávacej banky temperovanej na 60 °C, ktorá bola hadicou spojená s reaktorom, ktorého schéma je na obrázku 1. Prchavé aromatické látky sa prúdom vzduchu resp. zmesi vzduchu a ozónu vydestilovali cez vstupné potrubie „1“ do „A“ časti reaktora s objemom 10 l plynovej náplne. Čerpanie sa zabezpečovalo membránovým čerpadlom, ktoré bolo napojené pred prietokovým ozonizátorom Dezoster firmy Hivus s.r. Žilina. Prúd vzduchu bez ozónu resp. s ozónom sa zabezpečoval vypnutím alebo zapnutím výbojok ozonizatora. Objem plynovej náplne v reaktore sa kontroloval objemom vytlačanej kvapalnej náplne (10 % roztok NaCl), ktorá sa prečerpávala do „B“ časti reaktora. Následne sa zariadenie prestavalo tak, že na vstupné potrubie „1“ reaktora sa nasadil dávkovač vzorky (obrázok 2), v ktorom bol nadávkaný adsorbent na zachytávanie prchavých látok a na potrubie „2“ reaktora sa pripojilo vzduchové membránové čerpadlo. Vytláčaním kvapalnej náplne z „B“ časti reaktora sa vytlačala aj plynová náplň s prchavými látkami, ktoré sa zachytávali na adsorbent dávkovača. Pred vlastnou analýzou sa prchavé látky z adsorbenta desorbovali v objeme dávkovača zahriatím na 10 min pri teplote 130 °C. Do plynového chromatografu sa injektoval celkový objem dávkovača 1,5 ml.



Obr. 1 Schéma reaktora na uskutočňovanie ozonizácie prchavých aromatických látok izolovaných zo vzoriek.



Obr. 2 Schéma upraveného dávkovača vzorky s náplňou adsorbenta.

Na analýzu sa použil plynový chromatograf Fractovap model GI so sklenou kolónou 180 x 0,4 cm, plnenou 8 % 1,2,3-tris(2 cyanoetoxy) propan na Chromosorbe P (60 – 80 mesh)



pri teplote 70 °C. Nosný plyn sa použil dusík pri tlaku 0,07 MPa, detektor FID, tlak vodíka 0,05 MPa, tlak vzduchu 0,09 MPa. Takéto zariadenie dovoľuje separovať prchavé látky do ich maximálnej teploty varu 130 °C [4,5].

Identifikácia prchavých látok vo vzorkách sa určovala z chromatografických záznamov získaných pomocou pripojeného integrátora Hewlett-Packard Series II 3396 prepojeného s osobným počítačom. Použila sa metóda porovnávania retenčných časov píkov vybraných štandardných látok, u ktorých sa uskutočnila chromatografická analýza za hore uvedených podmienok.

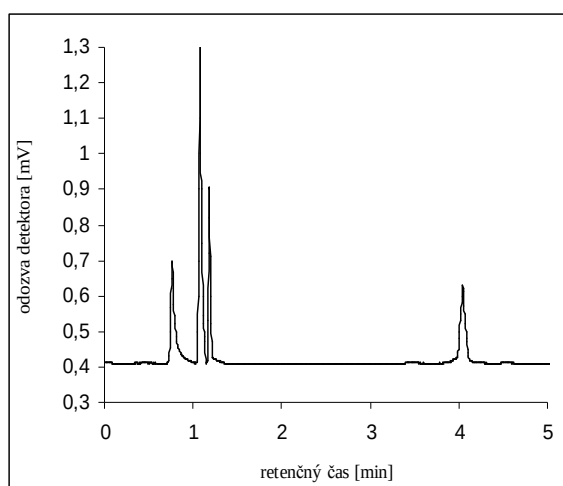
Senzorická analýza testovaných materiálov sa uskutočňovala ovoniavaním výstupného plynného prúdu z reaktora skupinou minimálne 10 hodnotiteľov. Hodnotila sa aróma plynného prúdu vystupujúceho z reaktora na základe vopred určených znakov. Hodnotitelia prisudzovali jednotlivým znakom bodové hodnotenie v rozsahu 0 – 5. Priemerné výsledky hodnotenia sa vyjadrovali pomocou kruhového diagramu [6].

V práci sa použili opotrebované odpadové rezné kvapaliny z obrábania kovov Blasocut BC25, Ecocool MK3 a vybrané zhnité rastlinné materiály – mrkva, kapusta, cesnak.

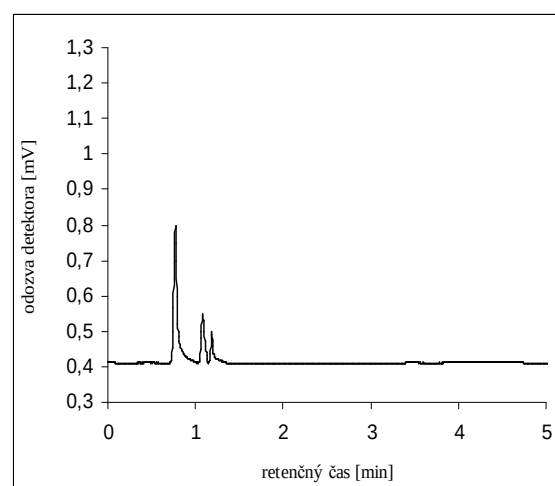
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pri obrábaní kovov sa doteraz používa rezná kvapalina – tuková emulzia, ktorá po dlhšom používaní môže vykazovať nepríjemný zápach. V práci sa overovala možnosť eliminácie zápachu dvoch typov reznej kvapaliny.

Na obrázku 3 sú uvedené výsledky chromatografickej analýzy arómy reznej kvapaliny Blasocut BC25 pred a po ozonizácii. Z výsledkov vidieť, že v prípade analýzy pôvodnej vzorky (obrázok 3a) sa zaznamenali 4 výrazné píky, z nich prvý s retenčným časom 0,8 min reprezentuje vzduch, druhý s retenčným časom 1,02 min hexán, tretí s retenčným časom 1,16 min dietyléter alebo cyklohexán, štvrtý s retenčným časom 3,9 min acetón. V prípade vzorky reznej kvapaliny Blasocut BC25, na ktorú sa pôsobilo ozonizovaným vzduchom (obrázok 3b) sa zistili iba 3 píky, acetón sa v zložkách prchavých látok nezaznamenal. Ozón



a



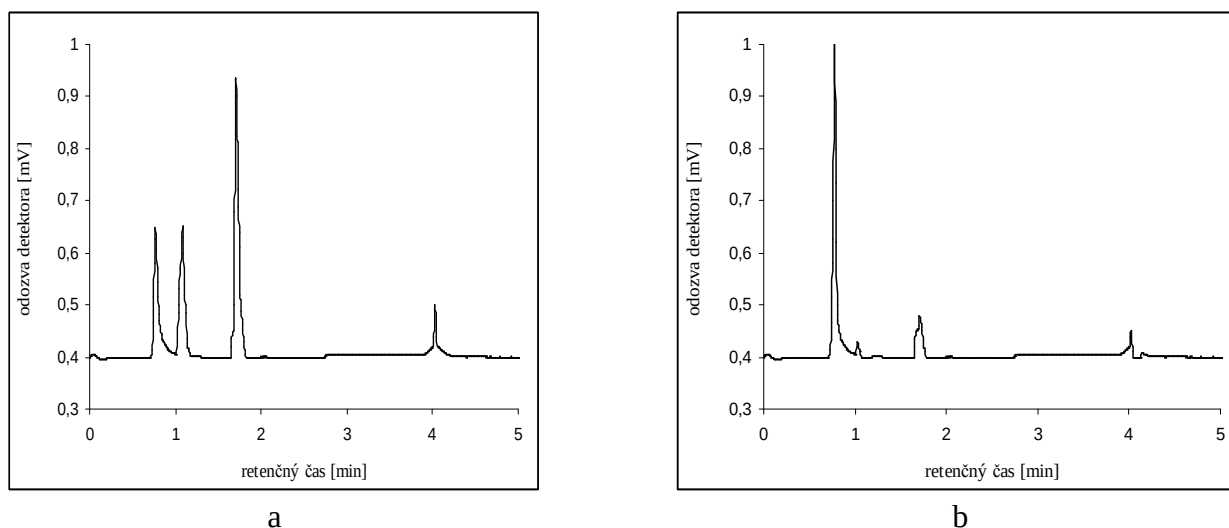
b

Obr. 3 Chromatografický záznam prchavých látok reznej kvapaliny Blasocut BC25
a – pred ozonizáciou, b – po ozonizácii



prítomný vo vzdušnom prúde s prchavými látkami z izolovanej z reznej kvapaliny, tak mohol spôsobiť jeho oxidáciu. Účinok ozónu možno vidieť aj z koncentračného zastúpenia zložiek, kedy sa zaznamenala výrazne nižšia odozva detektora na prchavé látky v ozonizovanej vzorke.

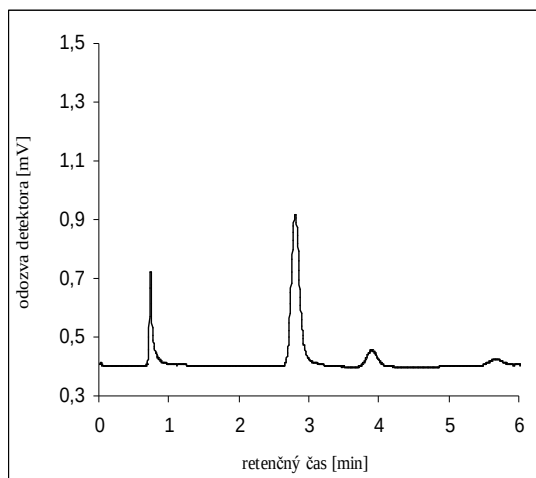
Na obrázku 4 sú uvedené výsledky sledovania účinku ozonizácie prchavých látok z reznej kvapaliny Ecocool MK23. Z chromatografických záznamov vidieť, že v pôvodnej vzorke (obrázok 4a) sa zaznamenali 4 píky, z ktorých prvý s retenčným časom 0,8 min reprezentuje vzduch, druhý s retenčným časom 1,02 min hexán, tretí s retenčným časom 1,75 min acetaldehyd, štvrtý s retenčným časom 3,9 min acetón. Aj v prípade reznej kvapaliny Ecocool MK23, na ktorú sa pôsobilo ozonizovaným vzduchom (obrázok 4b) sa zistili iba 3 zložky, acetón sa v zmesi prchavých látok nezaznamenal. Zaznamenal sa aj úbytok koncentrácie jednotlivých zložiek, tak ako v prechádzajúcom prípade.



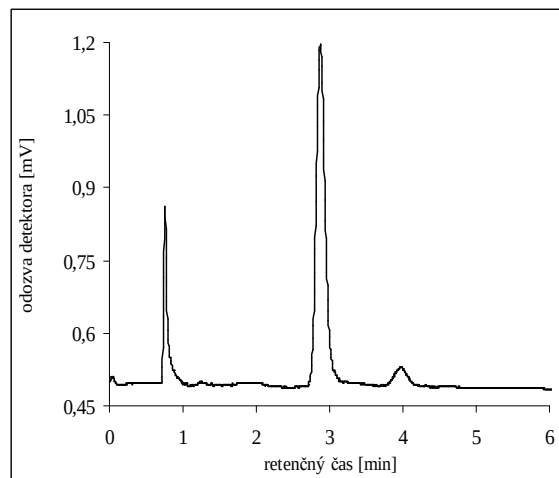
Obr. 4 Chromatografický záznam prchavých látok reznej kvapaliny Ecocool MK23
a – pred ozonizáciou, b – po ozonizácii

V ďalšej časti práce sa overovala možnosť využiť ozonizáciu pre elimináciu zápachu, ktorý vzniká hnitím počas manipulácie a skladovania rastlín, zeleniny a pod. Pri štúdiu eliminácie pachov sa použili viaceré nahnité druhy rastlinných materiálov, ako mrkva, kapusta, cesnak. V ďalšom sú uvedené výsledky iba nahnitej mrkvy.

Na obrázku 5 sú uvedené výsledky chromatografickej analýzy arómy nahnitej mrkvy pred a po ozonizácii. V prípade analýzy pôvodnej vzorky (obrázok 5a) sa zaznamenali 3 píky, z nich prvý s retenčným časom 0,8 min reprezentuje vzduch, druhý s retenčným časom 2,9 min sa neidentifikoval, tretí s retenčným časom 4,04 min bol metanol. V ozonizovanej vzorke nahnitej mrkvy sa zistili tiež 3 píky (obrázok 3b), avšak identifikoval sa nový nevýrazný pík s retenčným časom 1,01 min, ktorý môže predstavovať hexán. Na rozdiel od vzoriek rezných kvapalín sa nezaznamenal pokles koncentrácie jednotlivých zložiek arómy.



a

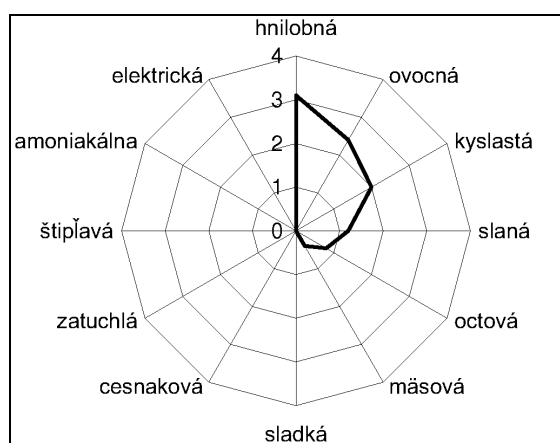


b

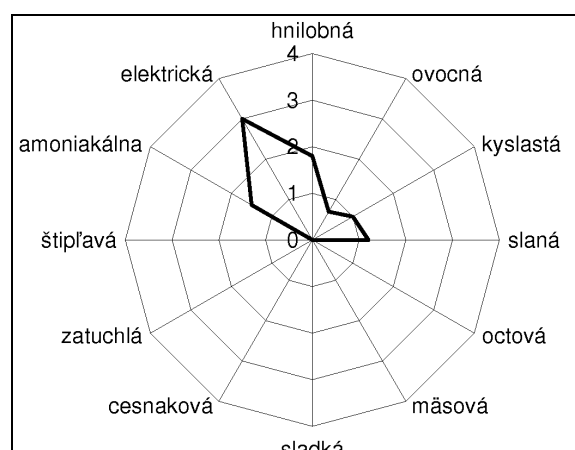
Obr. 4 Chromatografický záznam prchavých látok zhnitej mrkvy
a – pred ozonizáciou, b – po ozonizácii

Účinok ozonizácie na zápach nahnitej mrkvy sa overoval aj senzoricky. Na obrázku 4 sú uvedené profily arómy nahnitej mrkvy pred ozonizáciou a po ozonizácii. Z výsledkov vidieť, že v pôvodnej vzorke prevládala hnilobná aróma, ktorú dopĺňali v menšej miere znaky ovocná a kyslastá. Po ozonizácii sa zaznamenal výrazný pokles hnilobnej arómy, hlavne za vzniku elektrickej arómy. Toto možno vysvetliť prítomnosťou ozónu v testovanej aróme.

Senzorickou analýzou sa dokázalo, že ozonizovaný vzduch má priaznivý účinok na zníženie intenzity nežiaducej arómy. Prítomný ozón spôsobí evidentnú zmenu intenzity nahnitej arómy, aj keď sa vždy zaznamenala i pôvodná, charakteristická aróma. Aróma nahnitej mrkvy s ozónom bola jemnejšia, pričom sa nezaznamenal vznik žiadnej novej nepriaznivej arómy.



a



b

Obr. 4 Profil arómy zhnitej mrkvy
a – pred ozonizáciou, b – po ozonizácii



ZÁVER

Zhrnutím poznatkov z analýzy zápachajúcich prchavých látok head space metódou plynovej chromatografie v odpadových materiáloch možno vysloviť presvedčenie, že metóda je vhodná pre testovanie arómy odpadových materiálov rôzneho pôvodu.

Chromatografickou a senzorickou analýzou sa dokázal priaznivý účinok ozónu na odstraňovanie nežiaducich zápachajúcich látok.

Príspevok vznikol v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/2069/05, Progresívne, environmentálne vhodné metódy zhodnocovania a zneškodňovania materiálov strojárenského priemyslu.

LITERATÚRA

HOSTIN, S., KREHLÍKOVÁ, A., PALO, V., KOCIAN, J. (2004): *Použitie head space plynovej chromatografie (HSGC) na monitorovanie znečistenia ovzdušia prchavými látkami vznikajúcimi pri pražení kávy.* Application of headspace gas chromatography (HSGC) for monitoring of air polluted with volatile compounds which originate from roasted coffee. In: Vedecké práce MTF STU v Bratislave so sídlom v Trnave, ISSN 1336-1589. - č. 17, s. 67-71.

HOSTIN, S., MICHALÍKOVÁ, A., KREHLÍKOVÁ, A. (2005): *Využitie head space plynovej chromatografie pre stanovenie prchavých látok v odpadových vodách.* In: TOP 2005. Technika ochrany prostredia : Zborník z medzinárodnej konferencie / nadát. Medzinárodná konferencia. 11. Časť Papiernička, 29.6.-1.7.2005 – Bratislava, STU Bratislava, s. 327 – 332, ISBN 80-227-2249-9.

HOSTIN, S., MICHALÍKOVÁ, A., KREHLÍKOVÁ, A. (2006): *Monitorovanie prchavých polutantov head space plynovou chromatografiou.* In Zborník prednášok z konferencie VII. Banskštiavnické dni 2005, Banská Štiavnica 5. – 7. 10. 2005.

HACKENBERG, H., SHMIDT, A. S. (1977): *Gas chromatographo Headspace analysis.* Heyden ck Son Ltd. London, 125s.

MAARSE, H., BELZ, R. (1981): *Isolation, separation and identification of volatile compounds in arome research.* Academic Verlag Berlin, 215 s.

PRÍBELA, A., DRDÁK, M. (1982): *Senzorická analýza potravín.* ES SVŠT Bratislava, 123 s.

Lektoroval: Ing. Eva Ružinská, PhD.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Stanislav Hostin, PhD., Materiálovo-technologická fakulta v Trnave, STU Bratislava, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Katedra environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 08 Trnava



ASPEKTY NÁVRHU SVISLÉHO PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

ASPECTS OF STEEP AND VERTICAL BELT TRANSPORT

Leopold HRABOVSKÝ

ABSTRAKT: Článek popisuje model svislého pásového dopravníků, jež byl realizován v laboratoři Ústavu výzkumu a zkušebnictví Institutu dopravy Vysoké školy báňské – Technické university Ostrava. Příspěvek popisuje metodiku stanovení velikosti přítláčné síly válečků svislého pásového dopravníku s krycím pásem. Sesypávání dopravovaného materiálu přes okraje dopravních pásů svislého dopravníku je zamezeno přítlakem podpěrných válečků obou dopravních pásů. Přítláčné válečky zamezují oddálení dopravních pásů a tím vysmeknutí segmentu labyrintu nosného dopravního z labyrintu pásu krycího.

Klíčové slová: přítláčný váleček, pásový dopravník

ABSTRACT: The paper describes models of vertical belt conveyers. These models serve in laboratory R & D and Testing Establishment Institute of Transport University of Mining and Metalurgy, Technical University of Ostrava. Experimental assesment thrust roller of the perpendicular belt conveyor with pressure zone benefit describe philosophy assesment sizes pressure force roller perpendicular belt conveyor with pressure zone. Transport material over the edge haul perpendicular conveyer is prevention thrust support roll of both haul. Snub roll inhibit take away haul thereby tripping segment labyrinth bearing traffic across labyrinth zone covering.

Key words: disperse roller, belt conveyor

1 ÚVOD

Nepříznivý vliv dopravy sypkých hmot na životní prostředí se projevuje znečišťováním ovzduší škodlivinami, působením hluku, zvýšenými požadavky za zastavěnou půdu a působením posypového materiálu na faunu a flóru v okolí dopravní infrastruktury.

Při kontinuálních dopravních systémech, které se nejčastěji používají při dopravě sypkých hmot se ve velké míře projevuje znečišťování vzduchu v důsledku kontaktu přepravovaného materiálu s ovzduším. Proto je ve světě velká pozornost věnována hledání takových technologií kontinuální dopravy, které mají minimální vliv na životní prostředí, ale současně splňují podmínky vysoké dopravní výkonnosti. Pásové dopravníky klasické konstrukce doznaly v průběhu své existence širokého rozšíření v různých oblastech průmyslu a to jak pro přepravu kusových, tak i sypkých materiálů. Využití pásových dopravníků ve specifických provozech a k manipulaci s materiály osobitých mechanicko-fyzikálních vlastností vyústí v nových konstrukčních variantách a principech dopravníků, u kterých jsou užívány nosné a tažné prvky ve formě dopravních pásů.

Mezi dopravníky speciálních konstrukcí řadíme dva principiální typy pásových dopravníků:

- pásové dopravníky s uzavřenými nosnými elementy a
- pásové dopravníky využívané k přepravě sypkých materiálů pod vysokými úhly sklonu, které dosahují až 90 deg.

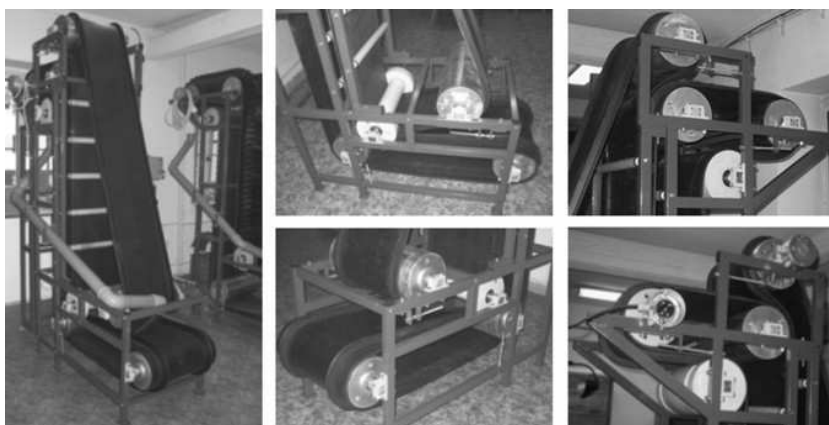
Níže popisována řešení technologických způsobů kontinuální dopravy sypkých hmot se řadí k pásovým dopravníkům s uzavřenými nosnými elementy.



2 VARIANTNÍ ŘEŠENÍ

Jednou z možných variant řešení dopravy partikulárních hmot, pod vysokými úhly sklonu je aplikace založena na zvýšení *přítlaaku* dopravovaných materiálů vůči povrchu hladkého dopravního pásu, jejíž reálným konstrukčním řešením je *pásový dopravník s krycím pásem*.

Zvýšení mezního úhlu sklonu dopravy je realizováno u dopravníku s krycím pásem (obr.1) prostřednictvím doplňkového pásu, který je veden paralelně s větví pásu nosného. Krycí pás vytváří vlastní tíhou nezbytný přítlak na dopravovaný materiál, zvyšuje tak jeho přilnavost a soudržnost vůči nosnému dopravnímu pásu. V závislosti na typu dopravního pásu a druhu využitých přítlačných zařízeních, jsou tyto dopravníky schopny dopravovat materiál při vysokých úhlech sklonu, a to až do 90 deg.



Obr.1 Svislý pásový dopravník s krycím pásem

Při návrhu svislého pásového dopravníku s krycím pásem za účelem jeho bezporuchového provozu je v podstatě třeba řešit tři základní problémy:

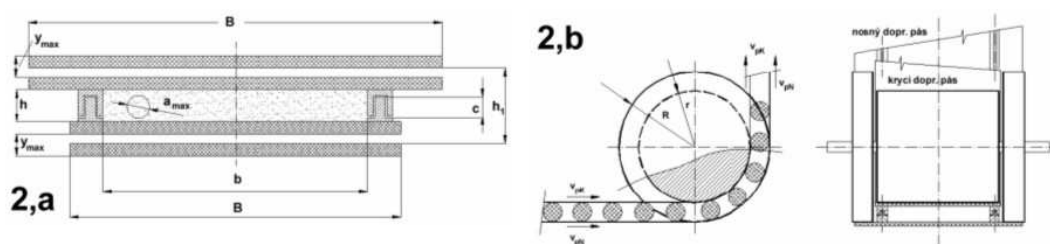
- a) návrh dopravních pásů (nosného a krycího) a stanovení tvaru a rozměru dopravní šterbiny,
- b) pevnostní návrh konstrukce (např. uspořádání přítlačných válečků),
- c) volba typu a počtu pohonů.

Volba dopravních pásů (nosného a krycího) je ovlivněna řadou parametrů; určení minimální šířky pásů závisí na základních mechanicko-fyzikálních vlastnostech dopravovaného materiálu (např. granulometrii, tj. velikostí a tvarů zrn) [1], [5]; dopravovaném výkonu (tj. množství materiálu, které je nutno za daný časový úsek prostřednictvím dopravníku s krycím pásem přepravit). Návrh pevnostních vlastností dopravních pásů je ovlivněn maximální tahovou silou, která působí v daném místě instalovaného dopravníku. Maximální tahovou sílu je možno stanovit např. graficko-početní metodou [2], při známých parametrech dopravovaného materiálu (sytná hmotnost), parametrech dopravních pásů (vlastní hmotnost); rotační hmotnosti válečků, rozteči podpěrných a přítlačných válečků, a to při znalosti situačního stavu výškových a délkových úseků dopravní tratě.

Volba tvaru a rozměru dopravní šterbiny (obr.2,a) závisí především na granulometrii dopravovaného materiálu a předpokladu dosažení požadovaného dopravovaného výkonu. Při známé hodnotě volené rychlosti dopravních pásů a vlastnostech dopravovaného materiálu je

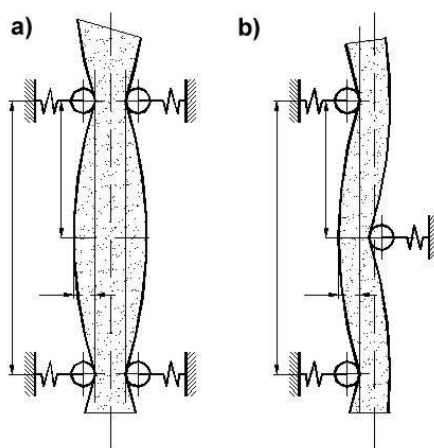


možno z rovnice dopravného výkonu kontinuálnej dopravy vyčísliť požadovaný prúžez šterbiny [3, str.13 ÷ 14]. Vzájemnou vzdálenosť (šírku šterbiny) h [m] (obr. 2,a) nosného a krycího dopravného pásu volíme s ohľadom na maximálnu kusovitost $a_{\max}$ [m] dopravovaného materiálu. Pri zvolenej šírke šterbiny je možno vyčísliť hodnotu využité ložné šířky b [m] dopravných pásů. Dle konstrukčního provedení převáděcího bubnu (obr. 2,b) [4, str.38 ÷ 42] a způsobu zamezení přepadu dopravovaných zrn přes okraje pásů (druh labyrintu) volíme skutečnou šířku B [m] dopravných pásů.



Obr. 2 a) Příčný průřez dopravní tratí, b) schematické znázornění převáděcího bubnu

Volba rozteče t [m] válečků svislého pásového dopravníku s krycím pásem úzce souvisí s rozměry šterbiny b , h [m] a typem uspořádání přítlačných válečků (obr. 3). Rozložení přítlačných válečků u konstrukce strmého pásového dopravníku s krycím pásem rozdělujeme dle jejich uspořádání v trati na protilehlé (obr. 3,a) a šachovnicové (obr. 3,b).



Obr. 3 Uspořádání přítlačných válečků svislých pásových dopravníků
a) protilehlé, b) šachovnicové

Je-li dopravní pás dané hmotnosti veden horizontální částí dopravní tratě podpěrnými válečky je velikost průhybu dopravního pásu omezen dle [5] na 5 ÷ 20 [mm] (zvyšování průhybu vede k nárůstu valchovacího odporu při vedení dopravního pásu válečky). Průchodem vrstvy dopravovaného materiálu zakřivenou částí dopravníku (převáděcí bublen, viz (obr. 2,b) je materiál vlivem podepření níže přiváděnými vrstvami materiálu a vlivem tření a přítlaču dopravních pásů unášen dopravními pásy ve šterbině svisle vzhůru. Velikost



síly, která působí do plochy dopravních pásů je závislá především na výšce vrstvy materiálu, jeho mechanicko-fyzikálních vlastnostech a rozměrech štěrbin.

Rozdělení tlaků na svislé stěny (plochy dopravních pásů v úzké štěrbině) a dno štěrbin je ovlivněno třecími poměry uvnitř materiálu, které reprezentuje úhel vnitřního tření a třecí poměry dopravovaného materiálu s povrchy dopravních pásů, které charakterizuje úhel vnějšího tření (tj. kvalita povrchů dopravních pásů). Třecí síly, které vznikají v plochách dopravních pásů, jsou schopny díky své velikosti udržovat v rovnováze značnou část dopravovaného materiálu, což má za následek, že tlaky, které působí na dno dopravní šachty jsou mnohonásobně menší, než by odpovídalo velikosti hydrostatického tlaku, který by zde působil v případě, že by šachta byla naplněna kapalinou stejné hustoty jako materiál.

K ověření výše vyjádřených teoretických předpokladů o působení tlaku ve štěrbině svislého dopravníku byla prováděna rozsáhlá měření, jejichž úkolem bylo zjistit skutečné působící tlaky ve třech vzájemně kolmých rovinách (v rovině nosného a krycího dopravního pásu; v rovině bočního vedení dopravních pásů a v rovině kolmé na předchozí dvě roviny) za klidu, což odpovídá měření statického stavu napjatosti ve štěrbině šachty svislého dopravníku.

Vlastní model svislého pásového dopravníku (obr. 4) tvoří dva hladké dopravní pásy, jež jsou upevněny na svařované konstrukci z tenkostěnných obdélníkových profilů. Aby nedocházelo k sesypávání zkoumané sypké hmoty přes okraje svislých rovnoběžně uložených dopravních pásů, byly příčně vůči nosnému a krycímu dopravnímu pásu upevněny dva pásy, jejichž úkolem bylo zachytit tlaky sypké hmoty působící příčně vůči nosnému a krycímu dopravnímu pásu. V praxi jsou tyto pásy nahrazovány labyrintovým těsněním, jehož možné provedení je uvedeno na obr. 2,a. Ve štěrbině svislého pásového dopravníku vnitřních rozměrů konstantní ložné šířky $b = 590$ mm a proměnlivé šířky h [m] v rozmezí 0; 45; 90; 150; 200; 250 mm, byly proměřovány tlaky sypké hmoty na příslušné stěny svislého dopravníku. Výška modelu byla omezena světlostí laboratoře, dosahovala výšky 2500 mm.



Obr. 4 Měřicí stanoviště určené ke snímání tlaku sypké hmoty do plochy dopravních pásů a dna štěrbin

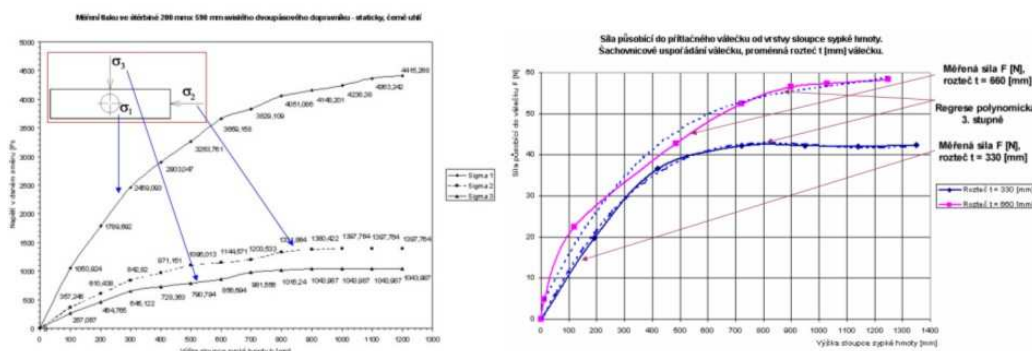
Po přesném odměření a zvážení dávky sypké hmoty se tato postupně přiváděla do měřicí šachty daného rozměru štěrbin, výška sloupce byla proměřována a zapisována, současně byly snímány hodnoty velikosti tlaku sypké hmoty v plochách dopravních pásů a tlak působící na dno štěrbin. Z těchto hodnot byly vykreslovány grafy závislosti přírůstku tlaku na výšce sloupce materiálu, viz obr. 5,a.

Experimentální stanovení síly působící do přítlačného válečku od vrstvy sloupce sypké hmoty ve svislé šachtě (známých rozměrů štěrbin), již tvoří dva pryžové dopravní pásy,



ktoré jsou mechanicky uchyceny k rámové konstrukci, bylo prováděno na měřicím stanovišti znázorněném na obr. 6.

Měřicí stanoviště sestává ze dvou vzájemně oddělitelných rámových konstrukcí, které jsou svařeny z uzavřených obdélníkových profilů. Na obě části rámové konstrukce výšky 2370 mm jsou šrouby se zápusťnou hlavou uchyceny pryžové dopravní pásy tloušťky 10 mm. Mezi obě části rámové konstrukce (s uchycenými dopravními pásy) jsou po stranách vloženy obdélníkové profily, které vymezují šířku dopravní šterbiny. Vnitřní rozměr dopravní šterbiny je volen dle konstrukčního návrhu měřicího zařízení 505 x 40 mm. Přítlačné válečky průměru 40 mm jsou za své osy uchyceny do rámu konstrukce a umožňují simulovat protilehlé nebo šachovnicové uspořádání.



Obr. 5 Grafické závislost působících tlaků do plochy dopravních pásů a síly do válečků



Obr. 6 Snímání síly do přítlačného válečku ve svislé šterbině statického modelu svislého pásového dopravníku s krycím pásem

Měření síly do válečku bylo realizováno postupným přiváděním předem definovaných objemových dávek sytké hmoty (Caroloth – mramorová drť, zrnitost 2 ÷ 8 mm) do svislé šterbiny dopravní šachty. Zasypáváním dopravní šterbiny pravidelnými dávkami sytké hmoty byla průběžně stanovována hladina sytké hmoty ve šterbině a odezva sloupce sytké hmoty přes dopravní pás do přítlačného válečku (obr. 5,b), tíha sloupce sytké hmoty přes dopravní pás do přítlačných válečků byla snímána tenzometrickým snímačem zatížení.



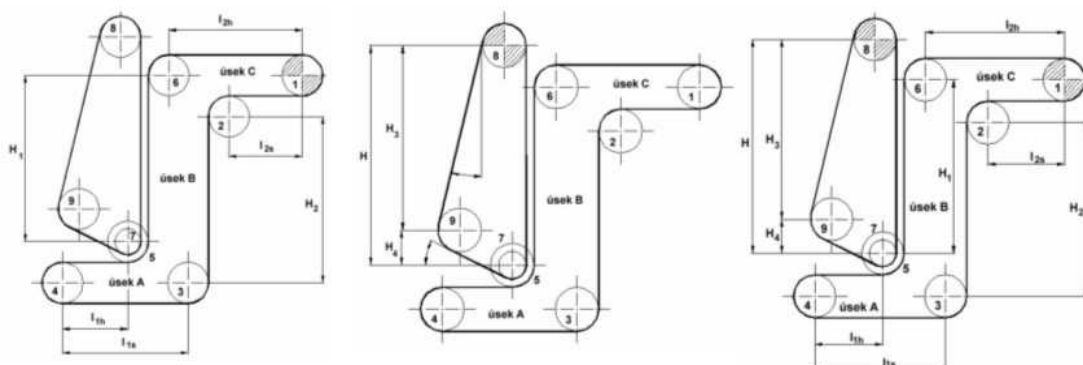
Obr. 7 Snímání síly do přítlačného válečku na poloprovozním modelu svislého pásového dopravníku s krycím pásem

Modelová zařízení znázorněna na obr. 4 a obr. 6 umožnila stanovit tlak do plochy dopravních pásů a působící síly do přítlačných válečků v závislosti na rozměrech štěrbině a výšce sloupce sypké hmoty. Tato měření však popisují realitu jen částečně, neboť skutečné síly působící do přítlačných válečků od unášené vrstvy materiálu vlivem tření nosným a krycím pásem jsou mimo jiné závislé na předpětí, tuhosti, konstrukci, tloušťce a rychlosti pohybu dopravních pásů. Tato skutečnost vyústila v realizaci měření působící síly do přítlačných válečků na poloprovozním zařízení dopravníku (obr. 7). Při postupném zavážení svislé dopravní šachty, tvořené synchronně se pohybujícími pásy předem známé rychlosti, materiálem, při známé velikosti předpětí nosného i krycího pásu byla prostřednictvím tenzometrického snímače snímána působící síla do válečku (pro uspořádání dle obr. 3,a případně obr. 3,b) od sloupce unášené vrstvy materiálu ve štěrbině (obr. 2,a) tvořené dvěma svisle vedenými pásy dopravní tratí. Průběh a velikost snímané síly je vstupní hodnotou ke stanovení rozteče přítlačných válečků, kterou lze vyčíslit dle vztahu [6].

Volbu pohonu je možno vyjádřit pro tři různé varianty, a to kdy je pohon realizován:

- ❑ v místě vynášení sypké hmoty z nosného dopravního pásu (v místě přechodu dopravního pásu do prázdné větve, tj. na konci horizontálního úseku horní větve nosného dopravního pásu, (obr. 8,a),
- ❑ v místě přechodu krycího dopravního pásu do vratné větve, tj. v horním úseku, (obr. 8,b),
- ❑ současně v obou výše definovaných místech svislého pásového dopravníku s krycím pásem, (obr. 8,c).

Nutnou podmínkou bezporuchové dopravy materiálu ve svislé větvi pásového dopravníku s krycím pásem je zabezpečení synchronizace pohybů obou dopravních pásů. U pásových dopravníků malých výšek je možno pohon realizovat pouze v provedení dle obr. 8,a, neboť důsledkem tření materiálu vůči povrchu pásu a tření v pryžových labyrintech pak dochází k unášení krycího pásu. Pro zvýšení dopravní výšky pásového dopravníku s krycím pásem je výhodné volit pohon obou pásů z důvodu zajištění potřebné tažné síly na obvodu poháněcího bubnu, neboť není možno realizovat pohon nosného dopravního pásu soustavou dvou bubnů, kde dochází k podstatnému nárůstu úhlu opásání, vlivem navulkanizovaných labyrintů po obou podélných okrajích dopravního pásů.



Obr. 8 Uspořádání pohonu svislého pásového dopravníku

LITERATÚRA

PEŠAT, Z. (1992): *Manipulace s materiálem v hutích I.* ES VŠB TU Ostrava, 167 s., ISBN 80-7078-107-6.

POLÁK, J., PAVLISKA, J., SLÍVA, A. (2001): *Dopravní a manipulační zařízení I.* ES VŠB TU Ostrava, 104 s., ISBN 80 – 248 – 0043 – 8.

HRABOVSKÝ, L. (2004): *Strmá a svislá doprava pásovými dopravníky I.* Skriptum, VŠB TU Ostrava, 110 s., ISBN 80-248-0524-3.

HRABOVSKÝ, L. (2005): *Pásové dopravníky převyšující mezní úhel sklonu dopravy.* VŠB TU Ostrava, 127 s., ISBN 80-248-0779-3.

Lektoroval: Ing. Petra Kvasnová, PhD.

Kontaktní adresa:

doc. Ing. Leopold Hrabovský, Ph.D., VŠB - Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava – Poruba, e-mail: leopold.hrabovsky@vsb.cz



DETEKCIA ZNEČISTENIA OVZDUŠIA V ENVIRONMENTÁLNEJ TECHNIKE S VYUŽITÍM LASERA

DETECTION OF AIR POLLUTION IN THE ENVIRONMENTAL TECHNIQUE WITH LASER USING

Rastislav IGAZ – Milada GAJTANSKA

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá problematikou laserových detekčných technológií a ich aplikáciou v oblasti environmentálneho inžinierstva. Popisuje detekčnú technológiu s využitím ktorej je možné diaľkové bezkontaktné monitorovanie environmentálnej kvality znečistenia životného prostredia človeka. Príspevok predstavuje princípy zariadení, ktoré môžu využívať jeden alebo dva impulzné alebo kontinuálne pracujúce CO₂ lasery s preladiateľnou vlnovou dĺžkou v oblasti infračervenej oblasti spektra na detekciu prítomnosti a prípadne aj priestorového rozloženia aerosólov alebo tuhých znečisťujúcich látok v zemskej atmosfére. Táto moderná a rozvíjajúca sa technológia detekcie je potenciálne využiteľná pre množstvo organizácií a podnikov ktoré sú potenciálnymi producentmi aerosólov alebo tuhých znečisťujúcich látok do atmosféry alebo tých, ktorí monitorujú znečistenie ovzdušia. Súčasná situácia znečistenia ovzdušia núti ľudstvo monitorovať životné prostredie a vyvíjať technológie obmedzujúce znečisťovanie ovzdušia.

Kľúčové slová: detekcia, laser, environmentálna technika, kvalita ovzdušia, znečistenie ovzdušia

ABSTRACT: The paper deals with the utilization of laser detection technologies and his application in environmental engineering. Paper described detection principle which using is possible remote control of contamination environmental quality of human environment. This article introduce systems of device, which can used one or two pulsed or CW CO₂ lasers with tuneable infrared frequencies to detection of spatial distribution of aerosols and pollutants in the earth atmosphere. This modern and developing technology is potentially applicable and available for many organizations and manufacturing's, that are potential producers of aerosols and air pollution in atmosphere or that monitoring distribution of their. Present condition of environmental pollution urge humanity monitor environment and develop technologies that restrict air pollutants.

Key words: detection, laser, environmental technique, air quality, air pollution

ÚVOD

V súčasnej dobe ekológia zohráva neustále podstatnejšiu úlohu v živote človeka aj spoločnosti ako takej, preto je nesmierne dôležité venovať časť energie a prostriedkov na zvyšovanie povedomia spoločnosti v oblasti možností detekcie znečistenia, ktoré posúvajú hranice možností ochrany životného prostredia. Neustály vývoj a zdokonaľovanie výrobných technológií a procesov prináša zefektívňovanie výroby a využitia vstupných surovín. Opačnou stranou mince je však daň vo forme najrôznejších druhov odpadov. Tieto odpady zaťažujú životné prostredie človeka a nútia ho neustále hľadať nové možnosti znižovania ich produkcie. Množstvo odpadov sa v súčasnej dobe úspešne využíva ako druhotná surovina na ďalšie spracovanie. Napriek tomu však zostáva množstvo odpadov, ktoré zaťažujú životné prostredie a ktorých rozklad a zneškodnenie človek aj v dnešnej dobe ponecháva na prirodzenom rozpade v prírode alebo ako dedičstvo pre budúce generácie.

Tento príspevok má za úlohu oboznámiť širšiu skupinu odborných aj laických záujemcov o danú problematiku s modernými technológiami využívanými na bezkontaktnú detekciu znečistenia ovzdušia. Zároveň má sprostredkovať dané zariadenie a technológiu



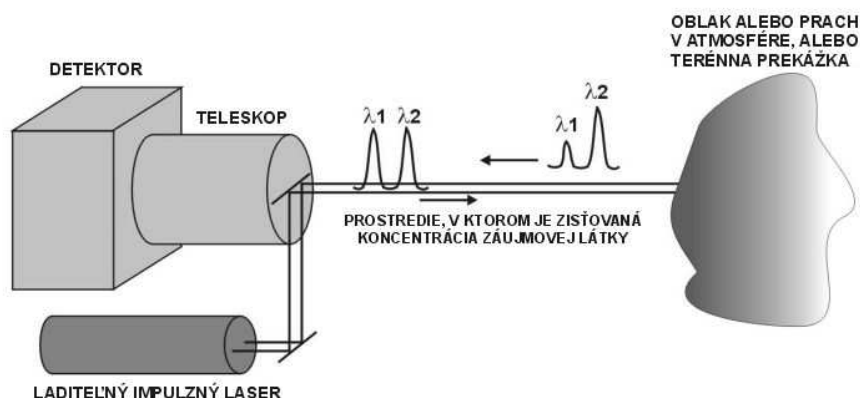
odbornej verejnosti, ktorá by v budúcnosti mohla prejavíť záujem o prípadné využitie tohto zariadenia. Náš vstup do Európskej únie nám okrem iného priniesol aj nutnosť prispôsobovania sa všeobecným trendom vývoja v oblasti ekológie a ochrany životného prostredia. Prezentované technológie patria v celosvetovom meradle ku špičke v oblasti monitorovania znečistenia prostredia a ich využívanie prináša mnoho výhod v porovnaní s doteraz využívanými zariadeniami a postupmi.

POPIS DETEKČNEJ TECHNOLOGIE

Zariadenia vyvíjané a zdokonaľované v súčasnosti využívajú najnovšie poznatky z oblasti infračervenej časti elektromagnetického spektra. Podstata technológie detekcie je založená na rozdielnej pohltivosti laserového žiarenia v atmosfére v závislosti na vlnovej dĺžke žiarenia a obsahu záujmových látok rozptýlených v skúmanom prostredí.

Systémy založené na princípe detekcie spätne rozptýleného laserového žiarenia môžu využívať dve čiastočne odlišné technológie detekcie. Prvou je generovanie spojite laditeľného laserového žiarenia, bežne v rozsahu medzi 2 – 12 μm , ktoré je vysielané do skúmaného prostredia a deteguje sa návratové žiarenie. Druhou technológiou je generovanie dvoch presne definovaných vlnových dĺžok, určených na detekciu prítomnosti predpokladanej záujmovej látky. V oboch prípadoch po detekcii žiarenia nasleduje softvérová analýza zaznamenaného signálu a jeho porovnávanie s databázou záujmových látok.

Meranie v druhom spomenutom prípade je založené na fakte, že pre ľubovoľnú detegovateľnú látku je možné nájsť dvojicu vlnových dĺžok laserového žiarenia, z ktorých jedna (λ_1) je detegovanou látkou pohlcovaná silno, druhá (λ_2) je pohlcovaná slabo (Obr. 1) a slúži na odlíšenie útlmu molekulami detegovanej látky od iných zdrojov útlmu, tzn. ako referenčná. Počas merania systém vysiela cez skúmané prostredie laserové žiarenie, ktoré dopadá na zvolené terénne predmety (meracia trasa je určená spojnicou zariadenie – terénny predmet). Laserové žiarenie sa odráža, malá časť z neho opätovne prechádza skúmaným priestorom a je zachytávaná prijímačom systému. Ak je v meracej trase prítomná detegovaná látka, prejaví sa to vyšším útlmom na λ_1 . Z veľkosti tohto útlmu a vzdialenosti terénneho predmetu sa potom vhodným algoritmom určí priemerná koncentrácia detegovanej látky na meracej trase.

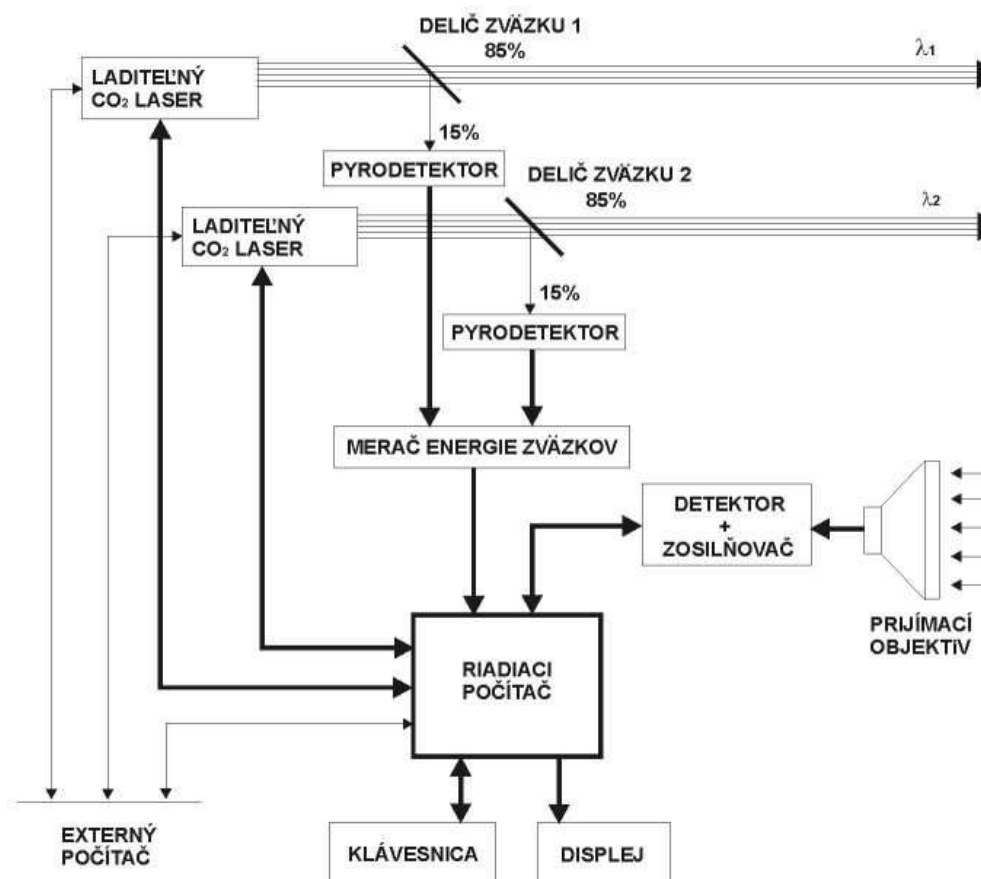


Obr. 1 Schematicky znázornený princíp činnosti detekčného systému



Vysielacia časť systému sa skladá z dvoch preladiateľných TEA CO₂ laserov spúšťaných s malým časovým odstupom (20 – 1000 μs), jedného naladeného na λ_1 a druhého na λ_2 . Použitie dvoch laserov namiesto jedného jednak meranie urýchli, jednak odstráni negatívny vplyv atmosférických turbulencií na presnosť merania. Zväzky elektromagnetického žiarenia z laserov sú vedené k terču cez deliče zväzku, na ktorých sa časť energie (cca 15 %) oddelí a dopadá na pyrodetektory. Signál z nich umožňuje merať energie odchádzajúcich laserových impulzov a synchronizovať systém. Tieto funkcie realizuje blok merač energie.

Prijímacia časť systému sa začína prijímacím objektívom, ktorého úlohou je zachytiť maximum z odrazenej energie a sústrediť ju na citlivú plochu detektora. Ten premieňa dopadajúce optické žiarenie na elektrické signály ktoré sú zosilňované v zosilňovači. Zosilňovač býva umiestnený v telesnej blízkosti detektora, aby boli minimalizované rušivé elektrické signály z okolia, ktoré sa cez prepájacie káble superponujú na užitočný signál. Výstupné signály sa v bloku „riadiaci počítač“ digitalizujú a sú ďalej vyhodnocované. Ten okrem toho riadi a spúšťa lasery a na displeji zobrazuje stavové hlásenia a výsledky meraní.



Obr. 2 Schematický popis vnútornej štruktúry detekčného systému



Prednosti popísanej technológie pred obvyklými chemickými kontaktnými metódami detekcie znečistenia prostredia sú na prvý pohľad jasné a nepopierateľné. Medzi najhlavnejšie výhody patrí hlavne:

- obsluha nemusí prichádzať do fyzického kontaktu s detegovanou látkou, čím je minimalizované nebezpečenstvo ohrozenia zdravia obsluhy, prípadne poškodenia zariadenia v prípade detekcie vysokých koncentrácií alebo agresívnych príp. výbušných látok,
- prístroj nevyhodnocuje lokálnu koncentráciu v mieste merania (odberu), ale priemernú koncentráciu látky na meranej trase,
- veľký merací dosah, rádovo v kilometroch,
- univerzálnosť, umožňuje detekciu rôznych skupín znečisťujúcich látok,
- katalóg detegovateľných látok je možné kedykoľvek podľa potreby dopĺňať a vytvoriť univerzálne zariadenie využiteľné v širokom rozsahu.

ZÁVER

Predstavená technológia patrí v celosvetovom meradle ku špičke v oblasti bezkontaktných detekčných metód. Vo svete existuje len niekoľko málo pracovísk a firiem, ktoré sú schopné financovať náročný výskum a vývoj. Napriek tomu je na komerčnom trhu už niekoľko úspešne využívaných zariadení, ktoré aplikujú popísanú technológiu do praxe. Ich cena je však neúnosne vysoká a preto je pre mnohých potenciálnych záujemcov zatiaľ nedostupná. Veríme že napriek spomenutým problémom nájde časom táto technológia praktické uplatnenie nielen v sfére kontrolných úradov, ale že oň prejavia záujem a samotný výrobcovia a producenti znečistenia a pomôže nám zvýšiť kvalitu životného prostredia. Možnosti jeho uplatnenia sú široké, od podnikov, ktoré sú reálnym príp. potenciálnym producentom znečisťujúcich látok, cez pravidelný monitoring ovzdušia a skorého odhaľovania ekologických katastrof, ochranu osôb pracujúcich v horľavých a agresívnych prostrediach až po detekciu oblastí produkujúcich vstupné suroviny na výrobu psychoaktívnych látok.

LITERATÚRA

GAJTANSKA, M., CHRISTOV, I., IGAZ, R. (2004): *Lasery a ich využitie v priemysle*. TU Zvolen, 296 s., ISBN 80-228-1398-2.

GAJTANSKA, M., CHRISTOV, I., IGAZ, R. (2005): *Možnosti využitia optoelektronických systémov na skúmanie environmentálnej kvality ovzdušia*. In *Technické vzdelanie ako súčasť všeobecného vzdelania*, Veľká Lomnica, s. 128 – 131, ISBN 80-8083-151-3.

GAJTANSKA, M., CHRISTOV, I., IGAZ, R. (2005): *Aplikácia optoelektronických systémov pri monitorovaní environmentálnej kvality ovzdušia*. CD zborník z 1. medzinárodnej vedeckej konferencie „Earth in a Trap?, Analysis of Environmental Components“, 26. – 28.4.2006, Krpáčovo, TU Zvolen, s. 161 – 165, ISBN 80-228-1553-5.

GAJTANSKA, M., CHRISTOV, I., IGAZ, R. (2006): *Laserové detekčné technológie v environmentálnej technike*. Medzinárodná vedecko-odborná konferencia „XIX. Didmattech 2006“, 6. – 7. 9. 2006, Komárno, s. 34 – 37, ISBN 978-80-89234-23-3.



GAJTANSKA, M., CHRISTOV, I., KUSÁ, A. (2004): *Štúdia k projektu aplikovaného výskumu č. AV/1108/2004 „Výskum a vývoj optoelektronických systémov na diaľkovú analýzu kvality ovzdušia“*, september 2004.

CHRISTOV, I., IGAZ, R. (2004): *Technický projekt k projektu aplikovaného výskumu č. AV/1108/2004 „Výskum a vývoj optoelektronických systémov na diaľkovú analýzu kvality ovzdušia“*, október 2004.

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Rastislav Igaz, doc. RNDr. Milada Gajtanska, CSc., Katedra fyziky, elektrotechniky a aplikovanej mechaniky, Drevárska fakulta, Technická univerzita Zvolen, Masarykova 24, 960 53, Zvolen, e-mail.: igaz@vsld.tuzvo.sk, gajtan@vsld.tuzvo.sk



MATEMATICKÝ MODEL ŠTĚPKOVAČE BIOMASY

MATHEMATICAL MODEL OF BIOMASS CHIPPING

Adolf JANEČEK – Radomír ADAMOVSKÝ

ABSTRAKT: V článku je formulován matematický model pracovního stroje pracujícího jako štěpkovač biomasy. Citlivostní analýzou jsou specifikovány a analyzovány dominantní vlivy působící na sledované provozní parametry a konstrukční vlastnosti pracovního stroje.

Klíčová slova: matematický model; pracovní stroj; výrobní systém; biomasa; systémová analýza

ABSTRACT: The article formulates the mathematical model of biomass chipping industrial machine. Sensitivity analysis specifies major influences impacting the controlled operational parameters and construction attributes of the chipping machine.

Key words: mathematical model; industrial machine; production system; biomass; system analysis

1. ÚVOD

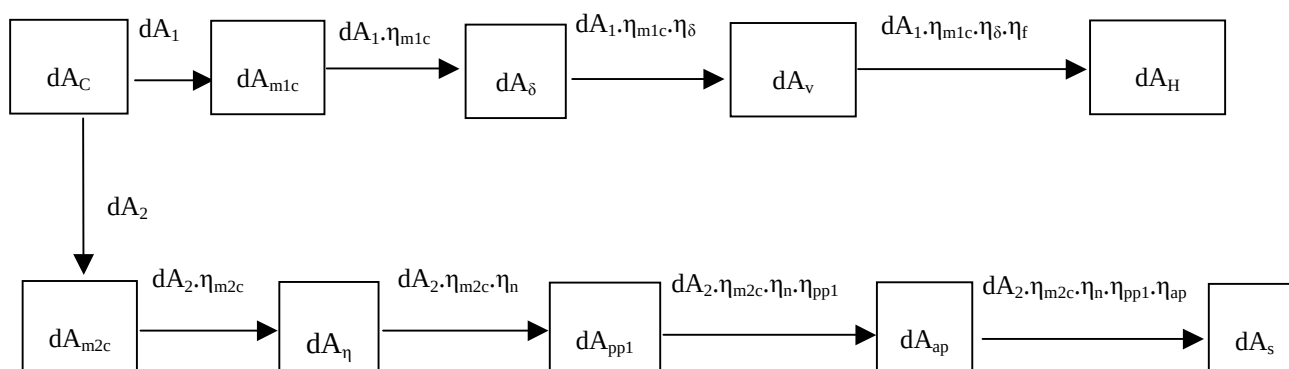
Cílem práce bylo formulovat matematický model umožňující analyzovat vliv provozních a konstrukčních parametrů štěpkovače z hlediska měrné spotřeby energie, ekonomiky provozu a ekologických vlivů (těžebně dopravní eroze).

Matematický model je formulován pro pracovní stroj, který aktivně zpracuje určitý materiálový tok (dřevní biomasa apod.) a pasivně působí na zpracovaný materiálový tok (doprava biomasy).

2. MATERIÁL A METODY

2.1 Rovnice přenosu energie

Při odvození rovnice pro přenos energie vycházíme z blokového schématu na obr. 1.



Obr. 1 Blokové schéma přenosu energie v modelu štěpkovače biomasy



V blokovém schéma znamená:

- A_{m1c} – elementární práce nutná k překonání celkového pasivního odporu mechanických převodů na trakčním ústrojí [J]
 η_{m1c} – účinnost mechanických částí trakčního ústrojí [-]
 dA_{δ} – elementární práce nutná k překonání prokluzu trakčního ústrojí [J]
 η_{δ} – prokluzová účinnost [-]
 dA_v – elementární práce nutná k překonání pasivních odporů trakčního ústrojí [J]
 η_f – valivá účinnost [-]
 dA_{m2c} – elementární práce nutná k překonání celkového pasivního odporu mechanických a hydraulických převodů na pracovní orgány [J]
 η_{m2c} – účinnost přenosu energie z energetického zdroje na pracovní orgány [-]
 dA_n – elementární práce nutná k překonání pasivního odporu mechanického nebo hydraulického převodu energie z energetického zdroje na pracovní stroj [J]
 η_n – účinnost přenosu energie z energetického zdroje na pracovní stroj [-]
 dA_{pp1} – elementární práce potřebná k překonání pasivních odporů pomocných částí štěpkovače [J]
 η_{pp1} – účinnost pasivních orgánů napomáhajících toku energie štěpkovačem [-]
 dA_{ap} – elementární práce potřebná k překonání pasivních odporů aktivních orgánů přenosu energie na štěpkovači [J]
 η_{ap} – účinnost aktivních orgánů přenosu energie na štěpkovači [-]

Pro elementární práce platí:

$$dA_C - dA_{HC} = dA_2 \quad [J] \quad (1)$$

$$dA_C - dA_{SC} = dA_1 \quad [J] \quad (2)$$

- kde: dA_C – celková elementární práce [J]
 dA_{HC} – elementární práce dodaná trakčnímu ústrojí [J]
 dA_{SC} – elementární práce nutná k pohonu aktivních částí pracovních orgánů [J]
 dA_1 – celková elementární práce nutná k pohonu trakčního ústrojí [J]
 dA_2 – celková elementární práce nutná k pohonu aktivních částí pracovních orgánů štěpkovače [J]

Jednotlivé elementární práce můžeme vyjádřit vztahy:

$$dA_{m1c} = dA_1(1 - \eta_{m1c}) \quad [J] \quad (3)$$

$$dA_{\delta} = dA_1(1 - \eta_{\delta}) \cdot \eta_{m1c} \quad [J] \quad (4)$$

$$dA_v = dA_1(1 - \eta_f) \cdot \eta_{m1c} \cdot \eta_{\delta} \quad [J] \quad (5)$$

$$dA_{m2c} = dA_2(1 - \eta_{m2c}) \quad [J] \quad (6)$$

$$dA_n = dA_2(1 - \eta_n) \cdot \eta_{m2c} \quad [J] \quad (7)$$



$$dA_{pp1} = dA_2 (1 - \eta_{pp1}) \cdot \eta_{m2c} \cdot \eta_n \quad [J] \quad (8)$$

$$dA_{ap} = dA_2 (1 - \eta_{ap}) \cdot \eta_{m2c} \cdot \eta_n \cdot \eta_{pp1} \quad [J] \quad (9)$$

Platí:

$$dA_1 = dA_{m1c} + dA_\delta + dA_v + dA_H \quad [J] \quad (10)$$

$$dA_2 = dA_{m2c} + dA_n + dA_{pp1} + dA_{ap} + dA_S \quad [J] \quad (11)$$

kde: dA_H – celková elementárna práca využitá na ťah agregátu [J]
 dA_S – celková elementárna práca využitá na aktivní zpracování hmoty [J]

Celkovou účinnost přenosu energie můžeme vyjádřit vztahem:

$$\eta_c = \frac{dA_S + dA_H}{dA_{m2} + dA_S + dA_v + dA_\delta + dA_{m1c} + dA_n + dA_{ap} + dA_{pp1} + dA_H} \quad [-] \quad (12)$$

Zavedením celkové mechanické účinnosti stroje η_{SC} a úpravou rovnice (12) dostaneme pro celkovou účinnost přenosu energie vztah:

$$\eta_c = \frac{(dA_H + dA_S) \cdot \eta_{m1c} \cdot \eta_\delta \cdot \eta_{SC}}{(dA_H + dA_v) \cdot \eta_{SC} + dA_S \cdot \eta_{m1c} \cdot \eta_\delta} \quad [-] \quad (13)$$

V rovnici (13) je:

$$\eta_{SC} = \eta_{m2c} \cdot \eta_n \cdot \eta_{ap} \cdot \eta_{pp1} \quad [-] \quad (14)$$

2.2 Přenos a transformace energie štěpkovačem

Jestliže samohodný štěpkovač pracuje kontinuálně můžeme celkovou účinnost přenosu energie η_c a měrnou práci štěpkovače Q vyjádřit vztahy:

$$\eta_c = \frac{(F_{SD} + p_s \cdot S) \cdot \eta_{m1c} \cdot \eta_\delta \cdot \eta_{SC}}{(F_{SD} + F_t) \cdot \eta_{SC} + p_s \cdot S \cdot \eta_{m1c} \cdot \eta_\delta} \quad [-] \quad (15)$$

$$Q = \frac{(F_{SD} + F_t) \cdot (S \cdot \eta_{SC})^{-1} + p_s \cdot \eta_{m1c} \cdot \eta_\delta}{\eta_{m1c} \cdot \eta_\delta \cdot \eta_{SC}} \quad [-] \quad (16)$$

V rovnicích (15) a (16) je:

F_{SD} – užitečný odpor valení samohodného štěpkovače způsobený převáženou hmotou [N]



- F_t – valivý odpor energetického měniče [N]
 Q – měrná práce štěpkovače vztažená na jednotku objemu zpracované hmoty [$\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$]

2.3 Stopa štěpkovače

Rovnice závislosti mezi středním kontaktním tlakem p_s v dosedací ploše pneumatiky a jejím zahloubením t má tvar:

$$p_s = k \cdot t^n \quad [\text{N} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (17)$$

- kde: p_s – střední kontaktní tlak v dosedací ploše pneumatiky [$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$]
 t – zahloubení pneumatiky [m]
 n – exponent závislý na stupni plasticity povrchu porostu [-]
 $n \in \langle 0,8 - 1,1 \rangle$ pro suché pevné zeminy (vlhkost 0 – 8 %)
 $n \in \langle 0,4 - 0,8 \rangle$ pro středně vlhké zeminy (vlhkost 8 – 14 %)
 $n \in \langle 0,2 - 0,4 \rangle$ pro vlhké zeminy (vlhkost 15 – 30 %)
 k – součinitel závislý na stupni plasticity zeminy [$\text{J} \cdot \text{m}^{-4}$]

V tab. 1 jsou uvedeny doporučené součinitele k závislé na stupni plasticity zeminy.

Tab. 1 Doporučené hodnoty součinitele k pro lesní půdy

Druh půdy	Stupeň vlhkosti půdy		
	Suchá	Středně vlhká	Vlhká
Písčitá	4-5	2-3	0,5-1
Písčito-hlinitá	4-7	3-5	0,08-1,4
Hlinito-písčitá	4-8	2-4	0,01-0,1

Při stanovení funkční závislosti mezi zatížením pneumatik mobilního lesního výrobního systému a hloubkou vytvoření stopy pneumatiky vycházíme ze vztahu:

$$t_{A,B} = \sqrt{\frac{Y_{A,B}}{2b_{A,B} \cdot k \cdot l_{A,B}}} \quad [\text{m}] \quad (18)$$

- kde: $Y_{A,B}$ – normálová reakce na přední, zadní nápravu mobilního systému [N]
 $b_{A,B}$ – šířka otisku přední, zadní pneumatiky [m]
 $l_{A,B}$ – délka otisku přední, zadní pneumatiky [m]

3. ZÁVĚR

Algoritmická optimalizace a provedené citlivostní analýzy prokázaly dominantní vlivy výkonnosti pracovního stroje, jeho hmotnosti a kvality povrchu půdy na sledované provozní parametry a konstrukční vlastnosti štěpkovače. Výsledky prvních výpočtů ukázaly, že změny



analyzovaných parametrov o 5 – 10 % sa odrážali na zmenách měrné spotřeby energie, ekonomice provozu a sledovaných ekologických aspektech 40 – 50 %.

LITERATURA

JANEČEK, A. (2003): *Deterministický model štěpkovače optimalizující parametry z hlediska energetiky, ekonomiky a těžebně dopravní eroze*. ČZU Praha, 35 s. (Uživatelská příručka zpracovaná v rámci výzkumného úkolu QC 0117 NAZV MZe ČR).

Lektoroval: *prof. Ing. Jozef Víglaský, CSc.*

Kontaktní adresa:

prof. Ing. Adolf Janeček, DrSc., dr.h.c., prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6, Česká republika, e-mail: janecek@fle.czu.cz, adamovsky@tf.czu.cz



TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSÚDENIE MOBILNEJ ZVOZOVEJ TECHNIKY

TECHNICAL AND ECONOMICAL EXAMINATION OF MOBILE SCRAP TECHNIQUES

Ivan JANOŠKO

ABSTRAKT: Príspevok je zameraný na technickú a ekonomickú analýzu exploatácie mobilnej zvozovej techniky. Technicko – ekonomická analýza sa dotýka zhodnotenia parametrov vozidiel pracujúcich pri tzv. klasickom cykle a vozidiel využívajúcich logistické prvky zvozu odpadu. Výsledky posúdenia vychádzajú z modelového zavádzania logistickej techniky v meste Nitra. V príspevku sú prezentované výsledky od zavedenia originálneho systému zvozu odpadov L.S.L.

Kľúčové slová: komunálne vozidlo, zvoz odpadov, analýza nákladov

ABSTRACT: The paper is oriented on a technical and economical analysis of the exploitation mobile collection techniques. The technical – economical analysis to base on valuation parameters of collecting truck worked in “so-called” the classic cycles and vehicles exploited the logistical element of scrap collecting. The results of examination outgoing from introduction of logistical mobile techniques in city of Nitra. In the paper are presented the results since implementation of unique system of scrap collecting called L.S.L.

Key words: communal vehicle, scrap collecting, analysis of expenses

1. ÚVOD

Predložený príspevok sa zaoberá originálnym systémom zvozu odpadov L.S.L. (Logistický systém Lobbe). Modelové zavádzanie logistickej techniky v meste Nitra principiálne vychádza zo systému M.S.T.S. vyvinutý firmou Edelhof. Podstata systému L.S.L. vychádza z princípov aplikovania prvkov logistiky zberu využívaním špeciálnej zvozovej techniky vyvinutej pre tento účel.

Nová filozofia zberu prináša najmä tieto benefity :

- ❑ vysoká produktivita práce,
- ❑ minimálny počet pracovných síl a nižšie mzdové náklady,
- ❑ zvýšený zberový a prepravný výkon,
- ❑ výrazne zlepšenie hygieny a kultúry práce,
- ❑ dôsledné oddelenie zberu a prepravy odpadov,
- ❑ variabilita všetkých druhov prepravy na miesto zneškodnenia,
- ❑ zníženie úniku rozkladajúcich sa látok z prepravných kontajnerov.

Širšiemu zavedeniu bránia :

- ❑ pri komplexnom zavedení systému nutnosť vyšších nákladov,
- ❑ vyššia technická náročnosť údržby a vyššie náklady na opravy,
- ❑ potreba zavedenia novej technickej a prevádzkovej dokumentácie,
- ❑ vytvorenie nových a modifikovaných stanovišť zberových miest,
- ❑ konkurenčné prostredie iných systémov a výrobcov zvozovej techniky atď.



2. MATERIÁL A METÓDY

Pri zavádzaní systému zberu musia byť zohľadnené základné požiadavky ako :

- logistika čistenia mesta v oblasti zberu a zvozu by mala byť integrovanou súčasťou plánovania mesta i dopravy,
- čiastočné alebo úplné zapojenie a spolupráca obyvateľstva pri zavádzaní novej progresívnej techniky.

Systém L.S.L. (obr. 1) je principiálne zložený z nasledujúcich technických technologických prvkov :

- zberové nádoby a kontajnery so špeciálnym uchytávacím prvkom (objem 120 dm – 5 m³),
- výmenné zvozové kontajnery s objemom 7 – 20 m³,
- špeciálne zvozové vozidlá – Packer I, Packer II, Packer III,
- transportné viackontajnerové vozidlá – Transportlift pre 3 ks zvozových kontajnerov.

Zberové kontajnery sú navrhnuté tak, aby uchytávacie zariadenie vozidla umožňovalo zachytiť zberový kontajner bez pomoci ľudskej sily, premiestniť ho horizontálne pred vozidlo a následne ho zdvihnúť vo vertikálnom smere a vysypať do lineárneho lisovacieho zariadenia vozidla Packer iba samotnou obsluhou stroja – vodičom. Zachytávacie zariadenie je známe obchodným názvom „Diamon“ s priestorovým 3D systémom.

Nasadenie L.S.L. systému okrem technicko-technologických zmien si vyžaduje aj organizačné zmeny na zberových stanoviiskách kontajnerov, najmä zabezpečenie dobrého prístupu ku kontajnerom a s tým súvisiace zmeny organizácie dopravy a parkovania v daných lokalitách. Úpravy zberových stanovísk si vyžiadali posúdiť celkovo 5 variantov umiestnenia kontajnerov v blízkosti komunikácii s minimálnym obmedzovaním chodcov a vozidiel. Na obr. 2 je ukážka riešenia jedného variantu zberového stanovišťa.

Pre modernizáciu zberu komunálnych odpadov boli v meste Nitra vybraté lokality na sídliskách Chrenová a Klokočina s vysokou koncentráciou obyvateľstva. Pre porovnateľnosť výsledkov ekonomickej analýzy medzi klasickým a logistickým zvozom boli zvolené ako východiskové zberové kontajnery DU 1,1 (1100 dm³).

Výpočet potrebného počtu zberných nádob vychádza z množstva vyprodukovaného odpadu a od počtu vývozov za 1 týždeň dlhodobo sledovaný v daných lokalitách.

$$B_n = \frac{V_o}{n \cdot k_{pl} \cdot k_v \cdot V_{zn}} \quad , \quad (1)$$

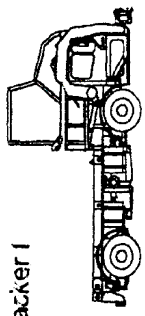
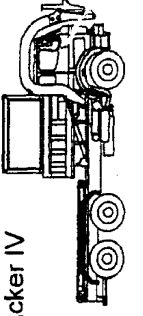
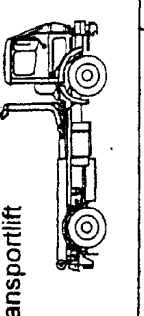
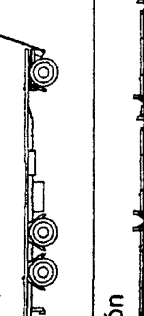
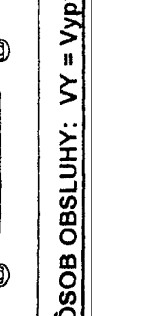
kde: B_n – počet zberných nádob (ks), V_o - týždenný výskyt odpadu (dm³),

n – počet odvozov za týždeň (-), k_{pl} – koeficient plnenia kontajnera (-),

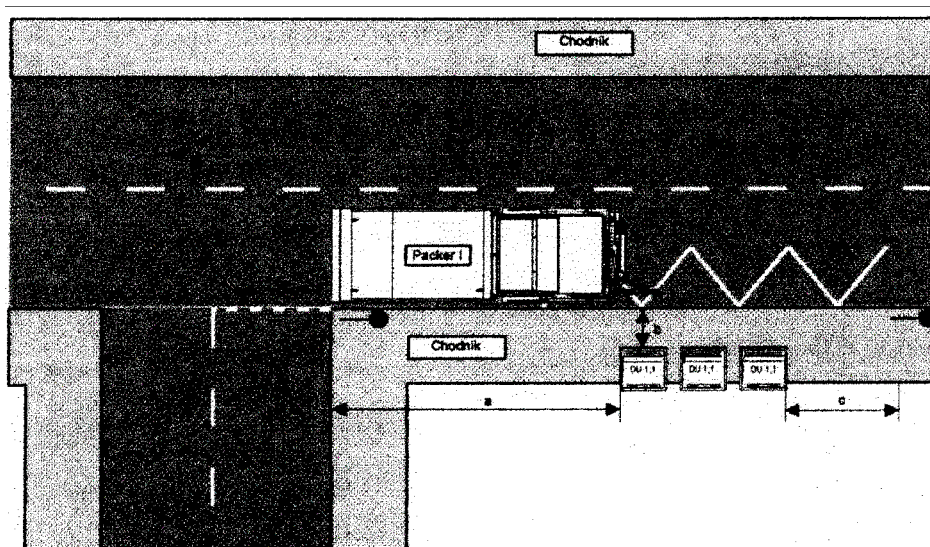
k_v – koeficient vyprázdnenia zberných nádob (-), V_{zn} - objem zbernej nádoby (dm³).

Reálny počet zberových nádob DIN (klasický zvoz) v posudzovaných lokalitách je uvedený v tab.1 a predpokladaný počet nádob DU (logistický zvoz) je v tab. 2.



L.S.L. – KOMBINÁCIE VOZIDLÁ / NÁDOBY										
nádob vozidlo	ľahký odpad				ťažký odpad			stlačený odpad		
	DU 240	DU 360	DU 1,1	FU 2,5	FU 5,0	MC 7	MC 10	MC 20	PA 20	
										
Packer I 	VY	VY	VY	-	-	-	-	-	-	-
Packer IV 	-	-	-	VY	VY	-	-	-	-	-
Transportlift 	-	-	-	-	-	VM	VM	VM	-	-
príves 	-	-	-	-	-	T	T	T	T	T
vagón 	-	-	-	-	-	T	T	T	T	T
SPÔSOB OBSLUHY: VY = Vyprázdňovanie					VM = Výmena			T = Transport		

Obr. 1 Principiálna schéma prvkov systému L.S.L.



Obr. 2 Príklad úpravy stanovišťa zberových kontajnerov DU 1,1

Tabuľka 1 Reálny počet nádob DIN 1100 a počet vývozov za mesiac

SÍDLISKO	Počet DIN nádob v lokalite	Počet vývozov 1 DIN / mesiac	Celkový počet vývozov
Chrenová	527	9	4743
Klokočina	653	9	5877
Spolu	1180		10620

Tabuľka 2 Predpokladaný počet nádob DU 1,1 a počet vývozov

SÍDLISKO	Počet DIN nádob v lokalite	Počet vývozov 1 DU / mesiac	Celkový počet vývozov
Chrenová	330	18	5940
Klokočina	420	18	7560
Spolu	750		13500

Riešenie logistického zvozu si vyžaduje zriadenie prekládkovej stanice pre výmenu zvozových kontajnerov PA 20 pre vozidlá Packer I. Boli posúdené 4 varianty možného zriadenia vhodných lokalít.

FINANČNÉ ZHODNOTENIE

Finančné porovnanie aplikácie konvenčného a logistického vychádza tézy porovnateľnej výkonovej dostatočnosti oboch systémov. Pri kalkulácii investičných a prevádzkových nákladov systémov bolo uvažované s nasledovnými technickými a technologickými prvkami.

1. Konvenčný systém vyžaduje kúpu :

- 3 ks vozidiel Volvo Linear
- 1200 ks DIN nádob 1100.



2. *L.S.L. systém* vyžaduje kúpu :

- 2 ks vozidiel Packer I,
- 750 ks nádob DU 1,1,
- 9 kontajnerov PA 20,
- súprava Transportliftu s prívesom s uvažovaním 40 % nákladov na prepravu (odvoz kontajnerov PA 20 v kombinácii s inými multikontajnermi).

Investičné náklady

Do investičných nákladov boli zahrnuté najdôležitejšie náklady na obstaranie základných technických a technologických prvkov systémov- tab. 3 a tab. 4.

Tabuľka 3 Investičné náklady – konvenčný systém

Zberové vozidlo	Volvo Linear
Počet vývozov v týždni	2
Obsluha pre 1 vozidlo	3
Počet nádob DIN	1200
Počet stanovišť	337

Investičné náklady	cena v Sk	K _v	Cena spolu v Sk
Zberové vozidlo	5 600 000	3	16 800 000
Nádoby DIN	9 000	1200	10 800 000
Náklady spolu			27 600 000

K_v- koeficient využitia

Tabuľka 4 Investičné náklady – L.S.L. systém

Zberové vozidlo	Packer I
Transportné vozidlo	Transportlife
Príves	
Počet vývozov v týždni	3,2
Obsluha pre 1 vozidlo	1,2
Počet nádob DIN	750
Počet stanovišť	370

Tabuľka 4 Investičné náklady – L.S.L. systém - pokračovanie

Investičné náklady	cena v Sk	K _v	Cena spolu v Sk
Zberové vozidlo	7 000 000	2	14 000 000
Transportné vozidlo	5 000 000	0,4	2 000 000
Príves	800 000	0,4	320 000
Kontajner PA 20	220 000	9	1 980 000
Nádoby DU	9 000	750	6 750 000
Náklady spolu			25 050 000

K_v- koeficient využitia



Prevádzkové náklady

Do prevádzkových nákladov boli zahrnuté základné náklady definované ako konštantné a variabilné- tab.5 až tab.8. Do konštantných nákladov boli zahrnuté odpisy, zákonné poistenia a poplatky. Medzi variabilné náklady boli zahrnuté pohonné hmoty, údržba a personálne náklady.

Tabuľka 5 Konštantné náklady – konvenčný systém

	Náklady v Sk	
	Vozidlo	DIN 1100
Odpisy	700 000	1 125
Zákonné poistenie	8 940	-
Poplatky	28 000	-
Koeficient využitia	3	1200
Spolu (všetky vozidlá)	2 210 820	1 350 000
Konštantné náklady spolu	3 560 820	

Tabuľka 6 Konštantné náklady – L.S.L. systém

	Náklady v Sk				
	Packer I	Transport	PA 20	Preklád. stanica	DU 1,1
Odpisy	875 000	725 000	27 500	-	1 125
Zákonné poistenie	8 940	9 240	-	-	-
Poplatky	35 000	25 000	-	226 200	-
Koeficient využitia	2	0,4	9	0,4	750
Spolu (všetky prvky skupiny)	1 837 880	303 696	247 500	90 480	843 750
Konštantné náklady spolu	3 323 306				

Tabuľka 7 Variabilné náklady – konvenčný systém

	Náklady v Sk	
	Vozidlo	DIN 1100
Pohonné hmoty	408 100	-
Údržba	60 000	-
Osobné náklady	438 840	-
Koeficient využitia	2,5	1200
Spolu (všetky vozidlá)	2 267 350	-
Variabilné náklady spolu	2 267 350	



Tabuľka 8 Variabilné náklady – L.S.L. systém

	Náklady v Sk				
	Packer I	Transport	PA 20	Preklád. stanica	DU 1,1
Pohonné hmoty	459 510	699 600	-	-	1 125
Údržba	150 000	40 000	3000	-	-
Osobné náklady	226 100	165 600	-	-	-
Koeficient využitia	1,1	0,4	9	0,4	750
Spolu (všetky prvky skupiny)	919 171	362 080	27 000	-	-
Konštantné náklady spolu	1 308 189				

3. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Modernizáciu zvozu odpadov v Nitre si vyžiadala skutočný stav zneškodňovacích zariadení najmä ukončenie prevádzky skládky Katruša a nemožnosť vybudovať novú skládku s dostatočnou kapacitou v blízkosti mesta. Najbližšie vhodné skladovacie kapacity sa nachádzali vo vzdialenosti 35- 45 km od mesta, čo evokovalo zmeniť najmä prepravné kapacity zozbieraného odpadu. Riešenie prepravy na väčšie vzdialenosti samotnými vozidlami (konvenčný zvoz) je neefektívne, lebo sa významne znižuje zberová výkonnosť v zvozovom rajóne a zvyšuje požiadavka na zakúpenie ďalšej zvozovej techniky aby bolo možné dodržať zvozový kalendár.

Akútny stav nakladania s odpadmi bol po technicko-ekonomickom zhodnotení riešený výberom logistického systému L.S.L. Technické riešenie organizácie zberu a zvozu odpadov využitím logistických prvkov patrí bez akýchkoľvek pochybností k technologickej a technickej špičke zvozovej techniky v Európe a vo svete. Možnými prekážkami sa javia najmä konkurenčné prostredie iných výrobcov zvozovej techniky, značná technická komplikovanosť vozidiel, servisné zázemie, rýchlosť a dostupnosť oprav, finančná nákladnosť pri komplexnom zavádzaní, ako aj menej početnejšie rozšírenie systému v regiónoch Európy.

Modelovanie finančných nákladov v kategórii investičných nákladov preukázalo určitú výhodnosť v prospech systému L.S.L. o cca 2,5 mil. Sk za predpokladu využitia prepravnej súpravy pre zvolené lokality na 40 % a zaťažením vstupných nákladov iba touto čiastkou. Ďalšia kapacita sa využíva pre konvenčný zvoz v iných lokalitách. Ak by však nebolo možné využiť voľnú prepravnú kapacitu, potom by bol systém L.S.L. nákladnejší.

Porovnanie prevádzkových nákladov v kategóriách konštantných a variabilných je výhodnejšie v prospech systému L.S.L. Konštantné náklady sú porovnateľné pre oba systémy. Zníženie variabilných nákladov v položkách PHM a personálnych nákladov je markantné v prospech systému L.S.L. o cca 1,2 mil. Sk. Reálne skúsenosti z prevádzky vykazujú ešte vyššie úspory. Zníženie počtu obsluhy z 3 na 1 pracovníka na jedno vozidlo podstatne zvyšuje produktivitu práce.

Potreba nasadenia vozidla Packer I by si vyžadovalo 1,1 vozidla na úplne pokrytie oboch modelových rajónov. Preto pri reálnom zavádzaní systému L.S.L. bolo zakúpené iba jedno vozidlo Packer I a malá časť zvozu bola riešená konvenčným spôsobom. Takéto riešenie znížilo investičné náklady, ale zvýšilo riziko nerealizovaných vývozov a nedodržanie hygienických terménov v prípade poruchy vozidla. Z tohoto dôvodu muselo byť zabezpečené rezervné vozidlo rovnakého typu s 24 h pohotovosťou pre viaceré lokality na Slovensku.



Záverom možno konštatovať, že zavádzanie progresívnej zvozovej techniky má svoje klady a nedostatky ako v technickej prevádzkovej oblasti, tak aj v ekonomickej náročnosti. Najmä požiadavka výmeny všetkých technologických prvkov naraz zvyšuje finančné nároky oproti konvenčnému systému, ktorý je možné modernizovať postupne s menšími nákladmi. Pre voľbu toho ktorého systému je rozhodujúcim kritériom prepravná vzdialenosť miesta zneškodnenia od zvozového rajónu. So zvyšovaním prepravných vzdialeností sa zvyšuje aj ekonomická efektívnosť systému L.S.L.

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu MŠ SR VEGA 1/38483/06. Výskum zefektívnenia ekologických aspektov prevádzkovania mobilnej a stacionárnej techniky.

LITERATÚRA

JANOŠKO, I., PIATRIK, M., GIBA, M.(1998): *Ekologické aspekty komunálnej techniky I.* Lokálne stredisko pre dištančné vzdelávanie pri SPU v Nitre, Nitra, 113 s.

JANOŠKO, I. (1996): *Snímanie a monitorovanie parametrov motorov a traktorov.* Habilitačná práca. SPU Nitra , 160s.

JANOŠKO, I., SEMETKO, I., PETROVIC, A. (2005): *Monitorovanie Spotreby PHM a pracovného cyklu vozidla s lineárnym stlačovacím ústrojenstvom.* In: 36. Medzinárodná vedecká konferencia KOKA, Praha , s. 101 – 106, ISBN 80-01-03293-0.

JANOŠKO, I., PETROVIC, A. (2006): *Mobilná technika pre zvoz odpadov.* In: Medzinárodná vedecká konferencia k 10. výročiu vzniku FEVT, Trendy lesníckej, drevárskej a environmentálnej techniky a jej aplikácie vo výrobnom procese. Zvolen, s. 95 – 100, ISBN 80-228-1650-7.

Lektoroval: doc. Ing. Jozef Černecký, CSc.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Ivan Janoško, CSc., Katedra vozidiel a tepelných zariadení, Mechanizačná fakulta SPU Nitra, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: Ivan.Janosko@uniag.sk



INTERAKCIA REZNÉHO KLINA DEZINTEGRÁTORA S PLASTOVÝM MATERIÁLOM

THE INTERACTION OF KNIVES DISINTEGRATOR WITH PLASTIC MATERIAL

Petra KVASNOVÁ

ABSTRAKT: V príspevku sú opísané sily pôsobiace na rezný klin pri dezintegrácii, materiál rezného klina ako aj nastavenie rezného klina voči obrobku. Príspevok ďalej pojednáva o možných tvaroch rezných klinov ako aj o dimenzovaní rezného nástroja vzhľadom na sily pôsobiace na nástroj.

Kľúčové slová: dezintegrátor, rezný klin, interakcia, plastový materiál

ABSTRACT: The paper describes the study of interaction between the knife and plastic materials, materials of the knife and different shape of knives.

Key words: disintegrator, knife mill, interaction, plastic materials

1. ÚVOD

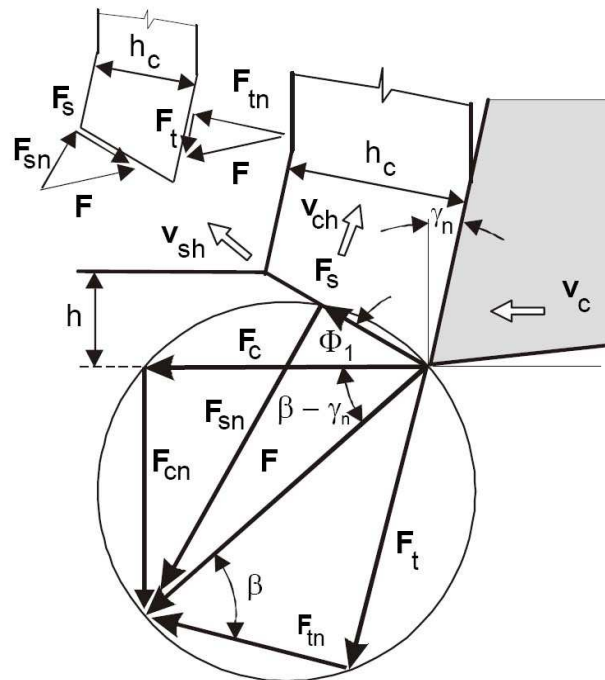
Variabilnosť plastových látok a ich široké spektrum využitia im zabezpečili mnohoraké použitie vo všetkých priemyselných odvetviach. Postupne nahrádzajú prírodné materiály, ako sú drevo, papier či kovy. Okrem mnohých pozitívnych vlastností, medzi ktoré patrí najmä ich ľahká a lacná výroba, majú aj pomerne rozsiahly negatívny vplyv nielen na naše zdravie, ale aj na životné prostredie. Problémy s likvidáciou plastových látok sú veľké a majú globálny charakter. V súčasnosti sa vyvíja veľký tlak na modernizáciu a optimalizáciu nožov dezintegrátorov plastových látok za účelom prípravy drtiny pre recykláciu. Znižovaním veľkosti výstupných produktov dochádza k zmenšovaniu skladových priestorov a zabezpečuje sa lepšie využitie dopravných prostriedkov.

2. SILY PÔSOBIACE NA REZNÝ KLIN

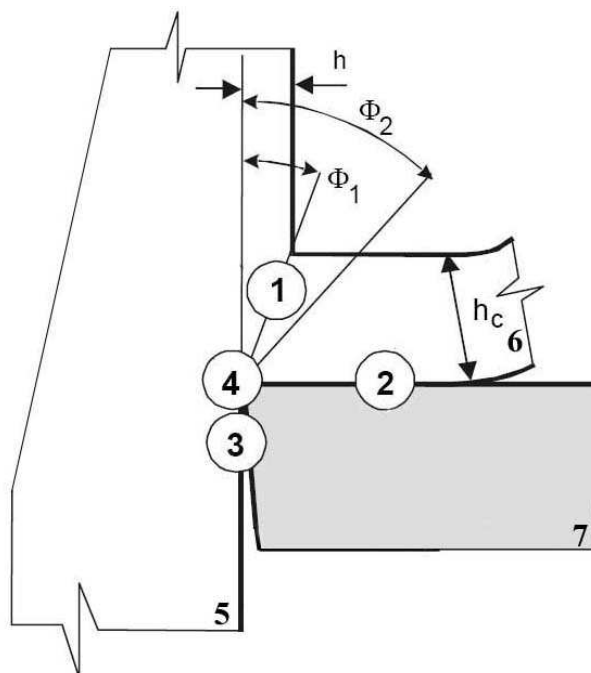
Rezný klin je činná časť rezného nástroja. Vniká do materiálu a oddeľuje z neho triesky. Aj keď na prvý pohľad vyzerajú nástroje rôzne, základný tvar rezného klina je podobný. Rezný klin je ohraničený plochou chrbta, prípadne vedľajšieho chrbta a plochou čela, ktorých prienik tvorí reznú hranu klinu. Ak je rezná hrana zalomená, vytvára hrot rezného klinu. Rezný klin je definovaný súborom základných uhlov geometrie rezného klina. Tieto sú ovplyvnené tvarom nástroja a jeho naostrením.

Rezný klin sa do materiálu vrezáva pôsobením sily F . Táto sila musí prekonať odpor materiálu proti rozrušeniu, ktorým pôsobí materiál späť na nástroj. Ak silu F posunieme na reznú hranu, potom vrcholy vektorov jednotlivých zložiek reznej sily ležia na kružnici kde:

- F_s - zložka reznej sily pôsobiaca v strižnej rovine,
- F_{sn} - normálová zložka reznej sily,
- F_c - tangenciálna zložka reznej sily,
- F_p - radiálna zložka reznej sily,
- F_{tn} - normálová zložka reznej sily kolmá na plochu čela,
- F_{cn} - trecia zložka reznej sily v ploche čela (obr. 1).



Obr. 1 Vektorová interpretácia zložiek reznej sily



Obr. 2 Javy pôsobiace pri úbere odrezávanej vrstvy

1 – oblasť plastickej deformácie v strižnej rovine, 2 – oblasť trenia medzi trieskou a nástrojom, 3 – oblasť opotrebenia nástroja, 4 – oblasť vzniku trhlín a ich šírenie (oddeľovanie triesky), 5 – obrobok, 6 – trieska, 7 – rezný klin



Pretože v procese rezania vznikajú pružné a plastické deformácie, pôsobí odrezávaný materiál kolmo na čelnú plochu reakciou v dôsledku pružných a plastických deformácií obrábaného materiálu. Na obr. 2 sú znázornené zóny v ktorých prebieha k plastickej deformácii v strižnej rovine, vzniku trhlín a k ich šíreniu oddeľovaním triesky. Na obr. 2 je znázornená aj zóna, kde dochádza k opotrebeniu nástroja a zóna trenia medzi trieskou a nástrojom.

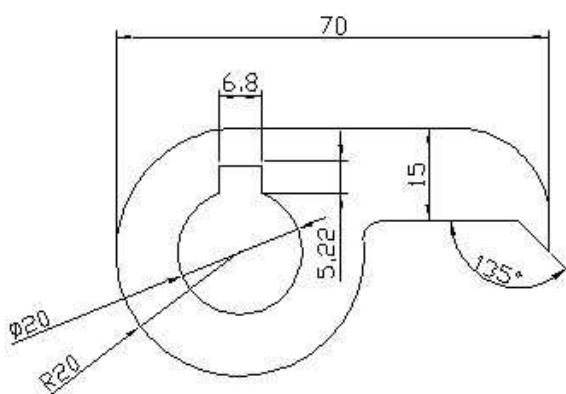
3. OPTIMALIZÁCIA TVARU NOŽA

Na splnenie požiadaviek, kladených na rezný nástroj, do značnej miery vplýva aj jeho konštrukcia. Tú možno optimalizovať už v prvých etapách jeho vzniku pomocou výpočtovej techniky a s použitím vhodných metód navrhovania, modelovania a simulácie.

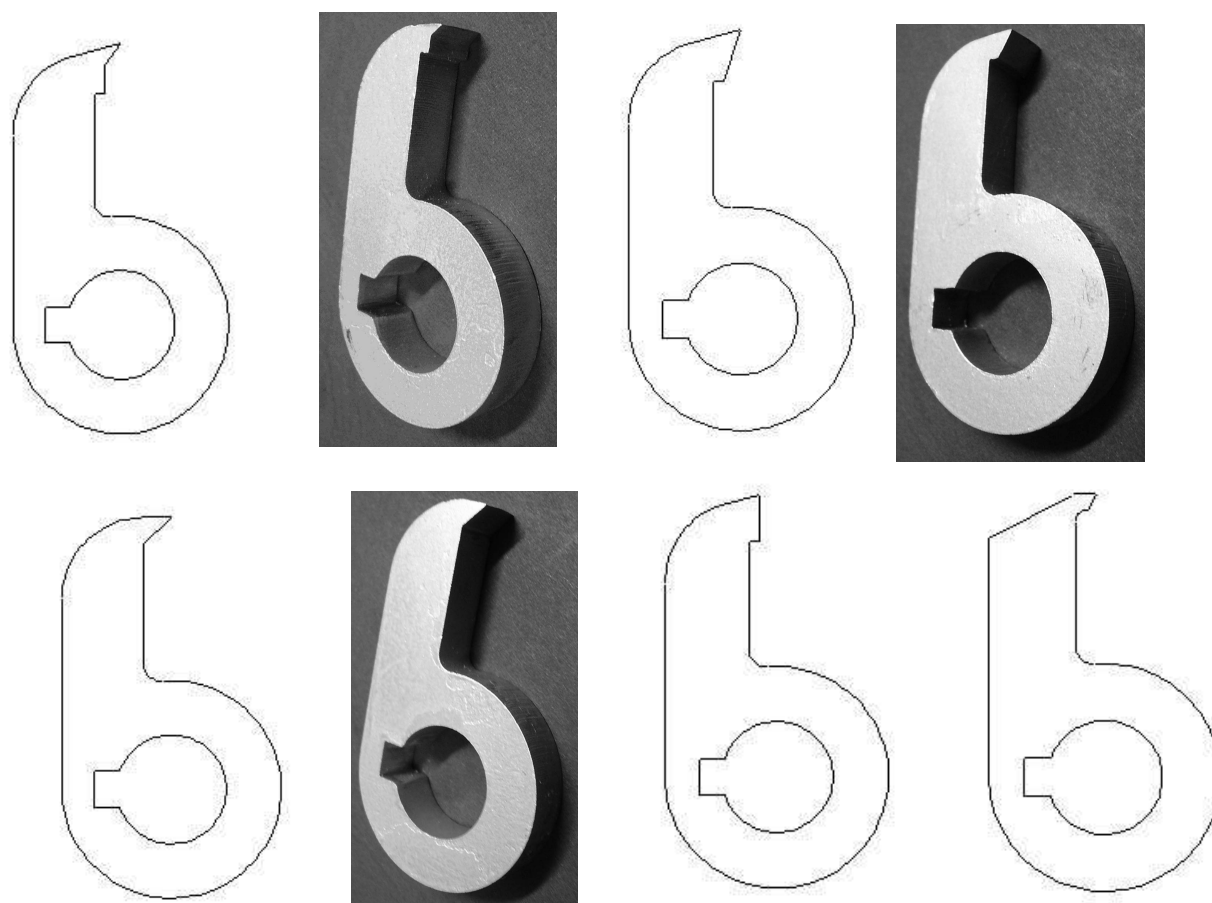
Rezné nástroje sú väčšinou tvarovo veľmi zložité súčiastky a ich komplexný konštrukčný návrh umožnili až tzv. veľké CA systémy, ku ktorým patria napr. Pro/Engineer, Catia, Solid Edge a pod. Tieto systémy umožňujú vytvárať priestorové modely, ohraničené zložitými obecnými plochami a následne vykonať pevnostnú a deformačnú analýzu návrhu.

Pri konštruovaní rezných nástrojov sa rozlišujú dva základné prístupy v závislosti na tom, či navrhovaný nástroj bude monolitný, alebo bude využívať rezné platničky. Návrh nástroja, využívajúceho rezné platničky, je viazaný na sortiment platničiek a spôsob ich upevňovania. Pri optimalizácii tvaru rezného klina sme vychádzali s predpokladu, že sa bude jednať o monolitný rezný klin. Tvar reznej časti nástroja sa odvíjal od požadovaného tvaru zhotovovaného povrchu.

Pre dezintegráciu plastových materiálov boli navrhnuté rôzne tvary nožov, ktoré sú zobrazené na obr. 3 a 4.



Obr. 3 Rozmery noža dezintegrátora



Obr. 4 Tvary nožov dezintegrátora plastových látok

Základným predpokladom správneho dimenzovania nástroja je znalosť veľkosti, smeru a zmyslu vonkajších síl, pôsobiacich na nástroj. Tie sú závislé na podmienkach interakcie rezného klina s materiálom a je možné ich určiť výpočtom alebo meraním.

Merný rezný odpor pri interakcii rezného klina s materiálom sa vypočíta ako podiel hlavnej zložky reznej sily F_c a prierezu odrezávanej vrstvy S :

$$k_c = \frac{F_c}{S} \quad [\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}] \quad (1)$$

$$1 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} = 1 \text{ MPa}$$

Vynásobením pravej strany rýchlosťou v_c ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) dostaneme:

$$\frac{F_c \cdot v_c}{S \cdot v_c} = \frac{P}{O_s} \quad [\text{W} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-3}] \quad (2)$$

kde: P - výkon rezania,

O_s - sekundové množstvo odrezávaného materiálu, t.j. výkon na jednotku odrezávaného objemu. To je aj fyzikálny význam merného rezného odporu.

Práca rezania má tieto zložky:

- práca plastickej deformácie A_d ,



- práca trenia na čele A_{ξ} ,
- práca trenia na chrbte A_{ch} ,
- práca na vytváranie nových povrchov A_p .

Rozhodujúci význam má práca plastickej deformácie. Prácu na vytváranie nových povrchov prakticky môžeme zanedbať. Práca trenia na čele a na chrbte závisí najmä od rýchlosti vzájomného pohybu.

Merný rezný odpor umožní univerzálny výpočet výkonu alebo práce rezania. Pretože výkon rezania je $P = F_c \cdot v_c$ a úpravou $P = k_c \cdot S \cdot v_c$ dostaneme:

$$P = k_c \cdot O_s \quad [W] \quad (3)$$

V tejto rovnici sekundové množstvo odrezávaného materiálu O_s počítame z geometrických a kinematických pomerov. Merný rezný odpor k_c v tejto rovnici nie je konštanta, ale závisí od parametrov rezania, najmä od pevnosti obrábaného materiálu a od hrúbky odrezávanej vrstvy.

Zaťažovacie sily pôsobia buď ako sily osamelé alebo ako spojité zaťaženie. V konštrukčných prvkoch rezného nástroja vznikajú napätia od vonkajších síl (rezné sily, upínacie sily) a vnútorné pnutie vplyvom nerovnomerného rozloženia teplôt (zaťaženie statické alebo dynamické). U niektorých nástrojov sa rezná sila v procese obrábania mení len málo a je možné predpokladať, že sú vystavené statickému namáhaniu.

Pri návrhu a pevnostnom výpočte rezného nástroja je potrebné zohľadniť aj možné zoslabenie kritického prierezu nástroja vplyvom preostrovania rezného klina. V tomto prípade sa stanovuje minimálny dovolený prierez, ktorý ešte unesie prevádzkové namáhanie nástroja.

Pri návrhu tvaru rezného klina sa berie dôraz aj na materiál rezného klina. V súčasnosti sa vyrábajú rezné klíny z nasledovných materiálov:

- spekané karbidy (SK): prirodzene tvrdé rezné materiály, vyrobené spekaním karbidov ťažkotaviteľných kovov: volfrámkarbidov (WC), titánkarbidov (TiC), tantalkarbidov (TaC), nióbkarbidov (NbC), molybdénkarbidov (MoC) a kobaltu (Co) ako spojovacej fázy.
- rýchlorezné ocele (RO): vysokolegované ocele. Hlavné prísadové prvky W, Mo, V a Cr sú karbidotvorné, Co zvyšuje stálosť proti popusteniu a tvrdosť za tepla.
- rezná keramika (RK): prirodzene tvrdé rezné materiály. Do výroby sa zavádzali kvôli zníženiu spotrebu spekaných karbidov pre obmedzené zdroje deficitných prvkov na ich výrobu, najmä W, Ta a Co a kvôli prudkému vývoju chemicko-fyzikálnych, mechanických a technologických vlastností, určujúcich ich reznosť.
- cermety: "bezvolfrámové" spekané karbidy, vynikajú vysokou chemickou stálosťou - odolnosťou proti oxidácii a parazitným difúznym reakciám, ktorých prejavom sú oxidačné ryhy a vymieľanie čela. Pevné povrchové oxidické vrstvičky obmedzujú adhéziu, čo vedie k zníženiu tvorby nárastku.



- supertvrdé rezné materiály: monokryštalický diamant, polykryštalický diamant a kubický nitrid bóru.

Prednostné použitie určitého rezného materiálu z vymenovaných skupín je vždy závislé od charakteru operácie interakcie rezného klina s materiálom, podmienok jej realizácie a technologicko-ekonomickej účinnosti.

6. ZÁVER

Zmeny a pokrok v produkovanom obsahu výrobkov si vyžiadali rozvoj materiálov ako aj tvarov výkonných a spoľahlivých rezných nástrojov. Pre spracovanie nových konštrukčných materiálov sa hľadajú spôsoby, ktoré zaistia technicky a ekonomicky optimálne dezintegrácie materiálov predpísanej veľkosti výstupných produktov určených na ďalšie spracovanie alebo zneškodnenie.

Príspevok je prezentovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VGP 1/2210/05: „Optimalizácia tvaru nožov a hlavíc dezintegrátora plastových látok“.

LITERATÚRA

- ČERNECKÝ, J. – BEŇO, P. (2006): *Konštrukčný návrh dezintegrátora plastických látok*. Nové trendy v konštruovaní a v tvorbe technickej dokumentácie, str. 3, ISBN 80-8069-701-9.
- CZÁN, A., PILC, J., ĎURECH, J. (2004): *Nástroje pre vysoko-produktívne obrábanie*. Průmyslové spektrum, 12/2004.
- IŽOL, P., ŽARNAY, J. (2004): *Využitie CA technológií pri návrhu rezných nástrojov*. Transfer inovácií, 7/2004.
- JANDEČKA, K., MOUREK, D., KAPINUS, V. (2003): *Moderní využití CA-technologií při vývoji nových řezných nástrojů*. In.: *Nástroje 2003*, Zlín, 2003.
- KAŽIMÍR, I., IŽOL, P. (1992): *Výpočet tvaru kotúčovej frézy na frézovanie skrutkovicových drážok odvalovacích fréz*. In.: *Nástroje 92*, I.diel, Bratislava, str. 106 – 109.
- ŘASA, J. (1986): *Výpočetní metody v konstrukci řezných nástrojů*. SNTL/ALFA Praha, 1986.
- WODECKI, J. (2002): *Wyznaczenie naprężeń i odkształceń w wiertłach kretych przy zastosowaniu metody elementów skończonych*. In.: *Rozvoj technológie obrábania*, Košice, str. 238 – 240.

Lektoroval: Ing. Viliam Mračna, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Petra Kvasnová, doc. Ing. Jozef Černecký, CSc., Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Katedra environmentálnej techniky, Študentská 26, 96053 Zvolen



AZBEST AKO NEBEZPEČNÝ ODPAD A SPÔSOB JEHO ODSTRÁŇOVANIA

ASBESTOS AS DANGEROUS WASTE AND ITS DEBURING

Iveta MARKOVÁ

ABSTRAKT: Článok sa zaoberá hodnotením azbestu ako chemického a karcinogénneho faktora nachádzajúceho sa v pracovnom prostredí. Novelizácia právnych predpisov v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci zakazuje práce a činnosti spojené s uvedeným materiálom k 1. 1. 2005 (Vyhláška MH SR č.67/2002 Z.z. v zozname vybraných chemických látok a vybraných chemických prípravkov, ktorých uvedenie na trh a používanie je obmedzené alebo zakázané uvádza, že používanie výrobkov obsahujúcich azbest sa končí 31.12.2004.). Napriek danej skutočnosti naďalej existujú pracoviská alebo prostredie, kde môžeme dôjsť do kontaktu s azbestom. Azbest ako karcinogenná látka ma veľmi nepriaznivé účinky na ľudský organizmus. V závere článku sú poukázané skutočnosti negatívneho dopadu pôsobenia azbestu na ľudský organizmus.

Kľúčové slová: azbest, negatívny vplyv na ľudský organizmus

ABSTRACT: Paper deals with evaluation of asbestos as chemical and carcinogen factor, which is concerning to work environment. Law novels in field of safety and health work protection stop Works and activities with asbestos to 1. 1. 2005 (Public notice MH SR 67/2002 in register chosen chemical substances and chosen chemical products, which introducing and using are delimited or stopped 31.12.2004). For all that places of work or environments exist, where we can contact with asbestos. Asbestos as carcinogen has very negative incidence on human body. In conclusion paper are showed actualities of action asbestos on human body.

Key words: asbestos, negative incidence on human body

1. ÚVOD

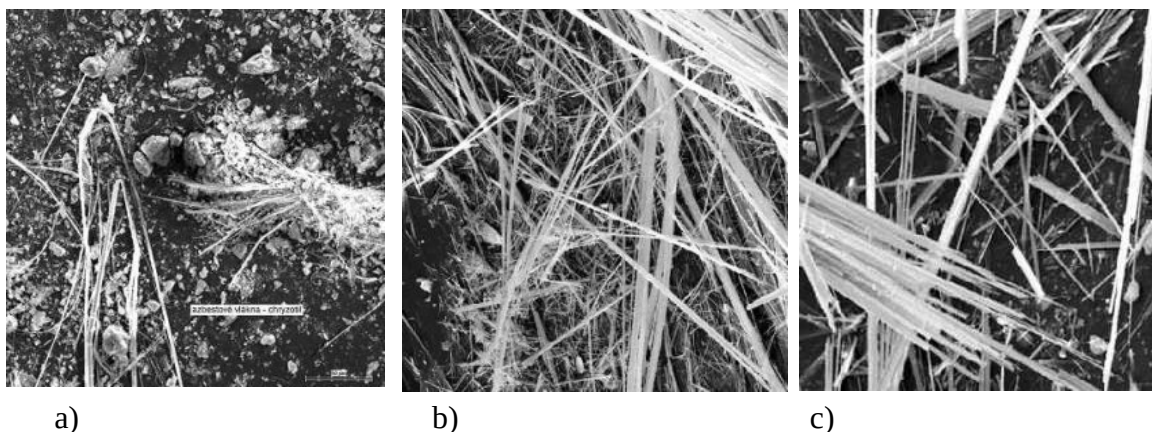
Azbest je názov pre skupinu vláknitých minerálov prirodzene sa vyskytujúcich v zemskej kôre. Mineralogicky je zaradený medzi kryštalické silikáty s dvomi základnými formami: serpentínovou a amfibolovou. Chryzotil (biely azbest – obr. 1) je jediný zástupca serpentínov s hospodárskym využitím a má viac ako 95% zastúpenie v súčasnej celosvetovej spotrebe azbestu. Hlavnými zástupcami amfibolovej skupiny sú krocidolit (modrý azbest – obr. 2), amozit (hnedý azbest – obr. 3), antofylit, tremolit a aktinolit. Hospodársky význam majú iba chryzotil, krocidolit a amozit. Antofylit bol vo väčšom rozsahu používaný v minulosti vo Fínsku [2].

Na Slovensku sa v minulosti ťažil chryzotil v lome Dobšiná. Priemyselne sa spracovával azbest vo Ferenite Nitra. V súčasnosti je ťažba a spracovávanie azbestu v Slovenskej republike zakázaná. Vlastnosti azbestov sú výsledkom ich vláknitej povahy. Vo všeobecnosti azbestové minerály nie sú prchavé a sú chemicky stabilné. Majú vysokú pevnosť v ťahu, ohybnosť, trvanlivosť, taktiež vykazujú vysokú tepelnú izoláciu a odolnosť voči plameňu [2]. Majú schopnosť vytvárať voľne polietavé submikroskopické častice - respirabilná frakcia.

Z hľadiska ochrany zdravia je najdôležitejšia respirabilná frakcia definovaná hrúbkou a dĺžkou vlákna. Hrúbka vlákna musí byť menšia ako 3µm, dĺžka väčšia ako 5 µm a ich vzájomný pomer musí byť rovný alebo väčší ako 3 : 1. Dlhodobé štúdie organizácie pre výskum rakoviny (IARC) a svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) dokázali karcinogénne vlastnosti azbestových vlákien. Preto boli všetky druhy azbestov bez rozdielu chemického



zloženia zaradené do kategórie 1 - dokázaných karcinogénov pre ľudí (Nariadenie vlády 356/2006 Z. z.).



a)

b)

c)

Obr. 1. Príklady minerálnych vlákien azbestu pod elektrónovým mikroskopom

Fig. 1. Examples of mineral fibers of asbestos under electron microscopy

a) Chryzotil (biely azbest) CAS: 12001-29-5

b) Krocidolit (modrý azbest) CAS: 12001-28-4

c) Amozit (hnedý azbest) CAS: 12172-73-5

Napriek vyššie uvedeným skutočnostiam naďalej existujú miesta, kde sa ešte dnes môžeme s azbestom stretnúť (tab. 1). Azbest je možné nájsť vo veľkom množstve výškových budov, škôl, telocviční, úradov a budov určených na verejné používanie postavených v období rokov 1970 až 1990 obsahuje nespočetné množstvo materiálov s obsahom azbestu. Tieto materiály sú veľmi často v zlom stave a sú neustále zdrojom uvoľňovania azbestových vlákien do okolia. Ku kontaminácii prostredia a expozícii zamestnancov často prichádza pri búracích prácach, stavebných úpravách, rekonštrukciách a neodborných demontážach.

2. RIZIKÁ PÔSOBNIA AZBESTU

Riziká spojené s prítomnosťou azbestu v prostredí boli od úvodu minulého storočia postupne sledované. Experimenty a výsledky štúdií poukazujú na latentnú dobu medzi začiatkom expozície azbestu a vznikom ochorení 20 až 40 rokov.

Neexistuje nijaká známa bezpečná úroveň vystavenia sa účinkom azbestu. Nie je určená prahová dávka azbestovej expozície (nie je určené neškodné množstvo nadýchania sa azbestových vlákien). Čím viac je osoba vystavená azbestovej expozícii, tým väčšie je riziko, že vás postihne choroba súvisiaca s azbestom

V súvislosti so vznikom ochorení z azbestu je významná predovšetkým profesionálna expozícia. Nie je však zanedbateľné ani sekundárne profesionálne, paraprofesionálne, neprofesionálne riziko a potencujúce rizikové faktory. V kombinácii s nimi je vplyv azbestu na ľudský organizmus multiplikačný.

Bonnefoy [3] prostredníctvom príkladov prezentuje profesionálne, sekundárne profesionálne, paraprofesionálne a neprofesionálne riziko a potencujúce rizikové faktory v dôsledku vystavenia pôsobeniu azbestu.



Príklady profesionálnej expozície azbestom [1]:

- ❑ dobývanie hornín obsahujúcich azbest v hlbinných a povrchových baniach,
- ❑ preprava a mletie azbestu,
- ❑ priemyselné spracúvanie azbestových vlákien,
- ❑ výroba azbestocementových textílií, ochranných odevov pre hasičov a pracovníkov hutníckych prevádzkarní,
- ❑ výroba strešných krytín,
- ❑ výroba vodovodných a odpadových potrubí, obkladových dosiek,
- ❑ výroba postrekovej azbestovej malty,
- ❑ výroba brzdového a spojkového obloženia, izolačných dosák, tesniacich zariadení, protipožiarnych obložení,
- ❑ výroba cigaretových filtrov pridávaním azbestových vlákien (príklad neobvyklého použitia – potenciácia karcinogénneho účinku),
- ❑ stavba lodí,
- ❑ inštalačné práce,
- ❑ demolačné práce, pri ktorých sa vyskytujú materiály obsahujúce azbest (ohrození sú údržbári, opravári, inštalatéri, elektrikári a podobne),
- ❑ kabíny vodičov nákladných automobilov a kamiónov (kúrenia pokrýva izolačná vrstva sa dostávajú otvormi motora, prúdom vzduchu do kabíny,
- ❑ výroba čistiacich prostriedkov s obsahom azbestu,
- ❑ výroba farbív s obsahom azbestu.

Nadálej existujú povolania pri ktorých je riziko vystavenia azbestu stále prítomné. Ide o nasledujúce prípady [6]:

- | | |
|----------------------------------|---|
| – klampiari, | – pracovníci údržby, vrátane zmluvných |
| – vykurovací technici, | pracovníkov a strážnej služby, |
| – elektrikári, | – pokrývači, |
| – stolári, | – pracovníci, ktorých náplňou je čistenie |
| – pokladači kobercov a pokladači | a upratovanie, |
| iných podlahových krytín, | – iné povolania, ktoré potrebujú získať |
| – dielenský montéri, | prístup k otvorom na streche a k |
| | priestorom pod panelmi a |
| | k podobným, skrytým miestam. |

Na základe danej skutočnosti, nadálej je možné charakterizovať príklady sekundárnej profesionálnej expozície a paraprofesionálne riziko [1]:

- ❑ únik spracovaného azbestu do ovzdušia zo závodov – riziko pre obyvateľov v okolí závodu,
- ❑ úradníci v azbestových závodoch, ktorí prichádzajú do styku s robotníkmi alebo s príbuznými exponovaných azbestu,
- ❑ pranie bielizne a oblečenia rodinným príslušníkom exponovaných azbestu.

Potenciujúce rizikové faktory vplyvu azbestu [2]:

- ❑ životné prostredie (napríklad polycyklické uhl'ovodíky, splodiny výfukov),
- ❑ rizikové faktory z pracovného prostredia (napríklad práca v prostredí s rizikom expozície karcinogénnymi látkami),
- ❑ fajčenie.



Práve v súvislosti s faktorom fajčenia údaje z literatúry a klinická prax potvrdzujú, že silný fajčiar bez profesionálneho rizika expozície azbestu má pri porovnaní s nefajčiarom 20- až 25-násobnú pravdepodobnosť výskytu zhubného ochorenia priedušiek. Ak však silný fajčiar pracuje v prostredí s rizikom expozície azbestu, pravdepodobnosť tohto ochorenia sa zvyšuje na 50- až 90-násobok v porovnaní s nefajčiarom neprichádzajúcim do styku s azbestom. Preto je fajčenie zaradené ako kontraindikácia pre prácu s rizikom expozície azbestu.

Pri minerálnych vláknitých prachoch sú stanovené prípustné limity počtom vlákien v 1 cm^3 vzduchu. Je to dané predovšetkým tým, že pre karcinogénne účinky je rozhodujúca prítomnosť vlákien a ich koncentrácia. Limitná hodnota koncentrácie azbestových vlákien v pracovnom prostredí je pre chryzotil $0,6/\text{cm}^3$ vzduchu. Najpatogénnejšie častice sú 30 – 50 dlhé (nariadenie vlády 253/2006 Z.z.).

3. NEGATÍVNE PÔSOBENIE AZBESTU NA ĽUDSKÝ ORGANIZMUS – OCHORENIA SPÔSOBENÉ AZBESTOM

Akútne účinky (prudké) azbestu na ľudský organizmus nie sú známe. Ide o chronické účinky (dlhotrvajúce) v podstate o dlhodobú expozíciu azbestu.

Vplyvom dlhodobej expozície azbestu môžu vzniknúť nenádorové i nádorové ochorenia.

Pôsobenie azbestu na ľudský organizmus je spojené s inhaláciou azbestových vlákien. Inhalácia je spojená s tromi hlavnými zdravotnými poruchami:

- ☐ azbestózou pľúc, Pleurálna hyalínóza ako nenádorové ochorenia,
- ☐ rakovinou pľúc,
- ☐ mezoteliómom.

Azbestóza

Azbestóza (vytvorenie depozitov anorganického azbestového prachu v pľúcnom tkanive). Je výsledkom vdychovania azbestových vlákien rozmerov respirabilnej frakcie, ktoré sa ukladajú do pľúc a vedú k tvorbe jaziev v pľúcnom parenchyme a k tvorbe pohrudnicových zhrubnutí. Pľúcna fibróza vedie k poškodeniu pľúcnych funkcií až k smrti. Vyskytuje sa u robotníkov dlhodobo exponovaných vysokým koncentráciám azbestového prachu. Výrazné klinické prejavy sa nezriedka prejavujú až po 20 - tich rokoch od začiatku expozície, avšak pri veľmi závažnej expozícii sa môžu objaviť po troch rokoch od začiatku expozície. Môže byť pozorovaná tiež v bežnej populácii žijúcej v oblasti vysokých emisií prachu produkovaného pri ťažbe azbestu.

Pleurálna hyalínóza

Pleurálna hyalínóza (ukladanie a vytvorenie ložísk hyalínu – sklovitej substancie v pohrudnici za súčasného nahromadenia solí vápnika).

Akútna pleuritída (zápal pohrudnice).



Rakovina pľúc

Prvé prípady rakoviny pľúc u pracovníkov s azbestom boli popísané v roku 1930 a príčinný vzťah medzi azbestom a týmto ochorením bol potvrdený v polovici päťdesiatych rokov. Priemerná doba medzi prvou expozíciou azbestovým vláknom a vznikom rakoviny pľúc predstavuje 20 až 40 rokov. Fajčiari exponovaní azbestu sú v omnoho závažnejšom riziku vzniku rakoviny pľúc než nefajčiari exponovaní tejto škodlivine. Azbest a chemické zlúčeniny obsiahnuté v cigaretovom dyme majú synergické účinky, ktoré sú omnoho závažnejšie než izolované expozície azbestovému prachu a cigaretovému dymu.

Mezotelióm

Mezotelióm je rakovina obalov pľúc a hrudníka (pohrudnice) alebo brušnej dutiny (pobrušnice). Väčšina mezoteliómov spôsobených azbestom sa vyskytuje na pohrudnici. Táto forma smrteľnej rakoviny sa objavuje po 30-tich až 50-tich rokoch od začiatku expozície. Vyskytuje sa u osôb profesionálne exponovaných azbestu. Zvýšený výskyt bol však pozorovaný i pri neprofesionálnej expozícii u ľudí žijúcich v spoločnej domácnosti s pracovníkmi v riziku azbestu alebo žijúcich v okolí zdrojov azbestového prachu ako sú lodenice alebo závody na výrobu azbestových izolačných materiálov.

Podľa Reichrtovej [8] Mezotelióm je relatívne zriedkavá forma zhubného nádoru. Iné lokalizácie rakoviny (žalúdok, črevný trakt, obličky, hrtan a hltan) po expozícii azbestu sú podľa nových epidemiologických štúdií pochybné. [8]. Epidemiologicke studie potvrdili [8], že v kolektívoch s amfibolovou expozíciou je vyššia potenciálna možnosť vzniku mezoteliomov v porovnaní s podobnou skupinou s chryzotilovou expozíciou. Všeobecne sa predpokladá, že je to spojené s trvácnosťou, resp. odolnosťou amfibolových vlákien. Žiaľ, prachové analýzy nestačujú na to, aby sa tato otázka celkom jasne rozhodla. Ale pri posudzovaní rizika sa musia vziať do úvahy aj tieto faktory [8]. Azbest patri do malej skupiny látok s potvrdenými karcinogénnymi účinkami priamo na človeka aj v životnom prostredí (mezoteliomove prípady v okolí juhoafrických krocidolitových bani), v prevádzkach – v pracovnom prostredí, kde sa spracúva azbest, napr. v Hamburgu, resp. u žien v domácnostiach, ktoré prali azbestové odevy a pod. [8].

4. SPRÁVNÝ POSTUP PRI IDENTIFIKOVANÍ PRACOVISKA S VÝSKYTOM AZBESTU?

Podľa § 10 ods. 7 písm. b) zákona č. 126/2006 Z.z. o verejnom zdravotníctve a o zmene a doplnení niektorých zákonov, ktorý vstúpil do platnosti ku dňu 1. 6. 2006 sa menia požiadavky na BOZP pri práci s azbestom podľa nasledovných požiadaviek [13]. Právnická alebo podnikajúca fyzická osoba je povinná podať **Žiadosť na vydanie oprávnenia na odstraňovanie azbestových materiálov musí obsahovať** [13]:

- a) obchodné meno, právnu formu, sídlo, ak ide o právnickú osobu; meno, priezvisko a bydlisko, ak ide o fyzickú osobu,
- b) doklad o oprávnení na podnikanie a identifikačné číslo (IČO), ak bolo pridelené,
- c) meno, priezvisko a bydlisko alebo sídlo osoby zodpovednej za prevádzkovanie (riadiaci pracovník) s údajmi o vzdelaní,
- d) dokumentáciu s opisom činnosti, resp. technológie odstraňovania azbestových materiálov, ktorá musí obsahovať nasledovné údaje o **technickom vybavení**.



- Súvisiace podmienky s úpravou pracoviska pri odstraňovaní azbestu [13]:
- I. Pri odstraňovaní azbestových materiálov zo stavieb bez súvisu s vnútornými priestormi slúžiacimi na pobyt ľudí, v ktorých nie je možné z technického hľadiska vytvoriť kontrolované pásmo s podtlakovým systémom:
 - priemyselný vysávač prachu s filtrom o minimálnej zachytnosti prachových častíc 99,99 % (priložiť fotodokumentáciu)
 - vysokotlaké bezvzduchové striekacie zariadenie na aplikáciu materiálov (prípravkov) používaných pri sanačných prácach materiálov s obsahom azbestu
 - názov a zloženie prípravku na fixáciu zostatkových vlákien v objektoch s certifikátom preukázania zhody (priložiť kartu bezpečnostných údajov)
 - názov a zloženie prípravku na stabilizáciu azbestového odpadu (priložiť kartu bezpečnostných údajov)
 - názov a zloženie prípravku na fixáciu a zapúzdrenie materiálov s obsahom azbestu pri ponechaní týchto materiálov v stavbe s certifikátom preukázania zhody (priložiť kartu bezpečnostných údajov)
 - II. Pri odstraňovaní azbestových materiálov v interiéroch budov s použitím podtlakového systému vrátane zabezpečenia opláštenia fasády budov slúžiacich na pobyt ľudí:
 - odsávacie zariadenie s elektrickou pohonnou jednotkou a s HEPA filtrom o zachytnosti minimálne 99,99 % a predfiltrom, o výkone zabezpečujúcom minimálne 5-násobnú výmenu vzduchu v kontrolovanom pásme pri kontinuálnom vytvorení podtlaku v rozmedzí 20 – 50 Pa počas sanačných prác a jednu hodinu po skončení prác, a ďalej minimálne 10 Pa počas prestávok dlhších ako jedna hodina (priložiť fotodokumentáciu).
 - zariadenie na kontinuálne meranie a zaznamenávanie podtlaku v kontrolovanom pásme počas celej doby zriadenia kontrolovaného pásma (priložiť fotodokumentáciu).
 - technické zariadenie na vzduchotesné oddelenie pracovného priestoru (kontrolovaného pásma) s použitím materiálov odolných proti nasávacej sile podtlaku do 50 Pa s otvormi na privádzanie čistého vzduchu, ktoré sa pri vyrovnaní tlaku automaticky uzatvoria
 - optický, alebo zvukový signalizátor poklesu podtlaku pod 20 Pa
 - trojkomorový systém vstupu a výstupu z kontrolovaného pásma s regulovaným vstupom a výstupom v poslednej komore smerom von z kontrolovaného pásma (s obmedzovačom otvorenia dverí a svetelnou signalizáciou)
 - priemyselný vysávač s filtrom o minimálnej zachytnosti prachových častíc 99,99 % (priložiť fotodokumentáciu)
 - vysokotlaké bezvzduchové striekacie zariadenie na aplikáciu materiálov (prípravkov) používaných pri sanačných prácach materiálov s obsahom azbestu
 - názov a zloženie prípravku na fixáciu zostatkových vlákien v objektoch s certifikátom preukázania zhody (priložiť kartu bezpečnostných údajov)
 - názov a zloženie prípravku na stabilizáciu azbestového odpadu (priložiť kartu bezpečnostných údajov)
 - názov a zloženie prípravku na fixáciu a zapúzdrenie materiálov s obsahom azbestu pri ponechaní týchto materiálov v stavbe s certifikátom preukázania zhody (priložiť kartu bezpečnostných údajov)
- e) ďalšie doklady potrebné na vydanie rozhodnutia, [13]:
- zoznam zamestnancov: meno, priezvisko, profesia



- doklad o absolvovaní odbornej prípravy zamestnancov od oprávnenej fyzickej alebo právnickej osoby na vykonávanie výchovy a vzdelávania (§4 ods. 1 písm. i) zákona č. 95/2000 Z.z. o inšpekcii práce, resp. § 6 ods. 1 písm. d) zákona č. 125/2006 Z.z. o inšpekcii práce) v rozsahu **§ 9** ods. 2 nariadenia vlády SR č. **253/2006** Z.z. o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou azbestu pri práci
- doklad o zdravotnej spôsobilosti zamestnancov podľa **§ 11** nariadenia vlády SR č. 253/2006 Z. z. o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou azbestu pri práci
- doklad o odbornej spôsobilosti pre činnosti podľa **§ 9** ods. 4 písm. a) a d) zákona č. 126/2006 Z.z. o verejnom zdravotníctve a o zmene a doplnení niektorých zákonov v súvislosti s azbestom (meranie, hodnotenie a odber vzoriek)
- doklad o spôsobe likvidácie azbestového odpadu na skládke nebezpečných odpadov

Úrad verejného zdravotníctva SR upozorňuje [13], že použitie deklarovaného technického vybavenia musí byť súčasťou plánu práce, ktorý je potrebný predložiť pred začiatkom prác príslušnému regionálnemu úradu verejného zdravotníctva a bude kontrolovaný v rámci výkonu štátneho zdravotného dozoru.

5. ZÁVER

Európska únia podľa [2] zakázala použitie všetkých druhov azbestových vlákien v členských štátoch najneskôr do 1.januára 2005 (Smernica EÚ č. 77, 1999). Tento zákaz zahŕňa použitie chryzotilu v azbestocementových a trecích materiáloch, ako i tmelov a tesnení. Vedecký výbor Európskej komisie zvážil, že väčšina náhradných alternatív za chryzotil (celulóзовé vlákna, polyvinilové a aramidové vlákna) predstavuje v súčasnosti nižšie riziko pľúcnej rakoviny a fibrózy pľúc než chryzotil. Jedinou výnimkou zo zákazu sú azbestové membrány používané pri elektrolytickej výrobe chlóru v niektorých závodoch. V týchto prípadoch v súčasnosti neexistuje technická náhrada za chryzotil bez vylúčenia bezpečnostného rizika (nebezpečie výbuchu). Na druhej strane riziko pre zdravie ľudí z tohto použitia chryzotilu je mimoriadne nízka, pretože sa používa v uzatvorenom systéme priamo na mieste. Tieto membrány nie sú voľne predajné.

V prípade prítomnosti azbestu na pracovisku zamestnávateľ je povinný zabezpečiť pravidelné meranie azbestu v ovzduší na mieste výkonu práce referenčnou metódou alebo akoukoľvek inou metódou, ktorá poskytne rovnaké výsledky (zákon 126/2006 Z. z.). Výsledky merania musia zodpovedať osobnému vystaveniu zamestnanca prachu z azbestu alebo z materiálov obsahujúcich azbest. Ak nemožno účinne obmedziť pôsobenie prachu z azbestu alebo z materiálov obsahujúcich azbest, zamestnávateľ je povinný poskytnúť zamestnancom osobné ochranné pracovné prostriedky na ochranu dýchacích orgánov a výkon práce zabezpečiť tak, aby tieto prostriedky zamestnanci používali len v nevyhnutne potrebnom a prísne obmedzenom čase. (zákon 126/2006 Z. z.).

LITERATÚRA

Hurbánková, M. (2005): *Azbestová expozícia - minulosť súčasnosť*.
http://www.sazp.sk/slovak/periodika/enviromagazin/enviro1_3/azbest22.html(28. 3. 2005)



Bonnefoy X. 2000 (preložil Miroslav Machata) (2000).: *Azbest a zdravie*. Štátny zdravotný ústav SR v rámci programu NEHAP, 28 s. ISBN 80-88743-45-1.

www.bozpinfo.cz/win/clanky/chemicke_latky/azbest_rijen031106.html (5.4.2004)

<http://www.chempor.sk/> (17.3. 2006)

<http://www.aaservice.sk/cojeazb.htm> (17. 3. 2006)

Azbest v stavebníctve (<http://osha.eu.int/publications/factsheets/51/fact51-sk.pdf>) (27.3.2006)

Azbest, ktorý už neškodí

[http://hnonline.sk/?s1=k&s2=0&s3=4&s4=4&s5=0&s6=0&m=detail&article\[area_id\]=10025660&article\[id\]=17744160&p=k04400_detail](http://hnonline.sk/?s1=k&s2=0&s3=4&s4=4&s5=0&s6=0&m=detail&article[area_id]=10025660&article[id]=17744160&p=k04400_detail) (28.3.2006).

Reichrtova, E. (1997): *Asbestos in Buildings and Environment*. Život. Prostr., Vol. 31, No. 3.

Nariadenie vlády 356/2002 Z. z. o minimálnych bezpečnostných požiadavkách pri práci s karcinogénnymi a mutagénymi faktormi.

Nariadenie vlády 355/2006 Z. z. o minimálnych bezpečnostných požiadavkách pri práci s chemickými faktormi.

Zbierka zákonov č. 126/2006 Z.z. o ochrane zdravia.

Nariadenie vlády SR č.253/2006 Z.z. o ochrane zdravia pri práci s azbestom

Vyhláška MH SR č.67/2002 Z. z. v zozname vybraných chemických látok a vybraných chemických prípravkov, ktorých uvedenie na trh a používanie je obmedzené alebo zakázané

<http://www.uvzs.sk/>

Lektoroval: Ing. E. Ružinská, PhD.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Iveta Marková, PhD., Katedra protipožiarnej ochrany, Drevárska fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, markova@vsld.tuzvo.sk



MODEL LAMELOVÉHO ODLUČOVAČA AKO PROSTRIEDOK NA ZVÝŠENIE EFEKTÍVNOSTI ODLUČOVANIA

MODEL OF LAMELA SEPARATOR AS DEVICE TO INCREASE OF SEPARATION EFFICIENCY

Sláva PARNIČANOVÁ – Jozef ČERNECKÝ

ABSTRAKT: Článok prezentuje základné poznatky environmentálnej techniky v oblasti lamelových odlučovačov. Lamelový odlučovač je zariadenie slúžiace na čistenie odpadových vôd, pričom oddeľuje pevné čiastočky a kal z odpadových vôd. Článok predstavuje experimentálny model lamelového odlučovača ako zariadenia na zvýšenie separačnej účinnosti podobných zariadení s následnou aplikáciou v odpadovom hospodárstve. Poznatky z aerodynamiky prúdenia tekutín v úzkych medzerách je veľmi vhodné aplikovať na lamelové odlučovače. V daných zariadeniach je možné využiť teoretické a experimentálne dosiahnuté výsledky pre zvýšenie účinnosti a optimalizáciu geometrie zariadenia.

Kľúčové slová: lamelový odlučovač, odlučovacia technika, odpadová voda

ABSTRACT: This article describes present information about environmental technology in the lamella separators area. The lamella separator is used to clarify and recycle water. It separates particles and turbidity from dirty water. The model of lamella separator as experimental equipment is dedicated to increase the separation efficiency and to improve the water environment and is also presented in the article. The knowledge of the fluids in narrow channels is easily applicable also in lamella separators. The teoretical and experimental results obtained in this area may be very beneficial for the improvement of efficiency or optimisation of the geometry of separators.

Key words: lamela separator, separated technology, water waste

1. ÚVOD

Kvalita životného prostredia je jedným z rozhodujúcich faktorov ovplyvňujúcich zdravie a dĺžku života človeka, ako aj kvalitu ekosystémov. Mnohí z nás si však neuvedomujú pôsobenie tohto faktora na náš život a naďalej pokračujú v devastovaní našej planéty.

Jedným zo základných činiteľov životného prostredia je voda. Voda je základom života. Po kyslíku je voda druhým najdôležitejším faktorom pre existenciu života. Preto k hlavným cieľom patrí zabezpečenie dostatočného množstva vody dobrej kvality pre všetkých obyvateľov tejto planéty, pri zachovaní hydrologických, biologických a chemických funkcií ekosystémov, pri prispôbení ľudských činností kapacitným možnostiam prírody a neustálom boji proti chorobám, ktorých výskyt sa viaže na vodu.

Je evidentné, že povrchové vody sú zraniteľnejšie z hľadiska kvality, hygienickej nezávadnosti, ale aj zachovania prirodzeného ekosystému a množstva v porovnaní s podzemnými vodami. Preto je potrebné ich ochrane venovať zvýšenú pozornosť. Základnou požiadavkou v tomto smere je ich optimálne sledovanie, vyhodnocovanie kvality a vykonávanie potrebných environmentálnych opatrení.

Pre najlepšie využitie obmedzených vodných zdrojov a zabezpečenie ich ochrany pred znečistením sú potrebné nové progresívne technológie, vrátane zlepšenia tradičných technológií.



2. LAMELOVÉ ODLUČOVAČE

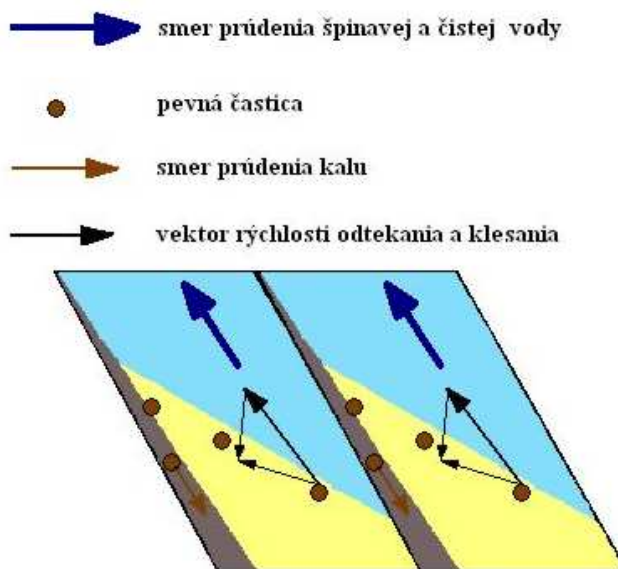
Paralelné lamelové odlučovače našli široké možnosti využitia pri úprave a čistení odpadových vôd. K odlúčeniu pevných alebo nerozpustných látok z tekutín rozličnej hustoty (olej/voda/vzduch) sa používajú odlučovacie systémy konvenčnej konštrukcie vytvorené z pozdĺžnej čistiacej nádrže alebo okrúhlej čistiacej nádrže. V týchto zariadeniach selektujú látky na zväzku lamiel pri menších prietokových rýchlostiach klesaním alebo flotáciou.

2.1 Systém lamelových odlučovačov

Lamelový odlučovač sa skladá z paralelne usporiadaných zväzkov lamiel uložených v pozdĺžnych alebo v okrúhlych nádržiach. Hlavný smer pohybu suspenzie je paralelne na lamelu zdola smerom hore. Od uhla sklonu platne podstatne závisí odlučivosť zariadenia (1). V praxi sa využívajú štyri systémy lamelových odlučovačov pre čistenie odpadových vôd, a to na princípe:

- supružného pohybu kvapaliny,
- protiprúdneho pohybu kvapaliny,
- šikmého pohybu kvapaliny,
- krížového pohybu kvapaliny.

Odpadová voda je privádzaná prírodným kanálom do vstupnej časti odlučovača. Odtiaľ steká do dolného priestoru odlučovača, tam sa prúd otáča a pokračuje cez lamely smerom hore (obr.1). Na tejto ceste klesajú suspendované látky na priečne uložených lamelách (sedimentujú) a kľžu sa do kalovej výsypky. Vyčistená voda stúpa smerom hore a je odvádzaná odtokovým kanálom (2).



Obr. 1 Schéma odlučovania na lamelách

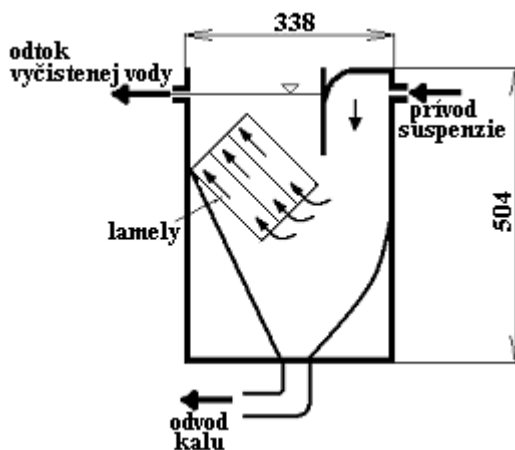


3. EXPERIMENTÁLNE ZARIADENIE A METODIKA EXPERIMENTÁLNEHO MERANIA

Po preštudovaní súčasného stavu odlučovacej techniky bol na katedre environmentálnej techniky – TU Zvolen (FEVT) navrhnutý a vyrobený experimentálny model protiprúdneho lamelového odlučovača.

Model experimentálneho zariadenia je vyrobený z plexiskla hrúbky $h = 5$ mm. Prívod vodnej suspenzie do nátokového priestoru modelu je zabezpečený prírodným potrubím. Nátokový priestor a priestor na odlučovanie je oddelený posuvnou zarážkou hrúbky $h = 3$ mm a nastaviteľnej dĺžky. Lamelová konštrukcia je upevnená na otočnom kĺbe, je zhotovená z plexiskla hrúbky $h = 3$ mm. Efektívna plocha odlučovacích lamiel má obsah $47,94 \text{ cm}^2$. Rozostup medzi lamelami je $a = 39$ mm. Odlučovaný kal spadá do kalového priestoru, z ktorého je odvádzaný odpadovým potrubím. Vyčistená voda je odvádzaná odtokovým potrubím (obr. 2) (3).

Do lamelového odlučovača prúdila suspenzia namiešaná v pomere 120 g kriedového prášku na 1 l vody. Suspenzia pretekala lamelami nastavenými pod uhlami sklonu: 45° , 50° , 55° , 60° a 65° , pri konštantnej rýchlosti $v = 0,0023 \text{ m.s}^{-1}$, čo predstavuje objemový prietok 1,5 l/min. Pri jednotlivých sklonoch lamiel, pri stálej rýchlosti suspenzia prúdila cez systém lamiel a zachytávala sa do kalibrovaných odmerných nádob. V týchto nádobách došlo k usadeniu neseparovanej suspenzie po dobu 90 min. Po uplynutí časového intervalu sa odčítala hladina usadenej suspenzie. Koncové namerané hodnoty sa porovnávali s koncovou hodnotou referenčnej vzorky, ktorá bola získaná z prvotnej suspenzie pred vstupom do odlučovacieho systému. Koncové hodnoty usadenej suspenzie referenčnej vzorky sú uvedené v tabuľke 1.



Obr. 2 Schéma experimentálneho zariadenia



4. VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNYCH MERANÍ

Tabuľka 1 Referenčná vzorka

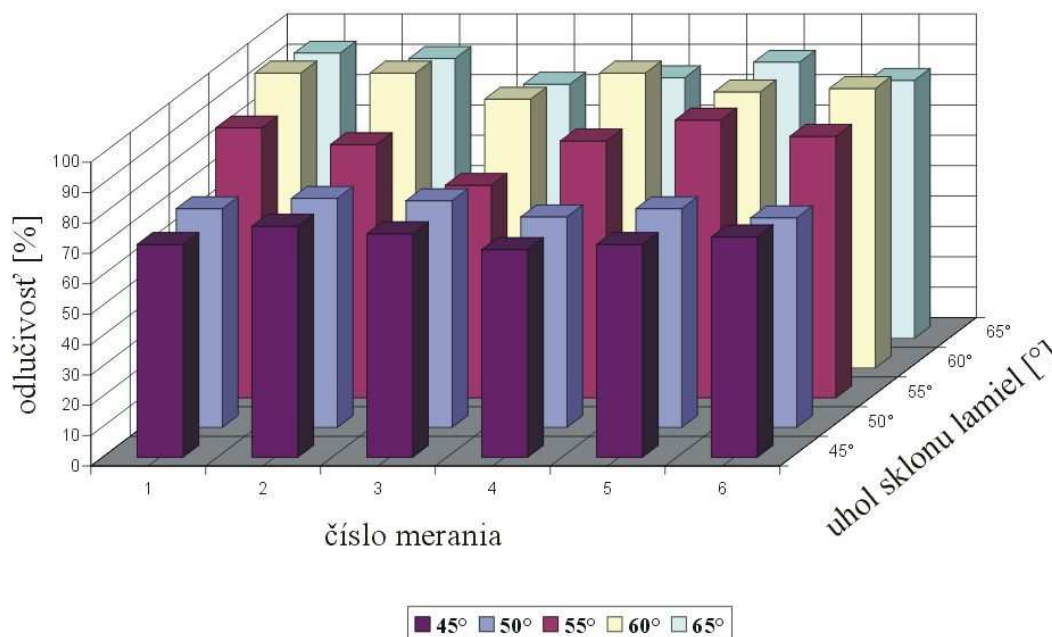
Uhol sklonu (°)	45°	50°	55°	60°	65°
Hodnota (ml)	400	410	335	375	430

Tabuľka 2 udáva koncové hodnoty (T = 90 minút) pri jednotlivých sklonoch lamiel.

Tabuľka 2 Namerané hodnoty

Číslo merania	Sklon	45°	50°	55°	60°	65°
	hodnota	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)
1		120	115	38	11	26
2		96	101	56	11	34
3		106	104	101	43	70
4		127	126	52	11	61
5		120	115	29	34	39
6		110	127	47	30	65

Odlučivosť pri jednotlivých sklonoch lamiel



Obr. 3 Graf odlučivosti zariadenia pri jednotlivých sklonoch lamiel



Obrázok 3 prehľadne ukazuje percentuálnu odlučivosť zariadenia pri jednotlivých sklonoch lamiel pri danom meraní.

Tabuľka 3 udáva výslednú priemernú odlučivosť pri jednotlivých uhloch sklonu lamiel zariadenia.

Tabuľka 3 Výsledná priemerná odlučivosť

Uhol sklonu lamiel (°)	Priemerná odlučivosť (%)
45°	71,7
50°	72,0
55°	83,9
60°	98,4
65°	88,7

5. DISKUSIA

Predbežné výsledky meraní ukázali, že najvyššia percentuálna odlučivosť zariadenia sa dosahuje pri uhle sklonu lamiel 60°. Zmenou uhla sklonu lamiel v oboch smeroch sa odlučivosť zariadenia znižuje.

Z predbežných získaných výsledkov vyplýva, že do budúcnosti treba vykonať ďalšie merania, ktoré by potvrdili namerané výsledky a upresnili najefektívnejší uhol sklonu lamiel, pri ktorom je odlučivosť zariadenia najväčšia.

6. ZÁVER

Vodné toky, od tých najväčších až po tie najmenšie, sú znečisťované rôznym spôsobom. Vypúšťajú sa do nich odpadové vody z priemyslu, z poľnohospodárskej výroby aj z miest. Nečistotami sú napr. ropné produkty, saponáty, rôzne kaly, toxické látky, ale aj silážne šťavy, močovka a ďalšie organické látky, ktoré často prinášajú infekciu a cudzopasníky.

Je preto našou povinnosťou vytvárať účinnejšie čistiace zariadenia, ktoré nám budú pomáhať pri odstraňovaní problémov s vypúšťaním odpadových vôd do vodných tokov, a tým zabrániť ďalšiemu globálnemu ničeniu vôd, vodných ekosystémov a ich zložiek a prvkov.

Článok je príspevkom k riešeniu projektu č. 1/2210/05.

LITERATÚRA

SCHMIDT-BREGAS, F (1958): *Über die Ausbildung von rechteckigen Absetzbecken für häusliche Abwasser*. Veröffentlichungen des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der TH Hannover H.3.



Wasseraufbereitung und noch mehr (cit. 2.3.2005) Dostupné na int.
<<http://www.leiblein.de/web/deutsch/deutsch.htm?web/deutsch/ref/2172.htm>>

PARNIČANOVÁ, S. (2005): *Vizualizácia prúdenia heterogénnych zmesí pozdĺž zakrivenej steny*. Písomná práca k dizertačnej skúške, TU Zvolen, 39 s.

Lektoroval: *Ing. Viliam Mračna, CSc.*

Kontaktná adresa:

Ing. Sláva Parničanová, doc. Ing. Jozef Černecký, CSc., Katedra environmentálnej techniky,
Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická Univerzita Zvolen, T.G. Masaryka
24, 960 53 Zvolen



AKUMULAČNÝ ZDROJ TEPLA

COMPLEX SOLUTION OF ACCUMULATIVE HEAT SOURCE

Ján PLÁŠEK

ABSTRAKT: Tento príspevok poskytuje podklady riešenia odberu tepla formou teplovodného kvapalinového systému s možnou voľbou primárnej ohrievacej tekutiny s uplatnením možností akumulčných daností líniových palivo – energetických rozvinutých sietí.

Kľúčové slová: teplonosné médium, kvapalina, plyn, výmenník, spotrebiče

ABSTRACT: The article deals with the basic information of solving the problem about the source of heat using the accumulating characteristics of the liquid. It is effective to combust the fuel at a constant production of the boiler and this way to accumulate the received heat in the network.

Key words: Warm-water medium, source of heat, appliances

ÚVOD

Tepelný výkon možno prenášať tekutinou v stave plynnom, alebo kvapalnom a kompenzovať výkyvy odberu akumulovaním. Cieľom je dosiahnuť trvalú rovnomernú dodávku tepla pre krytie výkyvov odberu súbormi spotrebičov. Voľba systému premeny a akumulácie medzi tepelnou sieťou a spotrebičmi umožní znížiť výmenníkovú plochu a dodávať trvalý potrebný výkon v čase vyžadujúcom naakumulovanie.

1. STRATY

Zo strát v zdroji je strata tepla do okolia zjednodušenou formou vyjadriteľná funkciou (1)

$$S_{sv}' = S_{sv} \frac{M}{M'} \quad [1] \quad (1)$$

kde je S_{sv} [1] strata pri menovitom výkone zdroja,

M [W] menovitý výkon zdroja,

M' [W] aktuálny výkon zdroja.

Je účelné udržať dodávku primárneho média akumulátoru na $M = M'$ keď je táto strata najnižšia aj pri kolísavom odbere.



2. SPOTREBA

Výkon Q pokrýva sumárnu požiadavku tepla pre celodenný odber vykurovania Q_{oh} , ohrev úžitkovej vody Q_{TUV} , vzduchotechniku Q_V , klimatizáciu Q_X a komplex výrobkov technológie Q_T . Technológia vyžaduje z uvedeného členenia spotreby kvalitatívne najvyššie parametre (tlak, teplota).

3. VYMENNÍKOVÁ ČASŤ

Pri voľbe kvapalinového systému je akumulácia a výmenníková časť riešená veľkosťou objemu akumuláčnej časti a vhodným miešaním tekutiny s rôznou teplotou. Pri voľbe plyného média primárneho zdroja a kvapalinového systému spotreby je technické riešenie náročnejšie v návrhu výmenníkovej časti.

$$\dot{q} = \dot{m} \cdot r_v \quad [\text{W}], \quad (2)$$

kde je $\dot{q}$ [W] tepelný tok,

$\dot{m}$ [kg.s⁻¹] množstvo kondenzátu vznikajúceho za čas, hmotnostný tok,

r_v [J.kg⁻¹] skupenské (výparné, kondenzačné) teplo.

Obece tepelný výkon výmenníka tepla je daný rovnicou

$$\dot{q} = \bar{k} \cdot S \cdot \Delta T, \quad [\text{W}] \quad (3)$$

kde je $\bar{k}$ [W.m⁻².K⁻¹] stredná hodnota súčiniteľa prestupu tepla prúdením a vedením,

S [m²] plošný obsah chladiacej steny,

ΔT [K] teplotný rozdiel prenosu.

Obece strednú hodnotu $\bar{k}$ pri rovnej stene plochy S vyjadríme funkciou

$$\bar{k} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad [\text{W.m}^{-2}.\text{K}] \quad (4)$$

kde je α_1 [W.m⁻².K⁻¹] súčiniteľ prestupu tepla prúdením ohrievacej tekutiny do steny výmenníka,

α_2 [W.m⁻².K⁻¹] súčiniteľ prestupu tepla prúdením ohrievanej tekutiny zo steny výmenníka,

l [m] hrúbka steny,

λ [W.m⁻¹.K⁻¹] súčiniteľ tepelnej vodivosti steny.

Prestup tepla u takéhoto výmenníka prekonáva odpor pri prestupe prúdením do steny plochy, odpor pri prestupe vedením cez hrúbku steny a odpor pri prestupe prúdením do ohrievanej tekutiny. Sprchový kontaktný výmenník prekonáva iba odpor pri prestupe



prúdením pary do steny prúdiacej kvapaliny. Navyše do ohrievanej kvapaliny prestupuje aj kondenzačné teplo pary.

Výkon výmenníka je

$$\dot{q} = \alpha(T_s - T''_p) \cdot S, \quad [\text{W}] \quad (5)$$

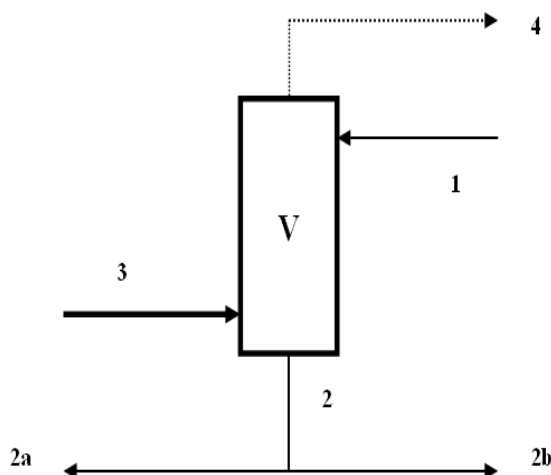
kde je α [$\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}$] súčiniteľ prestupu tepla prúdením,

T_s [K] teplota teplosmennej steny,

T''_p [K] teplota sýtej pary,

S [m^2] výmenníková plocha.

Podmienky pre miešanie dvoch kvapalín rôznych tepelných hladín a rôzneho skupenstva sú riešiteľné podľa obr. 1.



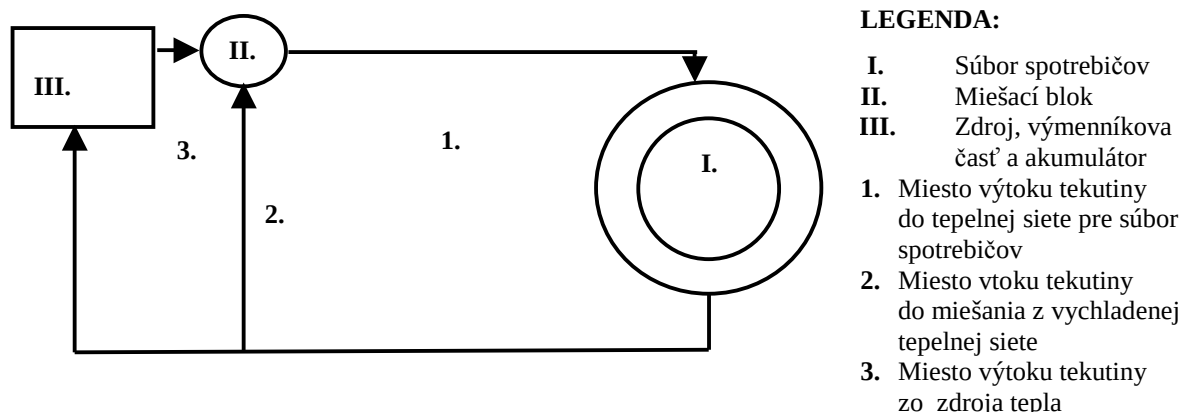
Obr. 1. Zmiešavací kontaktný výmenník – ohrievanie vody vodnou parou

V - teleso kontaktného výmenníka, 1 - ohrievaná vratná voda z tepelných spotrebičov

2 - ohriata voda, 3 - vodná para, 4 - odvedenie brídových pár, 2a - napájanie parného generátora, 2b ohriata voda pre tepelné spotrebiče

4. SÚBOR SPOTREBIČOV A AKUMULAČNEJ SIETE

Komplex spotreby energie uceleného súboru spotrebičov je nutné zostavovať tak, ako som naznačil pre celý súbor odberu. Celkový denný priebeh odberu a akumulácie bude vychádzať z určenia druhu nosiča energie. Ak prijmeme riešenie kvapalinového systému, potom môžeme stanoviť jednoduché okrajové podmienky riešenia. Tieto odvodzujeme podľa funkčnej schémy zariadenia uvedeného v obrázku 2.



Obr. 2 Schéma tepelnej kvapalinovej sústavy zdroj – sieť – spotrebiče

Tepelný tok pre súbor spotrebičov **I** riešime podľa rovnice

$$\dot{q}_I = c_p \cdot \dot{m}_1 \cdot (t_1 - t_2), \quad [\text{J} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (6)$$

kde je c_p [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$] stredná tepelná kapacita teplonosnej kvapaliny,

t_1 [$^{\circ}\text{C}$] teplota tekutiny pre spotrebiče,

t_2 [$^{\circ}\text{C}$] teplota vychladenej tekutiny spotrebičmi,

$\dot{m}_1$ [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$] hmotnostný tok tekutiny k súboru spotrebičov.

Obdobne určíme tepelný tok v zdroji s rešpektovaním hmotnostného toku teplonosnej tekutiny v ňom $\dot{m}_3$, teplotami t_2 a t_3 a miešanie v bloku **II** pri hmotnostnom toku $\dot{m}_2$.

Okrajové podmienky sú zostavené z nasledovných základných vzťahov a predpokladov

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3, \quad (7)$$

$$\dot{m}_1 \cdot t_1 = \dot{m}_2 \cdot t_2 + \dot{m}_3 \cdot t_3, \quad (8)$$

$$\frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_1} = \frac{t_3 - t_1}{t_3 - t_2}, \quad \frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_1} = 1 - \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_1}, \quad (9)$$

$$\text{ak } t_1 = t_3 \Rightarrow (\dot{m}_1 = \dot{m}_3, \dot{m}_2 = 0), \quad (10)$$

$$t_{3\text{MAX}} > t_3 > t_{3\text{MIN}}. \quad (11)$$

Pri rešpektovaní týchto okrajových podmienok, voľbe hraníc maximálnej a minimálnej teploty v zdroji **III** so zabezpečením zachovania skupenstva a dodržaní časových úsekov nabíjania zdroja ako aj odberu energie z neho som zostavil vo vedeckej štúdii funkcie zmeny teploty t_3 v závislosti na podieloch hmotnostných tokov a teplotách podľa časového priebehu čerpania energie a nabíjania zdroja.



ZÁVER

Technické riešenie akumulačného tepelného zdroja je mimoriadne aktuálne. Obdobná aktuálnosť je preukazaná využívaním zdrojov samotnej technológie odberateľa. Pri riešení tu popísaného konkrétneho riešenia som spolupracoval s dodávateľom – centrálnym zdrojom tepla v danej lokalite, ktorý nemá možnosť detailne poznať odberateľské zariadenia a centrálnu akumuláciu uplatniť. Je zrejmé, že bude v tejto oblasti spolupracovať a bude sa podieľať na znižovaní strát pri prevádzke svojho zariadenia (viď funkciu 1 tohto príspevku).

Príspevok je prezentovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VGP 1/2210/05: „Optimalizácia tvaru nožov a hlavíc dezintegrátora plastových látok“.

LITERATÚRA

ČERNECKÝ, J., KONIAR, J., SILÁČI, J. (2005): *Vplyv voľnej konvekcie na prúdenie popri zakrivenej stene za prítomnosti teplotného gradientu*. In: Zborník z 21. medzinárodnej vedeckej konferencie MOBILNÉ ENERGETICKÉ PROSTRIEDKY – HYDRAULIKA – ŽIVOTNÉ PROSTRIEDKY – ERGONOMIA MOBILNÝCH STROJOV. Technická univerzita Zvolen, ISBN 80-228-1488-1.

JENČÍK, J. (2000): *Technická měření*. Skriptá ČVUT Praha, ISBN 80-01-02138-6.

KABÁT, V. (1985): *Energetické stroje a zariadenia*. Skriptá SVŠT Bratislava.

KVASNOVÁ, P. (2006): *Výskum zvarovania neželezných kovov laserovým lúčom*. Dizertačná práca. MTF STU Trnava.

MAGA, Z., PLÁŠEK, J., MRAČNA, V. (2006): *Riešenie roštu spaľujúceho biomasu*. In: Zborník MVK FEVT „Environmentálna technika a minimalizácia negatívnych dopadov techniky na životné prostredie, TU Zvolen, s. 137 – 142, ISBN 80-228-1650-7.

MRAČNA, V., PLÁŠEK, J. (2006): *Optimalizácia účinnosti kotolne*. In: Zborník z XXV. medzinárodnej vedeckej konferencie. STU Bratislava, Modra –Harmónia, ISBN 80-227-2434-3.

NEUPAUEROVÁ, A., ŠENITKOVÁ, I. (2003): *Obvodové konštrukcie a environmentálna záťaž*. In: Zborník 14. vedeckej konferencie „Vúťorná klíma budov 2003 – Zdravé, nízkoenergetické a ekologické budovy“. SSTP Bratislava, s. 56 – 59, ISBN 80-969030-04.

PLÁŠEK, J. (2006): *Technické riešenie akumulačného tepelného zdroja vykurovaného objektu*. Vedecká štúdia TU Zvolen, ISBN 80-228-1541-1.

RUŽINSKÁ, E. (2003): *The Study of Thermal Characteristics of Modified Products Isolated from Kraft Black Liquor for Formulation of new Type of Adhesive Mixtures*. Wood Research, 48, (1/2), pg. 22 – 35, ISSN 0012-6136.

Lektoroval: doc. Ing. Ján Holík, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Ján Plášek, CSc., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnéj techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen, plasek@vsld.tuzvo.sk



EKOPROGRESÍVNE SPÔSOBY ZHODNOCOVANIA PLASTOVÝCH ODPADOV

ECOPROGRESSIVE METHODS OF APPRECIATION OF BIOREDUCIBLE OF PLASTIC WASTES

Eva RUŽINSKÁ

ABSTRAKT: Cieľom príspevku je porovnať tradičné spôsoby zhodnocovania plastových odpadov a poukázať na nové aktuálne „ekoprogresívne“ spôsoby nakladania s plastovými odpadmi, využívajúc poznatky o biodegradovateľných plastoch, resp. aditívach umožňujúcich biodegradáciu ťažko rozložiteľných plastov.

Kľúčové slová: plastové odpady, recyklácia, biodegradovateľné plasty

ABSTRACT: The aim of the article is comparing of traditional methods of appreciation of plastic wastes and mentions on new actual „ecoprogressive“ manners of disposal of plastics wastes with exploiting knowledge about bioreducible plastics, resp. additives susceptible of biodegradation hard reducible plastics.

Key words: plastic wastes, recylation, bioreducible plastic

ÚVOD

Plasty, syntetické polymérne makromolekulové zlúčeniny pripravené polymerizačnými, polykondenzačnými, resp. polyadičnými výstavbovými chemickými reakciami, predstavujú nezanedbateľnú skupinu materiálov, uplatňujúce sa takmer vo všetkých sférach priemyslu, spotrebných odvetviach až po špecifické oblasti ich aplikácie (humánna medicína, biochémia, farmácia). Neobyčajne rýchle a všestranné rozšírenie výroby a spracovanie plastov je podmienené najmä ich variabilnými vlastnosťami, možnosťou v plnom rozsahu nahradiť klasické materiály (kovy, drevo, keramiku, sklo, kožu, vlnu, vlákna z prírodných materiálov). Významné negatívne vlastnosti plastov, napr. obmedzená teplotná a tvarová deformácia, obtiažna oprava plastových výrobkov, sú síce vyvážené širokými aplikačnými možnosťami, avšak problematická regenerácia odpadov z plastov a najmä nelegálne skládky, prípadne skládovanie použitých plastov predstavujú v súčasnosti výsostne aktuálnu environmentálnu záťaž.

Príčinou relatívne veľkého nežiaduceho zhromažďovania plastových odpadov v prírode, okrem egoizmu a nedisciplinovanosti človeka, je skutočnosť, že tieto polyméry nie sú degradovateľné bežnými mikroorganizmami, nakoľko väčšina technicky významných syntetických polymérov má hydrofóbny charakter a bez špeciálnych prímiesí, či účinnej modifikácie sú takmer biologicky nerozložiteľné v prírode.

V súčasnosti je pri vývoji nových materiálov a technológií, najmä zo syntetických polymérnych materiálov, potrebné zohľadňovať ich vplyvy na životné prostredie počas ich životného cyklu. Jedným z aktuálnych problémov je aj zavádzanie efektívneho odpadového hospodárstva, kedy pred pasívnym ukladaním odpadu na skládku sú preferované systematické opatrenia znižujúce, resp. eliminujúce vznik odpadov, zavádzanie technológií recyklácie (materiálovej, surovinovej, energetickej), či iného účinného zhodnocovania odpadov. Tieto trendy sú rozvíjané na základe poznania, že odpad je často hodnotnou surovinou, resp. polotovarom pre výrobu nových produktov, ale je aj zdrojom energie.



Cieľom príspevku je porovnať tradičné spôsoby zhodnocovania plastových odpadov a poukázať na nové, aktuálne „ekoprogresívne“ spôsoby nakladania s plastovými odpadmi, využijúc poznatky o biodegradovateľných plastoch, resp. o aditívach umožňujúcich biodegradáciu v prírode ťažko rozložiteľných plastov.

RECYKLÁCIA PLASTOV

Recyklácia je chápaná ako akékoľvek opätovné spracovanie materiálu vo výrobnom procese. Recyklácia predstavuje postupy, pri ktorých sa vracajú vzniknuté odpady znova do výroby, kde fungujú ako surovina pri získavaní nových výrobkov alebo ako zdroj energie.

Hodnotenie ekologickej akceptovateľnosti výrobku zo syntetických polymérov sa v súčasnosti sústreďuje na dosiahnutie čo najväčšieho podielu recyklácie:

- **materiálová recyklácia** znamená premenu opotrebovaného výrobku z plastu na nový pri zachovaní podstaty materiálu,
- **surovinová recyklácia** využíva premenu plastového odpadu na chemickú surovinu,
- **energetická recyklácia** spočíva v spaľovaní plastových odpadov s využitím získanej energie.

Recyklácia je chápaná ako akékoľvek opätovné spracovanie materiálu vo výrobnom procese. Recyklácia predstavuje postupy, pri ktorých sa vracajú vzniknuté odpady znova do výroby, kde fungujú ako surovina pri získavaní nových výrobkov alebo ako zdroj energie. V rámci *materiálovej recyklácie* je zhodnocovanie plastového odpadu možné ako:

- úprava a spracovanie opotrebovaných plastov na druhotný recyklát,
- pretavenie zmesového odpadu na tvarové dielce alebo polotovary,
- využitie odpadov z plastov ako prídavné látky napr. do stavebných materiálov.

Hlavným problémom v materiálovom recykle je udržanie druhej čistoty odpadu, ktorá je ľahko zachovateľná pri technologických odpadoch, nie však pri zmesovom odpade. Spôsob, ktorý vedie k získaniu jednotného recyklátu patrí medzi najnáročnejšie. Úprava použitých zmesových, prípadne znečistených plastov znamená ďalšie nákladné operácie: predbežné vytriedenie, drvenie, pranie, triedenie, sušenie, pretavenie a regranulácia. Výsledkom môže byť len nepotravinárska aplikácia, napr. agrofólie, vrecia na odpady, mulčovacie fólie.

Pred hlavnou technologickou operáciou spracovania plastov je potrebné plastový odpad predupraviť do formy drviny, aglomerátu, či regranulátu. Prvý technologický stupeň predúpravy plastového odpadu teda určuje operácia drvenia, resp. mletia na drvičoch rôzneho konštrukčného vyhotovenia v závislosti od druhu vytriedeného plastu, prípadne od následných požiadaviek spojených s prípravou recyklátu, regranulátu.

Plastový odpad sa v závislosti od zloženia môže spracúvať bežnými plastikárskymi technológiami (vstrekovanie, granulácia, vytlačovanie, lisovanie a vyfukovanie), ktoré sú podmienené použitím čistého jednodruhového odpadu známeho zloženia v dostatočnej kvalite i kvantite. Pre dosiahnutie požadovaných charakteristík „plnohodnotná druhotná surovina“ sa musí plastový odpad upravovať do aglomerovanejšej formy, resp. regranulovať, čiže po dezintegrácii je potrebné odpad zhutniť.

Kvalitatívne na vyššej úrovni je predúprava materiálu regranuláciou, pri ktorej sa drvina roztaví a tavenina prechádza cez sústavu filtrov, čím sa zhomogenizuje a získa čistejší regranulát. Nové technológie, ktoré akceptujú požiadavku čo najlepšieho materiálového zhodnotenia spracúvaného odpadu pri dodržaní druhej čistoty plastového odpadu,



využívajú na uvedený účel sériu práčok a odlučovačov, rozdeliac tak účinne flotačným spôsobom plasty s rôznou hustotou.

Nový prístup k riešeniu pomerne zložitej technologickej úprave plastového odpadu je získavanie recyklátu v kvalite porovnateľnej s pôvodným, resp. novým materiálom s použitím technológií Norec alebo Krupp. Princíp týchto postupov spočíva v dokonalom odstraňovaní nečistôt z povrchu ako aj zo samotného polyméru pomocou mechanického čistenia a extrakcie rozpúšťadlami. Takto získaný recyklát je rovnocenný novému materiálu ako z hľadiska organických uhlíkatých látok, tak aj požadovaných mechanických vlastností.

Vytriedený plastový odpad, pozostávajúci druhovo z rôznych skupín plastov (PP, PEHD, PELD, PS, PVC, PET, PA6, PC, ABS, PAN i ďalšie syntetické kaučuky) môže byť spracovaný i priamo na tvarové dielce alebo polotovary. Cieľom je výroba predajných produktov pri obmedzených triediacich a čistiacich operáciách a vynechaní stupňa regranulácie. Vzhľadom k vzájomnej neznášanlivosti niektorých plastov je nutné spracovateľský proces i typ vyrábaných produktov prispôbiť tejto skutočnosti. Cieľovými produktami nie sú typické plastové výrobky, ale skôr náhrada tradičných materiálov ako drevo alebo betón na aplikácie ako rôzne laty, dosky, tyčové profily, univerzálne stavebné prvky, ktoré sa dajú uplatniť predovšetkým v exteriéri, využívúc vysokú odolnosť proti poveternosti, hnilobe, vode a ľahkú čistiteľnosť výrobkov, či takmer žiadnu dodatočnú údržbu.

Napriek všetkým uvedeným obmedzeniam pri materiálovom zhodnocovaní plastových odpadov zostáva tento spôsob dominantným, pričom takmer dvojnásobne prevláda pred spaľovaním odpadových plastov. V blízkej budúcnosti sa predpokladá širšie uplatnenie surovinového a energetického spôsobu recyklácie pre zníženie nepriaznivých environmentálnych záťaží spojených s nevhodným nakladaním s plastovými odpadmi, ktoré sa riešili ich skládkovaním.

Surovinová recyklácia je perspektívnejšou vtedy, ak sa opätovne využijú zmiešané a znečistené plastové odpady, ktoré sa už nedajú efektívne zhodnotiť napr. materiálovo alebo ich nie je možné ekologicky akceptovateľne spáliť, či inak energeticky využiť. Najväčšiu nákladovú položku netvorí v prípade surovinevej recyklácie spracovateľská proces, ale zhromažďovanie, triedenie a úprava plastových odpadov. Systémové náklady na surovinovú recykláciu sú menej než polovičné ako v prípade materiálového zhodnocovania plastových odpadov.

Pri surovinevej recyklácii zmesového plastového odpadu je možné využiť technológiu intrúzie, ktorá umožní spracovať i znečistené odpady bez potreby prania. Využíva sa najmä pri spolupracovaní PE (PELD, PEHD), kde prítomnosť polyetylénu plní funkciu spojiva. Technológiou intrúzie, ktorá predstavuje diskontinuálny proces natláčania taveniny do foriem, je možné vyrábať široký sortiment výrobkov – profily, dosky, plošné výrobky, káblové žľaby, rošty cestných vpustov. Táto technológia je univerzálna a environmentálne akceptovateľná práve pre najproblematickejšiu skupinu plastových odpadov – zmesové plasty. V podstate umožňuje spracúvať i znečistené plasty a plasty so zvyškami iných materiálov (papier, hliníková fólia, tenké drôty, zmesi plastov a gumené), pričom spracovávané zmesi nepotrebujú žiadnu úpravu, len napr. farbenie. Je však dôležité pri spracovaní plastového odpadu so zastúpením zložiek menej ako štyri, aby bol správne zvolený výber plastov vzhľadom na vzájomnú kompatibilitu jednotlivých druhov plastov prítomných v spracúvanom odpade.

Ďalším spôsobom nakladania s plastovými odpadmi je *energetická recyklácia*, čiže ekologicky akceptovateľné spaľovanie odpadov s následným využitím ich energetického potenciálu. Základným problémom je dopad spaľovania plastov na životné prostredie. Pri



použití vhodných technológií a vyšpecifikovaných druhov plastov, zastúpených v komunálnom alebo priemyselnom odpade, by bolo možné akceptovať tento spôsob ako environmentálne prijateľný, čo potvrdili niektoré štúdie uskutočnené z podnetu Európskej asociácie výrobcov plastov (APME).

Niektoré plasty patria k ťažko spáliteľným odpadom (najmä chlórované a fluórované plasty), naopak samotné polyolefíny (PP, PE) sú dobre spáliteľné odpady, čo naznačuje vysokú rozmanitosť technológií spaľovania a potrebu úpravy termických režimov pri ich energeticom zhodnocovaní. Nevýhodou sa môže v niektorých aspektoch javiť energetická recyklácia pre vysoké investičné i prevádzkové náklady spaľovní, nevyhnutnosť použiť osobitné technologické zariadenia na zhromažďovanie, skladovanie, triedenie i dopravu odpadu do spaľovne, ale najmä negatívny dopad na kvalitu životného prostredia v blízkosti takýchto zariadení, pretože každá spaľovňa je potenciálnym zdrojom znečistenia ovzdušia.

Plasty sú materiály heterogénne, obsahujúce okrem hlavnej makromolekulovej zložky rôzne prísady, aditíva, zmäkčovadlá, plnivá, farbivá, stabilizátory, pomocné látky, nastavovadlá, ktoré v procese termickej degradácie (pri spaľovaní) sa môžu uvoľňovať do ovzdušia, resp. zostávajú v popole. Spaľovaním plastov sa uvoľňujú uhlíkovodíky, ktoré prispievajú ku vzniku fotochemického smogu. Ftaláty, vznikajúce pri spálení najmä ľahčených plastov sa pokladajú za toxikologicky nebezpečnejšie ako obávané PCB. Pri spaľovaní PS sa uvoľňuje jedovatý styrén. Spálením polymérov s obsahom dusíka môže dochádzať k vzniku kyanidov, nitrilov. Veľmi nebezpečným je spaľovanie PVC, kde okrem HCl sa uvoľňuje karcinogénny monomérny vinylchlorid, dioxíny, jedovatý plyný chlór i agresívnejší fosgén.

Súčasný trend vo výskume polymérov naznačuje zvýšené požiadavky na vývoj a výrobu biodegradovateľných polymérov s predurčenou dobou životnosti, čo je podmienené predovšetkým vysokou odolnosťou syntetických polymérov voči vplyvu prostredia a veľmi problematickou a časovo dlhodobou degradáciou väčšiny z komerčne vyrábaných plastov.

BIODEGRADOVATEĽNÉ PLASTY

Biodegradácia je špeciálnym prípadom degradácie, pri ktorej dochádza k rozkladu polymérov pôsobením biologických činiteľov. Najčastejšie sa na biodegradácii plastov podieľajú plesne. Podmienkou ich rastu je vysoká vzdušná vlhkosť. Okrem tejto podmienky, majú dôležitú úlohu aj ďalšie faktory, ako sú kombinácia materiálu, stupeň starnutia plastu, mikroklima a podobne. Nezanedbateľným aspektom je samotná štruktúra syntetických polymérov (molekulová hmotnosť, priemerný polymerizačný stupeň, prítomnosť funkčných skupín, sieťovanie, vetvenie), ktoré môžu pozitívne ale i negatívne ovplyvniť biodegradovateľnosť syntetického polyméru.

Veľkotonážne polyméry, akými sú polyolefíny, polyakryláty, polykarbonáty, epoxidy, polychloroprén a nitrilový kaučuk, nezaznamenali v biologicky aktívnom prostredí významnejšie zmeny vlastností v priebehu niekoľkých rokov. Na zvýšenie ich biodegradability je nutné pridať k uvedeným polymérom prísady, schopné na svojom povrchu absorbovať mastné kyseliny alebo estery, ktoré zlepšia znášateľnosť s polymérom a zároveň umožnia atak biologicky rozložiteľných aditív.

Metabolity produkované plesňami a baktériami spôsobujú degradáciu samotného polyméru. Enzýmy ako napríklad peptidáza môžu štiepiť polyamidovú väzbu a dokonca i väzbu esterov. Pri biodegradácii plastov dochádza k týmto chemickým procesom:



- vznik alkoholov, ktoré sú oxidované na mastné kyseliny,
 - celulóza a niektoré termoplasty sú cez pyruvát (anión kyseliny pyrohroznovej) a acetylkoenzým-A transformované do trikarboxylového cyklu, vznikajú tak kyselina citrónová, fumarová, jablková a iné,
 - k redukcii dvojitej väzby a štiepenie amidovej a esterovej väzby.
- Biodegradovateľné plasty (BDP) možno podľa pôvodu rozdeliť na tri základné skupiny:
- BDP na syntetickej báze (ropa, zemný plyn),
 - BDP na báze obnoviteľných zdrojov (škrob, celulóza, proteíny, sacharidové látky, polyhydroxyalkanoáty),
 - BDP kombinované.

Biogénne polyméry (BP) vhodné na výrobu biodegradovateľných plastov možno rozdeliť do nasledujúcich skupín:

BP priamo extrahované z biomasy

- polysacharidy (škrob a deriváty z celulózy, bavlna, drevo, kaučuk),
- chitozán/chitín,
- proteíny (živočíšne: kazeín, srvátka, kolagén; rastlinné: sója, glutén),
- tuky (sieťované triglyceridy).

BP získavané klasickými chemickými syntézami – kyselina polymliečna (PLA)

BP produkované mikroorganizmami – polyhydroxyalkanoáty (PHAs), bakteriálna celulóza, xantán, iné.

Škrob je široko dostupný a obnoviteľný polymér, využiteľný v mnohých priemyselných odvetviach. Základnými obnoviteľnými zdrojmi škrobu sú kukurica, obilie ryža a zemiaky. Ako napr. obalový materiál samotný škrob neposkytuje dostatočné vlastnosti najmä kvôli hydrofilnému charakteru a malej ohybovej pevnosti. Preto je pri jeho spracovaní potrebné použiť termoplastifikáciu a plastifikátory (ako glycerol, polyétery, močovina...) príp. iné aditíva. Cenovo môže škrob konkurovať ropným produktom, čo sa odzrkadľuje i na nižšej cene BDP a produktov z neho vyrábaných: Eco-FOAM, Paragon, Biotec (Bioplast) a pod.

Celulóza je najrozšírenejší prírodný polymér na Zemi. Je relatívne lacná, no kvôli svojej hydrofilnosti (viaže vodu), nerozpustnosti a kryštalickej štruktúre je nepoužiteľná pre termoplastické spracovanie. Materiál komerčne vyrábaný z celulózy je napr. CA – Bioceta.

Kazeín je bielkovina získavaná z mlieka. S vhodnými plastifikátormi je možné dosiahnuť veľmi širokú paletu vlastností získaného plastu, od pevného a krehkého až po ohybný a mäkký produkt. V súčasnosti sa používa ako adhezívum na etiketovanie fliaš kvôli výborným adhéznym vlastnostiam. Prekážkou jeho širokého rozšírenia je relatívne vysoká cena na trhu.

Hlavnou zásobárňou **gluténu** ako rastlinnej bielkoviny je pšenica a kukurica. Výhodou týchto materiálov je ich relatívne nízka cena, nevýhodou spracovateľnosť, ktorú sťažuje silne viskózne-elastický charakter základnej masy. Najúspešnejšie využitie sójových bielkovín bolo najmä v Číne, kde sa využívali na výrobu adhezív, farbív a glejenia papiera.

Keratín je zďaleka najlacnejšou bielkovinou. Nachádza sa v odpadových materiáloch ako vlasy, nechty, perie. Kvôli štruktúre a vysokému obsahu skupiny cystínu (cysteínu), je keratín taktiež najproblémovjším proteínom na spracovanie. Po spracovaní je výsledný produkt plne biodegradovateľný, nepriepustný pre vodu, ale s nedostatočnými mechanickými vlastnosťami pre možné aplikácie.

Kolagén je vláknitá bielkovina živočíšnych tkanív najmä kože, kostí a šliach so stále sa opakujúcimi jednotkami: glycín, prolín a hydroxyprolín. Je flexibilným polymérom no



kvôli jeho chemickej štruktúre a vláknitej makroštruktúre je relatívne ťažko spracovateľný. V súčasnosti je základným materiálom na výrobu želatíny s potenciálom na fólie a peny. Kyslou, prípadne bázickou hydrolýzou sa získa dobre spracovateľný, no extrémne hydrofilný materiál. Preto pre využitie napr. v obalovom priemysle sú potrebné ďalšie chemické modifikácie, ktoré by optimalizovali vysokú senzitivnosť voči vlhkosti.

Kyselina polymliečna (PLA – Polylacticacid) sa ľahko získava prostredníctvom fermentácie akejkoľvek vodíkovo–uhlíkovej biomasy. Takáto biomasa je produkovaná najmä v poľnohospodárskom sektore: kukurica, obilie, odpadové produkty ako siláž, melasa, srvátka, "zelená šťava". Konečný materiál PLA je použiteľný v mnohých aplikáciách od vyfukovaných fólií až po nánosy na papier. Navyše cena výrobkov z PLA je pre trh akceptovateľná. Preto sa očakáva vysoký nárast v produkcii takýchto produktov. Z materiálov vyrábaných v súčasnosti možno spomenúť: NatureWorks PLA (fy Cargill Dow), LACEA (Mitsui), Galactic (Galactic).

Polyhydroxyalkanoáty (PHA) - najviac využívaným polyhydroxyalkanoátom je polyhydroxybutyrát (PHB). Ten je za špecifických podmienok akumulovaný baktériami ako zdroj energie a uhlíka. Vďaka jeho ľahkej biodegradovateľosti, ako aj biokompatibilite, možno očakávať nárast produkcie tohto prírodného polyesteru. Vlastnosti PHB sú veľmi závislé od vlastností monoméru a tie sú závislé od procesu mikrobiálnej fermentácie (zdroj uhlíka a kultúra mikroorganizmov). Veľmi zaujímavými vlastnosťami PHB sú jeho bariérové vlastnosti, najmä odolnosť v priepustnosti vlhkosti, ktorá je blízka LDPE a mechanické vlastnosti blízke izotaktickému polypropylénu. Možnosti uplatnenia sú najmä v obalovom priemysle, poľnohospodárstve, pri výrobe biomedicínskych výrobkov. Ak cena tohoto prírodného polyméru v budúcnosti poklesne, jeho aplikácie sa rozšíria do mnohých oblastí. Dnes sa na báze PHB/PHV vyrába napr.: Biopol (Was Monsanto), Biomer (Biomer).

BIODEGRADOVATEĽNÉ PLASTY V ODPADOVOM HOSPODÁRSTVE

BDP v praxi majú za úlohu pri niektorých aplikáciách nahradiť doteraz používané polyméry, pričom zmysel tejto substitúcie je v minimalizácii negatívnych dopadov na životné prostredie. Tie plastové odpady, ktoré často znečistené končili na skládkach alebo v spaľovniach a takto prispievali k zvyšovaniu environmentálnej záťaže, budú v budúcnosti spracovávané na hodnotný kompost prípadne bioplyn. Aby bolo možné uplatniť environmentálne výhody, ktoré poskytujú BDP svojimi špecifickými vlastnosťami oproti tradičným materiálom, musia byť vytvorené vhodné podmienky najmä na ich optimálnu likvidáciu resp. spracovanie. V súvislosti s tým je potrebné zabezpečiť:

- dostatočnú propagáciu a osvetu medzi občanmi prostredníctvom médií, reklám,
- separovaný zber odpadov s možnosťou triediť bioodpad,
- efektívne využitie vytriedeného odpadu, koncoví odběratelia,
- vhodné technológie spracovania bioodpadu: kompostovanie, anaeróbne splyňovanie,
- využitie a garantovanie kvality koncového produktu – kompostu,
- ekonomickú efektívnosť celého procesu (legislatíva, skládkové poplatky),
- zabezpečenie odbytu vzniknutého kompostu.



ZÁVER

Biodegradovateľné polyméry z trvalo obnoviteľných zdrojov aj napriek uvedeným problémom dávajú dostatok argumentov pre ich ďalší vývoj. Medzi najvážnejšie patrí náhrada fosílnych surovín, najmä ak na Zemi ročne vzniká okolo 200 miliárd ton biomasy, z ktorých sa 98 % nevyužíva. Pestovaniu vhodných druhov rastlín pre výrobu biodegradovateľných polymérov vo vyspelých krajinách môže napomôcť napr. využitie neobrábanej pôdy. Predpokladom úspešnej aplikácie BDP je ich separácia od konvenčných plastov a ich následné kompostovanie. Biodegradovateľné polyméry spájajú kladý výborný materiálovo funkčný vlastností syntetických materiálov v symbióze s prírodnými materiálmi, čo je úspešným predpokladom ich perspektívneho využitia pri zachovaní trvalo udržateľného rozvoja a minimalizácii negatívnych environmentálnych záťaží.

Problematika publikovaná v príspevku je riešená v rámci projektu VEGA MŠ SR, č. projektu (1/2210/05).

LITERATÚRA

ČERNECKÝ, J. (2005): *Technické prostriedky merania a monitorovania*. Učebné texty. ES TU Zvolen.

ĎURIŠOVÁ, B., RUŽINSKÁ, E. (2006): *Chemické látky - rizikové faktory v životnom prostredí*. FEE TU Zvolen. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie „Monitorovanie a hodnotenie stavu životného prostredia VI“, TU Zvolen, s. 231 – 235, ISBN 80-228-1685-X.

ECKERT, A., VOGL, O. (1993): *Polymer News*, 18, p. 280.

EUROP. CHEM. NEWS, (1994), 61, 1622.

HRDLOVIČ, P. (1994): *Degradovateľné polyméry – súčasný stav a budúce možnosti*. Plasty a kaučuk, 31, č. 7, s. 202 – 208.

LEŠINSKÝ, D. (2006): *Environmentálne degradovateľné plasty*. Biom.cz [online].

NOVÁK, I. (1994): *Biologicky odbúrateľné polyméry*. Technické noviny, č. 23, s. 4.

PLÁŠEK, J. (2006): *Manažment v energetike*. Učebné texty. ES TU Zvolen, 139 s., ISBN 80-228-1559-4.

RUŽINSKÁ, E. (1996): *Ekologické aspekty likvidácie polymérnych odpadov*. In: Zborník príspevkov z konferencie „Hodnotenie a riešenie kvality životného prostredia“. FEE TU Zvolen, s. 88 – 93, ISBN 80-220-0557-2.

RUŽINSKÁ, E. (2005): *Problem of VOC for Surface Finishing*. In: Proceedings of Conference „Analysis of Environmental Components“. Krpáčovo, 90 p., ISBN 80-228-1552-7.

RUŽINSKÁ, E. (2005): *Plasty a náterové látky*. Monografia. ES TU Zvolen, 166 s., ISBN 80-228-1518-7.

RUŽINSKÁ, E. (2004): *Toxikologické a požiaro-bezpečnostné charakteristiky syntetických vlákien* (Kap. Ekologická kvalita materiálu a ekotoxikologické vplyvy). Aktuálne problémy



kontaminácie životného prostredia z hľadiska toxikológie a ekotoxikológie - III. časť. FEE TU Zvolen, s. 150 – 159. ISBN 80-228-1361-3.

RUŽINSKÁ, E. (2002): *Aplikácia plastov pri tvorbe nábytku*. Zborník prednášok z 2. medzinárodného sympózia "Nábytok 2002". TU KDNDV Zvolen, CD 10 s.

SOLDÁN, M., SOLDÁN, M., SOLDÁNOVÁ, Z., MICHALÍKOVÁ, A. (2005): *Ekologické nakladanie s materiálmi a odpadmi*. STU MTF Bratislava, s. 79 – 83, ISBN 80-227-2223-5.

ŠKÁRKA, B., POLÍVKA, L., FENDRICH, E., HOSTÍN, S., LACUŠKA, M. (2003): *Environmentálna chémia*. STU MTF Bratislava, 162 s., ISBN 80-227-1973-0.

TECHNICKÝ TÝDENÍK – *Výroba biodegradovateľných plastů*, č. 1/95, s.7.

[http:// biom.cz/index.shtml?x=194542](http://biom.cz/index.shtml?x=194542)

[http:// www.teleplus.sk/modules.php?name=News&file=print&sid=1725](http://www.teleplus.sk/modules.php?name=News&file=print&sid=1725)

[http:// www.sazp.sk/slovak/struktura/COH/oem/pdf/Priloha_5.pdf](http://www.sazp.sk/slovak/struktura/COH/oem/pdf/Priloha_5.pdf)

[http:// www.hbabio.cz/produkty.html](http://www.hbabio.cz/produkty.html)

[http:// www.strojarstvo.sk/inc/index.php](http://www.strojarstvo.sk/inc/index.php)

Lektoroval: Ing. Andrea Naupauerová, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Eva Ružinská, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnéj techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Štúrova 26, 960 53 Zvolen, Slovensko
evaruzin@vsld.tuzvo.sk



TECHNOLOGICKÉ SPÔSOBY ZNIŽOVANIA NEBEZPEČNÝCH ODPADOV Z PROCESOV POVRCHOVÝCH ÚPRAV

TECHNOLOGICAL METHODS OF REDUCTION OF DANGEROUS WASTES FROM SURFACE TREATMENT PROCESSES

Eva RUŽINSKÁ

ABSTRAKT: Cieľom príspevku je poskytnúť ucelenejšie poznatky o náterových látkach vytvrdzovaných UV žiarením ako jednej z perspektívnych a ekoprogresívnych technológií nanášania náterových systémov v procesoch povrchových úprav dreva z pohľadu ekológie, ekonomiky a zároveň ako preventívne a systémové riešenie vzniku nebezpečných odpadov v porovnaní s tradičnými spôsobmi povrchových úprav dreva.

Kľúčové slová: nebezpečné odpady, povrchové úpravy, technologické operácie

ABSTRACT: The aim of article presents more integrated knowledge about coating materials cured UV emission as one of perspective and ecoprogressive technologies of layon on coating systems in wood surface treatment processes in aspect of ecology, economy and at the same time as preventative and systemic solution of formation of dangerous wastes in comparison with traditional methods of wood surface finishing.

Key words: dangerous wastes, surface treatment, technological operations

ÚVOD

V súčasnosti je stále aktuálna otázka vplyvu technologických postupov akceptovateľných pre životné prostredie. Popri dodržiavaní direktív, záväzných predpisov a dohôd je potrebné vybudovať optimálny výrobný reťazec – produktívny, šetrný k okolitému životnému prostrediu, zároveň však ekonomicky efektívny, produkujúci výrobky požadovanej kvality. Procesy povrchových úprav ovplyvňujú v súčasnosti nielen požiadavky trhu, výzvy technického rozvoja, ale aj súčasná environmentálna politika a legislatíva EÚ, ktorá je orientovaná na tzv. trvalo udržateľný rozvoj.

Povrchová úprava špecifického adherendu, akým je drevo ako materiál heterogénny, anizotropný, prírodný, polymérny, ktorý má primárnu ochrannú funkciu pred mechanickými, chemickými, tepelnými, poveternostnými vplyvmi, rovnako má však i dekoratívnu funkciu, pričom zvyrazňuje prirodzenú textúru a kresbu dreva, vyrovnáva farebné rozdiely povrchov a zvyrazňuje tvar vyhotovených výrobkov z dreva.

V oblasti drevospracujúceho priemyslu ešte stále prevláda spotreba rozpúšťadlových typov náterových látok predovšetkým na báze polyuretánov (PUR), v menšej miere alkydov, akrylátov a nitrátu celulózy. Rastúce ekologické povedomie vedie celosvetovo k zvýšeniu záujmu o vodou riediteľné spojivá, rovnako aj o vysokosušinné systémy (HS), ekologickejšie náterové látky na báze prírodných i modifikovaných olejov a voskov (WO) zo skupiny náterových látok „green chemistry“.

Jedným z mnohých riešení pre výber optimálnej ekoprogresívnej technológie v oblasti povrchových úprav dreva je aplikácia náterových systémov vytvrdzovaných chemicky, a to peroxidickými iniciátormi v kombinácii s urýchľovačmi na báze organokovových zlúčenín alebo radiačne, najčastejšie vysokoenergetickým UV žiarením. Práve spôsob chemického vytvrdzovania pomocou UV žiarenia sa javí ako perspektívnejším i efektívnejším variantom



pri urýchlení procesov chemického zosieťovania vytvárajúceho sa náterového filmu (povlaku).

Povrchová úprava výrobkov z dreva je časovo a investične náročná operácia. Prevádzka liniek na povrchovú úpravu si vyžaduje vysoké materiálové a energetické vstupy, pričom v závislosti od spôsobu nanášania a druhu náterových látok vzniká značné množstvo odpadov (exhalátov), ktoré komplikujú situáciu v oblasti bezpečnosti práce, hygieny a ochrany životného prostredia. Ekonomicky najvýhodnejší spôsob ochrany životného prostredia je zabrániť tvorbe emisií, resp. obmedziť ich na minimum.

Súčasný procesy povrchových úprav dreva a aglomerovaných výrobkov na báze dreva (DTD, DVD, MDF, HDF), ktorými sa dokončujú uvedené produkty, využívajú v prevažnej miere náterové látky na rozpúšťadlovej báze, čím dochádza k negatívnemu a neakceptovateľnému zaťažovaniu pracovného i životného prostredia z dôvodu vznikajúcich nebezpečných priemyselných odpadov. Pre vznikajúce odpady je charakteristické, že svojimi nebezpečnými vlastnosťami ich klasifikujeme kódmi, uvedenými v Katalógu nebezpečných odpadov v zmysle vyhlášky MŽP SR č. 284/2001 Z.z.: H3A-B, H4, H5, H6, H7, H13, H14.

Cieľom príspevku je poskytnúť ucelenejšie poznatky o náterových látkach vytvrdzovaných UV žiarením ako jednej z perspektívnych a ekoprogresívnych technológií nanášania náterových systémov v procesoch povrchových úprav dreva z pohľadu ekológie, ekonomiky a ako preventívne a systémové riešenie vzniku nebezpečných odpadov v porovnaní s tradičnými spôsobmi povrchových úprav dreva, ktoré predstavovali neprimeranú environmentálnu záťaž.

NÁTEROVÉ LÁTKY VYTVRDZOVANÉ UV ŽIARENÍM

Je to pomerne nová skupina náterových látok používaných v drevospracujúcom priemysle, kde nenasýtené polyesterové živice (UP) donedávna tvorili dominantnú skupinu. Základnou filmotvornou látkou je nenasýtená reaktoplastická živica, ktorá je rozpustená v reaktívnom rozpúšťadle. Do tejto zmesi je pridávaný fotoiniciátor, ktorý sa po interakcii s elektromagnetickým žiarením definovanej vlnovej dĺžky rozkladá fotolytickou reakciou na radikály. Vzniknuté radikály majú schopnosť iniciovať polymerizáciu vhodných monomérov. Voľba vhodných fotoiniciátorov je jedným z primárnych kritérií ovplyvňujúcich priebeh fotopolymerizácie, a tým aj časový priebeh vytvrdzovacej reakcie.

Vytvrdzovanie náterových látok UV žiarením závisí: od zdroja a intenzity UV žiarenia, voľby fotoiniciátora (od jeho koncentrácie). Medzi živice vhodné pre vytvrdzovanie UV žiarením pre povrchovú úpravu dreva patria: epoxiakrylátové, polyesterakrylátové, akrylakrylátové, polyéterakrylátové, uretánakrylátové.

Pri iniciácii vytvrdzovania UP živíc pomocou organických peroxidov a urýchľovačov (kovových solí, napr. kobaltnaftenát) je doba vytvrdzovania až 24 hodín. Ekonomicky výhodnejším variantom je vytvrdzovanie pomocou UV žiarenia s využitím fotoiniciátorov, kde dochádza ku skráteniu chemického vytvrdzovania náterového filmu na niekoľko sekúnd. Aplikácia náterových látok na báze UP živíc je spojená so špecifickými problémami, napr. inhibícia vytvrdzovania, malá životnosť zmesi (lak + iniciátor + urýchľovač), avšak tieto problémy sa dajú technicky riešiť. Nespornou výhodou náterových látok vytvrdzovaných UV žiarením je, že v priebehu ich vytvrdzovania nedochádza k odparovaniu rozpúšťadla, ale k jeho zabudovaniu do vznikajúceho náterového filmu (povlaku).



Náterové látky vytvrdzované UV žiarením sú vhodné pre nasledovné spôsoby povrchových úprav dreva, najmä nábytku:

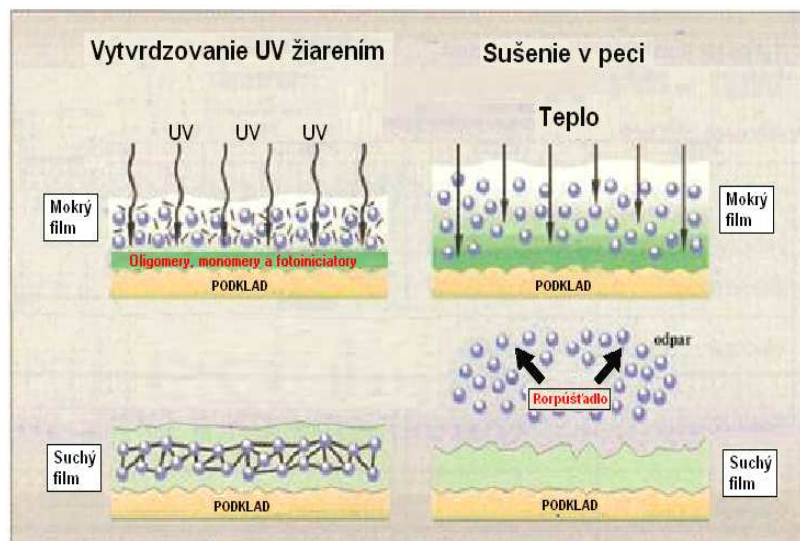
- tmelenie surových DTD tmelom vytvrdzovaným UV žiarením pod pigmentovanú povrchovú úpravu,
- p. úprava dyhovaných nábytkových dielcov na polouzavreté a uzavreté póry.

ČASOVÁ NÁROČNOSŤ VYTVRDZOVANIA NÁTEROVÝCH LÁTOK

Z pohľadu produktivity práce a skrátenia výrobného procesu, vedúceho k vyhotoveniu povrchových úprav dreva, sa v súčasnosti vyžaduje urýchlenie procesu zasychania (vytvrdzovania) náterových látok.

Náterové látky, vytvrdzované UV, sú formulované tak, že pre ich úplné vytvrdnutie je možné počítať s rýchlosťou posuvu dopravníka 3 m/min na jeden UV žiarič o výkone 80 W/cm. Pri uvedenej rýchlosti posuvu dopravníka a šírke UV žiariča 20 cm v smere pohybu dielca, zodpovedá doba vytvrdzovania 3 – 4 s. S rastúcou rýchlosťou posuvu dopravníka je potrebné zvyšovať počet UV žiaričov.

Pre porovnanie polyuretánové náterové látky (rozpúšťadlové), ktoré tvoria štandardné vytvrdzujú kombinovaným fyzikálno-chemickým spôsobom. Súčasne s odparovaním rozpúšťadiel a riedidiel dochádza k polyadičnej reakcii medzi živicom a tvrdivom. Dĺžka zasychania základného laku pri teplote (20 ± 2 °C) a relatívnej vlhkosti vzduchu (60 ± 5 %) zodpovedá 12 hodinám pre dosiahnutie brúsiteľnosti laku a 12 hodín pre preschnutie laku do hĺbky. Pre vrchný lak preschnutie do hĺbky zodpovedá 4 hodinám. Porovnanie spôsobu vytvrdzovania náterových látok na báze rozpúšťadlových polyuretánov (PUR) a UV lakov je znázornené na Obr. 1



Obr. 1 Porovnanie spôsobu vytvrdzovania náterových látok vytvrdzovaných UV žiarením a náterových látok vytvrdzovaných fyzikálno-chemickým spôsobom

Pri porovnaní týchto dvoch skupín náterových systémov je zrejmé, že doba vytvrdzovania náterových látok vytvrdzovaných UV žiarením je niekoľkonásobne kratšia ako



polyuretánových náterových látok, čo je nesporne pozitívnym ekonomickým ukazovateľom pri ich prípadnom použití v procesoch povrchových úprav dreva.

SPÔSOBY NANÁŠANIA NÁTEROVÝCH LÁTOK

Naval'ovanie: princíp spočíva v nanášaní náterovej látky na plochu upravovaného materiálu valcom. Množstvo náterovej látky (hrúbka náterového filmu) je možné regulovať vzdialenosťou medzi materiálom a stieracím valcom. Naval'ovaním je možné nanášať iba rovinné dielce.

Výhody naval'ovania:

- možnosť nanášania náterových látok s vysokým obsahom sušiny 98 až 100 % (výhoda pri náterových látkach vytvrdzovaných UV žiarením, čím je možné znížiť emisie VOC),
- vysoké rýchlosti nanášania 10 – 35 m/min (pri UV – 12 m/min),
- informatívny stupeň účinnosti nanášania 95 %.

Nevýhody naval'ovania:

- vysoká náročnosť na hrúbkovú toleranciu $\pm 0,2$ mm.

Polievanie (clonovanie) je progresívna a racionálna metóda nanášania náterových látok na rovinné, prípadne na málo tvarované nábytkové plochy. Princípom nanášania je vytekanie náterovej látky vo forme clony zo štrbiny polievacej hlavy, ktorá pri dopade na plochu pohybujúceho sa dielca sa rovnomerne rozlieva.

Výhody polievania:

- nevyžaduje striktnú hrúbkovú toleranciu dielca,
- vyššie množstvo náterovej látky (možnosť úpravy povrchov s uzavretými pórmí),
- informatívny stupeň účinnosti nanášania 95 %.

Nevýhody polievania:

- je nutné znížiť koncentráciu náterovej látky riedidlom (väčší obsah VOC), v prípade náterových látok vytvrdzovaných UV žiarením je potrebné v linke zaradiť zónu odparovania pred vytvrdzovaním UV žiarením).

EKONOMICKÉ ASPEKTY POVRCHOVÝCH ÚPRAV

Ekonomika v procesoch povrchových úprav zohráva veľmi dôležitú úlohu pri voľbe druhu náterového systému. Cena povrchovej úpravy je podmienená voľbou vhodného náterového systému a kapacitou výroby. Nezanedbateľným aspektom je kvalita povrchovej úpravy, rýchlosť zasychania (vytvrdzovania) náterových látok, ako aj hygienicko-bezpečnostné požiadavky a technologické zariadenia v procesoch povrchových úprav.

Pri porovnaní ceny 1 kg polyuretánového laku s cenou 1 kg laku vytvrdzovaného UV žiarením, ktorý obsahuje 100 % sušiny vzniká pri predbežnom posúdení dojem, že laky vytvrdzované UV žiarením sú nevýhodné. Opak je však pravdou.

Pre nasledujúci príklad porovnania ceny povrchových úprav dreva boli zvolené priemerné ceny lakov vytvrdzovaných UV žiarením, ako aj ceny PUR lakov. Základným kritériom pre experimentálne porovnanie ceny náterových látok je konštantná hrúbka nánosu 25 μm , čo predstavuje 40 m^2 mokrého filmu. Pri prepočte na suchý film 25 μm je potrebné previesť korekciu na obsah sušiny.



Polyuretánový lak:

Cena 5 €/l, celkový obsah sušiny 42 %,

1 l laku 16,8 m² suchého filmu hrúbky 25 µm

Náklady v €/m² pri hrúbke suchého filmu **0,297 €/m²**

Laky vytvrdzované UV žiarením:

Cena 7,52 €/l, celkový obsah sušiny 99,69 %,

1 l laku 39,876 m² suchého filmu hrúbky 25 µm

Náklady v €/m² pri hrúbke suchého filmu **0,188 €/m²**.

EKOLOGICKÉ ASPEKTY POVRCHOVÝCH ÚPRAV

Pri posudzovaní ekologických aspektov povrchových úprav je najdôležitejšou otázkou posúdenia emisií prchavých organických látok (VOC), uvoľňujúcich sa z náterov pri ich nanášaní a vytváraní náterových filmov (povlakov), ďalej aj vyhodnotenie ich hygienickej a environmentálnej prijateľnosti.

Správnou voľbou náterového systému a nanášacej techniky je možné technologicky redukovat' množstvo (VOC). Prehľad emisií VOC z náterových látok nanášaných polievaním a následne vytvrdzovaných UV žiarením a rozpúšťadlových PUR, nanášaných pneumatickým striekaním, z ktorých sme vychádzali pri výpočte, je uvedený v Tab. 1. Za základ výpočtu sme použili experimentálne zistené hodnoty emisií VOC, zisťované metódou GC MS (ISO 11890-2). Z Tab. 1 je zrejmé, že použitím perspektívnejších náterových látok (UV) v spojení s vhodným technologickým spôsobom nanášania (polievanie, clonovanie, resp. navaľovanie) sa dá znížiť množstvo emisií VOC rádovo významne v porovnaní s tradičnými rozpúšťadlovými PUR náterovými látkami, nanášanými „nehospodárne“ technologickými operáciami striekania (vysokotlakové, pneumatické).

Tab.1 Prehľad emisií VOC vypočítaný z technológií nanášania PUR lakov striekaním a UV lakov polievaním

Náterové látky vytvrdzované UV žiarením		
Obsah prchavých organických látok	plnič	0%
	lak	2%
Spotreba na 1 m ²	plnič	15 g/m ²
	lak	18 g/m ²
Spotreba na 100 000 m ²	plnič	1 500 kg
	lak	1 800 kg
Emisie VOC	plnič	0 kg
	lak	36 kg
Polyuretánové náterové látky		
Obsah prchavých organických látok	lak	58%
Spotreba na 1 m ²	lak	240 g/m ²
Spotreba na 100 000 m ²	lak	2 400 kg
Emisie	lak	13 920 kg



MOŽNOSTI ZNIŽOVANIA VOC PRI POVRCHOVÝCH ÚPRAVÁCH

VOC sa podieľajú významnou mierou na znečistení životného prostredia, kde sú emitormi znečistenia, rovnakou mierou zaťažujú aj vnútorného životného prostredie. Zaťažené sú najmä interiéry emisiami prchavých organických látok, predovšetkým benzénom, toluénom i ďalšími chemickými látkami, ktoré sa viažu na oblasť povrchových úprav materiálov (drevo, kovy, plasty, textílie, papier).

Dôležitým zdrojom emisií prchavých organických zlúčenín sú zariadenia a činnosti, kde sa používajú pri technologických operáciách organické rozpúšťadlá. Európska únia prijala v marci 1999 smernicu Európskeho parlamentu a Rady č. 1999/13/ES o obmedzovaní emisií prchavých organických zlúčenín pri používaní rozpúšťadiel pri určitých činnostiach. Nadväzne na citovanú smernicu prijala Európska únia smernicu Európskeho parlamentu a Rady č. 2004/42/ES o obmedzovaní emisií VOC unikajúcich pri používaní organických rozpúšťadiel v určitých farbách a lakoch a výrobkoch na povrchovú úpravu vozidiel.

Na vyriešenie veľmi zložitého problému, akým je znižovanie emisií VOC v rôznych náterových systémoch a následne aj v náterových postupoch, je potrebné podrobnejšie špecifikovať nielen druh náterovej látky, resp. typ aplikačnej techniky, ale zohľadniť aj podmienky tvorby náterového filmu, prípadne samotnú predúpravu povrchu. Porovnávací prehľad náterového postupu s možným riešením dokumentuje Tab.1.

Tab. 2 Porovnávací prehľad náterových systémov, postupov a spôsoby tvorby náterových filmov

Predúprava povrchu	Aplikácia náteru	Tvorba filmu
Chemická úprava povrchu, vodný cyklus	Alternatívny náterový systém: • vysokosušínový • vodou riediteľné náterové látky • práškové náterové látky • radiačne vytvrdzované systémy Vzduchový cyklus, priamy alebo zahrňujúci koncentrovanie, čistenie a recykláciu rozpúšťadiel	Alternatívne procesy: • ultrafialové • infračervené • EBC • mikrovlnné
Recyklácia	Optimalizácia hrúbky filmu Účinnosť prenosu: • rozprašovací proces • elektrostatický spôsob • automatizácia • recyklácia farby	Energetická účinnosť Recyklácia rozpúšťadla

Pre znižovanie emisií prchavých organických látok pri povrchových úpravách je veľmi dôležité posudzovať osobitne náterové látky a rovnako aj spôsoby ich nanášania na podklad.

Otázka **vplyvu náterových látok** na problematiku redukcie VOC je veľmi rozsiahlou interdisciplinárne riešenou problematikou, zahrňajúca nasledovné možnosti:

- najvýhodnejšie je používanie bezrozpúšťadlových náterových systémov. Popri náterových systémoch HS (vysokosušínových), spolu s vodou riediteľnými systémami patria medzi najprogresívnejšie typy náterových látok.



- Použitie náterových systémov s nízkym obsahom rozpúšťadiel a tvrditeľných žiarením, patrí k najvšeobecnejším možným riešeniam a do úvahy pripadajú aj náterové systémy vytvrdzované UV žiarením.
- Práškové náterové látky používané dnes v spotrebnom a automobilovom priemysle by sa v budúcnosti mali dostať aj do iných odvetví, napr. do oblasti povrchovej úpravy dreva, pričom pri vytvrdzovaní UV žiarením by sa malo dosiahnuť zníženie teploty a použitej energie.

Riešenie problematiky **vplyvu technológií nanášania** náterových látok na aktuálne znižovanie obsahu prchavých organických látok:

- využívanie nových, ekoprogresívnych technologických zariadení na nanášanie náterových látok, napr. vákuové zariadenia, ktoré pracujú s UV lakmi (s takmer 100 % obsahom sušiny), HS náterovými systémami alebo vodou riediteľnými náterovými látkami, pričom neprodukurujú odpady a navyše sú to "bezstratové technológie".
- Aplikácia náterovej látky pri vyššej teplote môže ušetriť až 30 % rozpúšťadla, znižuje sa množstvo prestrekov, dosahujú sa lepšie vzhľadové vlastnosti ako primárne kvalitatívne ukazovatele povrchovej úpravy.
- Špeciálne vysokotlakové striekacie postupy vedú k úspore rozpúšťadiel, rovnako tak i striekanie v elektrostatickom poli. Vodivosť povrchu ako základná podmienka môže byť docielená špeciálnymi základnými nátermi a predúpravou, vrátane plazmových procesov a ionizovaného vzduchu s opačným nábojom.
- Optimalizácia striekacích parametrov a úprava pohybu striekacej pištole môže prispieť k zníženiu množstva rozpúšťadla až o 10 – 15%.
- Ďalší vývoj v oblasti zariadení na zaplňovanie pórov a trhlín pórovitých drevín s využitím ohrievaných hladkých valcov umožní zníženie nánosov lakov, ktoré v kombinácii prírodných materiálov (na báze olejov a voskov) podstatne zlepši ekobilancie a zároveň výrazne zlepši i kvalitu povrchov výrobkov z dreva.

ZÁVER

Náterové látky, vytvrdzované UV žiarením, nanášané predovšetkým technológiou navalovania, z hľadiska rýchlosti vytvrdzovania, nízkeho množstva emisií VOC, ako aj z pohľadu minimálnych strát, predstavujú veľmi perspektívny smer v oblasti povrchových úprav dreva. Uvedený "ekoprogresívny" spôsob realizácie povrchových úprav dreva umožňuje intenzifikovať a racionalizovať proces výroby drevárskych výrobkov, najmä nábytku, pri dodržaní direktív a záväzných nariadení aktuálne platných pre ochranu životného prostredia.

Udržateľný a ekologicky prijateľný postup pri redukcii emisií prchavých organických látok znamená povrchovú úpravu plochy s najmenším použitím zdrojov náterovej látky a rozpúšťadla, energie, vody, odpadov pri definovanej úrovni kvality pri využití ekoprogresívnych techník a technologických zariadení, ktoré sú výsledkom intenzívneho výskumu a vývoja v oblasti znižovania, resp. redukcie VOC z procesov povrchových úprav podkladov (substrátov) na báze dreva, kovov i plastov.

Článok vznikol riešením grantového projektu VEGA MS SR, č. 1/2210/05.



LITERATÚRA

- ČERNECKÝ, J. (2005): *Technické prostriedky merania a monitorovania*. Monografia. TU Zvolen, 91 s. ISBN 80-228-1439-3.
- ĎURIŠOVÁ, B., RUŽINSKÁ, E. (2006): *Chemické látky – rizikové faktory v životnom prostredí*. In. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie "Monitorovanie a hodnotenie stavu životného prostredia, FEE TU Zvolen, s. 231 – 235, ISBN 80-228-1685-X.
- HALAMÍČEK, J. (2006): *Základní informace k lakům vytvrzovaných UV zářením*. Povrchová úprava, roč. 2, s. 1 – 2. (Ed. KREIBICH, V.) <http://www.povrchovauprava.cz>
- KOLÍŠEK, I. (2004): *Likvidace VOC z lakoven*. In. Zborník prednášok z 30. medzinárodnej konferencie "Projektování a provoz povrchových úprav". Praha, Hotel Pyramida, s. 49 – 50.
- MLEZIVA, J. (1993): *Polymery – výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Praha: Sobotáles, s. 312 – 333.
- RUŽINSKÁ, E., ČERNECKÝ, J. (2006): *Ekologické metódy likvidácie VOC z operácií povrchových úprav*. In. Zborník prednášok "Zem v pasci? Analýza zložiek životného prostredia", Krpáčovo, 10 s., CD. ISBN 80-228-1553-5.
- RUŽINSKÁ, E. (2006): *Problematika VOC pri povrchovej úprave dreva*. In. Zborník prednášok "Zem v pasci? Analýza zložiek životného prostredia", Krpáčovo, 11 s., CD. ISBN 80-228-1553-5.
- RUŽINSKÁ, E. (2006): *Povrchová úprava dreva – riešenie problematiky VOC*. Zborník príspevkov z 48 medzinár. galvanickej konferencie. FCHPT STU Bratislava, s. 48 – 54, ISBN 80-227-2435-1.
- RUŽINSKÁ, E. (2005): *Plasty a náterové látky v drevárskom priemysle*. Monografia. TU Zvolen, 2005, 166 s. ISBN 80-228-1518-7
- RUŽINSKÁ, E. (2004): *Nové trendy vo vývoji a výrobe náterových látok pre povrchovú úpravu dreva*. In. Zborník z odborného seminára "Nové trendy v oblasti povrchovej úpravy dreva a stavebno-stolárskych výrobkov", Lignumexpo Nitra 2004, 8 s.
- RUŽINSKÁ, E. (2006): *Ekoprogresívne technológie v procesoch povrchových úprav dreva*. Zborník príspevkov z 48 medzinár. galvanickej konferencie. FCHPT STU Bratislava, 2006. s. 79-87. ISBN 978-80-227-2696-2
- RUŽINSKÁ, E. (2005): *The Analysis of Wood Surface Finishing as an Objective Method of Evaluating its Quality*. Chemical Abstract CA, 2006, 144:352510, Coden: 69 HEEK, Document Type: Conference CA, Section 43.
- SMERNICA VOC (1999): *Council Directive 1999/13/EC (z 11.3.1999) on the limitation of emissions of VOC due to the use of organic solvents in certain activities and installations*.
- SOLDÁN, M., SOLDÁNOVÁ, Z., MICHALÍKOVÁ, A. (2005): *Ekologické nakladanie s materiálmi a odpadmi*. STU MTF Bratislava, s. 79 – 83, ISBN 80-227-2223-5.
- ŠKÁRKA, B., POLÍVKA, L., FENDRICH, E., HOSTÍN, S., LACUŠKA, M. (2003): *Environmentálna chémia*. STU MTF Bratislava, 162 s., ISBN 80-227-1973-0.



TESAŘOVÁ, D., MUŽIKÁŘ, Z (2004).: *Emise VOC emitované z nábytkových dílců s povrchovou úpravou*. Zborník prednášok z 36. medzinárodnej konferencie o náterových látkach. UP Pardubice, Seč, s. 448 – 462, ISBN 80-7194-660-5.

TUREKOVÁ, I., BALOG, K. (2006): *Hodnotenie rizika chemických látok*. In: Zborník referátov z medzinárodnej konferencie "Monitorovanie a hodnotenie stavu životného prostredia, FEE TU Zvolen, s. 243 – 250, ISBN 80-228-1685-X.

Lektoroval: doc. RNDr. Iveta Marková, PhD.

Kontaktná adresa:

Ing. Eva Ružinská, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, Zvolen, Slovensko
evaruzin@vsld.tuzvo.sk



SPÔSOBY SPAĽOVANIA ODPADOV

WASTE COMBUSTION METHODS

Jozef SILÁČI – Zdenko MAGA – Michal ŠUDÝ – Petra KVASNOVÁ

ABSTRAKT: Článok sa zaoberá spaľovaním odpadov s cieľom charakterizovať vybrané metódy zhodnocovania odpadov a ich energetického využitia so zameraním na vplyv týchto metód na životné prostredie.

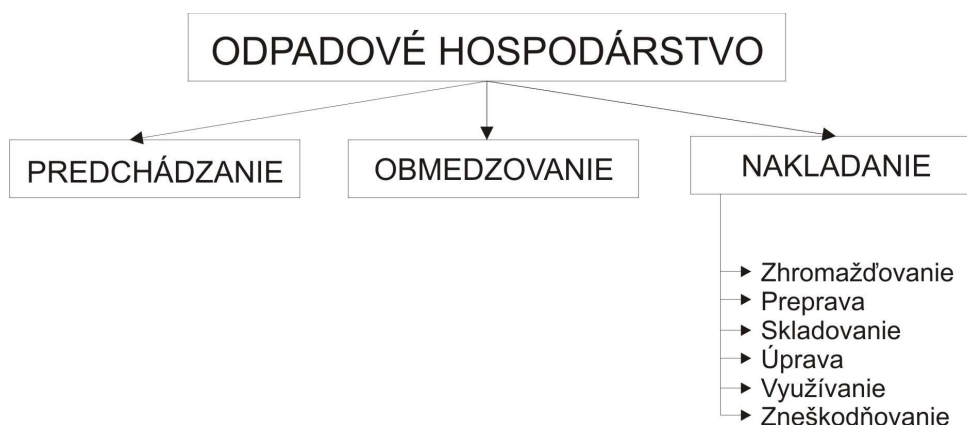
Kľúčové slová: spaľovanie, odpadové hospodárstvo, spaľovne

ABSTRACT: Article deals with the waste combustion with the aim to characterize selected methods of waste valorization and energetic utilization with consideration of their influence on the environment.

Key words: combustion, waste management, waste incineration plant.

ÚVOD

Opadové hospodárstvo predstavuje súbor činností zameraných na predchádzanie, obmedzovanie vzniku a nakladanie s odpadmi (Obr. 1).

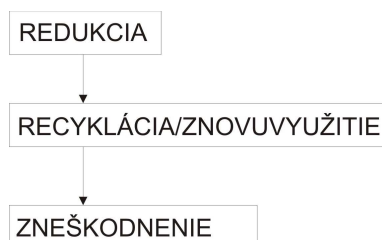


Obr. 1 Schéma základných činností v odpadovom hospodárstve

Ide o činnosť primárne zameranú na zabránenie vzniku odpadu (predchádzanie), alebo aspoň obmedzovanie jeho vzniku (napr. zavádzaním máloodpadových technológií).

V prípade, že už odpad vznikne je dôležité nakladanie s ním v súlade s ekonomickými (využitie druhotných surovín, resp. energie) a environmentálnymi (ochrana životného prostredia) potrebami (Altman, 2006).

V súčasnosti sa do popredia dostáva tzv. integrovaný systém odpadového hospodárstva (Altman, 2006), ktorý je zjednodušene znázornený na obr. 2.



Obr. 2 Schéma integrovaného odpadového hospodárstva

V rámci „zneškodnenia“ odpadov sú na posledných miestach, v tejto hierarchii, umiestnené metódy ako sú spaľovanie a skládkovanie. V Slovenskej republike je predovšetkým rozšírený proces skládkovania. Obe tieto koncové metódy zneškodňovania odpadov sa vyznačujú určitými charakteristickými vplyvmi na životné prostredie.

SPAĽOVANIE ODPADOV

Cieľom spaľovania odpadov je predovšetkým:

- ❑ znížiť množstvo organických kontaminantov v odpadoch,
- ❑ obmedziť množstvo odpadov (znížiť toky odpadov na skládku odpadov),
- ❑ skoncentrovať ťažké kovy v zachytávanom popolčeku.

Spaľovať by sa malo len minimálne množstvo odpadov, ktoré nemožno využiť ako druhotné suroviny. Primárnu prednosť pred energetickým zhodnotením má materiálové zhodnotenie odpadov. Spaľovaním možno znížiť hmotnosť odpadov na 25 až 30 % a objem na 10 % pôvodnej hodnoty. Na skládku odpadov sa potom odváža materiál anorganický inertný s minimálnym obsahom organických zvyškov (predĺženie životnosti skládky).

Nevýhodou sú vysoké investičné a prevádzkové náklady, nutnosť kvalifikovanej obsluhy a dokonalé meracie a monitorovacie zariadenie.

DRUHY ODPADOV POUŽITEĽNÝCH PRE SPAĽOVANIE

Pre spaľovanie sa používajú kvapalné kaly, tuhé odpady a plynné odpady. Väčšina odpadov sú menejhodnotné palivá. Medzi takéto odpady patrí predovšetkým komunálny odpad v dôsledku svojho rôznorodého zloženia. Takéto ťažko spáliteľné odpady (najmä odpady s vysokým podielom inertných materiálov alebo veľmi vlhké odpady) potom treba miešať s dobre spáliteľnými odpadmi, alebo je tiež možné použiť prídavné palivo. Kvalita paliva je daná tromi hlavnými hodnotami:

- ❑ obsah horľavín,
- ❑ popolovín,
- ❑ vody.



PRINCÍP SPAĽOVANIA

Odpady sa zahrievajú stykom s horúcimi spalinami alebo predhriatym vzduchom a sálaním zo stien pece. Tuhé odpady možno spaľovať bez prídavného paliva, ak dosahuje ich výhrevnosť najmenej $5\,000\text{ kJ.kg}^{-1}$. Takéto palivo musí mať:

- ❑ obsah popolovín $< 60\%$,
- ❑ obsah vlhkosti $< 50\%$,
- ❑ obsah prchavej horľaviny $> 25\%$ (Kafka, 2007).

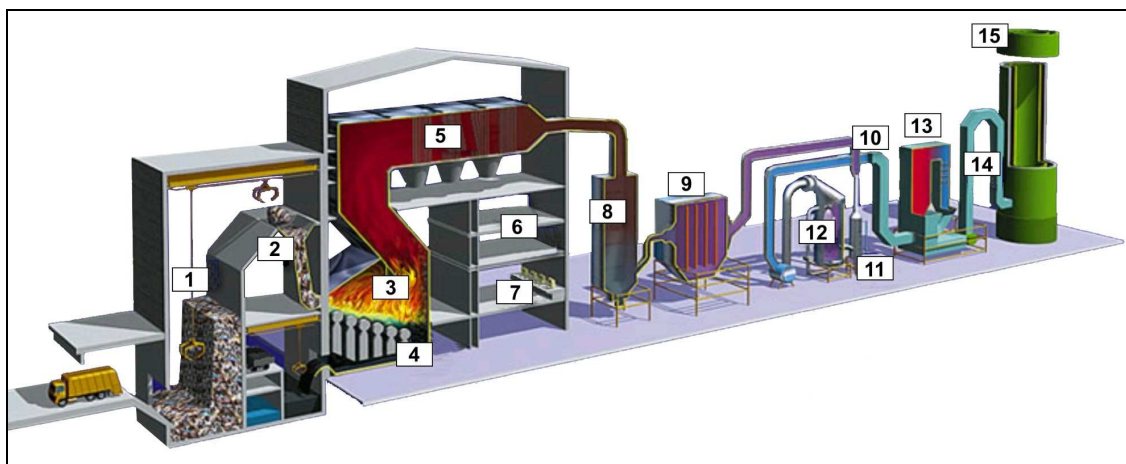
Spaľovanie je súbor niekoľkých po sebe nasledujúcich procesov a to:

- ❑ predsušenie – vlhkosť odpadu sa mení na paru,
- ❑ odplyňovanie odpadov – reakcie medzi kyslíkom a uhlíkatými látkami v odpadoch, horľavé látky sa menia na prchavé látky,
- ❑ zapálenie odpadu,
- ❑ horenie – nutný dostatočný prívod kyslíka, vzniká popol a škvara,
- ❑ vyhoriavanie a odvádzanie tepla (Kafka, 2007).

Zariadenia na spaľovanie odpadov

Hlavným dôvodom záujmu o spaľovne odpadov sú prísne regulačné opatrenia týkajúce sa skládkovania odpadov. Súčasné technológie spaľovania sú založené na dvoch metódach:

- ❑ na spaľovaní tuhých odpadov v spaľovniach (Obr. 3),
- ❑ na spaľovaní kvapalných a tuhých odpadov v rotačných cementových peciach (Obr. 7).



Obr. 3 Spaľovacie zariadenie

- 1 – odpadová šachta, 2 – nakladací žeriav, 3 – valcový rošt, 4 – kúrenisko kotla, 5 – tepelný výmenník, 6, 7 – zariadenia na energetické využitie pary, 8 – rozprašovacia sušiareň, 9 – elektrofilter, 10 – výmenník tepla, 11 – predpráčka, 12 – hlavná práčka, 13 – dioxínový filter, 14 – kontinuálne meranie spalín, 15 – komín.



Spaľovne komunálnych odpadov pracujú normálne pri teplotách 800 až 1 100 °C. Rotačné pece sú vhodné na spaľovanie odpadov v chemickom priemysle priamo v mieste vzniku. Najdôležitejšími charakteristikami spaľovacích zariadení sú:

- ❑ doba spaľovania,
- ❑ teplota spaľovania,
- ❑ turbulencia vrátane dostatočného množstva vzduchu.

Hlavné zložky tuhých odpadov sú uhlík, vodík, kyslík, dusík, síra. Základné reakcie pre oxidáciu (spaľovanie) uhlíka, vodíka a síry, obsiahnuté v organickej frakcii tuhých komunálnych odpadov sú nasledujúce:



Spaľovanie nebezpečných odpadov sa musí realizovať pri teplote 900 až 1 300 °C a doba zdržania spalín v spaľovacom priestore musí byť minimálne 3 sekundy.

Nemocničné odpady vyžadujú spaľovanie pri teplote 982 – 1 093 °C, aby sa dosiahla degradácia organických zložiek (Kafka, 2007).

Druhy spaľovacích zariadení

Roštové spaľovacie pece

Roštové spaľovacie zariadenia patria k najstarším spaľovacím zariadeniam, ktoré sa používajú na spaľovanie. Ich značnou výhodou je lepšia ovplyvniteľnosť procesu spaľovania v porovnaní so šachtovými pecami. Vďaka tomu je možná lepšia optimalizácia spaľovania podľa druhu odpadu.

Z dôvodu možnosti optimalizácie spaľovacieho procesu sa domový odpad tepelne spracováva najčastejšie v roštových spaľovacích zariadeniach. Roštové spaľovacie zariadenia môžeme rozdeliť podľa konštrukcie roštu na zariadenia s: posuvným roštom (Obr. 4), presuvným roštom (Obr. 5), valcovým roštom (Obr. 6).

Posuvný rošt

Pri posuvnom rošte sa odpad posúva po rošte. Pohyb, prehrabávanie a premiešavanie paliva na rošte je zabezpečené pohyblivými a pevnými roštnicami. Pritom môže byť rošt vo vodorovnej polohe alebo môže byť natočený v ľubovoľnom uhle. Pri natočení roštníc sa vytvoria takzvané roštové schody. Príklad posuvného roštu je uvedený na Obr. 4.

Presuvný rošt

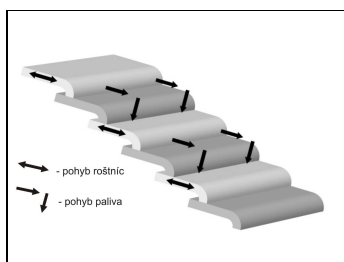
Presuvné rošty sa od posuvných roštov líšia rozdielnou konštrukciou. Roštnice pri presuvnom rošte sú oproti posuvnému roštu natočené o 90° proti smeru hodinových ručičiek. Príklad presuvného roštu je uvedený na obr. 5.



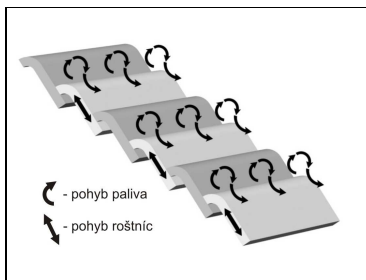
U presuvných roštov dochádza k lepšiemu premiešaniu odpadu pomocou zdvihu roštníc. Transport odpadu po rošte sa deje pomocou protivztlakovej sily.

Valcový rošt

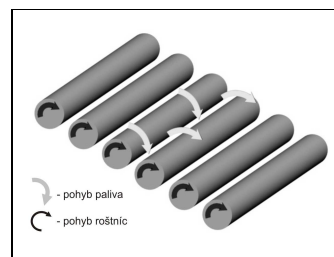
Valcový rošt sa skladá zo 6 až 8 valcov naklonených pod uhlom 20°- 30°. Pohon valcov je realizovaný pomocou elektromotora. Rozhrabávanie a prehrabávanie odpadu sa vykonáva pomocou trojuholníkových medzier vzniknutých v medzerách medzi valcami (Obr. 6).



Obr. 4 Posuvný rošt



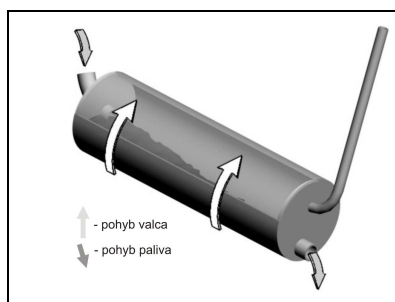
Obr. 5 Presuvný rošt



Obr. 6 Valcový rošt

Rotačné spaľovacie pece

Rotačné spaľovacie pece (Obr. 7) slúžia výlučne na spaľovanie odpadu. Ich výhodou je zachytenie kvapalných, pastových a pevných odpadov vo voľnej forme alebo vo zväzku ako aj spaľovanie pri vyšších teplotách (1 200°C) a dlhšia doba zdržania spalín v spaľovacej komore. Tieto zariadenia slúžia výlučne na spaľovanie odpadu. Doba zdržania v rozmedzí od 30 do 60 minút sa dá regulovať pomocou sklonu a rýchlosti otáčania (0.5 – 2 otáčky za minútu).



Obr. 7 Valcová rotačná pec

Etážové spaľovacie pece

Pri tomto type spaľovania sa spaľujú hlavne pastovité a kusové odpady s menšou veľkosťou častíc a s nepatrnými energetickými hodnotami. Tento typ spaľovania sa používa pri spaľovaní kalu z čistiarní odpadových vôd ako aj pri spaľovaní priemyselného odpadu s vysokým obsahom vody.



Fluidné spaľovacie pece

Fluidné spaľovanie je založené na procese spaľovania na fluidnom lôžku. Vzduch vstupuje na dno spaľovacieho priestoru a stúpa do priestoru, kde sa nachádza lôžko z inertných zrnitých častíc (napr. piesok). Táto kombinácia lôžka zo vzduchu a piesku vytvára hustý turbulentný materiál, ktorý sa správa ako kvapalina. Tepelná deštrukcia odpadu sa dosahuje jeho vstrekom do fluidizačného média, kde sa odpad spaľuje.

Teplota fluidného lôžka sa pohybuje medzi 800 – 900 °C. Odpad rýchlo dosahuje spaľovaciu teplotu, zhorí a prenáša teplo späť do fluidného lôžka. Pretože tvar tuhých odpadov pre fluidizáciu je nevhodný, odpady sa musia pred spaľovaním upraviť (napr. rozdrviť, preosiať). Kvapalné odpady sa fluidujú pomocou cudzieho nosného média.

Výhody spaľovania:

- ❑ rýchly spôsob odstránenia odpadov. Stabilizácia odpadov na skládkach trvá aj niekoľko rokov, kompostovanie niekoľko mesiacov, pri spaľovaní odpady ostávajú na rošte len 1 hodinu.
- ❑ účinnejšie zníženie objemu odpadov ako kompostovanie alebo skládokovanie. Ostatok po spálení tvorí 25 až 40 % hmot. (8 až 12 % obj.) pôvodného objemu odpadu,
- ❑ ostatok po spaľovaní je tuhý, sterilný a nepodlieha rozkladu,
- ❑ zníženie nárokov na pôdu pri stavbe nových skládok odpadov,
- ❑ predĺženie životnosti skládky.

Nevýhody spaľovania:

- ❑ vysoké investičné náklady moderných spaľovní,
- ❑ potreba kvalifikovanej obsluhy na prevádzku a údržbu,
- ❑ emisie niektorých plyných škodlivín – vyžadujú efektívne odlučovacie zariadenia,
- ❑ emisie spalín a prachu predstavujú veľké zaťaženie pre životné prostredie,
- ❑ čistenie spalín od tuhých a plyných emisií predstavuje asi polovicu investičných nákladov na výstavbu spaľovní,
- ❑ neustále sprísňovanie legislatívy ohľadom čistenia spalín,
- ❑ odpad je dopravovaný do kotla nezávisle od akosti, výkyvy v dovážanom množstve, nerovnomerná výhrevnosť a rôzne druhy odpadov nesú so sebou problémy pri prevádzke zariadenia.

EKOLOGICKÉ DÔSLEDKY SPAĽOVANIA ODPADOV

Pri spaľovaní odpadu vznikajú sekundárne odpady, ktoré je potrebné bezpečne zneškodniť. Sú to plyné spaliny a tuhý zvyšok. Tuhé zvyšky tvorí najmä škvara, popol a popolček. Tieto majú rôzny stupeň nebezpečnosti v závislosti od druhu spaľovania odpadu a technológie. Emisie do ovzdušia sú determinované primárne technickými parametrami spaľovacieho zariadenia, stupňom heterogenity odpadu a systémom čistenia spalín, ide predovšetkým o emisie HCl, HF, SO₂, NO_x, CO, VOC, CO₂ a zvlášť nebezpečné PCDD/PCDF, ktoré sú toxické už pri veľmi nízkych koncentráciách (Samešová, 2003).

Odpady možno teda považovať za najmenej čistý druh paliva. V priemere obsahujú 50-krát viac ťažkých kovov ako napr. uhlie. Prach so spaľovania sa odstraňuje s účinnosťou



99 až 99,5 % v elektrostatických odlučovačoch (1. stupeň čistenia). Kyslé zložky (HCl, SO₂, NO_x) sa odstraňujú mokrým spôsobom (2. stupeň čistenia). U väčšiny nových spaľovní sa vyžaduje aj tretí stupeň čistenia spalín – zachytávaním dioxínov na aktívnom uhlí. Spaľovňa vo všeobecnosti produkuje z 1 tony odpadov 6 000 m³ spalín, niekoľko m³ odpadových vôd a 0,25 až 0,4 ton tuhých ostatkov.

Spaľovanie odpadov je nákladnejší spôsob odstraňovania tuhých komunálnych odpadov, ako je ich ukladanie na skládku (investičné náklady sú až 10-násobne vyššie, prevádzkové sú porovnateľné). Súčasné veľkoobchodné ceny palív a energie však zvýhodňujú spaľovne oproti skládkam, ale aj oproti spaľovniam uhlia. Dôvodom je, že spaľovňa odpadu má surovinu na výrobu energie zadarmo, dokonca dostane od pôvodcov odpadu aj poplatok za odobratie odpadu. Efektívnosť spaľovne sa zvyšuje aj predajom železného šrotu odlúčeného od škvary po spálení odpadu.

Príspevok je prezentovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VGP 1/2210/05: „Optimalizácia tvaru nožov a hlavíc dezintegrátora plastových látok“.

LITERATÚRA

ALTMAN, V. (1996): *Odpadové hospodárství*. Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava.

KAFKA, Z.: *Základy ochrany životního prostředí – část odpady*. VŠCHT Praha, dostupné na <http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/ZOZP/skriptaZOP.doc>

KIELY, G. (1997): *Environmental Engineering*. Mc Graw Hill London.

PLÁŠEK, J. (2006). *Udržanie vysokej účinnosti spaľovania*. MVK k 10. Výročiu FEVT, Zvolen, 9 s., ISBN 80-228-1650-7.

MŽP SR (2007): *Technológie na zhodnocovanie biologického odpadu v komunálnej sfére*, prvé vydanie.

SALVATO, J. A., NEMEROW, N., AGARDY, F.: *Environmental engineering* — 5th ed. ISBN 0-471-41813-7.

SAMEŠOVÁ, D. (2003): *Integrovaný systém nakladania s komunálnym odpadom*. In: *Enviromagazín*, No. 1/2003, MŽP SR a SAŽP Banská Bystrica, 2 s.

ŠTOFILA, A., CHRIAŠTEĽ, L. (2006): *Spracovanie a recyklácia tuhých odpadov*. STU Bratislava, 183 s., ISBN 80-257-2006.

http://www.tu-dresden.de/fghhiaa/L&D/Uebung_Bili_2006-07/Thermische_Abfallbehandlung/Ausarbeitung_.pdf

Lektoroval: Ing. Ján Plášek, CSc.

Kontaktná adresa:

Mgr. Jozef Siláči, Ing. Zdenko Maga, Ing. Petra Kvasnová, PhD., Katedra environmentálnej techniky, Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 53 Zvolen
jsilaci@vsld.tuzvo.sk, maga@vsld.tuzvo.sk, kvasnova@vsld.tuzvo.sk



VYUŽITIE ODPADOV Z VÝROBY KOVOV PŘI ODSTRAŇOVANÍ ORGANICKÝCH LÁTKO

THE EXPLOITATION OF WASTES FROM METAL PRODUCTION BY REMOVAL OF ORGANIC SUBSTANCES

Maroš SOLDÁN

ABSTAKT: Mnoho priemyselných výrobov využíva farby a farbivá pri výrobe svojich výrobkov. Prítomnosť týchto látok v odpadových vodách aj v nízkej koncentrácii výrazne zhoršuje ich senzorické vlastnosti. Viaceré z nich vykazujú toxické vlastnosti, takže ich odstraňovanie z priemyselných odpadových vôd môže byť vážnym environmentálnym problémom. Cieľom príspevku je overenie katalytických vlastností odpadov z výroby kovov. Odpady sú v súčasnosti deponované na skládkach a predstavujú ekologický aj estetický problém. Zatiaľ nie je známy žiadny výhodný spôsob pre ich využitie a teda aj likvidáciu.

Kľúčové slová: odpad, katalýza, metylénová modrá

ABSTACT: Many industries, such as paper, plastics, food, cosmetics, textile, etc., use dyes in order to colour their products. The presence of these dyes in water, even at very low concentrations, is highly visible and undesirable. Since some of these dyes are toxic in nature, their removal from the industrial effluents is a major environmental problem. The objective of this work is to verify the catalytic activity of wastes from metal production namely black nickel mud and waste from aluminium production – red mud. These wastes are still dumped on dumping grounds and may be a potential environmental problem.

Key words: waste, catalysis, methylene blue

ÚVOD

Mnoho priemyselných výrobov využíva farby a farbivá pri výrobe svojich výrobkov. Prítomnosť týchto látok v odpadových vodách aj v nízkej koncentrácii výrazne zhoršuje ich senzorické vlastnosti. Viaceré z nich vykazujú toxické vlastnosti, takže ich odstraňovanie z priemyselných odpadových vôd môže byť vážnym environmentálnym problémom. Odhliadnuc od estetického aspektu, mnohé z týchto farbív môžu pri anaeróbných reakciách vo vodnej fáze vytvárať karcinogénne amíny [1]

V mnohých krajinách sa ozón používa na dezinfekciu pitnej vody a na oxidáciu niektorých polutantov priemyselných odpadových vôd. Ozón je selektívny oxidant a závisí od druhu znečistenia a od chemickej podstaty látok či môžeme na oxidačnú degradáciu výhodne použiť ozón. Ozón reaguje s organickými znečisteninami vo vode dvomi cestami: priamou cykloadičnou reakciou (ide najmä o nenasýtené systémy ako sú alkény a azofarbivá), ktorá v konečnom dôsledku vedie k oxidácii alkénu na odpovedajúce karbonylové zlúčeniny, alebo reaguje nepriamymi reakciami, pomocou reaktívnych kyslíkových radikálov (ROS), ktoré

v závislosti od pH prostredia v priebehu ozonizácie vznikajú (napríklad hydroxylový radikál HO[•]). Produkcia hydroxylových radikálov týmto oxidačným systémom je dôležitým krokom pre degradáciu organického znečistenia vody [2-3].

Vznik červeného kalu je spojený s výrobou oxidu hlinitého Bayerovým spôsobom, pričom v podmienkach ZSNP Žiar nad Hronom vznikalo ročne asi 70 000 t červeného kalu



chemického zloženia 15 % Al_2O_3 , 13 % SiO_2 , 45 % Fe_2O_3 , 6 % TiO_2 , 2 % CaO , 7,5 % Na_2O , 6 % strata žíhaním. V súčasnosti sa v Žiari nad Hronom nachádza asi 8 miliónov ton.

Lúženec vzniká po vylúhovaní niklu a kobaltu z lateritickej železníkovitej rudy. Je to v podstate železný koncentrát nasledovného chemického zloženia 50-80 % Fe, 3,2-3,5 % Cr_2O_3 , 6-8 % SiO_2 , 6-8 % Al_2O_3 , 2,5-3,5 % CaO , 0,06-0,18 % P_2O_3 , 0,28-0,3 % Ni. Ročný výskyt lúženca bol okolo 300 kt a jeho zásoby sa odhadujú na 5,6 milióna ton. Hoci predstavuje temer 80 % oxidov železa, je nepoužiteľný vo výrobe železa pre obsah (do 3 %) chrómu. Najväčším problémom je záber pôdy v okolí bývalej NH Sered' (okolo 50 ha), ale najmä to, že lúženec je vo veľmi jemnej forme neustále rozvíjaný vetrom po širokom okolí.

EXPERIMENT

Vzorky metylénovej modrej s počiatočnou koncentráciou 0,005 % boli podrobené ozonizácii v rôznych časoch. Koncentrácia ozónu v reaktore bola stanovená o-tolidínovou metódou (0,023 mg/l). Na urýchlenie ozonizačného procesu bol pridávaný katalyzátor (červený kal resp. lúženec) v rôznych množstvách (0,1 resp. 0,5 g). Odpady boli pred použitím spracované tromi odlišnými postupmi [4].

Aktivovaný kal

Odvážilo sa 5 g kalu, pridalo sa 95 ml destilovanej vody a 9 ml HCl. Zmes sa 20 minút varila a potom doplnila destilovanou vodou na objem 400 ml. Roztokom NH_4OH sa roztok upravil na pH 8 a 10 min zahrievaný pri teplote 50 °C, následne sa prefiltroval a dvakrát dekantoval destilovanou vodou s teplotou 40 °C (50 ml, 25 ml). Získaný filtrát sa vysušil pri teplote 110 °C a žíhal pri teplote 550 °C po dobu 2 hodín v muflovej peci.

Neaktivovaný kal

Odvážilo sa 5 g kalu a doplnilo na objem 50 ml destilovanou vodou. Zmes sa premiešala a prefiltrovala. Filtrát sa vysušil v sušiarňi pri teplote 110 °C a 2 hodiny žíhal v muflovej peci pri teplote 550 °C.

Žíhaný kal

Odvážilo sa 5 g kalu, ktorý sa potom 2 hodiny žíhal v muflovej peci pri teplote 800 °C.

Koncentrácia metylénovej modrej po ozonizácii bola stanovená spektrofotometricky, pričom na výpočet účinnosti sa brala do úvahy maximálna absorbancia pri 660 nm.



VÝSLEDKY A DISKUSIA

Katalytické vlastnosti odpadov z výroby kovov sú dané predovšetkým veľkosťou častíc, plochou povrchu, schopnosťou adsorbovať látky, distribúciou pórov a kryštalickou formou. Pre priemyselné aplikácie sú niektoré charakteristické požiadavky na katalyzátory:

- vysoká aktivita,
- odolnosť voči katalytickým jedom,
- stabilita pri vysokých teplotách,
- mechanická stabilita a odolnosť,
- fyzikálna a chemická stabilita v rozličných podmienkach.

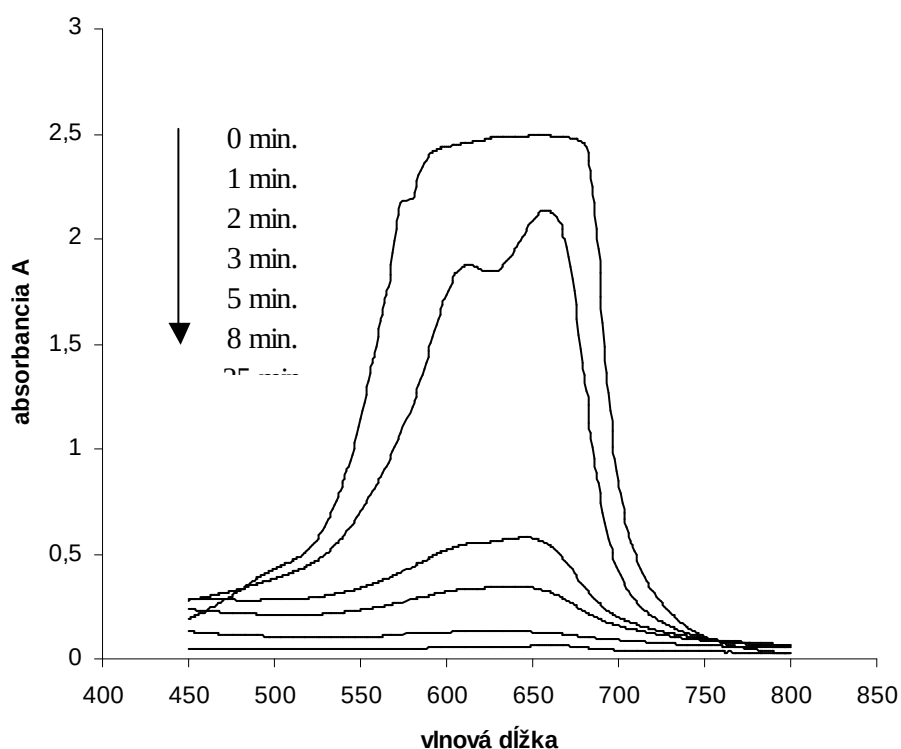
Zistilo sa, že so stúpajúcim množstvom katalyzátora vzrastá rýchlosť ozonizácie metylénovej modrej a skraca sa čas potrebný na jej úplne odstránenie (obr. 1 – 3). Tento jav bol pozorovaný pri oboch katalyzátoroch, pričom vplyv jeho zvýšeného množstva sa výraznejšie prejavil pri červenom kale. Možno ho vysvetliť zvýšením počtu dostupných aktívnych centier na povrchu katalyzátora, kde reakcia prebieha. Tým sa zvyšuje aj počet reaktívnych kyslíkových radikálov (hydroxylový, superoxidový), ktoré účinne degradujú organickú zlúčeninu. Pri vyšších prídavkoch katalyzátora však možno v dôsledku agregácie jeho molekúl očakávať pokles katalytickej aktivity, pretože sa zníži počet dostupných aktívnych centier na jeho povrchu.

Použitie červeného kalu a lúženca ako katalyzátorov kladne vplýva na priebeh a účinnosť ozonizácie roztoku metylénovej modrej. Napr. po 25 – tich minútach ozonizácie roztoku metylénovej modrej bez použitia katalyzátora bola dosiahnutá účinnosť odstraňovania metylénovej modrej 89,40 %, pri pridaní žihaného červeného kalu to bolo 89,50 % a pri pridaní žihaného lúženca bola účinnosť ozonizácie 96,89 % (pri pridaní 0,1 g). Porovnaním obrázkov možno konštatovať, že lepšie katalytické vlastnosti vykazuje lúženec. Tento jav sme pozorovali pri oboch prídavkoch a takisto aj pri rôznych druhoch úpravy kalu. Súvisí to zrejme s veľkosťou jeho častíc. Častice lúženca sú menšie ako častice červeného kalu, a preto je veľkosť jeho špecifického povrchu väčšia, čo pozitívne vplýva na priebeh reakcie.

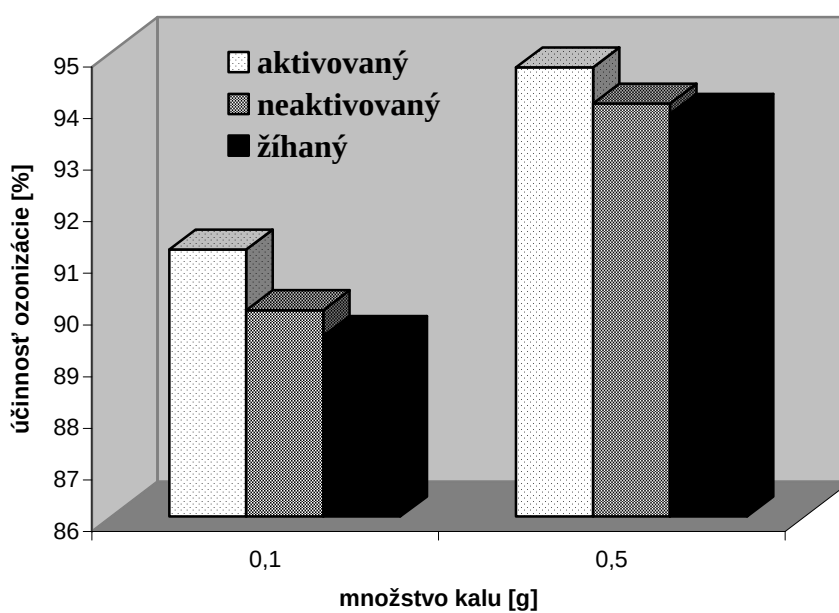
Ak porovnáme vplyv úpravy jednotlivých druhov katalyzátorov na priebeh reakcie zistíme, že účinnosť odstraňovania metylénovej modrej sa pri rôznych typoch úpravy zmenila len nepatrne. Z ekonomického a environmentálneho hľadiska preto nie je žiadúce upravovať uvedené katalyzátory chemickými činidlami, pretože sa tým zvyšuje zaťaženie životného prostredia.

ZÁVER

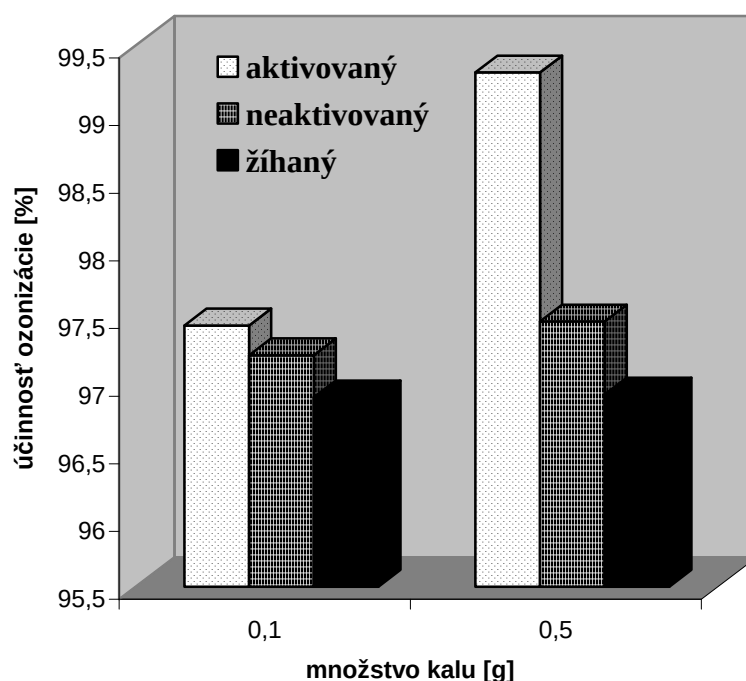
Možno skonštatovať, že oba druhy odpadov je možné využiť pri katalyzovaní oxidačných reakcií organických polutantov. Ich použitím možno znížiť náklady potrebné na oxidačné činidlá a skrátiť čas potrebný na úplne odstránenie organických polutantov z odpadových vôd.



Obr. 1 Absorpčné spektrá 0,005 % roztoku metylénovej modrej v rôznych časoch ozonizácie s prídavkom 0,1g aktivovaného lúženca



Obr. 2 Vplyv množstva červeného kalu na účinnosť ozonizácie roztoku metylénovej modrej po 25 - tich minútach



Obr. 3 Vplyv množstva lúženca na účinnosť ozonizácie roztoku metylénovej modrej po 25-tich minútach

LITERATÚRA

PIRKANNIEMI, K., SILLANPÄÄ, M. (2002): *Heterogeneous water phase catalysis as an environmental application: a review*. In: Chemosphere, 25, s.1047 –1060.

ORDÓÑEZ, S., DÍEZ, F. V., SASTRE, H. (2002): *Hydrodechlorination of tetrachloroethylene over sulfided catalysts: kinetic study*. In: Catalysis Today, 18, s. 325 – 331.

LEGUBE, B., KARPEL VEL LEITNER, N.(1999): *Catalytic ozonation: a promising advanced oxidation technology for water treatment*. In: Catalyst Today, 14, s. 61 – 72.

DOMÍNGUES, C., GARCÍA, J., PEDRAZ, M. A., TORRES, A., GALÁN, M. A. (1998): *Photocatalytic oxidation of organic pollutants in water*. In: Catalyst Today, 13, s. 85 – 101.

Lektoroval: Ing. Petra Kvasnová, PhD.

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Maroš Soldán, PhD., Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva MTF
STU, Botanická 49, 917 24 Trnava



SPLYŇOVANIE DREVNÉHO ODPADU AKO JEDNA Z ALTERNATÍVNYCH MOŽNOSTÍ JEHO ENERGETICKÉHO VYUŽITIA

WOOD WASTE GASIFICATION AS ONE OF THE ALTERNATIVE WAYS OF ITS ENERGY PURPOSES

Erika SUJOVÁ

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá možnosťami využívania drevného odpadu pre energetické účely, konkrétne procesom jeho transformácie na drevný plyn a čistením produktu splynovania. Drevný plyn je možné po dosiahnutí prípustnej hodnoty kontaminantov použiť ako palivo do spaľovacieho motora. V článku je sumarizovaný technicky využiteľný potenciál odpadovej dendromasy, z ktorej určitý podiel môže slúžiť aj ako surovínová základňa pre výrobu ušľachtilého plynného paliva – drevného plynu.

Kľúčové slová: drevný odpad, splynovanie, drevný plyn, adsorpčný filter, účinnosť filtrácie

ABSTRACT: The article deals with possibilities of wood waste for energy purposes, concretely with process of its transformation to wood gas and purification of gasification product. It is possible to use wood gas as a fuel to combustion engines after its acceptable value of contaminants reaching. In the paper is summing of technically available waste dendromass potential, where particular share can make for material basis for generous gas fuel – wood gas production.

Key words: wood waste, gasification, wood gas, adsorption filter, filter efficiency

ÚVOD

Rozvoj využívania dendromasy ako významného prvku obnoviteľných zdrojov energie je nevyhnutný aj s ohľadom na ambiciózny indikatívny cieľ výroby elektrickej energie na úrovni 31 % z celkovej spotreby elektriny do roku 2010, ktorý Slovenská republika prijala v rámci prístupových rokovaní s EÚ. Vláda SR prijala 07. 07. 2004 uznesením č. 667 Správu o pokroku v rozvoji obnoviteľných zdrojov energie, vrátane stanovenia národných indikatívnych cieľov pri využívaní obnoviteľných zdrojov energie, ktorý uvádza ako národný cieľ výroby elektriny z OZE na úrovni 19 %.

Energetické využívanie biomasy na Slovensku v súčasnosti výrazne zaostáva za potenciálnymi možnosťami tak z hľadiska množstva, ako aj energetickej a ekonomickej efektívnosti, ale i environmentálnych prínosov. Za hlavné príčiny tohto stavu možno považovať najmä absenciu prepracovanej stratégie na úrovni štátu, krajov a nižších územnosprávnych celkov, nedostatočnú angažovanosť hlavných producentov a distribútorov palív a energie, pretrvávajúcu deformáciu cien klasických palív a energie, nedostatky vo výskume, vývoji a výrobe zodpovedajúcich technológií a absenciu podpory štátu.

Využiteľný potenciál biomasy na Slovensku predstavuje približne 3,1 mil. ton ročne s energetickým ekvivalentom viac ako 36 PJ. V súčasnosti sa využíva len niečo viac ako 20 % tohto potenciálu. Slovensko sa zaviazalo plniť viaceré dohody v oblasti ekológie, medzi ktoré patri zníženie produkcie emisií (skleníkové plyny, SO₂, NO, CO₂ a pod.). K tomu je nevyhnutné realizovať koordinovanú a cielenú energetickú politiku na celoštátnej, ale najmä regionálnej úrovni. Ide najmä o podporu opatrení zameraných na úsporu energie, optimálne



využívanie primárnych energetických zdrojov, ale aj na zvyšovanie podielu obnoviteľných energetických zdrojov (Münnich et al., 2006).

1. SÚČASNÝ STAV PROBLEMATIKY SPLYNOVANIA DREVNÉHO ODPADU

1.1 Zdroje drevného odpadu na Slovensku

Drevný odpad môžeme podľa pôvodu vzniku rozdeliť na odpad vznikajúci pri primárnom spracovaní dreva, sekundárnom spracovaní dreva a odpad, ktorý vzniká vo sfére spotreby. Množstvo odpadového dreva (tab. 1) vznikajúceho pri ťažbe a jeho spracovaní je značné a energeticky obsah tohto zdroja prevyšuje nároky na teplo v mnohých oblastiach Slovenska. Keďže časť drevného odpadu je možné ďalej spracovať a použiť na produkciu aglomerovaných veľkoplošných materiálov a na výrobu ušľachtilého kusového paliva z drevených pilín (brikety, peletky), množstvo odpadu potenciálne určeného na priame energetické použitie sa zmenší.

Napriek nedostatočnému využívaniu odpadového dreva pre energetické účely existuje na Slovensku niekoľko príkladov realizovaných v priemyselných podnikoch. V týchto, hlavne drevospracujúcich podnikoch, došlo nahradením tradičného uhlia environmentálne vhodnejším palivom nielen k ozdraveniu životného prostredia, ale aj k zhodnoteniu vlastných odpadových produktov a zníženiu nákladov za energiu (Münnich et al., 2006). Príkladom úspešného využitia drevného odpadu v priemysle je zariadenie inštalované v podniku MIER Topoľčany.

Tab.1 Celkový využiteľný potenciál drevného odpadu na Slovensku

Druh odpadového dreva	Využiteľné množstvo [t/rok]	Energetický ekvivalent [TJ/rok]
Lesná biomasa		
Tenčina stromov do 7 cm	250 740	2 383,05
Opadová hrubina stromov	76 200	724,00
Opad po manipulácii s drevom	110 590	1050,69
Palivové drevo	323 900	3079,81
Biomasa z prerezávok	14 300	138,58
Pne a korene	23 500	223,25
Opad po mechanickom spracovaní dreva	103 800	1 170,00
Opad z drevospracujúceho priemyslu		
Kusový odpad	483 000	5680,10
Jemnozrný odpad	322 000	3741,70
Drevný komunálny odpad	133 200	1466,00
Celkom	1 841 230	19 657,18

1.2 Splyňovanie dreva a drevného odpadu

Splyňovanie dreva je jednou z najperspektívnejších metód využitia drevnej hmoty. Je založené na procese, pri ktorom sa horľavý podiel tuhého paliva mení na palivo plyné. Tento dej prebieha pri obmedzenom prístupe kyslíka. Výsledkom splyňovania je plyné palivo – drevný (generátorový) plyn s výhrevnosťou 4,5 – 6,9 MJ.m⁻³. Hlavnú horľavú zložku plynu



tvorí oxid uhoľnatý CO (17 – 22 %), ďalej drevný plyn obsahuje vodík H_2 (12 – 20 %) a metán CH_4 (2 – 3 %). Podiel nehorľavých plynov je celkove 60 %, z toho je prevažujúci dusík N_2 (50 – 54 %), ďalej oxid uhličitý CO_2 (9 – 15 %). Okrem uvedených zložiek obsahuje surový drevný plyn aj iné - nežiaduce prímеси, ako sú vodná para, vyššie uhl'ovodíky – dechty, kyselina octová a aj tuhé znečisťujúce látky.

Z hľadiska požiadaviek na palivo drevo je vhodným palivom pre splynovanie hlavne preto, lebo obsahuje 0,5 – 2 % jemného popola a iba zanedbateľné množstvo síry. Vhodnejšie sú tvrdé listnaté dreviny, nevhodná na splynovanie je kôra. Dreviny s vyššou hustotou sú vhodnejšie pre splynovanie, pretože sa z nich tvorí aj kvalitnejšie drevné uhlie ako z drevín s nižšou hustotou. Na splynovanie je vhodnejšie drevo zdravé, nenapadnuté hnilobou a neobsahujúce veľa kôry. Pre splynovanie je vhodné použiť aj veľmi zhustené palivo na báze dreva – brikety, ktoré dosahujú hustotu nad $1\,300\text{ kg.m}^{-3}$. Takto zhustené palivo pomaly prehára a pri jeho nedokonalom prehárání vzniká kvalitný generátorový plyn. Drevené pelety sú menej výhodné pre splynovanie, ich malé rozmery totiž umožňujú rýchle prehorenie paliva. Dôležitým faktorom je aj vlhkosť paliva použitého pri splynovaní. Pre splynovanie dreva je ideálna vlhkosť pod 20 %. Vysoká vlhkosť paliva spôsobuje redukciu tepelnej účinnosti splynovača a jej výsledkom je nízka výhrevnosť. Ďalším nepriaznivým javom pri splynovaní vlhkého paliva je vznik vyššieho podielu nežiadúcich produktov – dechtov pri použití paliva s vysokou vlhkosťou. Vysoké percento vlhkosti spôsobuje aj problémy so zapálením paliva.

Problematike splynovania drevného odpadu sa venovalo viacero autorov (Bedi, 1996; Münnich et al., 2006; Lupták – Dzurenda, 1986). Vo svojich prácach zhodne konštatujú, že chemické zloženie drevného plynu vyprodukovaného splynovaním drevného odpadu pri dodržaní vyššie uvedených vlastností paliva (drevina, vlhkosť, tvar) plne korešponduje s údajmi uvádzanými v literatúre. Vznikajúci drevný plyn je možné ďalej použiť ako iné plynné palivo, avšak rozhodujúcou podmienkou využitia drevného plynu je jeho kvalita a čistota. Predovšetkým decht je prekážkou pre bezproblémové spaľovanie v motore. Nevyhnutnou súčasťou celého procesu splynovania drevného odpadu musí byť preto čistenie drevného plynu. To je zatiaľ najväčšia prekážka jeho širšieho uplatnenia pre kombinovanú výrobu elektriny a tepla.

Pri dosahovanom výťažku $2,5\text{ m}_n^3$ plynu/kg suchého dreva sa pri spaľovaní plynu v turbíne dá očakávať výroba 1450 kWh elektriny z jednej tony suchého dreva. Účinnosť výroby tu dosahuje až 38 %. V podmienkach SR by to znamenalo potenciálnu výrobu cca. 2,1 miliardy kWh (2,1 TWh) ročne. (Bedi, 1996)

2. MATERIÁL A METÓDY

Metodika práce bola rozdelená do dvoch etáp. V prvom kroku výskumu bolo zisťované zloženie drevného plynu produkovaného experimentálnym zariadením počas splynovania drevených brikiet. Metodikou práce v tejto fáze výskumu bolo chromatografické stanovenie zloženia drevného plynu. V druhej etape boli navrhnuté a experimentálne overené rôzne alternatívy náplní do náplňového filtra, ktorý bol súčasťou laboratórnej linky úpravy drevného plynu. Táto etapa výskumu bola založená na metodike merania hmotnostnej koncentrácie tuhých častíc v drevnom plyne pred jeho čistením a po čistení.



2.1. Meranie kvalitatívneho zloženia drevného plynu

Samotná kvalitatívna analýza vyprodukovaného drevného plynu obsahovala štyri samostatné postupy, z ktorých každá identifikuje určitú zložku drevného plynu:

- ❑ Stanovenie obsahu plyných zložiek v generátorovom plyne – uskutočnené bolo metódou plynovej chromatografie.
- ❑ Stanovenie koncentrácie dechtov v produkovanom drevnom plyne- spektrálnou analýzou prístrojom UF-VIS spektrofometer „Cecil 3000 series“, GB.
- ❑ Stanovenie množstva kondenzátu - ochladením presného množstva drevného plynu sme získali kondenzát pre hmotnostné stanovenie.
- ❑ Stanovenie koncentrácie tuhých častíc v generátorovom plyne – gravimetrickou metódou s použitím zariadenia ZNP – 01.

2.2 Meranie hmotnostnej koncentrácie tuhých častíc v drevnom plyne

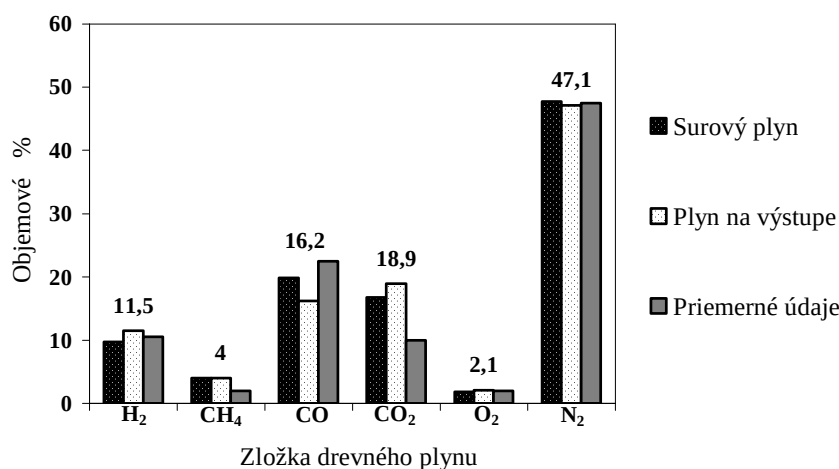
Pre meranie hmotnostnej koncentrácie tuhých častíc v drevnom plyne bola použitá gravimetrická metóda. Postup pre jednorázové meranie emisií (TZL) zo stacionárneho zdroja znečisťovania ovzdušia, na preukázanie emisného limitu, uvádza STN ISO 9096.

Merania prebiehali pri dvoch variantoch zapojenia meracej linky, kde bola najprv zisťovaná koncentrácia kontaminantov v surovom drevnom plyne a následne zisťovaná ich koncentrácia vo vyčistenom drevnom plyne, po prechode cez kompletnú meráciu a čistiacu linku. Čistenie drevného plynu bolo uskutočňované pomocou náplňového filtra, do ktorého boli použité tri adsorpčné náplne: aktívne uhlie, drevené uhlie a zeolit. Podrobné metodiky, výpočty a výsledky meraní koncentrácie znečisťujúcich látok v surovom drevnom plyne a vo vyčistenom drevnom plyne sa nachádzajú v dizertačnej práci autorky (Sujová, E., 2006).

3. VÝSLEDKY A VYHODNOTENIE

3.1 Vyhodnotenie kvalitatívneho zloženia drevného plynu

Stĺpcový graf na obr. 1 znázorňuje priemerné hodnoty obsahu zložiek plynu zistené počas troch meraní, porovnáva objemový podiel jednotlivých zložiek v závislosti od miesta odberu (surový plyn, plyn na výstupe z čistiacej linky) a zároveň porovnáva nami dosiahnuté výsledky s priemernými údajmi uvádzanými v literatúre – tretí stĺpec grafu. Porovnaním chemického zloženia drevného plynu surového a vyčisteného s priemernými údajmi uvádzanými v literatúre možno konštatovať, že odchýlky od priemerných publikovaných hodnôt sú maximálne 8,9 %, čo nie je veľký rozdiel. Nepriaznivá situácia bola v obsahu oxidov uhlíka. Na úkor obsahu oxidu uhličitého CO_2 bol znížený obsah oxidu uhoľnatého CO , ktorý tvorí hlavnú horľavú zložku drevného plynu.



Obr. 1 Výsledky merania obsahu plyných zložiek v drewnom plyne

Okrem hlavných plyných zložiek drewného plynu bol počas meraní zisťovaný aj obsah dechtov a tuhých častíc v plyne a množstvo kondenzátu. V surovom drewnom plyne bol zistený priemerný obsah dechtov $1369,6 \text{ mg.m}_n^{-3}$, tuhých častíc $31,8 \text{ mg.m}_n^{-3}$ a kondenzátu $69,05 \text{ g.m}_n^{-3}$.

3.2 Výsledky merania koncentrácie kontaminantov v drewnom plyne a vyhodnotenie filtračnej účinnosti filtračných náplní a efektívnosti filtrácie

Meranie účinnosti náplňových filtrov pre čistenie drewného plynu bolo rozdelené na dve časti. V prvej etape meraní bola zisťovaná koncentrácia znečisťujúcich látok v surovom (neupravenom) drewnom plyne, čo bola vlastne vstupná koncentrácia kontaminantov do náplňového filtra c_{n1} . Uskutočnené boli tri odbery surového drewného plynu, pre ďalšie výpočty bolo uvažované s priemernou koncentráciou pevných prímies v plyne za normálnych podmienok – 1448 mg.m_n^{-3} .

V ďalšej etape meraní bola zisťovaná koncentrácia kontaminantov po prechode čistiacou kolónou a vyhodnotená filtračná účinnosť náplne filtra pri 4-hodinovom zaťažení pre tri vybrané filtračné náplne – drevené uhlie, aktívne uhlie a zeolit. Účinnosť filtrácie bola vyhodnotená podľa vzťahu:

$$\eta_{pf} = \left(1 - \frac{c_{n2}}{c_{n1}}\right) \cdot 100 \text{ [%]}$$

kde: c_{n1} – koncentrácia častíc meraná pred filtrom – surový drewný plyn [mg.m_n^{-3}]
 c_{n2} – koncentrácia častíc meraná za filtrom – vyčistený drewný plyn [mg.m_n^{-3}]

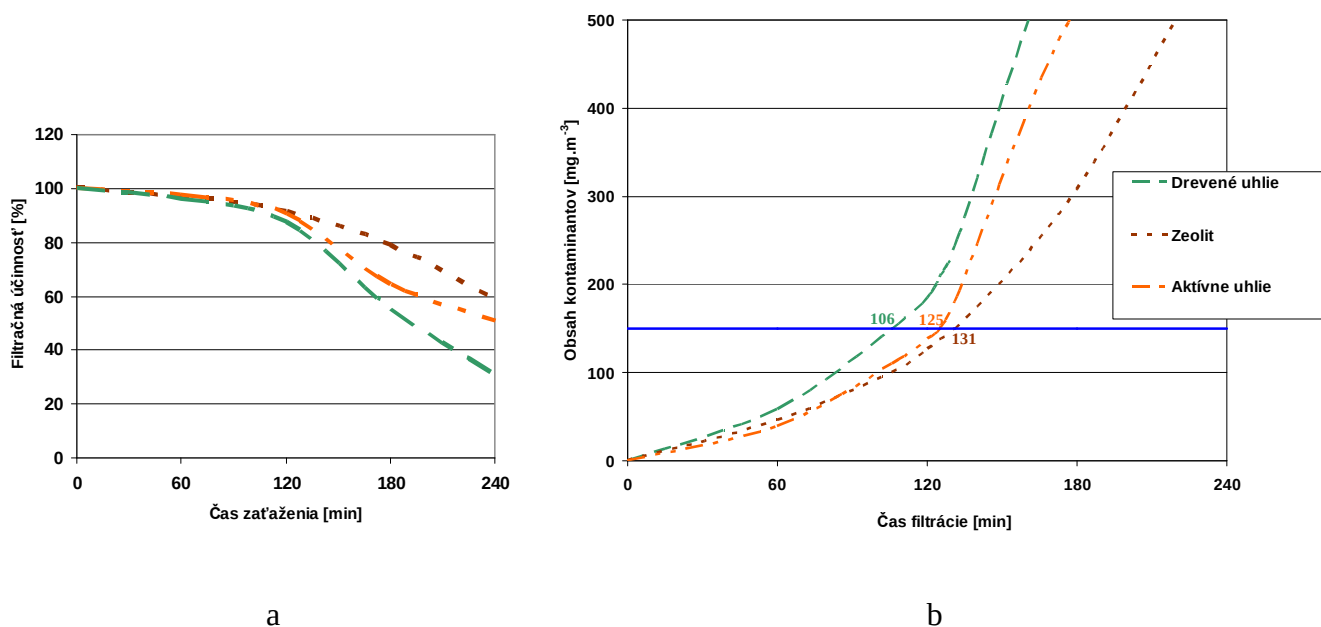
Potvrdil sa predpokladaný pokles účinnosti filtrov vplyvom zníženia filtračnej schopnosti zapríčinennej zanesením ich pórovitého povrchu tuhými prímiesami obsiahnutými



v drevnom plyne. Na obr. 2a je porovnanie poklesu filtračnej účinnosti jednotlivých skúmaných filtračných náplní v závislosti na čase činnosti filtra. Z obrázku vyplýva, že najmenší pokles účinnosti bol zaznamenaný pri náplni zeolit, kde účinnosť klesla zo 100 % na 58 %, najvyšší pokles účinnosti bol nameraný u dreveného uhlia – na 31 %.

Pri vyhodnotení efektívnosti filtrácie sa vychádzalo z prípustného znečistenia drevného plynu pre spaľovacie motory. Literatúra (Stassen-Harrie, 2004) udáva pre použitie v spaľovacích motoroch celkový prípustný obsah tuhých kontaminantov v drevnom plyne 150 mg.m_n^{-3} . Na základe meraní bol vyjadrený celkový objem vyčisteného drevného plynu presateho cez testovanú filtračnú náplň, ktorý spĺňa prípustnú hodnotu znečistenia. Táto hodnota v podstate udáva životnosť filtračnej náplne, pretože pri pokračovaní filtrácie nad stanovenú hodnotu objemu plynu, tento plyn už nespĺňa kritérium čistoty – obsahu kontaminantov pre použitie v spaľovacom motore.

Na obr. 2b je znázornené porovnanie efektívnosti filtrácie pre filtračné náplne použité na čistenie drevného plynu v závislosti od času činnosti filtra. Priesečníky kriviek



a

b

Obr. 2 Porovnanie výsledkov meraní z pohľadu:

a - poklesu účinnosti náplňových filtrov, b- efektívnosti filtrácie pre vybrané filtračné náplne

vyjadrujúcich vzostup obsahu kontaminantov v drevnom plyne v závislosti na čase filtrácie s priamkou označujúcou prípustnú hodnotu obsahu kontaminantov v drevnom plyne udávajú dobu, počas ktorej je ešte filtrácia efektívna. Po prekročení uvedenej doby je čistenie drevného plynu nedostatočné pre použitie v spaľovacom motore, vtedy je potrebné filtračnú náplň vymeniť, príp. regenerovať. Pre náplň drevené uhlie vyšla doba efektívnej filtrácie 106 minút, pre aktívne uhlie 125 min. a pre zeolit 131 min. Najlepší výsledok bol zistený pri filtrácii drevného plynu cez náplň zeolit, kde čas efektívnej filtrácie bol o 19 % vyšší ako pre drevené uhlie. Rozdiel medzi zeolitom a druhým v poradí – aktívnym uhlím je 6 min., čo predstavuje 4,6 %.



ZÁVER

Využívanie biomasy sa stáva rozhodujúcim trendom v oblasti zabezpečenia energetických zdrojov. Má mnoho výhod oproti dnes najbežnejšie využívaným zdrojom. Základnou prednosťou je výrazné zníženie negatívnych vplyvov na životné prostredie. Drevný odpad tvorí dôležitú súčasť biomasy. Okrem klasického spaľovania je možné ho využiť aj pre pohon kogeneračných jednotiek na báze plynových motorov (Bedi, 1996). Drevný plyn je oveľa ekologicky čistejšie palivo ako východisková biomasa a pri jeho spaľovaní sa odstráni väčšina nečistôt, vrátane dymu. Navyše takýto plyn je univerzálnym palivom, pretože môže byť použitý aj v motoroch s vnútorným spaľovaním (Münnich et al., 2006).

Cieľom práce bolo navrhnúť a experimentálne overiť zariadenia vhodné pre čistenie drevného plynu od kontaminantov, pričom výsledný produkt – vyčistený drevný plyn by mal mať zloženie vhodné pre použitie v spaľovacom motore. Systém čistenia drevného plynu, ktorý bol navrhnutý a experimentálne vyskúšaný bol funkčný a filtrácia prebiehala efektívne v určitom časovom intervale. Výsledky vyhodnotenia účinnosti filtračných náplní a efektívnosti filtrácie drevného plynu môžu byť využité pri navrhovaní filtračných jednotiek pre čistenie drevného plynu a ich dimenzovaní.

LITERATÚRA

MÜNNICH K., KUZEVIČOVÁ Ž., PAVOLOVÁ H. (2006): *Využívanie drevného odpadu v podmienkach Slovenskej republiky*. In. Acta Montanistica Slovaca, ročník II., číslo 2, s. 137 – 143. Dostupné na internete: <http://actamont.tuke.sk/pdf/2006/n2/7munich.pdf>

BEDI, E. (1996): *Možnosti úspor energie na Slovensku Fond pre alternatívne energie – SZOPK*. Dostupné na internete: <http://www.seps.sk/zp/fond/sr/index.htm>

LUPTÁK, O., DZURENDA, L. (1986): *Energetická bilancia elektrocentrály na drevný odpad*. Záverečná správa výskumnej úlohy, VŠLD DF Zvolen, 51 s.

SUJOVÁ, E., SOLÁR, R., SOLÁR, M. (2002): *Meranie obsahu produktov v generátorovom plyne pri spaľovaní briekiet v splyňovacom generátore*. In. Acta Facultatis Technicae VI (1), ES TU Zvolen, s. 91 – 98, ISBN 80-228-1256-2.

SUJOVÁ, E., (2006): *Technické zariadenia úpravy drevného plynu pre jeho aplikáciu v spaľovacích motoroch*. Doktorandská dizertačná práca. FEVT.

STASSEN, H. E., HARRIE, K.(2004): *Theoretical and practical aspects on the use of LCV – gas from biomass gasifier in internal combustion engines*. BTG biomass technology group, The Netherlands. www.gasnet.uk.net.

Lektoroval: prof. Ing. Jozef Víglaský, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Erika Sujová, PhD. Katedra technického manažmentu, Fakulta environmentálnej a výrobnéj techniky, Technická univerzita vo Zvolene, ul. Študentská č. 26, 960 53 Zvolen, esujova@vsld.tuzvo.sk



MOŽNOSTI VYUŽITIA POĽNOHOSPODÁRSKEJ A LESNÍCKEJ BIOMASY NA ENERGETICKÉ ÚČELY

THE POSSIBILITIES OF AGRICULTURAL AND SILVICULTURAL UTILIZATION OF BIOMASS ON ENERGY PURPOSE

Viliam MRAČNA

ABSTRAKT: V príspevku je spracovaná problematika potenciálu obnoviteľných zdrojov energie. Boli naznačené hlavné odvetvia hospodárstva so stanovením dosiahnuteľnej možnej produkcie energií. V závere sú odvetvia hospodárstva s ich najvýhodnejším využívaním.

Kľúčové slová: biomasa, dendromasa, energia

ABSTRACT: In the present contribution the review of potential for utilization renewable resources of energy is given with indication more detailed design of possibly energy production in the main economic sector.

Key words: biomass, dendromass, energy

1. ÚVOD

Zo snahy EÚ o podporu využívanie obnoviteľných zdrojov energie jednoznačne vyplýva, že do roku 2010 by sa obnoviteľné zdroje energie mali podieľať na spotrebe energie na úrovni 12 %. Splnenie tohto cieľa si vyžaduje celý rad opatrení hlavne v oblasti motivácie podnikateľskej verejnosti pre využívanie obnoviteľných zdrojov energie. Touto oblasťou sa zaoberala aj vláda Slovenskej republiky vo svojom Programovom vyhlásení z r. 2002. Napriek všetkým prijatým koncepčným materiálom o využívaní obnoviteľných zdrojov energie nedošlo v rezortoch poľnohospodárstva a lesného hospodárstva k ich vyššiemu využitiu.

2. ENERGETICKÝ POTENCIÁL POĽNOHOSPODÁRSKEJ BIOMASY

Poľnohospodársku biomasu podľa dostupných zdrojov na základe ich produkcie ako aj následného využitia je možné rozdeliť do troch základných skupín:

- 1) biomasa vhodná na výrobu tepla:
 - slama (obilná, repková, kukuričná, slnečnicová),
 - drevený odpad (porez z vinohradov, sádov a nálet z trvalých trávnych porastov),
- 2) biomasa vhodná na výrobu bioplynu
 - z exkrementov hospodárskych zvierat,
 - zo zelenej hmoty,
 - odpad z potravinárskych prevádzok,
- 3) biomasa vhodná na výrobu tekutých biopalív
 - na výrobu metylesteru repkového oleja,
 - na výrobu bioetanolu.



Na základe evidovaných hektárových úrod biomasy bola stanovená celoročná produkcia jednotlivých druhov biomasy na spaľovanie v nadväznosti na osevné plochy v roku 2003 ktoré sú uvedené v tab.1.

Tabuľka 1 Ročná produkcia poľnohospodárskej biomasy využiteľnej na výrobu tepla

Plodina	Výmera v ha	Úroda biomasy v t.ha ⁻¹	Produkcia biomasy v t za rok
hustosiace obiloviny	648 568	2,66	729 000
kukurica	113 200	5,9	668 000
slnečnica	61 010	3,6	220 000
repka	103 285	2,0	206 000
sady	9 425	3,9	37 000
vinohrady	10 898	2,0	22 000
nálet na TTP	74 820	2,0	149 000
Spolu	1 021 206		2 031 000

Z tabuľky 1 po prepočítaní energetickej hodnoty jednotlivých produktov poľnohospodárskej prvovýroby je možné konštatovať, že celkový disponibilný energetický ekvivalent je 7,94 TWh, alebo 28,6 PJ tepla.

Z odhadu chovu rozhodujúcich druhov hospodárskych zvierat je možné vyprodukovať plynné produkty s energetickým ekvivalentom 1,95 TWh alebo 6,9 PJ tepla.

Do biomasy využiteľnej na výrobu tekutých biopalív je možné zaradiť predovšetkým olejoviny a obiloviny. Reálny predpoklad je produkcia bionafty v objeme 100 000 ton s energetickým ekvivalentom 3,0 TWh alebo 11,0 PJ tepla.

Teoreticky je možné v slovenskom poľnohospodárstve vyrobiť až 46,5 PJ (tab.2) energie bez toho, aby jej energetické využitie negatívne vplývalo na živočíšnu výrobu. Táto hodnota prevyšuje súčasnú spotrebu energie v poľnohospodárstve až päť násobne. Uvedeným množstvom je možné nahradiť 786 mil.m³ zemného plynu s celkovou úsporou 6 mld. Sk v súčasných cenách.

Tabuľka 2 Celkový energetický potenciál poľnohospodárskej biomasy

Druh biomasy	Možná ročná produkcia na energetické účely v t	Energetický ekvivalent	
		TWh	PJ
Slama obilná	729 000	2,8	10,4
Kukurica	668 000	2,61	9,4
Slnečnica	220 000	0,81	2,8
Repka	206 000	0,82	2,9
Drevný odpad	208 000	0,9	3,1
Biomasa vhodná na výrobu tepla	2 031 000	7,94	28,6
Bionafta	100 000	3,0	11,0
Bioplyn (m ³)	277 000 000	1,95	6,9
SPOLU		12,89	46,5



3. LESNÍCKA BIOMASA (DENDROMASA)

Hlavným zdrojom dendromasy na Slovensku je lesné hospodárstvo, kde je možné využiť časť vytŕaženého dreva, ktoré je nevhodné pre použitie v drevospracujúcom priemysle, ako aj drevný odpad v ňom vznikajúci. Perspektívnym zdrojom dendromasy sú máloproduktívne a nevyužívané poľnohospodárske pôdy.

Z celkovej evidovanej ťažby dreva v SR vo výške 6,652 mil. m³ dreva v roku 2003 po celkovom zosumarizovaní sa využíva vo výrobkoch okolo 50 % z čoho časť tvorí hmotu využiteľnú na energetické účely. Pri zohľadnení všetkých súčasných ekologických, ekonomických a technických dôvodov je možné reálne uvažovať o 750 tis. ton využiteľného odpadu z lesnej výroby (tenčina, nespracovaná hrubina, dendromasa z prerezávok mladých porastov). Ďalším potencionálnym zvýšením bilancii lesnej dendromasy po roku 2010 budú zdroje zo zvýšenia ťažby dreva (tab. 3). Množstvo energeticky využiteľnej dendromasy bude závisieť od prerozdelenia dreva na trhu. Predpokladá sa, že ťažba dreva bude mierne stúpať až po úroveň 7,0 mil. m³ v roku 2020. Celkový ročný potenciál SR v produkcii lesnej dendromasy využiteľnej na energetické účely do roku 2010 dosiahne približne 1,81 mil. m³.

Tabuľka 3 Vývoj ťažby dreva v lesoch Slovenska

Ukazovateľ	Rok			
	1980 tis. m ³	1990 tis. m ³	2002 tis. m ³	2003 tis. m ³
Ihličnatá	2 758	2 777	3 209,5	3 508,5
Listnatá	3 106	2 499	3 038,7	3 143,5
SPOLU	5 864	5 276	6 248,2	6 652,0

Po roku 2010 sa energetickej bilancie dendromasy môže reálne zvýšiť o produkciu 440 tis. ton prevážne rýchlorastúcich drevín z plochy 45 000 ha z lesov pestovaných ako energetické plantáže, kde je produkčný cyklus 3 – 5 rokov. Jedná sa o plochy nevhodné pre poľnohospodársku a lesnícku produkciu, o pôdy dočasne vylúčené z poľnohospodárskej výroby, pôdy kontaminované (nevhodné pre potravinársku výrobu) a tiež zdevastované plochy v priemyselných aglomeráciach.

Stanovenie teoretického potenciálu lesnej dendromasy využiteľnej na energetické účely výrazne ovplyvňuje odbytová cena zameniteľných sortimentov a náklady na ich výrobu, ide hlavne o vláknovinové drevo s malým podielom guľatinového dreva, kde klasické ťažbové metódy a dopravné náklady neumožňujú požadovanú ekonomickú efektívnosť. V tomto prípade je riešením výroba palivovej štiepky pre odberateľov v spádovej oblasti.



Tabuľka 4 Potenciál energeticky využiteľnej lesnej dendromasy v LH SR

Zložky stromovej dendromasy - sortiment	Ročné množstvo v t	Energetický ekvivalent PJ
Kôra	360 000	3,4
Tenčina, nezúžitkovaná hrubina	375 000	3,5
Pne a korene	25 000	0,2
Palivové drevo	485 000	4,6
Prestarnuté porasty	300 000	2,9
Manipulačné odpady	120 000	1,1
Odpady z prerezávok	15 000	0,1
Odpady po mechanickom spracovaní dreva v LH	130 000	1,1
Spolu	1 810 000	16,9
V súčasnosti využívané množstvo	768 000	7,3 42 %

4. ZÁVER

Výrazné zvýšenie podielu obnoviteľných zdrojov energie na celkovej spotrebe energií je reálne na Slovensku za predpokladu podstatného nárastu potenciálu energeticky využiteľnej biomasy. Zároveň je potrebné podporiť ďalší rozvoj trhu s palivovou bio- a dendromasou. Použitie palivovej biomasy sa predpokladá hlavne v komunálnej sfére, v energetike, v lesníctve, v poľnohospodárstve a pod.

Príspevok je prezentovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VGP 1/2210/05: „Optimalizácia tvaru nožov a hlavíc dezintegrátora plastových látok“.

LITERATÚRA

SIMANOV, V. (1993): *Dříví jako energetická surovina*. MZ ČR, Praha 1993, s. 116.

SIMANOV, V. (1995): *Energetické využívání dříví*. Terrapolis, Olomouc 1995, s. 115.

Programové vyhlásenie vlády, 2002.

Koncepcia využitia poľnohospodárskej a lesníckej biomasy na energetické účely, 2002.

Biela kniha OZE, 1997.

Lektoroval: Ing. Ján Plášek, CSc.

Kontaktná adresa:

Ing. Viliam Mračna, CSc., Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a výrobnéj techniky, Masarykova 24, 960 53 Zvolen. e-mail: mracna@vsld.tuzvo.sk



Názov	TECHNIKA ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA Medzinárodný seminár
Náklad	30 CD
Rozsah	127 strán, 6,35 AH Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.
Vydanie	I. – 2007
Grafická úprava	A. Katriňáková, Ing. P. Kvasnová, PhD.
ISBN	978-80-228-1782-0