TEHNOLOGIA INOVATIVĂ

REVISTA CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

Anul 59, Nr. 1/ 2007

ISSN 0573 – 7419

EDITOR: ICTCM – CITAf - OID.ICM

041303 Bucuresti
Şos. Olteniţei nr. 103, sector 4, O.P. 8
Tel: **332.37.70/234**
Fax: **332.07.75; sau 332.31.95**
E-mail: ictcm@ictcm.ro, oid@ictcm.ro

INFORMAŢII, ABONAMENTE:
Abonamentele se fac direct, prin dispoziţie de plată sau mandat poştal, trimis pe adresa revistei.

CONT – ICTCM:
nr. RO14 RNCB 5040 0000 0031 0001;
BCR sector 4
TIPAR: OID.ICM

DIN SUMAR

TEHNOLOGII ECOLOGICE

TEHNOLOGII

MECANISME

CAD / CAM

ORGANE DE MAŞINI

TRIBOLOGIE

ANUL 59 / 2007 – NR. 1

TEHNOLOGIA INOVATIVĂ

REVISTA CONSTRUCŢIA DE MAŞINI

COMITET ŞTIINŢIFIC

EDITOR
Oficiul de Informare Documentară pentru Industrie, Cercetare, Management
din cadrul
Centrului Incubator Tehnologic de Afaceri
S.C. ICTCM S.A. BUCUREŞTI

RESPONSABIL EDITOR
Ing. Irina Rădulescu

REDACTOR
Elena Baican

TEHNOREDACTOR
Mihaela Neagu

GRAFICA
Arh. Adriana Ciocan

CUPRINS

TEHNOLOGII ECOLOGICE

TEHNOLOGII

MODERN TECHNOLOGICAL ALTERNATIVE FOR OBTAINING ECOLOGICAL ENERGY – EQUIPMENT FOR RECYCLING OF THE ORGANIC WASTES IN AGRICULTURE

*Avramescu Valeriu, Stanca Grigore, Teodorescu Florin, Marin Gheorghe***,**
*Birtu Cristian***,** *Craciunoiu Stefan***,** *Grejdenescu Roxana***,** *Paun Loredana*
SC ICTCM SA Bucharest, vavramescu@ictcm.ro

ABSTRACT: This article presents a modern technological alternative for obtaining ecological energy – equipment for recycling of the organic wastes in agriculture. It is presented a cost-benefits analysis which must be carried to prioritize rural agricultural project with a higher return on the use of solid organic wastes.

KEYWORDS: organic wastes, biomass, agriculture, equipment for recycling, resources rentability, briquettes

1. INTRODUCTION

Organic urban and agricultural wastes need no longer be an environmental hazard. Combining highland low-carbon wastes to form compost will not only reduce the amount of organic wastes that need to be land filled or burned, but will also reduce surface- and groundwater pollution. Composts can be returned to cropland, turf, landscapes, and mine spoils to improve soil structure, conserve moisture, and increase productivity through nutrient recycling. Managing organic waste, as a sustainable asset not only improves the environment, it means greater profitability.

2. STATUS OF ORGANIC WASTES IN ROMANIA

In Romania, the transition to the free market economy after 1989 was accompanied by a deep down turn in gross domestic product, the collapse of traditional foreign markets, a slump in domestic consumption and decreased industrial output.

All these factors determined a decrease of gross domestic energy consumption.

The closure of unprofitable coal mines and exhausting of the domestic crude oil and gas reserves determined a decreasing of the domestic energy production in the last period. In the present, the production of biomass participated with 10.94% in the total energy production of the country.

In Romania statistical records, all biomass categories are grouped in only two: "firewood & agriculture waste, etc." which accounts about 95% of the total and "wood waste from industrial processes" with about 5%.

The category "firewood & agriculture waste, etc." contents: wood from forestry exploitation; wood sorting from gardening cuttings in rural area and in grove; agriculture waste such as: straws, corncobs, maize stems, hemp and flax waste, vine cords, sunflower needs shells, etc. The wood waste from industrial process contents: wood waste from primary processing of wood (fabrication of timber, plywood, veneer, etc.); wood waste from secondary processing of wood products (furniture, doors - windows, chipboards, parquet, panels, etc.); wood waste and liqueurs from pulp & paper industry.

From the total "firewood & agriculture waste, etc." it is estimated that only a share of 30% is commercial biomass and the share of 70% represents the contribution of the biomass harvested by the owners from the private forests and gardens and of the agriculture waste resulted in the rural households.

It is important to mention that biomass plays an important role in the supplying with fuels of many categories of consumes such as: population with a share of biomass in total fuel consumption of about 50%; Agriculture & Forestry sector with the share of biomass in total fuel consumption of 25%; hotels in mountain area, schools and other public buildings located mainly in the rural area for which category the share of biomass in the total fuel consumption represents about 15%.

Table 1. *Structure of the biomass gross consumption by consumer types and heating systems [6]*

Consumer types	1998			1999		
	Total biomass	out of which:		Total biomass	out of which:	
		Firewood & agriculture waste, etc.	Wood waste from industrial processes		Firewood & agriculture waste, etc.	Wood waste from industrial processes
Total consumption	**126,3**	**120,5**	**5,8**	**118,0**	**112,7**	**5,3**
direct use	*118,4*			*109,6*		
- Agriculture & Forestry	1,3	1,0	0,3	0,6	0,6	-
- Industry	2,0	1,4	0,6	1,6	1,0	0,6
- Construction	0,2	0,2	-	-	-	-
- Population	112,2	111,6	0,6	105,1	105,1	-
- Others	2,7	1,2	-	2,3	2,3	-
heat generation in thermal plants	7,9	3,6	4,3	8,3	3,7	4,7
- district heating	-	-	-	0,02	-	0,02
- autoproducers	7,9	3,6	4,3	8,3	3,7	4,7

3. TECHNICAL DESCRIPTION OF THE EQUIPMENT

The experimental equipment is dedicated to process the solid organic wastes (stalks, straws, dry branches or leaves etc.) which result from rural agricultural activities. As a result of this processing technology, combustible briquettes are obtained, useful to an economic heating of the population from the rural area.

The experimental equipment consist on four working modulus (Figure 1), as follows:

1. Mechanical mill for the organic wastes;
2. Alimentary modulus;
3. Compressing modulus;
4. Heating and evacuating modulus.

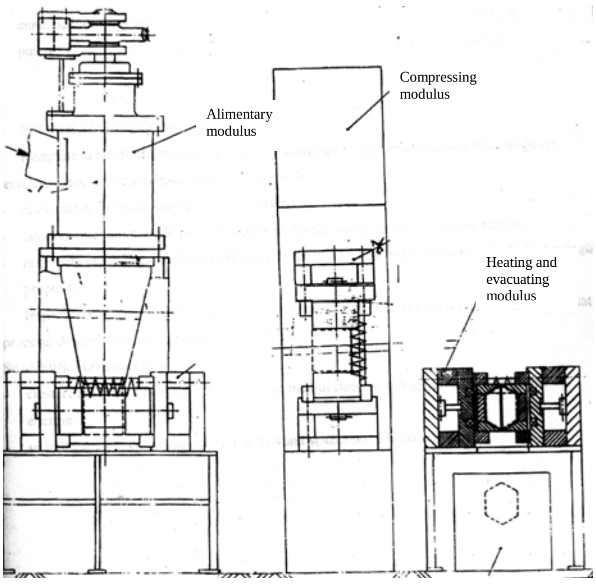


Figure 1. *Experimental equipment*

The purpose of the mechanical mill (Figure 2) is to chop the solid organic wastes, at the beginning of the technological processes.

Figure 2. *Mechanical mill and alimentary modulus*

The alimentary modulus (Figure 2) consist on a pushing and compacting device of the organic wastes, in order to introduce the pre-formed briquettes in the compressing modulus (Figure 3).

The function of this third modulus is to complete the forming of the briquettes, by compressing them in a special mould.

The fourth modulus is the heating and evacuating modulus (Figure 4).

This modulus permits the final dry and the superficial carbonizing of the briquettes.

The main technical characteristics of the recycling equipment are:

- Tension voltage 380V/50Hz
- Current intensity 20 A
- Stroke of alimentary device 60 mm
- Pression force 200 kN
- Working stroke of press 350 mm
- Number of mould pockets 2
- Time for drying 2 – 3 min
- Time for superficial carbonizing process 4 – 6 min
- Power of equipment 3.5 kW.

During the technological process, the organic wastes are chopped in the mechanical mill and after that, an aspirator collects them.

The bag of the aspirator is overflowed in the feeder of the alimentary modulus, which realizes the primary compressing.

After this operation, the mixture of the organic waste is introduced in the pockets of the mould, from the compressing modulus. In this stage, the mixture is compressed, finally obtaining the briquettes.

The last operation of this technology is the heating and drying stage, which conduce to the combustible properties of the briquettes.

Figure 3. *Compressing modulus*

Figure 4. *Heating and evacuating modulus*

5. CONCLUSIONS AND SOCIAL-ECONOMICAL EFFECTS

In order that the technology and the equipment proposed should be viable, a cost-benefits analysis must be carried out to prioritize rural agricultural project with a higher return on the use of solid organic wastes.

The benefits of solid organic waste technology are determined and demonstrated in terms of :

- Lower collection and final disposal costs as a result of recycling organic wastes ;
- Lower production costs by using organic wastes instead of conventional combustibles;
- Number of jobs created;
- Reduced risks (and associated costs) to public health by decreasing environmental pollution through the reduction of the volume of waste;
- Increasing of the life quality of the people from the rural area, by creating of low cost combustible, easy to obtain and to use.

All the costs involved in the implementation of this equipment need to be calculated, as well as their direct and indirect benefits. It is necessary to take into account installation, operation, and maintenance costs of the equipment, as well as the benefits of using the new technology. The benefits could be direct (income generated through farming) and indirect (savings from using classical combustibles).

The principle parameters of the costs-benefits analysis, regarding the technical equipment realized are:

- Time interval for the project development: 2 years;
- Total investment: aprox. 17000 Euro;
- Production expenses for one tone of briquettes: 27 Euro;

Table 2 presents the estimation for evolution of the briquettes production in Romania for the next six years.

Table 2. *Briquettes production*

Year	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Estimated Production [kg]]	65625	67167	68966	70809	72700	74638

Based on this estimation, an analysis of two main economical rentability parameters was made:
- Ratio of the resources rentability, Figure 5;
- Ratio of the revenues rentability, Figure 6;

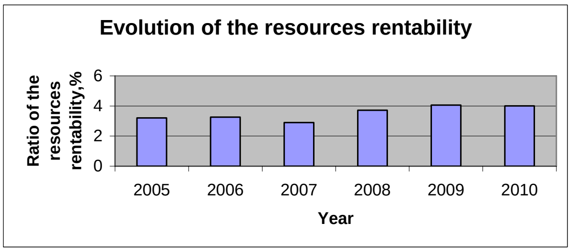


Figure 5. *Evolution to the resources rentability*

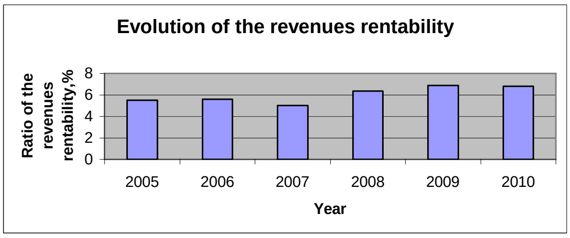


Figure 6. *Evolution of the revenue rentability*

REFERENCES

[1] **Beck-Friis, B., S. Smårs, H. Jönsson, Y. Eklind and H. Kirchmann**, *Composting of Source-Separated Household Organics at Different Oxygen Levels: Gaining an UnderstAnding of the Emission Dynamics, Compost Science & Utilization,* Vol. 11, No. 1, 2003, pp. 41-50.

[2] **Changa, C.M., P. Wang, M.E. Watson, H.A.J. Hoitink and F.C. Michel Jr.,** *Assessment of the Reliability of a Commercial Maturity Test Kit for Compost, Compost Science & Utilization,* Vol. 11, No. 2, 2003, pp. 125-143.

[3] **Venelampi, O., Assi W., Timo R. and Merja I.**, *The Biodegradation and Disintegration of Paper Products in the Composting Environment, Compost Science & Utilization,* Vol. 11, No. 3, 2003, pp. 200-209.

[4] **Fratric, M.** *The New Waste Management Legislation in the Slovak Republic and the Requirements for the Organic Waste, 10th International Conference of the RAMIRAN Network, Strbske Pleso, Slovak Republic,* May 2002, pp. 133-136

[5] **Santandreu, A., Castro, D. and Ronca, F**., *La cría de cerdos en asentamientos irregulares, Agricultura Urbana, No. 2, Quito, 2001,* www.ipes.org/aguila

[6] *** *Small and medium scale biomass-boilers and stove manufacturers, Country picture Bulgaria & Romania,* www.eva.ac.at/(en)/opet/bioboiler/bulrum_cp.htm

[7] ******* *The Collection and Recycling of Compost Mixture in European Countries, Rapport WIAUX JP, Collect Nicad,* February 2002

[8] ******* *Biodegradable Municipal Waste Management in Europe, Agence Européenne Pour l'Environnement,* Avril 2002

[9] ******* *USEPA, 1993. 40CFR503. Standard for the Use on Disposal of Sewage Sludge.*

Quick Info

2D/3D CAD is compatible with DWG format

ZwCAD is releasing its latest 2D/3D package, ZwCAD 2007. The new version provides dramatic new functionality and ease-of-use enhancements, as well as DWG compatibility.
The DWG-based CAD system reads and writes the same industry-standard formats produced by past and present versions of AutoCAD (2.5-2007), supports command line actions, true type fonts, MNU and SCR files, raster images, as well as SDS, LISP and VBA scripts to help clients develop custom macros and routines.
The 2007 version also offers improved print functionality, as well as batch and shade printing support. There is also multi-language support in the text editor.
An improved Microsoft Vista-style interface enables users to choose their interface, selecting from Office XP, Windows Vista, Windows XP Lunar, and Windows XP Royale.
ZwCAD 2007 benefits from 22 new features and more than 400 features have been improved; most additions and changes are based on valued clients' requests. Designers and engineers can discover the improved power and function of ZwCAD 2007 by downloading a free trial of the application. Current users of ZwCAD can update to the new 2007 version free for one year.
Owen Zi, ZwCAD Director, states: "ZwCAD 2007 is a major step forward in providing CAD users with access to advanced technology at an affordable price. The philosophy behind ZwCAD is to give users the power to get things done, while reducing their CAD budget. The 2007 version has many improvements to help users with increased functionality, and productivity."
The 2007 version has several user-friendly enhancements, such as improved speed on inserting objects and increased functionality of the print interface, to benefit users' productivity.

(*informație preluată de la www.engineerlive.com*)

SOME ASPECTS REGARDING THE AUTOMOTIVE TRANSPORT EVOLUTION AND THE NECESSITY TO REDUCE THE IMPACT TO ENVIRONMENT

Corneliu Cristescu[1], Gabriel Anghelache[2], Ioan Lung[3], Radu Ciupercă[4]
[1] INOE 2000-IHP, cristescu.ihp@fluidas.ro, [2] UPB, gab_anghel@yahoo.com, [3] INCDMF, ioanlung2006@yahoo.com, [4] INMA, ciupercaradu@yahoo.com

ABSTRACT
The paper presents some aspects regarding the development of the automotive road in the world and the implication over the environment and the full resources. Also is shown the necessity for the manufacturer to find new technical solution including the new technology. Finally, is presented the new romanian research regarding the regenerative the braking energy of the automotive vehicle in the frame of one CEEX project, which is made by a consortiu represented by the author.

KEYWORDS: Automative transport, Environment polution, Fuel resources, Regenerative energy

1. INTRODUCERE

În economia contemporană, a cărei evoluţie este marcată de tendinţele de globalizare a economiei şi pieţelor, performanţele firmelor sunt determinate, în măsură crescândă, de adoptarea unei viziuni integratoare asupra modalităţilor de abordare a fenomenelor şi proceselor economice şi sociale.

Managementul resurselor şi deşeurilor rezultate reprezintă doar unul dintre domeniile în care se pot adopta şi aplica cu succes principiile unei conduceri sănătoase care să permită îndeplinirea mai multor obiective esenţiale: eficienţă economică, economie de resurse şi protejarea mediului înconjurător.

Dezvoltarea durabilă implică o abordare sistemică a fenomenelor, asigurarea coerenţei dintre subsistemele economic, social, tehnologic şi ambiental, astfel încât să fie satisfăcute, în egală măsură, nevoile generaţiilor prezente şi viitoare. Acest lucru devine posibil, prin ţinerea sub control, în timp şi spaţiu, a următoarelor cinci categorii de factori şi a relaţiilor dintre ele: populaţia, resursele naturale şi mediul înconjurător, producţia agricolă, producţia industrială şi poluarea.

Creşterea economică, caracteristică civilizaţiei industriale, se bazează pe resurse energetice neregenerabile (petrol, cărbuni, gaze naturale) şi pe relaţii economice care urmăresc un profit imediat. In plus apar reziduuri, atât din producţie şi transporturi, cât şi din consum, care prin acumulare nu mai pot fi asimilate sau reintegrate în natură. Şi acestea provoacă alterarea factorilor de mediu şi apariţia unor dezechilibre în biosferă (faună, floră).

Industria de transport rutier s-a dezvoltat foarte mult, mai ales în ţările idustrial dezvoltate. Comparată cu transportul pe şine, industria de transport este competitivă, flexibilă, eficientă şi nu depinde de infrastructură.

În schimb, se prevede o creştere rapidă a emisiilor de gaze în acest sector complex. În acelaşi timp, industria de transport se orientează spre tehnologii de frontieră, care să o facă mai responsabilă din punct de vedere a mediului. Cerinţe noi impuse fabricanţilor şi utilizatorilor de vehicule rutiere.

Industria de vehicule de transport rutier se confruntă cu cerinţele noi asupra fabricanţilor vehiculelor şi motoarelor de a reduce emisiile şi de a creşte randamentul acestora. De aceea, tehnologia avansată este singura cale de menţinere a locului lor pe piaţă.

Aceste concepte de mediu şi problema dependenţei de petrolul importat, a condus la o legislaţie care încurajează fabricaţia, în viitor, a unor vehicule mult mai eficiente. În schimb, acestea au impus producătorilor de a revedea noile inovări în domeniu .

Companiile se vor concentra asupra vehiculelor medii şi grele care operează pe piaţă, în special în mediul urban, cu cicluri multe de frânare – accelerare care risipesc combustibilul şi poluează, mediul înconjurător.

2. EVOLUȚIA PARCULUI DE AUTOVEHICULE ŞI IMPACTUL ASUPRA MEDIULUI ŞI RESURSELOR

În anul 2000 circulau în lume circa 800 de milioane de autovehicule, dintre care în jur de 500 de milioane erau autoturisme, iar restul autocamioane, autobuze, motociclete şi scutere. Dintre acestea, 35 % se aflau în Europa şi America de Nord, iar restul în Asia, America de Sud, Africa şi Oceania. Producția mondială anuală este astăzi de circa 60 de milioane de automobile pe an. În Europa, anual, aproximativ 14 milioane de autovehicule îşi încheie ciclul de viață, iar în SUA între 10 şi 11 milioane de automobile (autoturisme, autocamioane şi autoutilitare) sunt reciclate.

Creşterea continuă a numărului de vehicule va fi strâns legată de creşterea viitoare a populației globului, înmulțirea populației urbane şi creşterea economică.

Conform previziunilor Organizației Națiunilor Unite populația globului va ajunge până în 2050 la aproape 9 miliarde de locuitori. Populația Uniunii Europene (27 de state) este estimată la 450 de milioane de locuitori în 2020, din care 25 % va fi de peste 60 de ani. La începutul anului 2003 populația globului era de 6,3 miliarde de locuitori.

Ca rezultat al acestei tendințe este de aşteptat ca numărul de autovehicule să crească semnificativ, în special în țările cu industrializare rapidă din Asia de Sud-Est, şi la fel presiunile privind protecția mediului înconjurător.

Consumul anual de energie primară a crescut până la $7{,}8 \cdot 10^9$ t petrol echivalent. Rezervele exploatabile de petrol sunt evaluate la $136 \cdot 10^9$ t, ceea ce înseamnă că în ritmul actual de consum acestea ar ajunge până în 2040.

Rezervele de gaze naturale sunt evaluate la $114 \cdot 10^9$ t echivalent petrol şi, în ritmul actual de consum, ar ajunge până la jumătatea secolului XXI. Piața globală a autovehiculelor medii şi grele de transport, în anul 2002 era estimată la 1,4 milioane de noi vehicule concentrate în trei zone: America de Nord, Europa si Asia, figura 1.

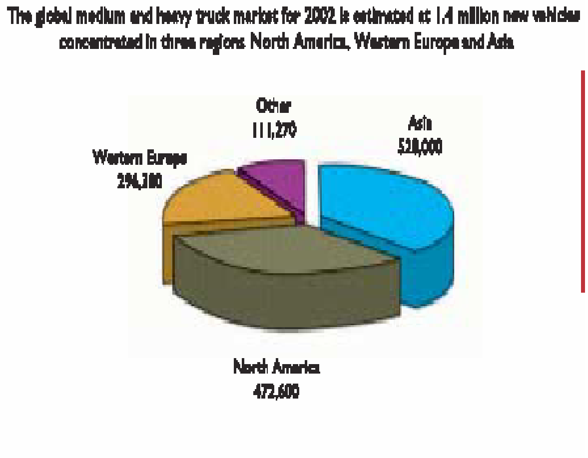


Figura 1. *Piața globală a autovehiculelor*

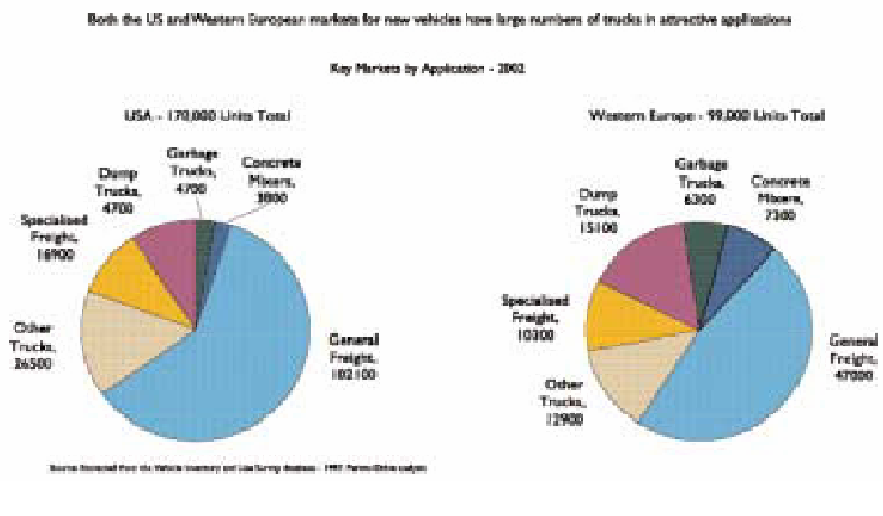


Figura 2. *Numărul de autovehicule de marfă din SUA şi din UE*

În domeniul transporturilor auto, al transporturilor cu autovehicule grele, sursele de poluare sunt deosebit de multe şi efectele sunt vizibile.

Numărul de autovehicule de marfă din SUA şi din UE sunt prezentate în figura 2, iar acesta este în continuă creştere.

Consumurile de carburant sunt din ce în ce mai mari, dar sursele sunt limitate şi, de aceea, acţiunile de economisire a acestora, prin diverse mijloace, trebuie susţinute.De menţionat că, în SUA, se prevede o creştere a energiei bazate pe hidrocarburi, pentru toate transporturile de suprafaţă, aşa cum se vede în figura 3.

Din analiza diagramelor din figura 3, se observă o creştere puternică a consumurilor de combustibil în barili pe zi (1baril = 158,967 litri) la clasele de 3 – 8 de autovehicule grele.

De asemenea, se mai observă o uşoară diminuare a consumurilor de combustibil la automobile, probabil şi pe baza utilizării altor surse de energie decât cea bazată pe hidrocarburi, dar, nu în ultimul rând, şi pe baza soluţiilor de îmbunătăţire a construcţiei şi proceselor de ardere.

Aceasta este una din raţiunile pentru care această activitate se focalizează spre această sursă de tehnologie care permite reducerea emisiilor nocive şi îmbunătăţeşte economia de combustibil. Graficul pentru automobile este plat, indicând continuarea a unei, deja, îmbunătăţiri pline de succes a randamentelor energetice din acest sector.

Deoarece consumurile de combustibili sunt cele mai mari la clasa 8 de autovehicule se are în vedere perfecţionarea constructivă şi funcţională a acestora având ca ţintă reducerea consumului de energie cu peste 35%, conform figurii 4.

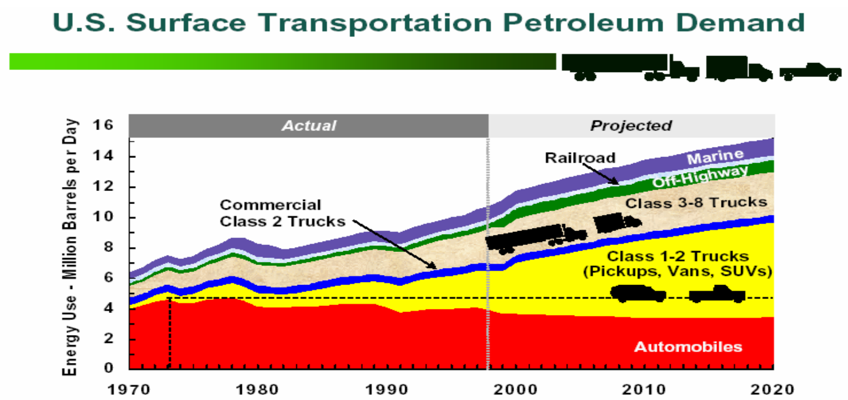


***Figura 3**. Evoluţia energiei în domeniul transportului de suprafaţă*

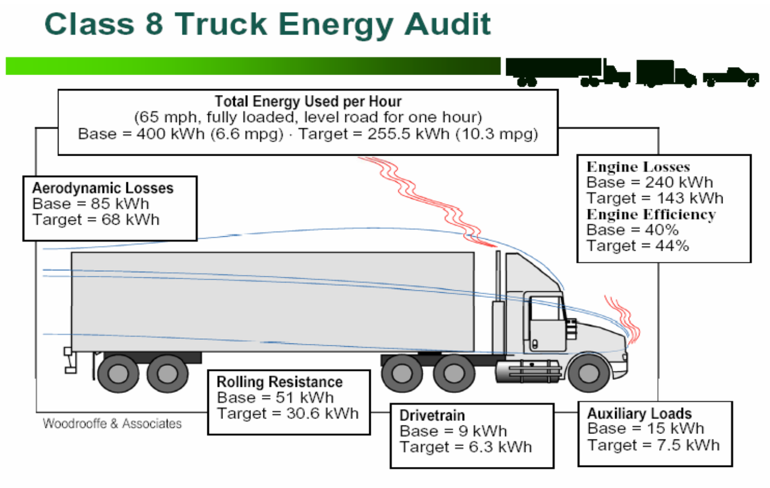


***Figura 4**. Direcţii de acţiune pentru reducerea consumurilor*

În figura 4, de mai sus, se remarcă obiective precise şi direcţii de acţiune, cuantificate în unităţi de energie, pentru părţile principale ale unui autovehicul :

- creşterea randamentului motorului de la 40% la 44%, şi scăderea piederilor energetice ;
- scăderea pierderilor datorate rezistenţelor la rulare, de la 51 kWh la 30,6 kWh,
- trenul de acţionare de la 9 kWh la 6,3 kWh ;
- incărcarea auxiliară de la 15 kWh la 7,5 kWh ;
- pierderile aerodinamice de la 85 kWh la 68 kWh.

Atenția deosebită acordată sectorului de transporturi rutiere cu un grad ridicat de motorizare este justificată prin faptul că în 1990 acesta consumă circa 17% din producția de petrol extras anual, folosind 20–25% din energia mondială. În 1993, statisticile British Petroleum estimau la 34% din total consumul de hidrocarburi pentru toate aplicațiile cu motoare cu ardere internă.

Efectul poluant cel mai important al motoarelor cu ardere internă se datorează emisiilor de gaze nocive din gazele de evacuare, emisii care apar datorită arderii defectuoase, incomplete, a combustibilului în motorul cu ardere internă

Activitățile industriale, în general, transporturile rutiere, în mod special, prin noxele pe care le revarsă asupra mediului, conduc la creşterea gradului de poluare şi pun în pericol stratul de ozon protector al atmosferei, deci al vieții pe pământ. De aceea, orice proiect care conduce la diminuarea surselor de poluare a atmosferei, merită susținut şi implemetat.

În figura 5 se pot vedea consumurile reale de combustibil pentru fiecare clasă de autovehicule, camioane comerciale. În mod deosebit, se remarcă consumul mare de combustibil pentru clasa 8 de autovehicule grele, la care orice soluție de economisire este binevenită.

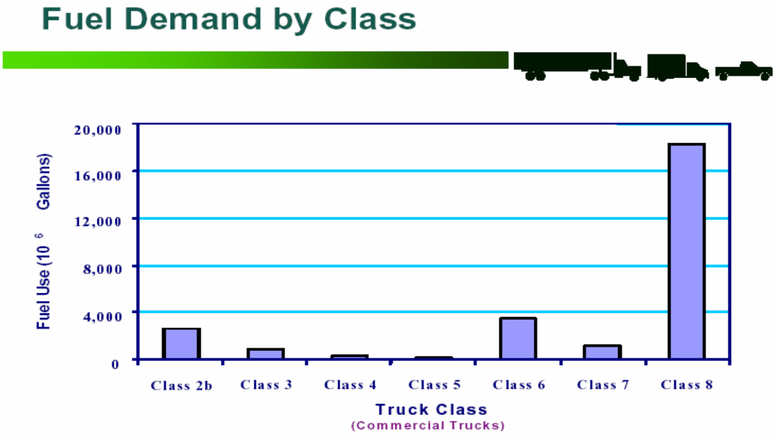


Figura 5*. Consumul de combustibil pe clase de autovehicule*

Una dintre aceste soluții este reprezentată de preocupările noastre actuale, în cadrul unui proiect de cercetare CEEX, care elaborat de un consorțiu de C-D, reprezentat de autorii articolului şi care îşi propune să reducă consumurile de combustibil prin recuperarea energiei de frânare a autovehiculelor grele şi redarea acesteia în faza de demarare, când este cerut un consum de combustibil mărit, necesar pentru a învinge inerția la pornire a autovehiculelor grele.

În această perspectivă a protejării ecosistemului şi a resurselor naturale, în mod special al resurselor energetice bazate pe hidrocarburi, se înscrie şi obiectivul general al proiectului, el apărând, astfel, ca o necesitate imediată, cu putere mare de generalizare în domeniul transporturilor rutiere grele, dat fiind numărul mare de asemenea autovehicule.

3. CONCLUZII

Articolul prezintă evoluția transportului auto în ultimii ani şi implicațiile acesteia asupra poluării mediului şi asupra epuizării resurselor de combustibili bazate pe hidrocarburi care, în mod inevitabil, în cateva zeci de ani se vor epuiza.

De aceea, în articol se arată necesitatea orientării producătorilor şi exportatorilor de autovehicule rutiere spre noile tehnologii.

Una dintre aceste noi tehnologii, care permite recuperarea energiei de frânare la autovehiculele rutiere, constituie obiectul principal al unui proiect de cercetare românesc realizat de autori. Rezultatele obținute vor constitui obiectul unor comunicări.

BIBLIOGRAFIE

1. **Affenzeller, J., Kriegler, W., Lepperhoff, G., Owen, N., Gruson, J.-F., Blaich, M.**, *"FURORE – Future Road Vehicle Research, a Roadmap for the Future"*, 9th EAEC International Congress, Paper C 120, Paris.
2. **Amann, A.C.,** 1998 *"The stretch for better passenger car fuel economy: a critical look",* Automotive Engineering International, February, Part 1, p. 305-313 & March, Part 2, p. 71-76.
3. **Bunting, A.,** September 2001, *"Alternative Power: Happening Hybrids"*, Automotive Engineer, p. 74.
4. **Eudy, L., Zuboy, J.,** 2004, *"Overview of Advanced Technology Transportation, 2004 Update"*, National Renewable Energy Activity Laboratory, U.S. Department of Energy.
5. **Lenz, H.P. , Prüller, S., Naderer, R.,** 2002,*"Visions for Clean Air – Future Requirements and Developments"*, FISITA World Automotive Congress, Paper F02R251, Helsinki.
6. **Negrea, V.D., Sandu,** , 2000, *"Combaterea poluării mediului în transporturile rutiere"*, Veneția, Editura Tehnică.
7. **Metz, N., Cozzarini, C.,** 2002 *"The Impact of Modern Engines on Exhaust Emission of Road Transport"*, FISITA World Automotive Congress, Paper F02E200, Helsinki,
8. **Negrea, V.D., Sandu,** 2000, *"Combaterea poluării mediului în transporturile rutiere"*, Veneția Editura Tehnică.
9. **Rovera, G., Ravello, V.,** *"Scenario and Trends on Hybrid Propulsion Technologies"*, ATA, Vol. 56, nr. 3/4 Marzo/Aprile 2003, p. 78-89.
10. **Ventre, Ph.,** 1996, *"The Automotive Industry and The Environment - Acting Now To Protect The Future",* Proceedings of the FISITA Congress, Paper K008, Praga.

SOLUTIONS ECOLOGIQUES MODERNES POUR LA SEPARATION DES MELANGES GRANULAIRES

Alexandru V. Rădulescu, Lucian Dăscălescu**, Alina Covrig**

*Université "POLITEHNICA" Bucharest, ROUMANIE, e-mail: sandu@meca.omtr.pub.ro

**Université de Poitiers – IUT Angoulême, FRANCE, e-mail: ldascalescu@iutang.univ-poitiers.fr

REZUMAT

Procedeul de separare electrostatică reprezintă o alternativă ecologică de separare a amestecurilor granulare. Aceasta tehnologie a căpătat o larga răspândire în industria reciclării deşeurilor, permiţând separarea metalelor de materialele izolante conţinute de amestecurile granulare. Scopul acestei lucrări este prezentarea procedeului de separare, a instalaţiei experimentale utilizate precum şi a rezultatelor obţinute. Concluzia finală se referă la faptul că procedeul de separare a cuprului, aluminiului şi a materialelor izolante reprezintă o soluţie ecologică modernă de conservare a mediului înconjurător, cu implicaţii evidente în procesul de recuperare a deşeurilor.

RESUME

Une solution écologique pour la séparation des mélanges granulaires est la séparation électrostatique. Cette technologie est de plus en plus utilisée dans l'industrie du recyclage des déchets, en permettant la séparation des métaux et des matériaux isolants contenus dans un mélange granulaire. L'objectif de cet article est de présenter la procédure de séparation, l' installation du laboratoire utilisé, aussi que les résultats obtenus.

Finallement, on peut conclure que la séparation électrostatique du cuivre, de l'aluminium et des matériaux isolants représente une technologie économiquement viable pour la préservation de l'environnement, car elle offre du plastique recyclé de qualité élevée et une meilleure efficacité pour le recouvrement des métaux.

CUVINTE CHEIE: Separare electrostatică, Reciclare, Amestecuri granulare.

MOTS-CLÉ: Séparation électrostatique; Recyclage; Mélanges granulaires.

1. INTRODUCTION

Afin de préserver les ressources globales et l'environnement, on a besoin de focaliser sur les solutions écologiques plus profondément et de façon plus large dans plusieurs domaines tels que le recyclage et la récupération des matériaux. Les industries sont non seulement responsables de fournir des produits sûrs et fiables, mais également de les collecter et de les recycler après leur usage. Les pluparts des produits sont maintenant fabriqués de telle façon qu'ils soient facilement récupérés et recyclés.

La variété des installations conçues pour la séparation de mélanges granulaires peut être perçue en examinant les nombreux travaux techniques et scientifiques publiés durant les deux dernières décennies, /1/, /2/. Une des solutions de écologiques de recyclage est l'électro-séparation, qui représente une technique appropriée et convenable pour un traitement préliminaire des matériaux à récupérer ou à la fin du cycle de recyclage.

La séparation électrostatique est un terme générique donné à une importante classe de technologies de traitement de matériel, largement utilisée pour le triage des mélanges granulaires grâce à des forces électriques agissant sur des particules chargées ou polarisées, /3/. Dans la plupart des cas, des champs électriques de l'ordre de 10^6 V/m sont nécessaires, et c'est pour cette raison que le développement des technologies d'électro-séparation et les équipements ont toujours été en synchronisation avec les progrès réalisés dans les techniques de la haute tension. La gamme d'applications, traduite par des centaines de brevets, s'étend de la purification des minerais et des produits agroalimentaires tels que les grains de semence (blé, orge…) au recyclage des métaux et plastiques, à partir des déchets industriels.

La séparation électrostatique du cuivre, de l'aluminium et des matériaux isolants représente une technologie économiquement viable pour la préservation de l'environnement, car elle offre du plastique recyclé de qualité élevée et une meilleure efficacité pour le recouvrement des métaux que les méthodes conventionnelles de traitement des déchets. Elle représente de nos jours, une technologie moderne de recyclage des matériaux usagés issus des déchets industriels. Elle est considérée comme la meilleure possibilité utilisée pour la séparation d'un mélange de granules isolant-métal, /4/.

2. PRINCIPE DE LA METHODE DE SEPARATION ELECTROSTATIQUE

Le principe de fonctionnement de l'électro-séparateur est présenté dans la figure 1. Ainsi, les granules isolants et métalliques sont transportés par le vibro-transporteur électromagnétique (1) et déposés sur le cylindre tournant relié à la terre (2). Des charges électriques sont créées par ionisation de l'air grâce à la décharge couronne générée par l'électrode à pointes (3), appelée électrode couronne et reliée à une source de haute tension continue. Toutes les particules acquièrent une charge électrique de même signe que le potentiel de la haute tension, et se comportent différemment suivant qu'elles sont électriquement conductrices ou isolantes, /5/.

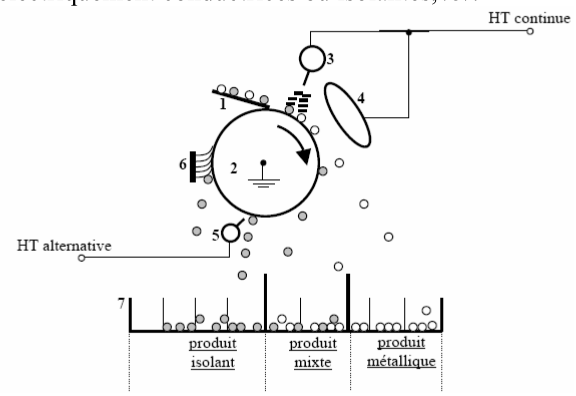


Figure 1. *Schema de l'électro-séparateur, /5/*

Les granules isolants restent collées à la surface du tambour grâce à la force d'image électrique. Ils tombent ensuite dans la partie gauche du collecteur (7) qui leur est destinée, à la condition que la force de pesanteur devient supérieure à la force d'image. Pour assurer le détachement et la chute des particules qui sont fortement attachés au cylindre, certains électro-séparateurs sont équipés par une seconde électrode à pointes reliée à une source de haute tension alternative, appelée électrode de neutralisation (5), dont le rôle consiste à neutraliser la charge acquise sous l'électrode couronne. Les particules qui ne tombent pas et qui restent malgré cela collées, sont éliminées de la surface du tambour mécaniquement par une brosse (6).

Les granules conducteurs perdent rapidement la charge à travers le cylindre relié à la terre, en arrivant dans la zone du champ électrique généré par l'électrode statique de forme elliptique (4). En ce moment, ils acquièrent par induction électrostatique une charge de signe opposé au potentiel de la haute tension continue. Ils subissent alors l'attraction électrique par l'électrode statique et sont déposés dans la partie droite du collecteur.

Dans tous les cas, le produit granulaire à séparer est déposé sur la surface de l'électrode cylindrique reliée à la terre, qui l'introduit dans la zone du champ électrique. Deux mécanismes de charge sont simultanément employés : bombardement ionique et induction électrostatique. Le premier est destiné aux particules isolantes seulement lors de leur passage sous l'électrode couronne, tandis que le deuxième n'implique pratiquement que les particules conductrices en contact avec le tambour en présence d'un champ électrique externe, à savoir le champ électrostatique généré par l'électrode elliptique.

3. DISPOSITIF EXPERIMENTALE

Le dispositif réalisé dans le cadre de l'Université de Poitiers – IUT Angouleme est un séparateur de laboratoire, qui offre plusieurs possibilités de réglage des différents accessoires afin de permettre l'étude de l'influence de chacun d'eux sur les rendements de la séparation, quel que soit le type du mélange granulaire, /5/, /6/.

L'électro-séparateur tel que conçu possède des particularités spécifiques qui lui permettent de régler les paramètres suivants:

- vitesse de rotation du tambour ;
- position de l'entonnoir ;
- position du vibro-transporteur ;
- position de la brosse ;
- positions radiales et angulaires des électrodes haute tension ;
- hauteur et position angulaire des parois du collecteur ;

En ce qui concerne la partie de construction, l'appareil comprend dans sa conception quatre parties distinctes :

- une chambre de séparation où sont traités les mélanges granulaires;
- un panneau de commande pour le moteur du vibro-transporteur et pour les variateurs de la vitesse et de l'amplitude des vibrations;
- un collecteur pour la récupération des particules après la séparation;
- une armoire pour ranger les accessoires de l'appareil.

Une vue générale de la chambre de séparation pour le traitement des mélanges granulaires, qui est la partie la plus importante du dispositif, est présenté dans la figure 2.

Figure 2. La chambre de séparation, /6/

Dans la chambre de séparation, le champ électrique est crée entre deux électrodes : l'électrode plaque (1) et l'électrode statique (2) reliée à un générateur de haute tension de polarité négative. Le mélange granulaire est déposé sur l'électrode plaque par le vibro-transporteur (3) et est introduit dans la zone du champ électrique. En contact avec l'électrode plaque, les particules conductrices viennent de se charger avec une charge positive, sont attirées par l'électrode statique et déposée dans le collecteur (4), au partie droite. Les particules isolantes glissent sur la plaque, et elles se projettent sur la partie gauche du collecteur (soumises à leurs propres poids).

4. APPLICATIONS INDUSTRIELLE DU PROCESSUS

Les processus électrostatiques pour la séparation et pour la purification des matériaux granulaires représentent, en ce moment, le troisième domaine important d'applications industrielles de l'électrostatique, après la précipitation électrique des poussières et l'électrophotographie, /7/. Les équipements et les technologies d'électro-séparation se sont beaucoup développés pendant les dernières décennies, grâce aux progrès réalisés dans la production des dispositifs semi-conducteurs de haute tension et des matériaux isolants caractérisés par des rigidités diélectriques élevées.

Le champ d'application s'étend de la purification dans l'industrie minière ainsi que la purification des produits agroalimentaires (grains de semence, orge etc.) au recyclage des métaux et isolants à partir des déchets industriels. Cette technologie est également utilisée pour le recyclage de plusieurs sortes de produits issus des déchets électroniques tels que métal, verre, papier, ainsi que d'autres produits à partir de déchets industriels ou urbains.

Le recyclage des produits métalliques et isolants à partir des déchets a attiré une attention particulière, à la cause de l'intérêt grandissant porté sur la qualité de l'environnement qui a prescrit des règles de comportement plus strictes. Par ailleurs, comme la plupart des applications de l'électrostatique, la séparation des matériaux granulaires a réalisé un développement significatif ces 30 dernières années, /1/, /2/, /8/.

De nouvelles technologies ont été développées, et le spectre des matériaux traités est devenu extrêmement large. En dépit de la diversification, la séparation haute tension à tambour représente la plus importante partie du marché.

Les applications typiques de l'électro-séparation sont:

- Purification des minerais, telle que la concentration des minéraux comme zircon, asbestose, hématite et plusieurs autres;
- Purification des aliments, telle que l'élimination des particules indésirables et même celles provenant des excréments des rongeurs, pour obtenir des grains de céréale propres;
- Recyclage des déchets industriels comme la séparation des mélanges isolant-métal;
- Classement électrostatique selon la dimension et la forme des granules.

5. RECUPERATION ET RECYCLAGE DES CABLES ELECTRIQUES

Il y a deux sources principales de déchets des câbles électriques: les producteurs et les consommateurs, c'est à dire les plates-formes où les câbles sont soit produits soit montés en produit fini. Ce type de déchets non usagés, propres et homogènes, sont plus faciles à traiter que les déchets usagés générés pendant les travaux de rénovation et de maintenance (post-application), qui sont généralement des mélanges de différentes sortes de métaux, plastiques, caoutchouc, contaminés avec de la poussière, huile, graisse. Cependant, la majorité des câbles destinés pour le recyclage proviennent des activités de maintenance et de rénovation.

Généralement, l'opération de broyage, qui assure la dissociation mécanique du métal et du plastique, est assurée par une ou deux étapes de broyage, puis elle est suivie par une séparation magnétique destinée à l'élimination des contaminants ferreux. Ensuite, comme le poids spécifique et la forme des granules métalliques diffèrent des caractéristiques des granules isolants, les fractions de grande et moyenne taille peuvent être traitées soit par séparation par différence de densité par rapport à une solution liquide soit par séparation par différence de densité par rapport à l'air.

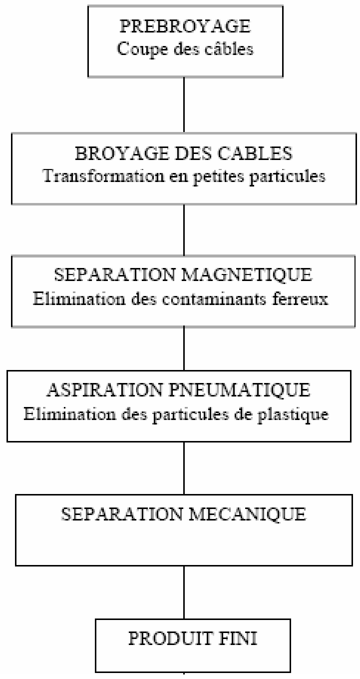


***Figure 3**. Schema du processus du recyclage, /9/*

La première méthode qui utilise des substances chères et toxiques, est accompagnée par l'adsorption du liquide dans les granules isolants, et par conséquent la détérioration de leurs caractéristiques diélectriques. Pour la deuxième méthode, de grandes consommations d'énergie accompagnent les technologies pneumatiques, qui sont caractérisées par une efficacité de recouvrement faible. En même temps, l'isolant récupéré contient trop de particules métalliques pour être employé dans l'isolation électrotechnique.

Quand même, ce deuxième procédé (figure 3) est en ce moment le plus utilisé, /9/. Le matériau granulaire provenant du broyage de déchets des câbles électriques est soumis à un processus de concentration pneumatique et mécanique, en utilisant un tamis vibrant. Le produit de faible pesanteur, considéré comme déchet, contient presque en totalité des particules isolantes fines. Le produit ainsi obtenu renferme un faible contenu en cuivre qui pourrait être éventuellement récupéré par séparation électrostatique. Les résultats d'électro-séparation effectués par plusieurs laboratoires étrangers ont mis en évidence un contenu de cuivre non négligeable (plus de 6%) qui pourrait être récupéré par la séparation électrostatique.

Figures 4 et 5 montrent deux types de mélanges aluminium-plastique et cuivre-plastique utilisés pour le processus de séparation électrostatique.

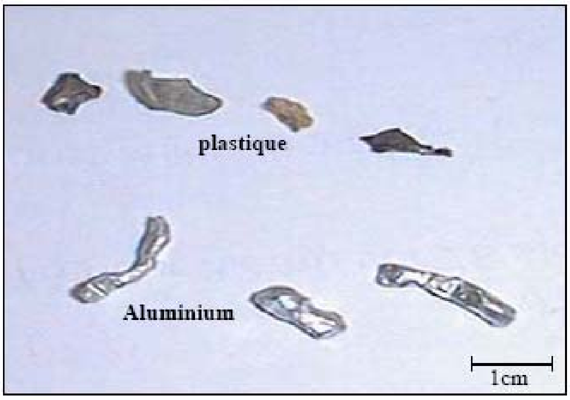


***Figure 4.** Mélange aluminium-plastique, /9/*

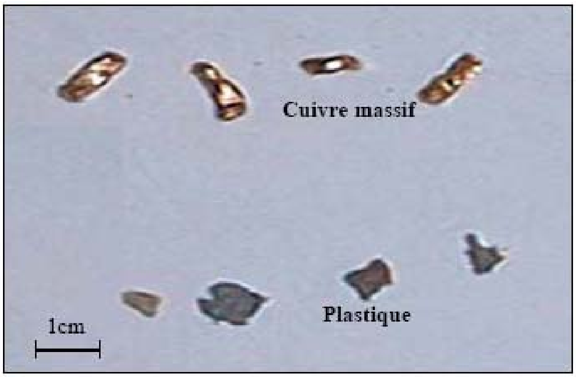


***Figure 5.** Mélange cuivre-plastique, /9/*

6. CONCLUSIONS

Les déchets industriels représentent une importante source de matériaux et les procédés modernes de récupération développent de plus en plus de nouvelles applications. La récupération du cuivre et de l'aluminium à partir des déchets industriels a de réels avantages car l'utilisation des matériaux récupérés nécessite moins de 40% de l'énergie consommée pour obtenir du métal à partir des minerais.

Le matériau granulaire provenant des déchets de câbles électriques est soumis à un processus de concentration pneumatique et mécanique, en utilisant un sas vibrant. Le produit de faible pesanteur considéré comme déchet, contient presque en totalité des particules isolantes fines, qui peuvent être très bien récupéré par séparation électrostatique.

Le principe de fonctionnement de ce processus repose principalement sur l'acquisition de charge par le bombardement ionique de l'électrode couronne et l'induction électrostatique générée par l'électrode elliptique.

La séparation électrostatique est un processus multifactoriel fonctionnant avec de nombreux paramètres qui sont réglables et inter-dépendants. L'électro-séparateur est constitué de plusieurs éléments influents, électriques et mécaniques, dont le réglage de chacun d'eux influe de façon plus ou moins grande sur les performances de l'appareil.

BIBLIOGRAPHIE

1. **Y. Higashiyama and K. Asano**, "Recent progress in electrostatic separation technology," Particulate Science and Technology, vol. 16, 1998, pp. 77-90.
2. **O.C. Ralston**, Electrostatic Separation of Mixed Granular Solids. Amsterdam: Elsevier, 1961.
3. **Tilmatine, A., Flazi, S., Medles, K.** Séparation électrostatique: complément des procédés mécaniques de recyclage des déchets industriels, Journal of Electrostatics, vol. 61, No. 1, May 2004, pp. 21-30
4. **Dascalescu, L., Mizuno, A., Tobazeon, R., Morar, R., Iuga , A., Mihailescu, M., Samuila, A.** Charges and forces on conductive particles in roll-type corona-electrostatic separators, Conf. Rec. IEEE – IAS Annual Meeting, Toronto, 1993.
5. **L. Dascalescu, A. Samuila, D. Rafiroiu, A. Iuga, and R. Morar**, "Multiple-needle corona electrodes for electrostatic processes application," IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 35, 1999, pp. 543-548.
6. *****CARPCO**. Physical separation systems for mineral processing, Bulletin no.9813, Carpco Inc., Florida USA, 1998.
7. **L. Dascalescu, R. Morar, A. Iuga, A. Samuila, and V. Neamtu**, "Electrostatic separation of insulating and conductive particles from granular mixes," Particulate Science and Technology, vol. 16, 1998, pp. 25-42.
8. **Rădulescu, Al., Covrig, A., Dascalescu, L.** Experience Plans Method with Application to the Modeling of an Electrostatic Separation Process, Conference "trans & MOTAUTO'05+", Vol. 4, Veliko Tarnovo, Nov. 2005, pp. 7-9
9. **A. Iuga, R. Morar, A. Samuila, and L. Dascalescu**, "Electrostatic separation of metals and plastics from granular industrial wastes," IEE Proc.-Sci. Meas. Technol., vol. 148, 2001, pp. 47-54.

Quick Info

Syngas, the turbine driver of the future

Syngas consists primarily of carbon monoxide and hydrogen and has less than half the energy density of natural gas.

It is combustible and often used as a fuel source or as an intermediate in the production of other chemicals. It contains small amounts of particulates and various other elements including sulphur which must be removed before use. This is not only to ensure a clean exhaust but to avoid damage to the gas turbine itself.

For use as a fuel, it is most often produced by gasification of carbon-based feedstocks such as coal or municipal waste.

Gasification is a process that converts carbonaceous materials, such as coal, petroleum, petroleum coke or biomass, into carbon monoxide and hydrogen. It was originally developed in the 1800s to produce town gas for lighting and cooking. This was replaced by natural gas and electricity but the gasification process is still used for the production of synthetic chemicals and fuels. It could also be used to produce methane and hydrogen for fuel cells.

The breakdown of hydrocarbons into syngas is made by controlling the amount of oxygen present while heating the hydrocarbons to extreme temperatures, around 1600°C. This melts the inert material, which flows to the bottom of the gasification vessel where it is cooled into a glass-like non-leachable inert slag. This slag is used primarily as aggregate in road gravel or concrete applications.

Syngas is most efficiently used in a combined cycle power plant where the waste heat from the gas turbine is used to make steam to generate additional electricity via a steam turbine, increasing the overall efficiency of power generation. An IGCC plant, integrated gasification combined cycle, is a combined cycle plant that is supplemented by a front-end coal gasification plant for generation of syngas.

In a gasifier, the carbonaceous material undergoes three processes: pyrolysis, which releases volatiles and char, resulting in up to 70percent weight loss for coal; combustion, as the volatile products and some of the char reacts with oxygen to form carbon dioxide and carbon monoxide; and gasification, where the char reacts with carbon dioxide and steam to produce carbon monoxide and hydrogen.

Pyrolysis is a process of producing fuels by heating feedstock in an oxygen-deficient atmosphere to a very high temperature where the atoms vibrate apart at random positions, so the process is one of thermal decomposition, not combustion.

The resulting gas is called producer gas or syngas and may be more efficiently converted to energy such as electricity than would be possible by direct combustion of the original fuel. Also, corrosive ash elements such as chloride and potassium may be refined out by the gasification process, allowing high temperature combustion of the gas from otherwise problematic fuels.

(*information from www.engineerlive.com*)

Quick Info

Snake-arm robots

Both linear and rotary motion are relatively easy to achieve, with modern control technologies enabling that speed, torque (or force) and position to be predetermined with remarkable accuracy.

However, creating movement along convoluted paths in three dimensions is considerably more complex, typically requiring anthropomorphic robots. Useful as they are, such robots are mainly restricted to applications where there is space available to make an approach to the target position; their bulk, in particular, means that they are seldom suitable for tasks where access is via a small aperture.

If the robot is being used for a manufacturing operation, the answer is to design the components or assembly so that they can be processed by the technologies available, which might mean that some tasks have to be performed manually. This says a great deal about the adaptability of human beings, but the result is often that people are asked to perform repetitive tasks while maintaining uncomfortable postures in confined spaces. Not only does this have implications for quality, but there is a good chance that health and safety conditions are not as good as might be desired.

This is one example of where 'snake-arm' robots can be useful. These can be used to perform assembly or inspection operations by means of suitable end effectors that are controlled and monitored via the umbilical that passes through the hollow core of the snake-arm. Alternatively, a snake-arm can be fitted to the wrist of an anthropomorphic robot arm to enable more complex tasks to be performed.

While robots have been used extensively in automotive production for over two decades, their use in aerospace has been more restricted. This is mainly due to conventional robots being unable to maintain the high absolute and relative accuracies required on comparatively large structures.

While local servo control can overcome some of these limitations – by using a vision system to identify local reference points, and by adjusting the end effector's position accordingly – modern aircraft structures still have relatively limited access compared with, say, an automotive bodyshell.

Prototype hybrid

OC Robotics, which specialises in the design, development and manufacture of snake-arm robots, has been working with Airbus UK to address this problem and has now built a prototype 'Extender' snake-arm robot that is mounted on a Kuka anthropomorphic arm (Fig.1).

The idea is to create a hybrid robotic arm that can perform many of the tasks that currently require fitters to work in confined spaces that have to be accessed via small apertures. Not only are there health and safety implications for the access and work in confined spaces, but often there are fumes, dust and noise to contend with as well.

Three different end effectors have been designed for use on a 100mm diameter snake-arm that has a bore of 25mm. The first is a tool that swages rivets and directs the removed section into a collection area; the second is a vision inspection instrument with several cameras and lights to illuminate the workpiece; and the third is a sealant applicator. Both the swage and sealant tools are also equipped with cameras so that they can operate under visual servo control. Other end effectors could also be developed for drilling, deburring, extracting foreign bodies, removing swarf, installing components, inserting wiring looms, nut-running, painting, non-destructive testing, and removing liquids, gases or particulate matter.

It has to be remembered, however, that the end effector should ideally be no wider than the snake-arm's diameter and have a length that is not greater than 1.5 times the diameter, otherwise the full benefits of the highly manoeuvrable snake-arm concept may not be enjoyed.

The prototype arm has ten segments and measures 1.2m long. Compliant joints between the segments mean that the arm will not cause damage if it inadvertently collides with the structure through which it is navigating, and further research is underway to create a sensitive 'skin' that will, amongst other things, detect such collisions.

With 27degrees of freedom, this snake-arm has the flexibility to enable it to enter the rib bay of a wing-box (Fig.2). Clearly it would be impossible for a human operator to control all of the 27degrees of freedom to enable the tip of the robot to be moved as required, with the 'body' of the snake-arm being continually adjusted in such a way as to follow the path taken by the tip.

Software developers at OC Robotics have developed an interface that enables the robot to be controlled manually by a joystick or, alternatively, the snake-arm can be made to automatically follow a pre-programmed and optimised path. Built into these control systems is a means by which the Kuka robot acts in 'slave' mode to position the base of the snake-arm wherever it is required in order that the tip of the 'master' snake-arm can follow the desired path.

Once the snake-arm is in approximately the correct position, it can be moved in 'Cartesian mode' by means of the joystick, or it can be aligned automatically for a particular task by means of visual servoing. Importantly, the control algorithms take account of this additional movement when the arm is withdrawn, as the path will not be identical to the insertion path.

In the prototype snake-arm, the wrist joint has been designed to enable the tooling to be changed quickly, plus the arm can be removed and replaced on the actuator pack in the event of any damage (Fig.3).

So far the prototype has been demonstrated on a mock-up of a rib bay and has been shown to be capable of performing the type of task that would be required in an aerospace application; precise replications of specific tasks have not yet been tested. Nonetheless, it seems that snake-arm robots are capable of undertaking tasks that are currently performed manually. More importantly, however, aircraft designers may find themselves given the freedom to design more efficient assemblies that do not need to be compromised to allow access for fitters.

Snake-arm robots are made up of a number of rigid segments separated by compliant joints. Each segment has two degrees of freedom and is typically controlled by three wires that act in a similar way to tendons, with the length of each wire determined by a servo-controlled motor or linear actuator housed within the actuator pack at the base of the arm. While the prototype snake-arm for aerospace applications has 10 segments, others have been designed with fewer segments and up to 20.

Regardless of how many segments the arm has, the movement is such that the second, third, and subsequent segments all follow exactly the same path as that taken by the tip.

Fig. 1.
OC Robotics has built a prototype hybrid robot that consists of an 'Extender' snake-arm robot mounted on a Kuka anthropomorphic arm.

Fig. 2.
OC Robotics has built a prototype hybrid robot that consists of an 'Extender' snake-arm robot mounted on a Kuka anthropomorphic arm.

Fig. 3.
The snake-arm's wrist joint design enables the tooling to be changed quickly, plus the arm itself can easily be removed and replaced on the actuator pack.

(*information from www.engineerlive.com*)

ENVIRONMENT POLUTION LIMITATION BY USING ECOLOGICAL COMBUSTIBLES

Roxana Popa, Irina Cornescu, Cătălin Iancu
„Constantin Brâncuşi” University, Tg-Jiu, irinacornescu@yahoo.com, ciancu@utgjiu.ro

ABSTRACT
In this paperwork are presented the advantages and disadvantages of replacing traditional energy sources, based on crude oil, coal and natural gas with regenerable sources, like ecological combustibles. There are presented general aspects concerning biomass and main actual technologies applied worldwide for transforming it: direct burning, gasification, pyrolise, biological anaerobic fermentation. Among biocombustibles obtained in processes that transform biomass in more useful intermediary energy forms are presented the bioethanol (obtained by alcoholic fermentation of grains and fruits) and the biodiesel (obtained from oils of rape, sunflower, soya beans and corn).

KEYWORDS: Combustibles, Biomass, Bioethanol, Biodiesel

1. INTRODUCTION

The traditional energy sources based on crude oil, coal and natural gas had proved very efficient regarding economic progress, but in the same time harmful to environment and human health. These traditional sources, based on fossils combustibles are experienced even larger pressings on environment problems, related to this it can be mentioned the objective of reducing greenhouse effect, specified on Kyoto protocol.

Crude oil is a nonregenerable source, quantity being larger and larger till a point when it will be reached a maximum called “oil peak”, afterwards extraction will inevitable decrease. The alternative of using ecological combustibles would present enormous advantages:

- it wouldn’t exist massive expenses for prospecting and extraction;
- it wouldn’t exist dependency of crude oil from “hot” zones;
- it would be possible great reduction of pollution degree and avoiding climacteric changes;
- it could be stabilized by late 2050 the level of gas emission that produce greenhouse effect.

Ecological combustibles represent today an activity domain in full development worldwide, being an alternative of using fossils combustibles. In 2003, UE emerged a directive (2003/30/EC) which recommends this type of combustible. By the way, the states members of UE have been passed for long time using these combustibles. The base material for producing ecological combustibles is a plant called rape. Cultivation of rape is perfect possible in the center and the South of Romania, the major advantage being that this technical plant can be successfully grown on polluted grounds (Copşa Mică zone), and thus contributing to ecologize the affected zones.

Romania must assure the use of regenerable sources of energy, and in that way will be obligated to use biocombustibles and other regenerable fuels, according to Government Decision nr.1844/2005, recently published in Official Monitory.

The quantity of biocombustibles and other regenerable fuels is minimum 2%, determined based on energetic content of every types of gasoline and diesel fuel used on transportation, introduced on market until the date of joining of Romania to Europe Union and 5,75% minimum until 31 December 2010.

The Minister of Economy and Commerce will monitoring the effect of using biocombustibles mixed with diesel fuel in proportion over 5% by unadapted vehicles and will inform competent authorities for assuring the respect of laws in environment domain, regarding the emission standards with greenhouse effect.

2. GENERAL ASPECTS REGARDING BIOMASS

The technologies „biomass for energy” and „energy from residues” are the only regenerable sources of energy that compete with fossils combustible, and thus future developments in innovative processes, technologies and systems can help biomass to enter on solid combustibles market.

Biomass is a generic term which contents a variety of resources, including beside wood materials and residues from industrial preparation of timber, agriculture residues, alimentary residues, natural fertilizer, organic fractions from solid municipal residues, residues from individual houses and mud from housekeeping waters.

Traditionally, majority of these residues have been naturally left to decompose, or have been transported and spread directly on soil, where bring benefices as chemical fertilizer. For some of these residues, the second method led to environment problems such as waters pollution. An alternative which grows as importance is reuse of energy existing in these residues by using it as a regenerable source of energy

In our days biomass contributes significant to energy supply worldwide (about 10-14% of whole energy supply). Bioenergy is used to produce electricity, heat or transportation combustible.

So, biomass is the term used for all organic material derived from plants (including algae), trees and cultivation and represents mainly collecting and storing solar energy by photosynthesis. *Biomass energy* represents the transformation of biomass in some useful form of energy (heat, electricity and liquid combustibles).

Biomass as energy source has the potential to be "modernized" worldwide, meaning to be produced and efficiently transformed in more usual forms (gases, liquids or electricity). A large variety of technologies can transform solid biomass in ecological combustibles for different application, from individual houses to large industrial zones.

3. ACTUAL TECHNOLOGIES WORLDWIDE FOR TRANSFORMING BIOMASS

3.1. Direct burning

Direct burning remains the most usual technique for obtaining energy out of biomass, both for producing heat and electricity. The dominant technology actually for producing electricity from biomass at values over 1 MW, is Rankine cycle with steams. It consists of direct burning of biomass in a steam boiler for obtaining steam introduced after in a turbine. Rankine technology with steams is introduced in commercial applications over 100 years ago. The output for energy transforming is quite low, 15-25% due to small dimensions, although are analyzed technologies and procedures for increasing this output.

3.2. Gasification

Combustible gases can be produced out of biomass trough a thermochemical process at high temperature.

The term "gasification" refers usually this thermochemical conversion at high temperature, the resulted gas being called *product-gas* and implies burning of biomass without enough air for complete burn, but with sufficient air for transforming biomass to a combustible gas. After proper treatment the resulting gases can be used directly for food preparation or heat providing or can be used in a new line of transforming devices, such as burning motors or gas turbines for producing electricity or mechanical work.

Although, majority of those projects have failed because the formation of tars and oils (compounds of heavy hidrocarbures) during gasification. Condensing tars in downstream equipments have produced problems in functioning and dysfunctions.

One of the technologies that generates a strong interest is Integrated Gasification with Combined Cycle of biomass (IGCC) for large scale combined production of energy and heat (CHP) in domain of 5-100 MWh.

One IGCC installation implies dosage and drying of prime materiel, followed by thermochemical gasification for obtaining a combustible gas, cooling and cleaning of gas, and burning it in a gas turbine.

The steam rises because hot evacuation from gas turbine for actioning a steam turbine that produces supplementary energy and provides steam at low pressure for heating.

Such a "cascade" position of gas turbine and a steam turbine is usual called combined cycle. The IGCC technology will permit production of electricity at double efficiency or even greater than steam cycle, and expenses by installed KW in IGCC commercial units will be smaller than steam cycles with comparable dimension.

The greatest challenge for electricity production devices by gasification, at all levels, continues to be proper cleaning of tars and oils from produced gases, so the equipments will work efficiently and economically, with minimum toxic emissions in atmosphere.

3.3. Pyrolise

Pyrolise is in present in a development phase very near a commercial one, but observing that is very suitable for conversion of biomass with high content of ashes.

The most advanced technology for these biomass types pyrolise is circulating fluidized bed, and the major advantage of this advanced technology is that the resulting biotar can be easily stocked, transported and later chemically processed for extracting various oil components.

For the same reason can be build tanks for peak moments in use of classical burning equipments. Using these equipments at a reduced scale cannot be considered now because very high costs implied.

3.4. Biological anaerobic fermentation

Combustible gases can also be produced based on biomass, by a biological process at low temperature called anaerobic fermentation. Biogas is the usual name for gas produced both in anaerobic fermentation special devices (fermentation tanks) as on field, by assimilation of natural produced methane.

Anaerobic fermentation tanks are generally composed of:

- an alimentation orifice which trough is introduced organic waste and other residues in the tank;
- a tank where biomass is heated for increasing fermentation speed and partial transformation in biogas by bacteria;
- an output orifice where biomass and bacteria that have performed the process with the unfermented material rest like mud that can be removed.

The produced biogas can be burn for the energy needed for food preparation and heating or for producing electricity. Fermentation has in general a low electric output (aprox. 10-15%, large depending on prime material) and is especially adequate for humid biomass.

4. ECOLOGICAL LIQUID COMBUSTIBLES (BIOCOMBUSTIBLES)

Biocombustibles are produced in processes that transform biomass in more useful forms of energy. There is a special interest in transforming solid biomass in liquid one, with potential replacement of crude oil combustibles used in transportation domain.

Other combustibles as an alternative to crude oil combustibles are alcohols produced out of biomass, which can replace gasoline and kerosene.

4.1. Bioethanol

Bioethanol is a replacement for gasoline, and it's obtained by alcoholic fermentation of grains and fruits and then by distillation. It can be obtained also by an older process out of cellulose. Cellulose is not part of human food. The process is slow, needs very large spaces for fermentation tanks and optimum conditions of microclimate.

Agricol waste disposable for ethanol conversion is composed of grain straws, corn cobs, rice straws (which contains large amount of sugar, especially starch), while wood waste contain reused wood, wood residues, sawdust.

Using this waste from agriculture (wooden), and also housekeeping ones for producing ethanol has led to a much greater reduction of pollution than other carburant.

This is done to the fact that producing ethanol is based on agricultural cultivations for growth of plants consumes carbon dioxide from atmosphere. Result that carbon dioxide produced by burning fuel used by vehicles, one of the gases responsible for greenhouse effect, is used by agricultural cultivations needed for producing the carburant.

Development of combustible cells based on ethanol promises solving vehicles propulsion and obtaining electric energy from regenerable resources.

Ethanol obtained from processing vegetal mass or waste represent a regenerable source of energy, including by instant producing of hydrogen.

Combustible cells transform this energy carrier in electricity with maximum efficiency, much advantageous than internal burn engines. Ethanol burns quite easy. The energetic content of ethanol reported of ethanol mass is lower than diesel or gasoline fuel, having also a high vaporizing heat.

In industrialized countries, ethanol is produced out of corn cultures, and in development countries out of sugar cane. It is utilized like addition to gasoline for improving octane figure or reducing the use of important fossils combustibles.

4.2. Biodiesel

Biodiesel is a replacement of diesel fuel, made out of rape oils, sunflower, soya beans and corn. In the future is expected an explosive growth of demand in Romania: from 50.000 tons in 2007 to 150.000 tons in 2010. In this context, the area cultured with rape in 2005 was 84.100 ha, obtaining a medium production of 1830 kg on ha.

These combustibles out of plants don't require changing the technology of making auto engines, like it's case of hydrogen or solar energy.

5. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING BIOMASS

In generally, regenerable forms of energy are considered "green", because it provokes low consuming out of Earth resources, have a good impact on environment and have low emission on producing energy.

Biomass is in principle regenerable and can have positive impact on environment if it is correctly handled and has a lot of common characteristics with fossils combustibles. Even if modern bioenergetics systems can be transported and stored, permitting heat and energy production on demand, they can have also negative effects on environment in what it concerns growth of biomass and transforming it in energetic combustibles.

With help of *life cycle analysis* (LCA), it has been noticed that where biomass replaces fossils combustibles, impact on global climate will be lighter by reduced emission of greenhouse gases, but in what it concerns other types of emissions (NO_X, SO_2, N_2O), the conclusions aren't so clear and depend largely of the biomass source, technical details of transforming process and fossil combustible that is replaced.

Since crude oil price constantly growths, many researchers or companies that already use these energetic alternatives, shows that they are much cheaper, more efficient and can be renewed regarding agricultural harvest cycle.

Other advantage of using these combustibles is emission of an infime fraction of carbon dioxide in atmosphere, without any other toxic substances.

The advantage of using alternate combustibles in classical internal burn engines resides in reduction up to 90 % of noxes emission, regarding classical engine vehicles (Fig. 1).

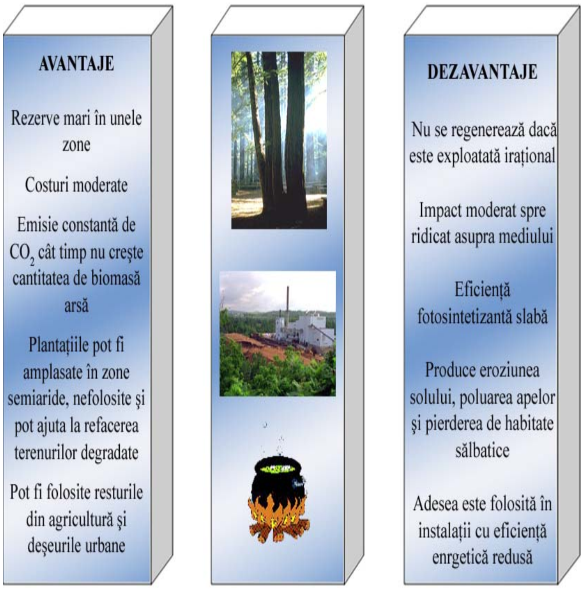


Figure 1. *Advantages and disadvantages of using biomass for limiting environment pollution*

6. CONCLUSIONS

In this paperwork are presented advantages and disadvantages of replacing traditional sources of energy based on crude oil, coal and natural gases with regenerable sources like ecological combustibles. It is presented too general aspects regarding biomass and main actual technologies applied worldwide of transforming it: direct burning, gasification, pyrolise, biological anaerobic fermentation.

Among biocombustibles produced in processes that transform biomass in more useful intermediary forms of energy are presented bioethanol (obtained by alcoholic fermentation of grains and fruits) and biodiesel (obtained out of rape oils, sunflower and corn). It is specified the fact that regenerable forms of energy are considered "green" because they led to a low consumption out of Earth resources, have a benefic impact on environment and provoke very low emissions when producing energy.

REFERENCES

[1]. Popa, R.G., Poluarea aerului, Editura Sitech, Craiova, 2004.

[2]. Revista „Extracţia Ţiţeiului şi a gazelor asociate", Editura Tehnică, Bucureşti, 1993.

[3]. Revista „Monitorul de petrol şi gaze", nr.10/ 2004 şi nr.6,8, 9,11, Editura Sipg, ISSN 1583-0322, 2005.

[4]. Revista "Univers ingineresc" nr. 3 şi 8 / 2006, ISSN 1223-0294.

[5]. Studiu de fezabilitate a exploatării şi evaluare a potenţialului tehnologiilor alternative de exploatare pentru zăcământul comercial - structura Colibaşi Est-Călugăreasa, I.C.P.T., Cîmpina, 2004 / 2005.

A NEW DEVELOPMENT IN BIOMASS GASIFYING TECHNOLOGY

Gabriel Laslu[1]; Elena Laslu[1]; Ionescu Lucian[1], Domnica Cotet[2], Gheorghe Sarbu[2]
1 – SC Asociatia pt. Inventica in Mecanica SRL(SC AIM SRL), 2– ICTCM, cie1@ictcm.ro, vsarbu@ictcm.ro

ABSTRACT
New development of biomass and organic waste gasifying technology witch distinguish from the other modern technologies by:

- *discontinuous, short sequences, high speed biomass injection, carried out by strong, right controlled volume of compressed gas pulses and high speed heating of the biomass into burning cyclone and burning sand gravel.*
- *Currently, the carrying gas is compressed air. Also, the gravel bed there is in slow, controlled, linear movement, that carries out the ash. The own moisture of biomass supports a part of the reaction steam.*

KEYWORDS: Biomass, Organic waste, Gasifying technology

1. INTRODUCTION

Under the patronage of MEC – National Authority for Scientific Research, following the national program „INVENT” framework – managed by the National Institute, INMA, a new technology was developed as well as a pilot of a new gasifying installation. The project uses a romanian invention that divides dust from gas in a circulating sand layer.

1.1. General notions

Usually, the solid fuel is composed of carbon, hydrogen and oxygen. The classic gasifying is thermo-chemical process where the biomass is heated by combustion in a reactor, alternatively using oxygen and steam as reagent. Inside the reactor, four different processes take part: drying, pyrolisis, oxidation and reduction.

In modern procedures, before is inserted into reactor, the biomass is dried out to less than 10% humidity and is broken up into pieces smaller than 6 mm. However, in recent achievements, the drying takes place inside the reactor, at high speed, and the resulting steam is used in the reduction process. There are known fast pyrolisis technologies witch have as results mainly liquid fuel, bio-oil and also there are known gasifying technologies that results mainly in a gas fuel – synthesis gas or syn-gas.

Fast pyrolisis: It represents the thermal degradation of waste in the absence of air aimed to produce pyrolisis fuel (bio-oil), charcoal and synthetic gas (for example, the conversion of wood to charcoal). The specific features of the process are: working temperature between 450 and 600 ^{0}C and the gas holding time of 0.3 to 5 seconds. The biomass load is processed before inserting it into the oven: particles size 0.5 – 6 mm, the humidity level 3 – 10%, cellulose 48-50%, and ash content of 0.4-0.6%. Composition of resulting products: organic liquid (bio-oil) 40-75% (water included), coal (char) 10-20%, synthesis gas 10-30%.

Gasifying: It is the hydrocarbon cracking (organic vapor) to syn-gas with careful control over the existing oxygen quantity.

The chemical reactions that take part are:

- Exothermic reactions:
  - Combustion: {volatile from biomass + coal/char} + O2 -> CO2
  - Incomplete oxidation: {volatile from biomass + coal/char} + O2 -> CO
  - Methanization: {volatile from biomass + coal/char} + H2 -> C2H2
  - Water – gas replacing: CO + H2O -> CO2 + H2
  - CO Methanization: CO + 3H2
- Endothermic reactions:
  - Steam – Carbon: {volatile from biomass + coal/char} + H2O - > CO + H2
  - Boudouard reaction: {volatile from biomass + coal/char} + CO2 -> 2CO

Syngas or Syn Gas are acronyms for Synthetic Gas. There are a great many different Syngases. For example: syngas from coal gasification, syngas from biomass pyrolysis, syngas from municipal solid waste, syngas from steam reforming of methane (for ammonia production), and many others. The syngas consists mainly of a mixture of hydrogen (H_2) and carbon oxide (CO) and also contains a small percentage of carbon dioxide (CO_2), water (H_2O), methane (CH_4), big hydrocarbons (C2+) and nitrogen (N_2).

The reactions are taking part at high temperatures (500 – 1400 ^{0}C) and pressure equal to atmospheric pressure or higher up to 33 bar.

The oxidant can be the air, pure oxygen, steam or a mixture of those. The air based gasifying is typically producing a syngas with a high content of nitrogen and for this reason it has a smaller caloric power (4 – 6 MJ/m3).

1.2. Today level of gasifying technology

The coal, oil and wood gasifying is known and used for more than 100 years.

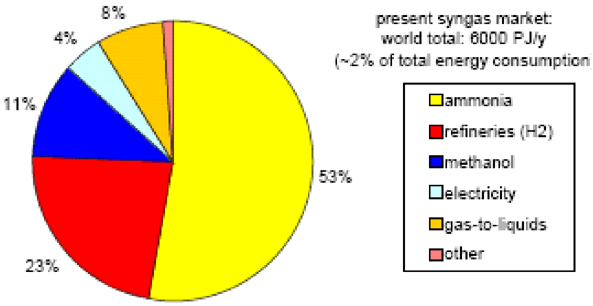


Figure 1. *World syngas market*

Most of the modern gasifying installations are processing coal and oil. A diagram of base materials used in the first and a half century is presented next:

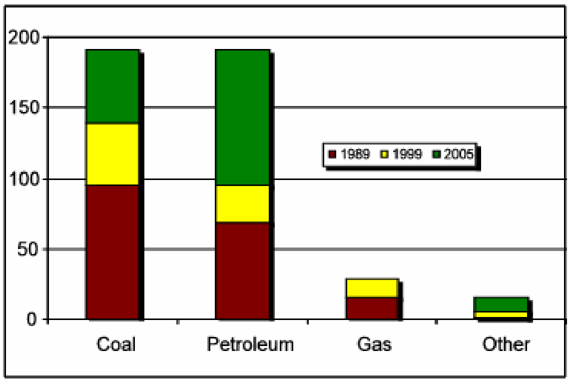


Figure 2. *Raw materials used for gasifying (Source: SFA Pacific for U.S. DOE, GTC Analysis)*

The growing of that industry after the 1990 is of about 250%, the growing taking part mainly in Europe and The Ex Soviet Union, but also in America, Asia and Australia. Even so, the main part of this industry is represented by three big Sasol installation in South Africa that produce 31% of world syngas.

Lately, with the need to obtain regenerating and cleaner energy sources, starting from the old gasifying technologies, new gasifying technologies have been developed and fast pyrolisis that applies mainly to biomass, but also to other organic waste. Today the main research is focused on gasifying technologies that result in syngas with high thermal power. This fast development comes mainly from the possibility of obtaining hydrogen from biomass through pyrolisis and gasifying.

This process generates a gas rich in carbon that can be enriched in hydrogen through later transformations, similarly to those used in reforming fossil fuel.

Many EU countries have invested R&D resources in hydrogen production. Austria, which became one of the world leader in bio-fuel development for transportation, has two demonstrative installations and many other pilot installations. Belgium is aiming, through his GAZOPILE program, to supply the fuel cell with hydrogen obtained from wood, through gasifying. The same thing happened in Norway and in Portugal, a pilot installation of 2 kW is built for which the fuel cell technology is provided by Forschungszentrum Jülich, Germany. Spain also has many projects like this and Holland has a number of projects in his „Bio-hydrogen" framework where 11 institutes and universities are working together in research regarding pyrolisis and gasifying. In 2001, France initiated a programme named „IFP&CEA", with a budget of 2 mill. Euro/year.

USA is planning to develop until 2010 the technology to obtain pure hydrogen able to be used in fuel cell at a price of 1.2$/kg (producer price) and a commercial production of 75.000 kg/day. The objective is that the price of hydrogen becomes competitive comparing with that of the gasoline until 2105. Also there is a project named „Hydrogen Production from Biomass", with a budget of $1.2 mill, which includes the using of technologies relative to pyrolisis, gasifying and anaerobic digestion.

The EU programme „CHRISGAS", with a consortium of 22 partners, aims to develop a high production gasifying installation by using the existing installation in Värnamo, Sweden, that will produce clean gas, rich in hydrogen, gas that could be used as fuel for vehicles. This programme will have a budget of 9.5 mill Euro. In the project „EU CATE", there are two sites with small installations of bio-gas reforming (bio-gas obtained through fermentation): one in Stuttgart (financed by Mahler IGS) and one in Madrid (financed by CarboTech).

There are many researches regarding the use of biomass in obtaining syngas, both through direct and indirect heating of biomass as well as the methods of using the resulting fuel in various fields.

Usually, a modern gasifying installation is a complex installation. It can be divided in three main subsections:

a) Biomass store, crumbling to set dimension, preparing and drying.
b) Gasifying and gas cleaning (biomass supplier, gasifying reactor, combustion chamber of the resulting coal (char) and the

air preheating, primary cyclone, tar cracking reactor, the fast cooling gas device, final dust filtering device).

c) Energy section (gas turbine and generator, heat recover and steam generator, condenser, cooling tower, water supply).

This paper brings contributes to gasifying technology and the resulting gas cleaning (section b).

1.3. Objectives

The objective of the present research is to obtain a technology that can be applied to a cheap, compact and simple installation of small capacity (up to 1.000 kWh) that can convert the biomass in energy, using the gasifying technology that can directly transform, in given conditions, the energy of the biomass in clean syngas with high caloric power, that can be used in engines to cogeneration electric energy and heat.

The installation is meant to be used in rural areas or in industrial ones, directly in the area with raw material.

At the same time it represents the first step in developing a cheap technology of obtaining a very clean and hydrogen rich gas, to be used directly in supplying pollution-free fuel cell for vehicles.

2. MAIN TYPES OF MODERN TECHNOLOGIES USED IN GASIFYING

2.1. Direct heating

It is called like this because the fuel and the process resulted char burning and the biomass gasifying are taking place in the same reactor, the flow of burned gases being mixed with the syngas resulted from the biomass gasifying.

There are two direct heating technologies used presently:

- The direct heating in Bubbling Fluidized Bed (BFB)
- The direct heating in Circulating Fluidized Bed (CFB)

The direct heating technology in Fixed Bed did not developed because of the high volume of tar and/or char resulted.

The ones that went commercial were mainly those using Bubbling Fluidized Bed (BFB) technologies, both for high and low pressure. This was used in a large spectrum of working temperatures, pressure and raw materials. Excepting the case of using pure oxygen for the burning process, these technologies are producing low caloric power syngas because of the high nitrogen content (which is a neutral gas).

As an example, the research team from DTU (Technical University of Denmark) has made a number of different types of reactors used in gasifying that are in use. From those we present next the technology used in the two steps reactor VIKING (80 kW), first put in action in 2002.

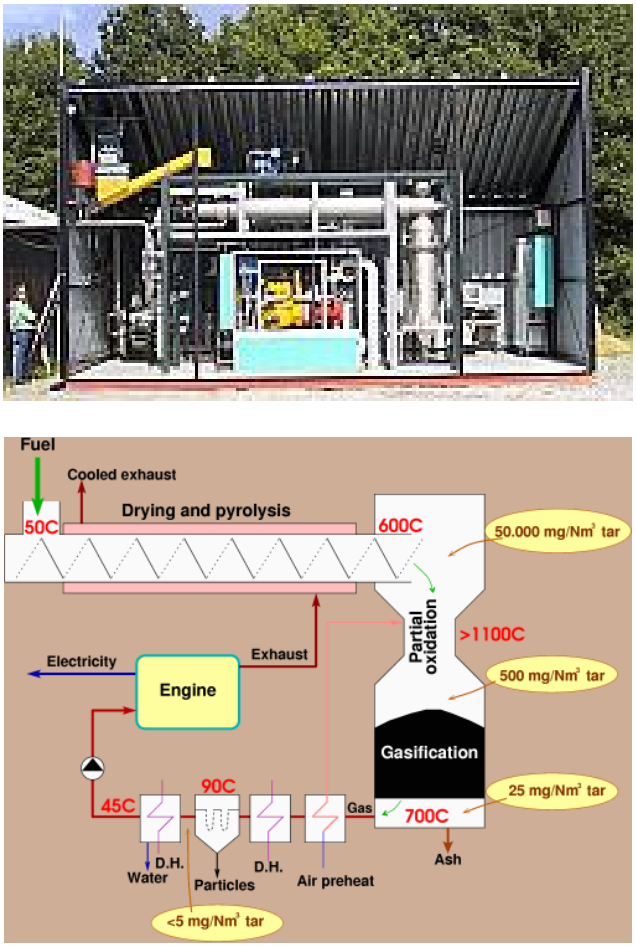


Figure 3. *VIKING installation*

2.2 Indirect heating

It is called like this because in this kind on installations the resulted exhaust gases from the fuel and char burning process are separated from the resulted syngas. The installations used up to now are doing so by using a burning room that is completely separated from the pyrolysis-gasifying reactor. An intermediary agent – sand, is used to transport thermal energy from burning room to reactor, and from the char resulted in reactor back to the burning room.

The indirect biomass heating technologies are still in their developing steps and are being intensively researched because of the high caloric power of the resulted syngas – which is mainly due to eliminations of nitrogen from syngas. Another plus is the fact that a low nitrogen presence means lower pollution and by burning the syngas is producing a lower quantity of pollutants (which is responsible for the effect of „smog"). The most well known solution is the one developed by the Battelle Columbus Laboratory (BCL). A scheme is presented next:

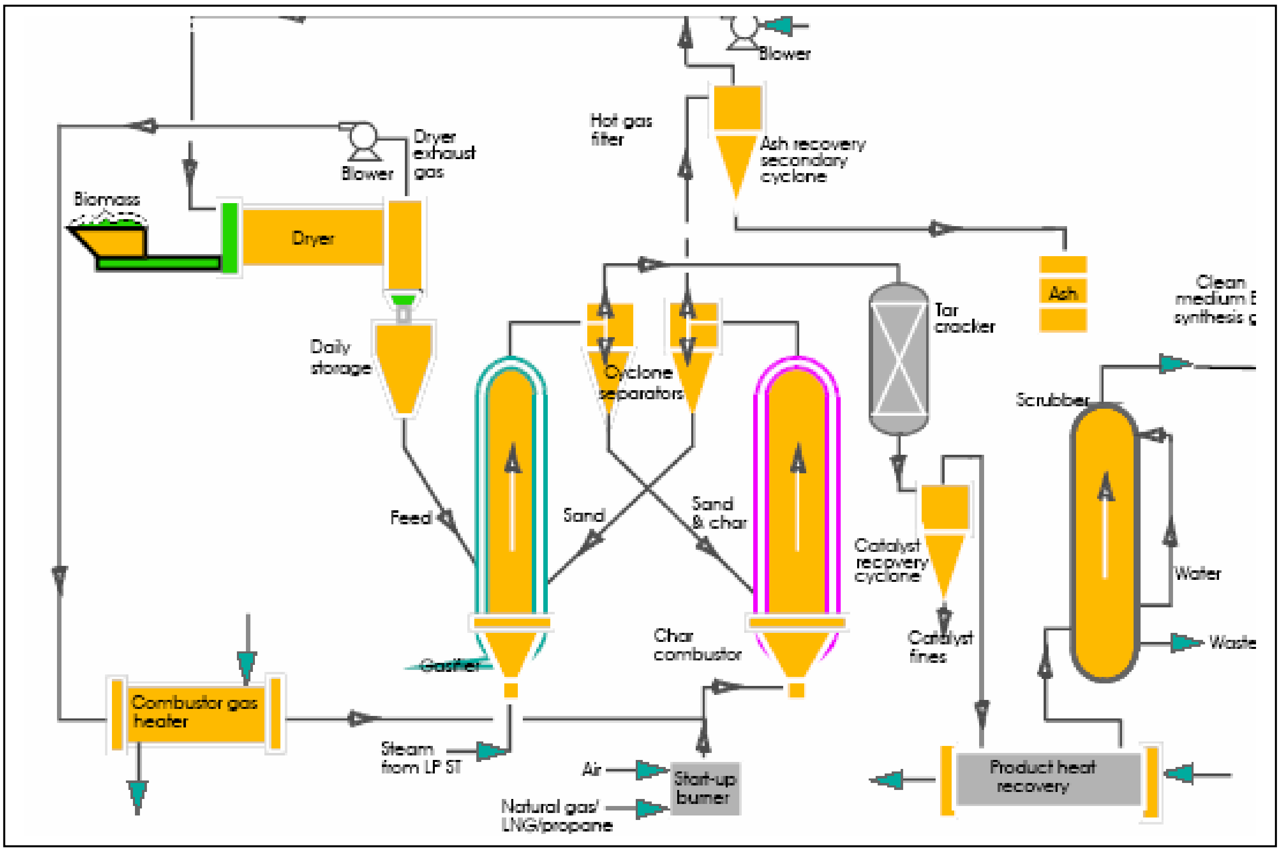


Figure 4. *The functioning diagram of BCL indirect heating installation*

3. TECHNOLOGY RESULTED FROM OWN RESEARCH

3.1. Working conditions imposed in drafting own technological model

It was previously shown the advantage of using the indirect heating method to obtain syngas as this method will produce a syngas with higher parameters – superior caloric power and lower NOx emission.

Practically, with the development of the new gasifying technologies the following specific parameters were obtained:

The using of two under pressure chambers, with integrated jet-pulse valves and two supersonic injectors that supplies in the biomass and assures the sand circulation. The working fluid used was compressed air (6 bar). Basically the aim is to save this gas by supplying the injectors with short but powerful pulses (adjustable period of time: 5 – 500 ms, with a break between jets of 5 – 500 s), which lead to an exiting air speed of approx. 400 m/s.

- The elimination of the biomass drying process and that of the steam generator by using the vapors resulted from the biomass own humidity in the reducing process and that of the air injected with the biomass.
- Developing a syngas with high caloric power by biomass gasifying using steam (resulted from the biomass own humidity) and a small controlled quantity of air, needed to inject the biomass. While the biomass is injected, the burner is turned off to avoid mixing the burned gases with the syngas.
- Upper cleaning of the syngas removing the materials particles and tar, in the sand layer, at 99.5% level and after that the syngas is filtered using a bag filter, with a filtering level of 99.9% thus making this fuel able to be used immediately after being bottled.
- Finally, a clean gas is obtained at a price competitive with classic fuel, that could be used directly in engines to co generate electrical and thermal energy.

Those conditions have guided the steps in designing this entire project. Also, in building the installations the subparts parameters have been increased to allow the possibility of setting those parameters over a large spectrum, thus easing the process of experimentation and installation optimization. At the same time, this will lead to upgrading the installation with minimum efforts.

3.2. The scheme of installation

The own technology used – Fig 5 – assures indirect heating through heating the exterior surface of a central pipe in which the biomass is injected along with the burned gases, produced by a burner and by burning coal (char) and tar – gasifying products. The biomass is injected in central pipe tangentially, pulsating, at high speed, and with small quantities of compressed air comparing with the theoretical air quantity needed to burn.

The reactor is integrating the fuel and char burning room as well as the vortex type device used for pyrolisis and gasifying, all placed in a circulatory sand layer. This is freely closing the lower part of the burning room and that of the pipe used to inject biomass. The closing layer is incandescent, being in direct contact with the hot gas while the burner is working. After the burner is turned off, in this sand layer the char is burning and the tar is cracked using the air used in the injecting of the biomass. The sand is slowly moving, with regulated breaks, controlled downwards evacuating the ash and evening the temperature in the layer.

The gasifying and gas cleaning installation scheme in section is presented in Fig 5:

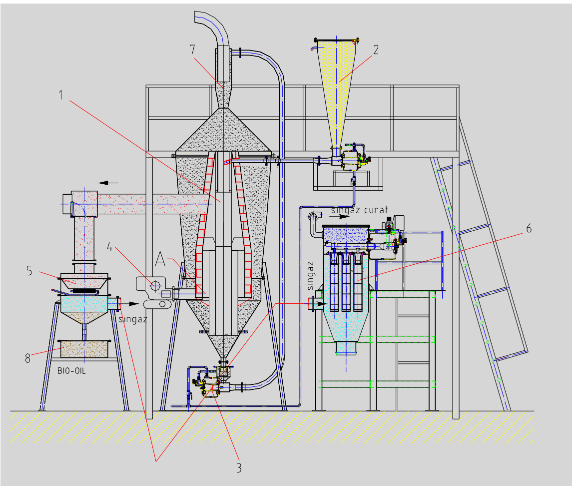


Figure 5. *Diagram of the gasifying technology 1-reactor; 2-jet-pulse biomass supplying device; 3- Jet-pulse device for sand transporting; 4-burner; 5-Codensator; 6-Bag filter; 7-Upper cyclone; 8-Bio-oil tank*

Figure 6. *The gasifying technology assembly*

Figure 7. *Jet-pulse supplying device*

Figure 8. *Jet-pulse device for sand transporting*

4. RESULTS

The tests and the already experiments results are being presented in the next few tables.

The following parameters have been obtained experimentally and through calculus.

	Parameter/Characteristics	Accomplished		Predicted in the project
1	Reactor type	Pulsating circulation of biomass and indirect heating		
2	Developing level	Pilot model		
3	Biomass type	**I.** Sawdust (beech, resin) density: 160 kg/m^3; humidity 30%	**II.** Sawdust (plates congestion), density: 280 kg/m^3; humidity: 25%	Biomass
4	Gasified biomass flow [kg/h]	20	180	20 – 50 kg/h
	Reaction conditions:			
	- pressure (bar)	atmospheric	atmospheric	atmospheric
	- temperature in reaction area (^0C)	200-over 800	200- over 800	200-800 (1000)
	- Reactants	Air/Vapor from biomass humidity	Air/Vapor from biomass humidity	Air or neutral gas/vapor
	- air, biomass ratio (kg/kg)	1,2 – 2,3	0,15-0,3	-
	- vaporus, biomass ratio (kg/kg)	0,2-0,3	0,2-0,3	-
5	**The composition and estimated properties of the produced syngas:**			
	- H2 %	7-9	13-16	20-25%
	- CO %	15-18	38-45	40-45%
	- CO2 %	12-14	10-15	13-14%
	- CH4%	6-9	5-8	16-23%
	- N2 %	40-45	14-18	-
	Others %	8-10	8-10	-
	Calorical power MJ/Nm^3	5-7	12-14	Over 10
	Ash, coal and tar cleaning	Sand layer and bag filter	Sand layer and bag filter	Sand layer and bag filter
	Final gas filtration percentage (%)	99,9	99,9	99,9

5. CONCLUSIONS

What brings new:

- The accomplishment of a new installation with pulsating circulation of biomass and indirect heating through biomass injection in the reactor cyclone at high speed, by powerful pressure pulses using a jet-pulse supplying installation.
- The sand circulation from it’s upper region to it’s lower one under the effect of gravitational force, and from the base of the reactor back to it’s
- upper part through powerful pressure pulses using a jet-pulse installation.
- The fast pyrolisis (under one second) of a important size of biomass and setting up the possibility of developing new bio-oil installations.

- The developing, in the same reactor, of a new indirect heating installation using a circulating sand layer that has the thermal agent, gas cleaning and ash exhaust role.

The project will be continued by making a demo model, which will be completed by adding a generator supplied with syngas resulted from the gasifying installation and also all the devices needed to monitor the gas parameters. Now we are looking for partners to participate with this project in one of the available programmes in 2007.

REFERENCES

[1] **A. van der Drift, R. van Ree, H. Boerrigter, K. Hemmes** "*Bio-syngas: key intermediate for large scale production of green fuels and chemicals*"Presented at "The 2nd World Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection" in Rome, Italy, 10-14 May 2004

[2] **Matti Nieminen** *„Fluidised Bed Gasification, Gas Cleaning, and Gas Utiliyation System"* May, 2004

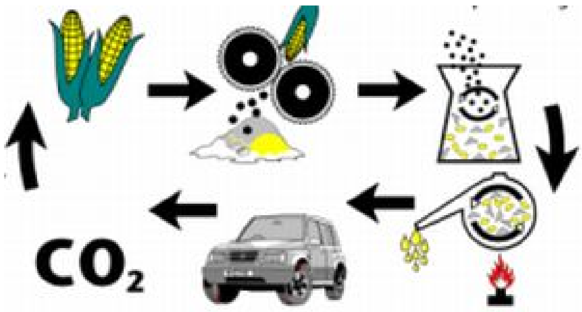
[3] **International Energy Agency** *„Hydrogen & Fuel Cells – Review of National R&D Programs"* OECD/IEA, 2004

[4] **Ulrik Henriksen, Jesper Ahrenfeldt, Torben Kvist Jensen, Benny Gøbel, Jens Dall Bentzen, Claus Hindsgaul, Lasse Holst Sørensen** *"The Design, Construction and Operation of a 75 kW Two-Stage Gasifier"* Biomass Gasification Group, Department of Mechanical Engineering, Technical University of Denmark; ECOS 2003,Copenhagen, Denmark Jun 30-July 2, 2003

[5] **Kevin R. Craig, Margaret K. Mann***; "Cost and Performance Analysis of Biomass-Based Integrated Gasification Combined-Cycle (BIGCC) Power Systems"* National Renewable Energy Laboratory 1617 Cole Boulevard Golden, Colorado 80401-3393; A national laboratory of the U.S. Department of Energy; 1996.

Quick Info

Tanks for Cars Functioning on Biofuel Have Been Created



They employ carbon briquettes.

Biofuel, obtained from agricultural waste, would be the best solution for the world fuel crisis, as it is extremely cheap, renewable and can cut off dependence on the oil-producing countries.

But there are still further technological steps that need to be taken in order to create cars functioning on biofuel.

Now, a team at the University of Missouri-Columbia (MU) and Midwest Research Institute (MRI) in Kansas City developed carbon briquettes with complex nanopores and channels that store natural gas at an unprecedented density of 180 times their own volume and at 13 % the pressure of conventional natural gas tanks.

This technology is a breakthrough in designing automobiles that run on methane (the main gas of biofuel), which is extremely abundant and much less contaminant than gasoline. The technology has checked on a pickup truck employed regularly by the Kansas City Office of Environmental Quality. These briquettes are the first ones to accomplish the 180 to 1 storage to volume target set by the U.S. Department of Energy in 2000. "We are very excited about this breakthrough because it may lead to a flat and compact tank that would fit under the floor of a passenger car, similar to current gasoline tanks," said principal project leader Peter Pfeifer of MU. "Such a technology would make natural gas a widely attractive alternative fuel for everyone."

Standard natural gas storage systems employ high-pressure natural gas compressed at 3600 pounds per square inch and huge tanks, as big as an entire car trunk.

The carbon briquettes can store methane at a high density under a pressure of only 500 pounds per square inch, encountered in natural gas pipelines' so the tank can be modeled into any desired shape, like slim, rectangular structures under the car.

The fractal pore spaces are extremely efficient at storing natural gas. "Our project is the first time a carbon storage material has been made from corncobs, an abundantly available waste product in the Midwest," said Pfeifer. "The carbon briquettes are made from the cobs that remain after the kernels have been harvested. The state of Missouri alone could supply the raw material for more than 10 million cars per year. It would be a unique opportunity to bring corn to the market for alternative fuels--corn kernels for ethanol production, and corncob for natural gas tanks."

The performances of the test pickup truck are monitored since October, from mileage data to the stability of the briquettes. The researchers are now trying to create a more efficient next generation of briquettes, cheaper and able to store more gas. It could even be a step forward to storing hydrogen.

(Information from http://news.softpedia.com/news)

Quick Info

The Best Source of Biofuel

... native vegetation!

Would you like to see out of view the horrific pollution triggered by accidents involving oil tanks or oil rigs? Well, the best solution is the biofuel, obtained from biomass.

A team from the University of Minnesota has found that the best biomass source to produce biofuel is the mixture of native prairie perennial grasses and other flowering plants. This biomass would produce per acre more biofuel than corn grain ethanol or soybean biodiesel and is far more environment-friendly.

"Biofuels made from high-diversity mixtures of prairie plants can reduce global warming by removing carbon dioxide from the atmosphere. Even when grown on infertile soils, they can provide a substantial portion of global energy needs, and leave fertile land for food production," said David Tilman, an ecologist at UM.

The is study based on 10 years of research at Minnesota's Cedar Creek Natural History Area, one of 26 NSF long-term ecological research (LTER) sites. 10 years of research revealed that degraded agricultural land planted with diverse mixtures of prairie plants produces 238 % more biofuel on average than the same land planted with various single prairie plant species, including switchgrass. "This study highlights very clearly the additional benefits of taking a less-intensive management approach and maintaining higher biodiversity in the process," said Henry Gholz, lead researcher. "It establishes a new baseline for evaluating the use of land for biofuel production".

Biofuel made from this prairie biomass yielded 51 % more energy per acre than ethanol from corn grown on fertilized land. Prairie plants require little costs to grow and all parts of the plant above ground are usable. Fuels made from prairie plants biomass are "carbon negative": producing and using them actually reduces the amount of carbon dioxide, the main greenhouse gas, in the atmosphere.

Prairie plants deposit more carbon in their subterranean organs and soil than in their aerial parts converted into biofuels. Prairie vegetation stores on long term 1.2 to 1.8 tons of carbon dioxide per acre per year, during about 100 years. In contrast, corn ethanol and soybean biodiesel are "carbon positive": they add carbon dioxide to the atmosphere, although less than fossil fuels.

Switchgrass was one of the 16 species in the study. "Switchgrass is very productive when it's grown like corn in fertile soil with lots of fertilizer, pesticide and energy inputs, but this approach doesn't yield as much energy gain as mixed species in poor soil nor does it have the same environmental benefits," said Jason Hill, also of the University of Minnesota.

At present, all biofuels - including nonfood energy crops such as switchgrass, elephant grass, hybrid poplar and hybrid willow - are produced as monocultures grown primarily in fertile soils.

Growing mixed prairie grasses on degraded land could produce a stable bioenergy production that could replace 13 % of global petroleum consumption and 19 % of global electricity consumption, not to mention environmental benefits, like renewed soil fertility, cleaner ground and surface waters, preservation of wildlife habitats, and ecotourism.

(Information from http://news.softpedia.com/news)

TEHNOLOGII "CURATE" PRIVIND GESTIONAREA ŞI MANAGEMENTUL DEŞEURILOR CELULOZICE, ÎN PERSPECTIVA STRATEGIEI DEZVOLTĂRII DURABILE, ÎN CONFORMITATE CU PREVEDERILE ŞI DIRECTIVELE UNIUNII EUROPENE

Topologeanu Marian, Grigore Octavian, Barbu Valentin, Mihăescu Leonard, Manolescu Mircea, Stănescu Titu,
*S.C. ICTCM-SA Bucureşti, mtopologeanu@ictcm.ro, mihaescu@ictcm.ro

REZUMAT
*Reducerea impactului negativ generat de activitatea economică asupra mediului prin implementarea de tehnologii noi "curate" de gestionarea şi managementul deşeurilor reprezintă una din condiţiile impuse privind alinierea ţării noastre la cerinţele ecologice faţă de standardele de mediu ale UE, precum şi de îndeplinire a angajamentelor asumate de România în procesul de negociere a Capitolului 22 al acquis-ului comunitar, care reclamă eliminarea totală a deşeurilor. În SC ICTCM SA au fost realizate echipamente pentru recuperarea-refolosirea-reutilizarea (**RRR**) următoarelor categorii de deşeuri: deşeurile lemnoase: coji, crengi, aşchii, rumeguş şi talaş, deşeuri de hârtie şi cartoane.*

ABSTRACT
Implementation of new "clean technologies" by waste management gives a reduction of negative impact of the economical activity over environment.
These are imposed conditions concerning the alignment of Romania to the ecologic requirements toward EU environmental standards. It is also a necessity the accomplishment of Romanian assumed engagements in the bargaining process of Chapter 22 from Community Acquis, which impose total removal advertisement of wastes.
In ICTCM there were accomplised equipments for recovery – reusing – revaluation (RRR) of different wastes categories: wood wastes: husks, branches, wood chips, sawdust, wood shavings, pasteboards and paper wastes.

CUVINTE CHEIE: tehnologii curate, gestionarea şi managementul deşeurilor, deşeuri lemnoase, deşeuri de hârtie şi cartoane

KEYWORDS: clean technologies, waste management, wood wastes, pasteboards and paper wastes

1.CONCEPTUL DE DEZVOLTARE DURABILĂ

Dezvoltarea durabilă este o strategie prin care comunităţile caută noi căi de dezvoltare economică, aducătoare de beneficii în contul calităţii vietii, beneficiind de asemenea, de mediul înconjurător local.

Dezvoltarea durabilă oferă un cadru prin care comunităţile pot folosi în mod eficient resursele, crea infrastructuri eficiente, proteja şi îmbunătăţi calitatea vieţii, crea noi activităţi comerciale prin care să se consolideze economia. Este din ce în ce mai evident faptul că fluxurile tradiţionale de consum şi producţie, de afaceri şi induslriale nu *sunt* durabile.

Această abordare a dus la succese limitate în ultimii 15 ani, dar atât timp cât dezvoltarea economică continuă şi creşte în intensitate, apar probleme tot mai complexe.

Dezvoltarea durabilã include protecţia mediului, iar protecţia mediului condiţionează dezvoltarea.

Guvernul României, în cadrul **strategiei** sale conţinute în "**Capitolul 18 - Politica privind protecţia mediului înconjurător",** promovează conceptul impactului şi degradării mediului, de creşterea economică de cuplare, prin promovarea eco-eficienţei şi prin interpretarea standardelor ridicate de protecţia mediului ca o provocare spre inovaţie, crearea de noi pieţe şi oportunităţi de afaceri.

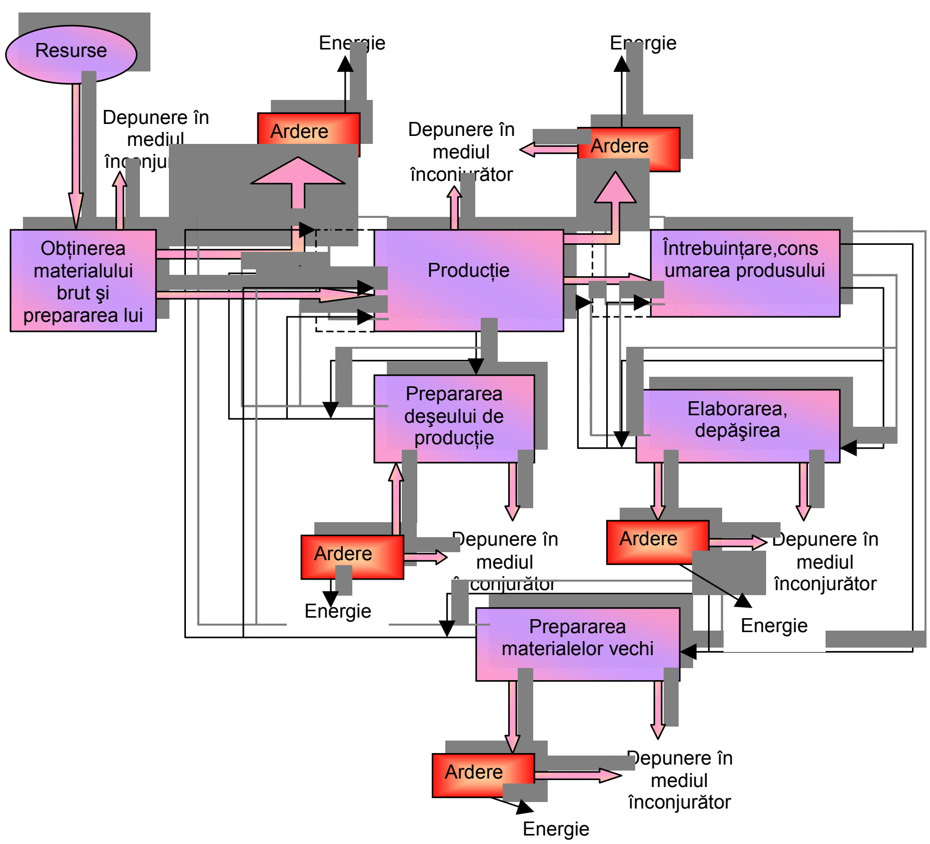
După cum se ştie România a finalizat, la Bruxelles, negocierile la cea de-a doua parte a capitolului 22, "Mediu", şi a închis provizoriu acest capitol, deschis la 21 martie 2002. S-au obţinut, în total, 11 perioade de tranziţie între 1 şi 12 ani pentru domeniile: calitatea apei, **managementul deşeurilor**, controlul poluării industriale.

În **România**, politica şi strategia recuperării şi reciclării deşeurilor de tip celulozic se realizează prin **CNRM – Comisia Naţională pentru Recuperarea Materialelor în cadrul Ministerului Economiei şi Comerţului.**

Direcţia principală de acţiune în acest sens **Recuperarea – Refolsirea - Reutilizarea (conceptul RRR)** oferă o modalitate de management a deşeurilor solide, reducând poluarea, conservând energia, creând locuri de muncă şi dezvoltând industria IMM la un grad mai competitiv. Când se iau în considerare toţi aceşti factori, devin evidente avantajele **RRR** şi anume:

- **RRR elimină poluarea şi conservă resursele naturale**;
- **RRR conservă energia**;
- **RRR elimină costurile depozitării reziduurilor sau a incinerării lor**;
- **Programele de RRR proiectate adecvat şi implementate complet pot fi deplin competitive cu depozitarea sau incinerarea reziduurilor**;
- **RRR crează noi locuri de muncă şi creşte competitivitatea industriei manufacturiere.**

În figura de mai jos se prezintă posibilităţile de RRR existente. Se remarcă modul în care se insistă pentru obţinerea numai de energie, prin arderea deşeurilor, dar este inclusă şi posibilitatea obţinerii de produse reciclate. Este după opinia elaboratorilor acestei propuneri un mod corect de abordare, iar în spiritul tendinţelor mondiale, un mod modern de abordare.



2. FONDUL FORESTIER ŞI DEŞEURILE

România dispune de o suprafaţă de păduri de aproximativ 6.300 mii ha, reprezentând 27% din suprafaţa totală a ţării . Fondul forestier al României reprezintă 0,30 ha/locuitor.Tăierea pădurii la nivelul anului 2000 a fost de 14,3 mil. m^3.

În ceea ce priveşte repartizarea sa, fondul forestier se caracterizează printr-o mare neuniformitate. Majoritatea pădurilor (61%) sunt situate în regiunea de munte, la peste 700 m altitudine, 29% sunt situate în regiunea de dealuri şi numai 10% din păduri sunt situate în regiunea de câmpie, la o altitudine sub 150 m. Referitor la structura pădurilor ce alcătuiesc fondul forestier se constată că, fagul are cea mai mare răspândire (32%), răşinoasele reprezintă 28%, stejarul reprezintă 19,5%, iar alte diverse specii tari şi moi deţin 20,5% din suprafaţa fondului forestier.

Strategia gestionării deşeurilor din lemn pe termen mediu şi lung are la bază Directiva cadru europeană 75/442/EEC privind deşeurile şi a fost preluată în legislaţia română prin OUG nr.78/2000 privind regimul deşeurilor, respectiv Legea nr.426/2001.

Gestionarea deşeurilor reciclabile, provenite din industria lemnului în România, este reglementată prin OUG nr.16/2001 , respectiv Legea 618/2001.

Deşeurile rezultate în procesul de industrializare a lemnului pe baza secvenţelor tehnologice care le generează sunt urmatoarele :

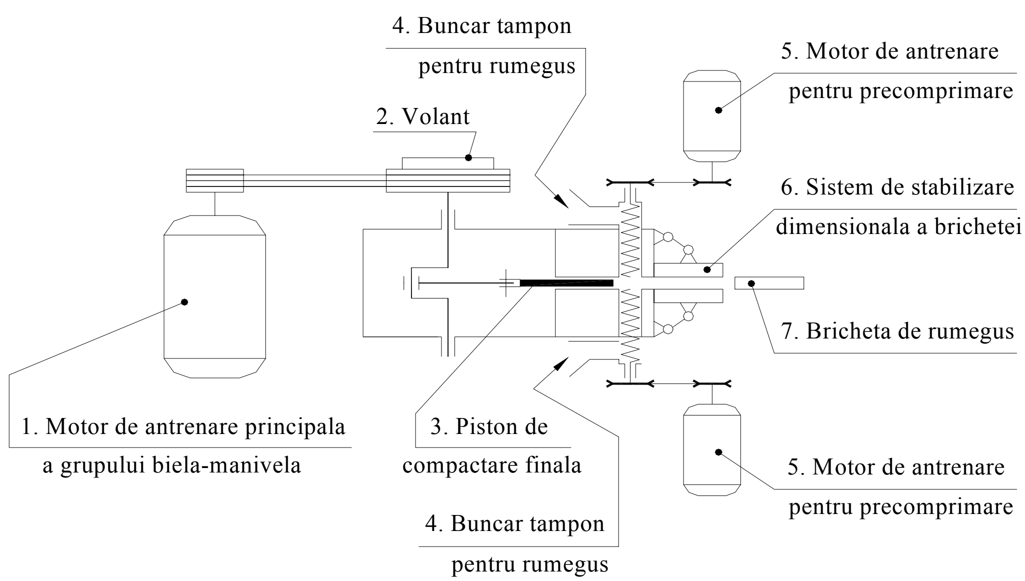
- recoltarea lemnului din pădure prin tăierea acesteia
- (rumeguş, aşchii, crengi, cioate);
- prelucrarea primară a lemnului (rumeguş, talaj, rămăşiţe din lemn masiv, coji, aşchii);
- prelucrarea superioară a lemnului (resturi de furnire, rumeguş, talaj, pulbere de lemn, rămăşiţe din lemn masiv, etc.);
- finisarea produselor din lemn (conservanţi pentru lemn, reziduuri de substanţe refolosibile ca solvenţi, cleiuri, răşini, adezivi, praful reţinut de sacii filtrelor de aer, etc.).

În privinţa producţiei de hârtie şi cartoane, în România se produceau în anul 1980 cca.831.000 t, în anul 1989 se produceau 667.000 t , iar la nivelul anului 2003 producţia a scăzut la cca.350.000 t. Consumul unitar de hârtie–cartoane era în anul 1989 de 18,1 kg/locuitor, iar în anul 2003 a scăzut la cca. 15 kg/locuitor. Cantitatea de hârtie - cartoane recuperată în anul 1989 a fost de 193.000 t, iar în anul 2003 a fost de cca. 100.000 t.

Reglementările cuprinse în legislaţia UE privind ecologia mediului referitoare la valorificarea aproape integrală a deşeurilor de hârtie-cartoane impune în al doilea rând nişte prelucrări a acestor deşeuri în vederea unei valorificări eficiente şi anume:

❑ sortarea pe clasele standardizate şi anume:

I- Hârtii şi cartoane de culoare albă netipărite şi nescrise;
II- Hârtii şi cartoane de culoare albă tipărite sau scrise (ziare, reviste, carăţi, broşuri, caiete etc);
III- Confecţii scoase din uz şi resturi tehnologice din carton ondulat;
IV- Saci, pungi uzate, resturi de hârtie de ambalaj, hârtii rezistente;
V- Hârtii şi cartoane colorate, coperţi colorate, hârtii şi cartoane tehnice uzate, mucava etc.;
VI- Tuburi şi bobine de hârtii-cartoane;
VII- ambalaje (saci, pungi, cutii) din industria lacurilor, pigmenţilor , negru de fum.



Sistem de compactare a rumeguşului în concepţie proprie

- balotarea pentru manipulări, depozitare şi transport eficiente, care presupune presarea acestora cu reducerea volumului de 5-20 ori urmată de legarea balotului .
- mărunţirea deşeurilor se poate face prin :
  - fâşiere (benzi de hârtie de10-15 mm lăţime şi 200 – 300 mm lungime) şi
  - tocare (bucăţi de hârtie de 15 –20 mm lăţime şi 30-50 mm lungime) .

Operaţia de mărunţire este necesară pentru a se realiza balotarea la presiuni relativ mici 1,75–2,3 bar (ceea ce conduce la realizarea camerei de presiune din tablă relativ subţire de max. 4 mm grosime).

În gestionarea deşeurilor se are în vedere utilizarea proceselor şi a metodelor care nu pun în pericol sănătatea populaţiei şi a mediului înconjurător iar, autorităţile competente autorizeaza şi controleaza activităţile de valorificare şi eliminare a deşeurilor, urmând ca acestea:

- să nu prezinte riscuri pentru populaţie, apă, aer, sol, faună sau vegetaţie;
- să nu producă poluare fonică sau miros neplăcut;
- să nu afecteze peisajele sau zonele protejate.

3. REALIZĂRI ALE ICTCM S.A . ÎN DOMENIU

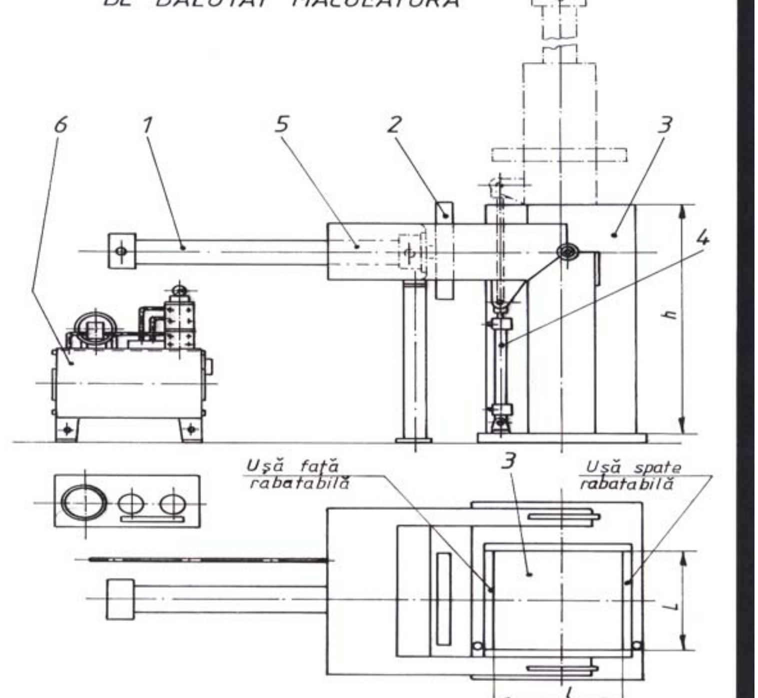
- Din realizările ICTCM în domeniu se remarcă:
  1. T*ehnologia şi echipamentele de realizare a materialelor combustibile ecologice din deşeuri lemnoase.*

În cadrul ICTCM SA a fost realizat un *echipament performant de uscare şi compactare a deşeurilor lemnoase, ce va asigura o plajă largă de utilizări şi pentru alte categorii.*

Acest utilaj are următoarele caracteristici:

- Capacitate de uscare si compactare: 200…400 kg / oră;
- Tip uscator : termic, electric şi/sau cu microunde;
- Domeniu de temperatură uscator : 100…250 ^{0}C;
- Gradul de umiditate maxim după uscare : 16-20 %;
- Dimensiunile brichetelor compactate : Φ 60 ;
- Depozitare în saci sau pungi de plastic în scopul evitării contactului cu apa;
- Posibilitatea utilizării produselor în orice tip de sobă.

Fig. 1– SCHEMA DE PRINCIPIU A PRESEI DE BALOTAT MACULATURĂ



LEGENDĂ:

1 – Cilindru principal presare ;
2 – Platou presare ;
3 – Cameră de presare ;(V=L ×l×h – volumul camerei de presare) ;
4 – Cilindri basculare cadru susţinere cilindru principal de presare ;
5 – Cadru susţinere cilindru principal de presare ;
6 – Staţie hidraulică.

2. *Tehnologia şi echipament de balotat maculatura (deşeuri de hârtie-cartoane) de capacitate medie,* cu următoarele avantaje:
- cheltuielile sunt numai pentru asigurarea serviciilor de balotare;
- se obţin prin balotare un produs (balot) care nu va fi poluat cu diverşi contaminanţi pe timpul depozitării şi transportului;
- aplicarea standardelor de calitate şi de mediu la nivel european;
- reciclarea materialelor ;
- eliminarea rapidă a deşeurilor din spaţiile de depozitare;
- evitarea tăierii excesive a fondului forestier ;
- utilizarea eficientă a deşeurilor de hârtie-cartoane la depozitare, transport şi la alimentarea staţiilor de preparare a pastei de hârtie prin:
- reducerea spaţiului de depozitare de 5 - 20 ori, funcţie de natura deşeurilor;
- reducerea numărului mijloacelor de transport de 5 - 20 ori pentru a transporta aceeaşi cantitate de maculatură;
- îmbunătăţirea coeficientului de umplere a camerei de lucru a staţiilor de preparare a pastei de hârtie.

În figura de mai jos este prezentată o schiţă a echipamentului de balotat maculatura, noutate pe plan naţional, realizat în cadrul ICTCM SA.

Fazele tehnologice ale ciclului de lucru sunt:
Faza 1: - alimentarea echipamentului cu deşeuri;
Faza 2: - bascularea cilindrului principal în poziţie verticală;
Faza 3: - presare şi formare balot;
Faza 4: - deschiderea uşilor;
Faza 5: - legare balot;
Faza 6: - retragerea platoului de presare;
Faza 7: -descărcarea echipamentului (eliberarea balotului);
Faza 8: - închiderea şi zăvorârea uşilor;
Faza 9:- bascularea cilindrului principal în poziţie orizontală.

4. CONCLUZII

Realizările ICTCM SA vin în întâmpinarea preocupărilor cheie la nivel european, de găsire a soluţiilor pentru utilizarea de materiale reciclate obţinute din deşeuri lemnoase, de hârtie-cartoane Preocuparea actuală a institutului este de a dezvolta aceasta temă în cadrul ariei tematice promovate prin cel de-al 7-lea Program CDI- Cadru al Uniunii Europene (PC7) pe perioada 2007-2013, pe domeniul mediului şi al schimbărilor climatice.

BIBLIOGRAFIE

1. **Zapciu, M., Tonoiu, S.,** *Model matematic pentru determinarea deplasărilor subansamblurilor maşinilor-unelte în stadiul de proiectare*, A IX-a Conferinţă de maşini-unelte (cu participare internaţională), T.C.M.M., Nr. 8, pag. 206-211 , 1994, Bucureşti.
2. **Tonoiu, S., Gheorghe, M**., *Consideraţii privind determinarea rigidităţii statice a sistemelor tehnologice de prelucrare*, A X-a Conferinţă de maşini-unelte (cu participare internaţională), T.C.M.M., Nr. 22, pag. 425-432, 1996, Bucureşti.
3. **Gheorghe, M., Tonoiu, S.,** *Fundamentals on loadings, deformations, rigidity and compliance of technological systems*, International Conference on Advanced in Materials and Processing Technologies, pag. 1662-1665, vol. II, July 2003, Dublin, Ireland.
4. **Popescu, I., Dumitraş, C., Savu, T., Dumitrescu, A., Purcărea, M., Tonoiu, S.**, *Tehnologia prelucrării pieselor din materiale clasice şi compozite*, vol. I, vol. II, Ed. Matrix, Bucureşti, 2000.
5. **Neagu, C., Tonoiu, S., Purcărea, M., Iliescu, M.** *Tehnologia Fabricării Produselor*, Vol. II, Ed. MATRIX., Buc., 2002.
6. **Andrei, N., Catană, C., Tonoiu, S., Manolache, D., Drăgulănescu, E.** *Tehnologii şi echipamente de montaj*, Referate de laborator, Lit. U.P.Buc., 1998.
7. **Tonoiu, S., Ghiculescu, D., Manolache, D.**, *Tehnologia fabricării maşinilor-unelte şi tehnologii şi sisteme flexibile de fabricare* (TFMU, TSFF), Îndrumar de laborator, UPBuc-TCMprint, 2003.
8. **Gheorghiţă, C., Armăşoiu, G., Drăghici C., Tonoiu, S**., *Tehnologia fabricării produselor şi tehnologia fabricării roboţilor industriali* (TFP, TFRI) Îndrumar de laborator, UPBuc-TCMprint, 2003.

Quick Info

Cars Running on Electricity from Atmospheric Hydrogen

Bacteria powered biofuel cell.

Hydrogen Car

Researchers at the Oxford University have developed a pioneering "biofuel cell" that produces electricity from ordinary air spiced with small amounts of hydrogen and offers significant potential as an inexpensive and renewable alternative to the costly platinum-based fuel cells that have dominated discussion about the "hydrogen economy" of the future.

Hydrogen fuel-cell technology sounds almost too good to be true. You combine cheap and plentiful hydrogen and oxygen gas, the fuel cell generates electricity and the by-product is simply water. But it's a little more involved.

The key is a proton exchange membrane, or PEM, containing platinum. The platinum acts as a catalyst that separates electrons from the hydrogen gas atoms. The free electrons are gathered as current and the positively charged hydrogen ions pass through the membrane where they readily combine with oxygen atoms to form water. But if the hydrogen gas contains impurities, such as water vapor or carbon monoxide, it can damage the fuel cell's separation membrane, dropping efficiency or stopping the process altogether.

Another disadvantage is the fact that as a precious metal, platinum is in short supply, raising questions about the sustainability of platinum-based fuel cell technology. Platinum is more costly than gold, with recent prices topping $1,000 per ounce

Pure hydrogen is also hard to come by, so the team built the biofuel cell with hydrogenases — enzymes from naturally occurring bacteria that use or oxidize hydrogen in their metabolism.

The cell consists of two electrodes coated with the enzymes placed inside a container of ordinary air with 3 percent added hydrogen and uses enzymes from Ralstonia metallidurans (R. metallidurans), an ancient bacterium believed to have been one of the first forms of life on Earth. It evolved 2.5 billion years ago, when there was no oxygen in Earth's atmosphere, and survived by metabolizing hydrogen.

Fraser Armstrong, Ph.D. at the Oxford University, pointed out that naturally occurring hydrogenase enzymes can be produced at lower cost, with carbon-monoxide poisoning not being a problem. Since the hydrogenases are chemically selective and tolerant, they work in mixtures of hydrogen and oxygen, avoiding the need for expensive fuel-separation membranes required in other types of fuel cells.

Hydrogenases also work at about the same rate as platinum-based catalysts, but in the current version of the cell the only disadvantage is the fact that the enzyme is not attached tightly to the electrode and the cell runs for only about two days.

Now, the researchers are investigating the use of enzymes from other organisms for more practical results that could be implemented in future car manufacturing processes.

How Does The World's Biggest Truck Work?

Do you want to move your house?

The title of "The biggest truck in the world" belongs to the new T 282 B, and it's made by Liebherr, a well-known name in the mining industry. This baby can carry about 360 tonnes (400 tons) at 64 km/h, costs US$3 million, and it's used in the places where size matters, in fact, it's the most important thing, mines and quarries around the world.

It debuted to more than 400,000 attendees at the Bauma 2004 construction and mining equipment exhibit in Munich, Germany, and made its United States debut in Las Vegas at the MINExpo Show.

The truck can move enormous amounts of material under the most arduous conditions and have highly trained operators to do the driving.

How big is this truck, exactly ?

Well, empty it weighs in at 224 tons (203 tonnes), it's 24 foot 3 inches (7.4 metres) tall over the canopy, 47 feet 6 inches (14.5 metres) long with a wheelbase of 21 foot 6 inches (6.6 metres). And it can carry loads of 400 tons (365 tonnes). So that's an overall weight when loaded of 624 tons (568 tonnes). Actually, it doesn't resemble much the 18-wheelers you can normally see on highways.

It's quite different from what you might expect. For a start there isn't one huge engine powering the wheels, as you would get in a regular truck. Instead, a 3650-horsepower (2723-kilowatt) diesel engine generates power for two electric motors in the rear axles. So it's more like a huge electric railroad locomotive than a conventional truck. Older giant trucks used a DC electrical drive system but this one uses AC, which is more efficient.

The cost?

In the US, $3 million. In the over-300-ton range there are probably 50 to 75 trucks sold each year worldwide. These big trucks end up used in coal mines in Wyoming and Australia, copper mines in Chile, in iron extraction in South Africa and in gold mines in Nevada.

To drive this monster it's like driving a house. In fact, it's not hard to drive, it's basically like driving an automatic shift car, once you get used to the height.

You probably wouldn't believe it, but the biggest truck had the biggest technological problem to overcome: how do you stop it?

The truck has been fitted with an electric retarding, that can generate up to 6000 horsepower of retarding effort using the electric motors. And that's a primary speed control going down hill. In an emergency, there is a brake, similar to what you have on your car, only bigger. And you can overheat them and destroy them in a hurry.

Unfortunately, it can't be used around town, or to go to school or work, not only because the pavement could not support its weight – it would probably sink in it – but because you would run out of juice after crossing, in a straight line, your neighborhood.

(Information from http://news.softpedia.com/news)

AN ADVANCED MATERIAL MODEL IN THE SIMULATION OF A HYDROFORMING PROCESS

D. Banabic[1], D.S. Comsa[1] , M. Topologeanu[2]
[1] Research Centre in Sheet Metal Forming, Technical University of Cluj-Napoca, Romania
[2] ICTCM – Mechanical Engineering and Research Institute Bucharest

ABSTRACT
The paper presents the use of a new yield criterion for the mechanical modelling and numerical simulation of the hydroforming processes. The new criterion is derived from the one proposed by Barlat and Lian in 1989. In order to obtain a better representation of the plastic behaviour of the orthotropic sheet metals, two additional parameters have been included in the expression of the equivalent stress. An augmented lagrangean finite element model of the hydroforming processes has been developed and implemented into an original computer programme. The results of the numerical simulations have been compared with data published in the literature.

KEYWORDS: Forming, Sheet metal, Anisotropy

1. INTRODUCTION

The mechanics of the sheet metal forming processes is greatly influenced by the plastic anisotropy of the workpiece.

The quantitative description of the anisotropy imposes the modification of the classical von Mises yield criterion. Hill proposed in 1948 [1] a simple anisotropic yield criterion in the form of a quadratic function.

Later on, several scientists have developed more and more sophisticated yield functions for anisotropic materials. Hill himself improved his criterion in 1979 and 1993 [2, 3]. Hosford [4] initiated another interesting research direction by introducing an isotropic yield function based on polycristal calculations.

This criterion has been extended to anisotropic materials [5]. During the last two decades, a lot of yield functions have been proposed in order to improve the fitting with experimental data.

One may notice the contributions due to Barlat and Lian [6], Barlat et. Al. [7, 8] as well as Karafillis and Boyce [9]. A synthesis of these yield criteria is presented in [10].

As concerns the experimental investigations related to the identification of anisotropic yield criteria, the various approaches proposed in the literature are based on biaxial tensile tests or combinations of compression tests through the sheet thickness and tensile tests in different directions relatively to the rolling one [11].

2. DESCRIPTION OF THE NEW YIELD CRITERION

2.1. Equation of the yield surface

A yield surface is described by an implicit equation having the form

$$\Phi(\overline{\sigma}, Y) := \overline{\sigma} - Y = 0 \qquad (1)$$

where $\overline{\sigma}$ is the equivalent stress and Y is the uniaxial yield stress. The new yield criterion uses the following expression of the equivalent stress:

$$\overline{\sigma} = \left[a\left(b\Gamma + c\Psi\right)^{2k} + a\left(b\Gamma - c\Psi\right)^{2k} + \left(1-a\right)\left(2c\Psi\right)^{2k} \right]^{\frac{1}{2k}} \qquad (2)$$

where a, b, c and k are material parameters, while Γ and Ψ are functions of the second and third invariants of a fictitious stress tensor **s'** which will be described below.

The above expression is derived from the one proposed by Barlat and Lian for orthotropic sheet metals under plane-stress conditions [6].

Two additional parameters, namely b and c, have been introduced in order to allow a better representation of the plastic behaviour of the sheet metal. The convexity of the yield surface described by Eqns (1) and (2) is ensured if 0 ≤ a ≤ 0 and k is a strictly positive integer number.

As we have already mentioned, Γ and Ψ are functions of the second and third invariants of a fictitious stress tensor $\hat{\mathbf{s}}'$. This tensor is related to the actual stress tensor $\hat{\boldsymbol{\sigma}}$ by the Karafillis-Boyce linear transformation [9]. For orthotropic sheet metals, this transformation may be written as follows:

$$\begin{aligned}
&\hat{s}'_{11} = d\hat{\sigma}_{11} + e\hat{\sigma}_{22},\ \hat{s}'_{22} = e\hat{\sigma}_{11} + f\hat{\sigma}_{22},\\
&\hat{s}'_{33} = -(d+e)\hat{\sigma}_{11} - (e+f)\hat{\sigma}_{22},\\
&\hat{s}'_{12} = g\hat{\sigma}_{12},\ \hat{s}'_{21} = g\hat{\sigma}_{21},\\
&\hat{s}'_{23} = \hat{s}'_{32} \equiv 0,\ \hat{s}'_{31} = \hat{s}'_{13} \equiv 0
\end{aligned} \tag{3}$$

where d, e, f and g are also material parameters.

The components of the stress tensors in Eqns (3) are expressed in the system of plastic orthotropy axes (1 is the rolling direction - RD, 2 is the transverse direction - TD, while 3 is the normal direction - ND). One may prove that the quantities

$$I'_2 = \hat{s}'_{\gamma\gamma},\ I'_3 = \det \hat{s}'_{\alpha\beta} \tag{4}$$

are not affected by the rotations that leave unchanged the ND axis (here and in the subsequent equations, the Greek indices take only the values 1 and 2). Thus, I_2' and I_3' can be used to define Γ and Ψ. We have adopted the following expressions for them:

$$\Gamma = I'_2,\ \Psi = \left[\left(\frac{I'_2}{2}\right)^2 - I'_3\right]^{\frac{1}{2}} \tag{5}$$

By using Eqns (3)-(5), we can get Γ and Ψ as explicit dependencies of the actual stress components:

$$\begin{aligned}
&\Gamma = M\hat{\sigma}_{11} + P\hat{\sigma}_{22},\\
&\Psi = \left[(P\hat{\sigma}_{11} + Q\hat{\sigma}_{22})^2 + R\hat{\sigma}_{12}\hat{\sigma}_{21}\right]
\end{aligned} \tag{6}$$

where

$$\begin{aligned}
&M = d+e,\ N = e+f,\\
&P = \frac{d-e}{2},\ Q = \frac{e-f}{2},\ R = g^2
\end{aligned}$$

(7)

The above equations show that the shape of the yield surface is defined by the material parameters a, b, c, d, e, f, g and k. From these parameters, k has a different status.

More precisely, its value is set in accordance with the crystallographic structure of the material [4]: k=3 for BCC alloys, and k=4 for FCC alloys. The other parameters are established using an identification procedure that ensures the best approximation of the plastic behaviour of the actual sheet metal [12].

2.1.1. Associated flow rule

The flow rule associated to the yield surface described in §2.1 is

$$\dot{\hat{\varepsilon}}^{p}_{\alpha\beta} = \dot{\bar{\varepsilon}}^{p} \frac{\partial \Phi}{\partial \hat{\sigma}_{\alpha\beta}} \tag{8}$$

where $\dot{\hat{\varepsilon}}^{p}_{\alpha\beta}$ are in-plane components of the plastic strain rate tensor, and $\dot{\bar{\varepsilon}}^{p}$ is the equivalent plastic strain rate. This latter magnitude is obtained by equating the plastic power developed by the stress tensor and the plastic power associated to the equivalent stress:

$$\bar{\sigma}\dot{\bar{\varepsilon}}^{p} = \hat{\sigma}_{\alpha\beta}\dot{\hat{\varepsilon}}^{p}_{\alpha\beta} \tag{9}$$

The out of plane components of the plastic strain-rate tensor are restricted by the plane-stress condition and the isochoric character of the plastic deformation:

$$\begin{aligned}
&\dot{\hat{\varepsilon}}^{p}_{23} = \dot{\hat{\varepsilon}}^{p}_{32} \equiv 0,\ \dot{\hat{\varepsilon}}^{p}_{31} = \dot{\hat{\varepsilon}}^{p}_{13} \equiv 0,\\
&\dot{\hat{\varepsilon}}^{p}_{33} = -\left(\dot{\hat{\varepsilon}}^{p}_{11} + \dot{\hat{\varepsilon}}^{p}_{22}\right)
\end{aligned} \tag{10}$$

2.1.2. Strain-hardening rule

The sheet metal is assumed to undergo a purely isotropic strain-hardening described by a Swift law:

$$Y\left(\bar{\varepsilon}^{p}\right) = K\left(\bar{\varepsilon}_0 + \bar{\varepsilon}^{p}\right)^n \tag{11}$$

where K, $\bar{\varepsilon}_0$ and n are material parameters, while

$$\bar{\varepsilon}^{p} = \int_0^t \dot{\bar{\varepsilon}}^{p}\, dt \tag{12}$$

is the so-called plastic equivalent stress.

3. DESCRIPTION OF THE FINITE ELEMENT MODEL OF HYDROFORMING PROCESSES

The mechanical model of the hydroforming processes is based on the following assumptions [13, 14]:

- the workpiece may be assimilated to a membrane under plane-stress conditions undergoing small elastic strains, large plastic strains and large rotations

- the membrane is assumed to be perfectly incompressible, the volume constancy being imposed by properly updating the thickness
- the elastic behaviour of the sheet metal is described by a linear isotropic constitutive equation
- the plastic behaviour of the sheet metal is described by the new yield criterion, the associated flow rule and the Swift isotropic hardening rule (see §2)
- the local axes of plastic anisotropy are assumed to change continuously, their current orientation being given by the rotational component of the strain gradient tensor.

The finite element model of the hydroforming processes is developed using the virtual work theorem [14]:

$$\int_{\Omega} \boldsymbol{\sigma} : (\delta\boldsymbol{\varepsilon})\, d\Omega = W^{ext}(\mathbf{u}, \delta\mathbf{u}) \tag{13}$$

where Ω is the spatial domain occupied by the workpiece at the current time, **u** is the displacement field between the reference and current configuration, $\delta\mathbf{u}$ is a virtual displacement field, $\boldsymbol{\sigma}$ is the Cauchy stress tensor,

$$\delta\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{1}{2}\left[\frac{\partial \delta\mathbf{u}}{\partial \mathbf{x}} + \left(\frac{\partial \delta\mathbf{u}}{\partial \mathbf{x}}\right)^{T}\right] \tag{14}$$

is the the virtual strain field, and $W^{ext}(\mathbf{u}, \delta\mathbf{u})$ is the virtual work associated to the external loads. In this case, this work is done only by the pressure acting on the workpiece:

$$W^{ext}(\mathbf{u}, \delta\mathbf{u}) = p \int_{A} \mathbf{n} \cdot (\delta\mathbf{u})\, dA \tag{15}$$

where A is the current area of the membrane surface, p is the current value of the pressure, and **n** is the normal unit vector of this surface (having the same orientation as the external pressure).

After linearising Eqn (13), we get

$$\begin{aligned}
&\int_{\Omega} \left[\Delta\boldsymbol{\sigma} + \boldsymbol{\sigma}(\Delta\mathbf{R})\mathbf{R}^{T} - (\Delta\mathbf{R})\mathbf{R}^{T}\boldsymbol{\sigma}\right] : (\delta\boldsymbol{\varepsilon})\, d\Omega - \\
&2\int_{\Omega} \left[\boldsymbol{\sigma}(\Delta\boldsymbol{\varepsilon})\right] : (\delta\boldsymbol{\varepsilon})\, d\Omega + \int_{\Omega} \left(\frac{\partial \Delta\mathbf{u}}{\partial \mathbf{x}}\boldsymbol{\sigma}\right) : \frac{\partial \delta\mathbf{u}}{\partial \mathbf{x}}\, d\Omega = \\
&W^{ext}(\mathbf{u}, \delta\mathbf{u}) + \frac{\partial W^{ext}}{\partial \mathbf{u}} \cdot (\Delta\mathbf{u}) - \int_{\Omega} \boldsymbol{\sigma} : (\delta\boldsymbol{\varepsilon})\, d\Omega
\end{aligned} \tag{16}$$

where **R** is the rotational component of the deformation gradient, $\Delta\mathbf{u}$ is a correction of the displacement field, $\Delta\mathbf{R}$ is the associated correction of the rotation tensor, and

$$\Delta\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{1}{2}\left[\frac{\partial \Delta\mathbf{u}}{\partial \mathbf{x}} + \left(\frac{\partial \Delta\mathbf{u}}{\partial \mathbf{x}}\right)^{T}\right] \tag{17}$$

is the corresponding correction of the strain field.

For each configuration, we use a local orthonormal basis ($\mathbf{e}^1$, $\mathbf{e}^2$, $\mathbf{e}^3$). The unit vectors $\mathbf{e}^1$ and $\mathbf{e}^2$ are tangent to the membrane surface, while $\mathbf{e}^3$ is directed along its normal. In this local basis, the plane-stress condition is expressed as follows:

$$\sigma_{3i} = \sigma_{i3} \equiv 0,\ i = 1,2,3. \tag{18}$$

The elastoplastic constitutive equation associated to the linearised expression of the virtual work (16) is

$$\Delta\sigma_{\alpha\beta} + \sigma_{\alpha\eta}(\Delta R_{\eta\lambda})R_{\beta\lambda} - (\Delta R_{\alpha\eta})R_{\lambda\eta}\sigma_{\lambda\beta} = C^{ep}_{\alpha\beta\eta\lambda}(\Delta\varepsilon_{\eta\lambda}) \tag{19}$$

where $C^{ep}_{\alpha\beta\eta\lambda}$ are the components of the elastoplastic modulus consistent with the linearisation scheme. They are defined by the following relationship

$$C^{ep}_{\alpha\beta\eta\lambda} = R_{\alpha\omega}R_{\beta\psi}R_{\eta\varphi}R_{\lambda\pi}\hat{C}^{ep}_{\omega\psi\varphi\pi} \tag{20}$$

where $\hat{C}^{ep}_{\omega\psi\varphi\pi}$ are the components of the so-called corotational elastoplastic modulus consistent with the linearisation scheme.

They may be calculated using the matrix equation

$$\left[\hat{C}^{ep}\right] = \left[\hat{C}^{e}\right] - \frac{1}{\{\hat{g}\}^{T}\left[\hat{C}^{e}\right]\{\hat{g}\} + H'} \cdot \left(\left[\hat{C}^{e}\right]\{\hat{g}\}\right)\left(\left[\hat{C}^{e}\right]\{\hat{g}\}\right)^{T} \tag{21}$$

where

$$\{\hat{g}\} = \left[\frac{\partial \Phi}{\partial \hat{\sigma}_{11}}, \frac{\partial \Phi}{\partial \hat{\sigma}_{22}}, 2\frac{\partial \Phi}{\partial \hat{\sigma}_{12}}\right]^{T} \tag{22}$$

$$H' = \frac{dY}{d\bar{\varepsilon}^{p}} \tag{23}$$

$$\left[\hat{C}^{e}\right] = \left(\left[U\right] + \left({}^{1}\bar{\varepsilon}^{p} - {}^{0}\bar{\varepsilon}^{p}\right)\left[C^{e}\right]\left[\hat{M}\right]\right)^{-1}\left[C^{e}\right] \tag{24}$$

The notations used in Eqn (24) have the following meaning: [U] is the third-order unit matrix, ${}^{0}\bar{\varepsilon}^{p}$ is the equivalent plastic strain associated to the reference configuration, ${}^{1}\bar{\varepsilon}^{p}$ is the equivalent plastic strain associated to the current configuration,

$$[C^e] = \frac{E}{1-\nu^2}\begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} \quad (25)$$

$$[\hat{M}] = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \hat{\sigma}_{11}^2} & \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \hat{\sigma}_{11} \partial \hat{\sigma}_{22}} & 2\frac{\partial^2 \Phi}{\partial \hat{\sigma}_{11} \partial \hat{\sigma}_{12}} \\ & \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \hat{\sigma}_{22}^2} & 2\frac{\partial^2 \Phi}{\partial \hat{\sigma}_{22} \partial \hat{\sigma}_{12}} \\ symm. & & 2\left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial \hat{\sigma}_{12}^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \hat{\sigma}_{12} \partial \hat{\sigma}_{21}}\right) \end{bmatrix} \quad (26)$$

where E is the Young's modulus and ν is the Poisson's ratio.

The finite element method has been chosen for the numerical solution of Eqn (16). The finite element scheme has been implemented into an original computer programme.

At present, only three-node triangular membrane elements are used by the programme, but even so, as we shall see in the next section, the numerical results are in good agreement with the data published in the literature.

4. NUMERICAL RESULTS

The finite element scheme has been tested by comparing the numerical results with the data presented in [15].

The material is an aluminium-killed steel with the following mechanical parameters [16]: $E=2.1\text{x}10^5$ MPa, $\nu=0.3$, $r_0=1.950$, $r_{45}=1.470$, $r_{90}=2.318$, $\sigma_0=205.8$MPa, $\sigma_{45}=214.2$ MPa, $\sigma_{90}=204.1$ MPa, $\sigma_b=242.9$ MPa, K=520.2 MPa, $\bar{\varepsilon}_0 = 0.02$, n=0.237.

The identification procedure has provided the following coefficients of the yield function: a = 0.5313, b = 0.6598, c = 0.2910, M = 0.6586, N = 0.6167, P = 1.8499, Q = -1.8290, R = 10.9876, k = 3.

The geometrical parameters of the circular workpiece used in the simulation of the hydroforming process are: thickness 0.89 mm, clamping radius 80 mm. The lip radius of the forming die has been neglected. The value of the hydraulic pressure has been limited to 6.5 MPa using a fixed increment of 0.001 MPa.

The computed diagrams of the pressure vs. polar deflection and pressure vs. polar thickness strain are shown in Figures 1 and 2, respectively.

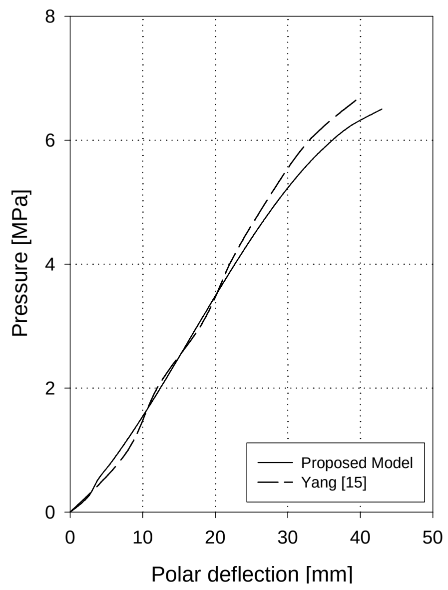


Figure 1: *Pressure vs. polar deflection diagrams.*

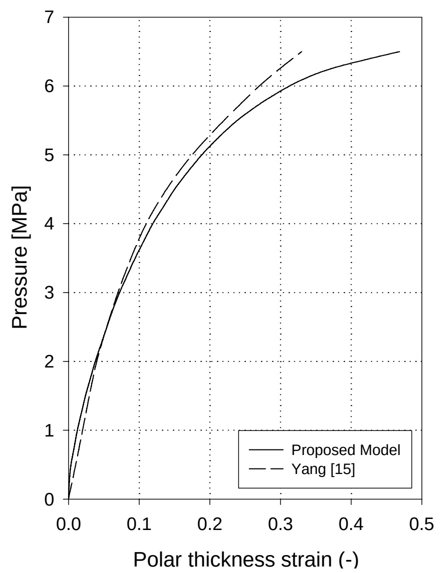


Figure 2: *Pressure vs. polar thickness-strain diagrams.*

One may notice the good agreement between the diagrams obtained using the new yield criterion and those published by Yang [15]. The discrepancies are essentially due to the fact that Yang used the Hill 1948 criterion for the case of planar anisotropy.

In order to prove the ability of the finite element model to describe the anisotropy of the sheet metal, the distributions of the major and minor principal stresses at the end of the hydroforming process are presented in Figures 3 and 4, respectively.

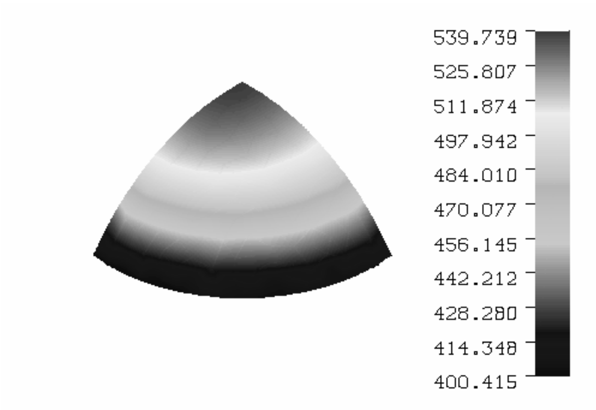


Figure 3: *Distribution of the major principal stress [MPa].*

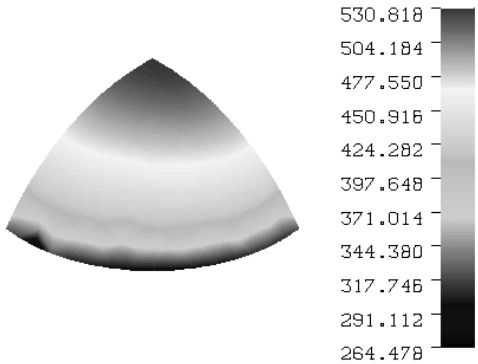


Figure 4: *Distribution of the minor principal stress [MPa].*

5. CONCLUSIONS

A new yield criterion developed by the authors has been used in the frame of a finite element model of hydroforming processes.

This criterion allows a better representation of the plastic anisotropy of sheet metals. The numerical results given by the finite element model are in good agreement with the data published in the literature. These results encourage the authors to try to use the yield criterion for simulating more complex sheet metal forming processes.

6. REFERENCES

[1] **Hill, R**., 1948, *A Theory of the yielding and plastic flow of anisotropic metals*, Proc. Royal Soc., A193:281-297.

[2] **Hill, R**., 1979, *Theoretical plasticity of textured aggregates*, Math. Proc. Cambridge Philosophical Soc., 85:179-191.

[3] **Hill, R**., 1993, *A User–friendly theory of orthotropic plasticity in sheet metals*, Int.J.Mech.Science, 15:19-25.

[4] **Hosford, W.F**., 1972, *A generalized isotropic yield criterion*, J.Appl. Mech., 39:607-609.

[5] **Hosford, W.F**., 1979, *On Yield loci of anisotropic cubic materials*, Proc. 7th North American Metalworking Conf., Dearborn, 191-197.

[6] **Barlat, F., Lian, J**., 1989, *Plastic behaviour and stretchability of sheet metals (Part 1) A yield function for orthotropic sheet under plane stress conditions*, Int. J. of Plasticity, 5:51-56.

[7] **Barlat F., Lege, D.J., Brem, J.C**., 1991, *A Six-component yield function for anisotropic materials*, Int. J. of Plasticity, 7:693-712.

[8] **Barlat, F., et al**., 1997, *Yield function development for aluminium alloy sheets*, J. Mech. Phys. Solids, 45:1727-1763.

[9] **Karafillis, A.P., Boyce, M.C**., 1993, *A general anisotropic yield criterion using bounds and a transformation weighting tensor*, J. Mech. Phys. Solids, 41:1859-1886.

[10] **Banabic, D., et al.**, 2000, *Formability of Metallic Materials* (Ed. Banabic, D.), Springer, Berlin-Heidelberg.

[11] **Habraken, F.A.C.M., Dautzenberg, J.H**., 1995, *Some applications of the Barlat 1991 yield criterion*, Annals of the CIRP, 44/1:185-188.

[12] **Banabic, D., Balan, T., Comsa, D.S**., *Yield criterion for anisotropic sheet metals under plane stress conditions*, Proc. 7th Conf. "Cold Metal Forming 2000", Cluj Napoca, 109-116.

[13] **Makinouchi, A., Teodosiu, C., Nakagawa, T**., 1998, *Advance in FEM simulation and its related technologies in sheet metal forming*, Annals of the CIRP, 47/2:641-649.

[14] **Rebelo, N., Nagtegaal, J.C., Hibbitt, H.D.**, 1990, *Finite element analysis of sheet forming processes*, Int. J. Num. Meth. Eng., 30:1739-1758.

[15] **Yang, D.Y., Kim, Y.J**., 1986, *A rigid-plastic finite-element formulation for the analysis of general deformation of planar anisotropic sheet metals and its applications*, Int. J. Mech. Sci., 28:828-840.

[16] **Vial, C., Hosford, W.F., Caddell, R.M.**, 1983, *Yield loci of anisotropic sheet metals*, Int. J. Mech. Sci., 25: 899-915.

Quick Info

And the Google Numbers Are...

$3.66 billion in revenues

Google released today the first quarter of 2007 results, presenting the company's revenues and the evolution of the Mountain View based firm in the first months of the year. According to the press release, the search giant recorded $3.66 billion in revenues, a 63 percent increase compared to the first quarter of the year 2006. The Generally Accepted Accounting Principles net income for the first three months was $1 billion, in comparison with the fourth quarter of 2006 when the income was "only" $1.03 billion.

"The global growth of our core search and ads business and our focus on building our partnerships drove our strong results in the quarter. We continued to expand our worldwide footprint, adding important new partners and growing our platform to increase our ability to deliver targeted and measurable ads. The ongoing expansion of our network allows us to improve the user experience through new opportunities and programs," said Eric Schmidt, CEO of Google, as it is mentioned in the press release.

As you can see, the Google numbers are at least amazing, showing a company that is continuously investing in other small businesses but manages to record huge profits. According to the press release, the profit generated by the services owned by Google and its webpages was almost $2.28 billion while 37 percent ($1.35 billion) was generated from other webpages on the Internet that are registered for Google's advertising platform, AdSense.

Now, the company's plans to expand the advertising platform to the offline media are quite obvious, as the solution is able to bring huge profits to the search giant. As you know, Google made several partnerships with offline giants to place adverts in newspapers, at radio stations or even on the street using several billboards.

Earn Money with Google Office

Using Google Apps referral

Since the release of the Google Apps, the Internet world was comparing the suite of tools to Microsoft's Office, the well-known suite of utilities currently installed on millions of computers. Today, the company's employees are bringing Google App back in the spotlights by presenting an easy way to earn money with referrals. If you didn't know, these referrals concern Google AdSense, the advertising platform also provided by the search giant that allows users to earn money by placing ads on their pages. Using Apps referrals, you can place adverts to the suite of tools on your page and every time a user clicks on them, you'll earn $5.

"Following our recent series of referrals announcements, we're happy to announce that you can now earn $5 per referral for Google Apps. You will be credited $5 when someone clicks the referral ad from your site and signs up for Google Apps with a domain that has not already been signed up for the service. That person's domain must then have one or more Google Apps email accounts in use for four consecutive weeks. It's that simple," Jack Chou, AdSense Publisher Support, sustained in a blog post.
If you want to configure your Google Apps referrals, you should login into your AdSense account and click on the Setup tab. Select Referrals and then click on the Google Apps feature that will redirect you to a set of options meant to configure the appearance of the adverts on your website. After the customization is finished, copy the code provided by the service and paste it into your webpage's content.

At this time, the Google Apps referrals are available only in English but the company plans to introduce more languages soon. Google Apps is a complete Office suite because it contains numerous utilities such as Gmail, Google Calendar, Google Talk, Docs & Spreadsheets and Page Creator. All the services are available in two flavors: a freeware version and a premium edition for all the paying subscribers.
(http://news.softpedia.com/news)

CERCETAREA ŞI DEZVOLTAREA DE ECHIPAMENTE DE FRAGMENTARE-MĂRUNȚIRE A MATERIALULUI LEMNOS REZULTAT LA TOALETAREA ALEILOR, PARCURILOR ŞI AREALELOR SILVICE, ÎN SCOPUL OBȚINERII COMPOSTULUI ECOLOGIC VEGETAL

Topologeanu Marian*, Mihăescu Leonard*, Stănescu Titu*, Cristescu Corneliu**
*S.C. ICTCM-SA Bucureşti, , ** INOE 2000-IHP Bucureşti,
mtopologeanu@ictcm.ro, mihaescu@ictcm.ro, corneliu_cristescu@yahoo.com

REZUMAT

Lucrarea prezintă activitățile de cercetare-dezvoltare care se desfăşoară în cadrul unui proiect CEEX – Programul AGRAL la care participă un consorțiului constituit din INOE 2000-IHP, ICTCM, INCDMF, UPB-CCEPM şi ROMFLUID. Proiectul îşi propune realizarea unei sisteme de maşini care să proceseze mecanizat deşeurile vegetale, lemnoase, rezultate în urma activităților de toaletare/tundere a arborilor şi arbuştilor din arealele agricole, pomicole şi silvice, în scopul obținerii compostului ecologic vegetal, utilizat pentru dezvoltarea unei agriculturi ecologice, cu efecte favorabile asupra mediului, dar şi pentru realizarea biomasei, necesare pentru producerea de combustibil regenerabil, ca sursă neconvențională de energie.

Proiectul vine să completeze preocupările în domeniu ale INOE 2000-IHP care are, în derulare, un proiect de cercetare pe Programul MENER, de realizare a unui utilaj pentru prepararea compostului din deşeuri vegetale (contract 433/2004), utilaj complementar cu cel propus în prezentul proiect şi aflat în stadiu avansat de realizare fizică, cu finalizare în anul 2006.

ABSTRACT

Paper presents the R - D activities developed in a CEEX project – AGRAL Programme, which are made by a consortium between INOE 2000-IHP, ICTCM, INCDMF, UPB-CCEPM and ROMFLUID. The project's purpose is to achieve a machines system which must do a mechanized process for wood –waste, vegetal – waste. These wastes results from the adjustement / cutting of trees from different agricultural, fruit-growing and forester areals, in order to obtain ecological vegetal compost. Thie one is used to develop an ecological agriculture, with medium favourable effects and also for the biomass achievement, in order to obtain regenerated fuel.

Project fills INOE 2000-IHP researches, because it has also a research project on MENER Programme which is about an equipment for preparation the vegetal waste compost. This equipment is complementary to the first one and it is in an advanced accomplishment stage.

CUVINTE CHEIE: Mecanizare, Echipament de fragmentare – mărunțire, Deşeuri vegetale, Material lemnos, Toaletare, Compost ecologic vegetal

KEYWORDS: Mechanization, Breaking up – disaggregating equipment, Vegetal waste, Wood material, Tree adjustement, Vegetal ecological compost

1. INTRODUCERE

În ultimii ani, s-a dezvoltat o agricultură ecologică prin eliminarea utilizării, pe cât posibil, a îngrăşămintelor chimice, sintetice.
În scopul creşterii fertilității solului, se utilizează, din ce în ce mai mult, îngrăşăminte naturale, biodegradabile.

Utilizarea unui compost obținut din deşeuri provenite din arealele agricole, silvice şi din industria de prelucrare a lemnului conduce la fertilizarea solului, conservarea, protecția şi ameliorarea acestuia. Utilizarea unui compost pe bază de material lemnos, are rolul de a asigura protecția şi reabilitarea terenurilor degradate, în concordanță cu principiile dezvoltării unei agriculturi durabile.

Numai în acest fel, producerea de bunuri alimentare se va realiza conform cerințelor stipulate în standardele române CEE nr. 2092/91, aliniate deja la cerințețe Uniunii Europene.

Pentru atingerea acestui obiectiv complex, de *realizare a compostului vegetal ecologic şi a biomasei*, cu impact pozitiv asupra mediului, a dezvoltării unei agriculturi ecologice durabile şi a unor noi surse de energie, obiectivul specific al prezentului proiect este de a cerceta şi dezvolta *echipamente de fragmentare şi mărunțire a deşeurilor de material lemnos*, rezultate la toaletarea/ tunderea arborilor aleilor, parcurilor şi arealelor silvice. Aceste echipamente de fragmentare şi mărunțire reprezintă o necesitate pentru economia românească, care va trebui, în timp scurt, să se alinieze la cerințele europene în materie şi să producă întreaga sistemă de maşini necesară pentru utilizarea tehnologiilor de mediu moderne.

În cadrul lucrării se cercetează diferite soluții de realizare a unor echipamente de fragmentare şi mărunțire, care să permită proiectarea, execuția fizică şi testarea unui **model funcțional de echipament**, pe care să se facă măsurările necesare pentru *demonstrarea fezabilității, funcționalității, eficacității şi eficienței acestuia.*

Proiectul propune cercetarea şi realizarea unui model funcțional de echipament de fragmentare-mărunțire bazat pe o acționare mecano-hidraulică, controlată şi asistată de un sistem electronic de comandă şi control, adecvat aplicației, care include senzori şi traductoare specifice, dar şi comenzi de la distanță, bazate pe microelectronică hibridă înglobată, care vor reduce la maxim riscurile şi garantează reuşita acestuia.

Având în vedere că în Europa se cunosc acțiuni reuşite de acest tip, se consideră ca proiectul propus răspunde unei necesități reale pentru țara noastră, odată cu intrarea în UE, având în vedere cerințele deosebite privind dezvoltarea durabilă şi realizarea unei agriculturi ecologice.

2. DESCRIEREA MODELULUI FUNCȚIONAL DE ECHIPAMENT DE FRAGMENTARE-MĂRUNȚIRE

Pentru realizarea tehnologiei de fragmentare-mărunțire a materialului lemnos proiectarea echipamentului are la bază o largă documentare tehnică a realizărilor pe plan mondial, dar şi soluții tehnice originele, pentru diferitele mecanisme de lucru, soluții care pot deveni obiectul unor brevete.

Problema majoră, care trebuie rezolvată de către cercetători, este implementarea cu succes a celor trei subsisteme de bază ale echipamentului, respectiv mecanic, hidraulic şi electric/electronic, în mod special pentru realizarea tehnologiei optime şi atingerea parametrilor de performanță.

Echipamentului tehnologic de fragmentare a materiei prime se compune dintr-o cascadă de mori şi mecanisme de alimentare şi evacuare a materiei prelucrate. În adoptarea unui sistem de fragmentare s-a făcut apel la firmele europene şi americane care fabrică mori în domeniu puterilor mijlocii şi mari. Sistemul de fragmentare trebuie să aibă un etaj de fragmentare şi un altul de mărunțire.

Pentru a ilustra caracterul complex al echipamentului se vor urmări figurile 1, 2, 3 şi 4 pentru a identifica soluțiile funcțional-constructive de realizare. De asemenea, trebuie urmărite schema cinematică a echipamentuilui, prezentată în figura 5, şi schema hidraulică de acționare a acestuia, prezentată în figura 6, care prefigurează soluțiile constructiv-funcționale care vor fi adoptate.

Figura 1. *Soluția 1 de fragmentare – mărunțire*

Figura 2. *Soluția 2 de fragmentare - mărunțire*

Figura 3. *Soluția 3 de fragmentare - mărunțire*

Figura 4. *Soluția 4 de fragmentare - mărunțire*

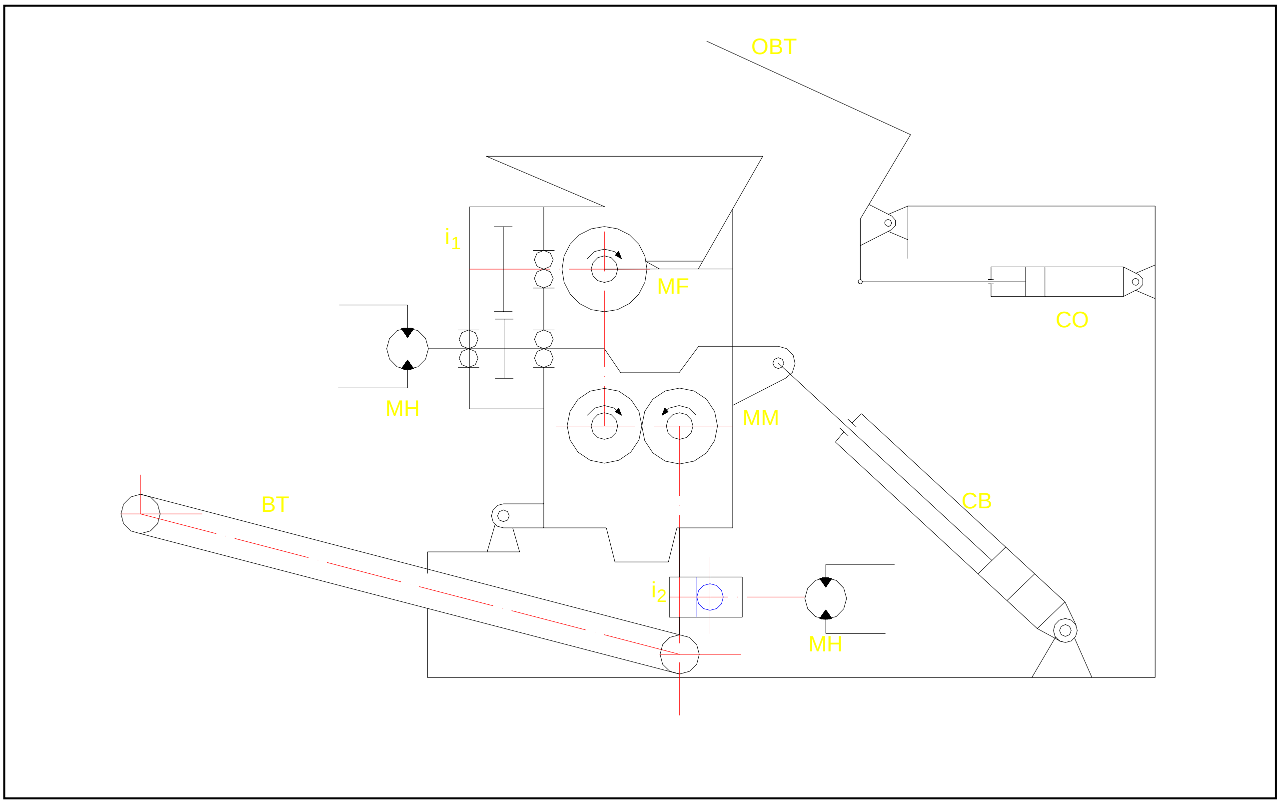


Figura 5. *Schema cinematică a echipamentului de fragmentare- mărunțire*

Echipamentul se compune, în principal, din:

- obturatorul cu o structură tip oblon, care permite accesul în buncăr;
- un buncăr cilindric vertical cu mişcare de basculare, care împinge materia vegetală în moară;
- moara de fragmentare a materialului lemnos;
- moara de mărunțire a materialului lemnos fragmentat;
- transportorul produsului mărunțit la utilajele de transport;
- sursa de energie mecanică (motor termic, propriu sau al tractorului de deplasare, motor electric);
- instalația hidraulică de acționare;
- instalația electrică de comandă şi control a funcționării optime a echipamentului.

În toate cazurile, seria celor două sisteme de mărunțit este reunită într-un bloc la care se asociază un alimentator melcat cu direcția de avans pe direcția de acționare a dispozitivelor de fragmentare. Fiecare etaj de fragmentare este antrenat dintr-o priză proprie prin distribuția puterii de la un motor unic Opțiunea pentru un anumit sistem de mărunțire are în vedere productivitatea propusă şi natura materialului prelucrat.

Întreg echipamentul, care inglobeaza toate mecanismele de lucru, se instalează pe o remorcă specială cu 1, 2 sau 3 punți, având, pentru actionare, un motor termic independent/propriu, sau utilizeaza pe cel al tractorului de deplasare, prin care, mecanic sau hidraulic, se antrenează mecanismele de fragmentare/taiere, de mărunţire, de alimentare, de obturare, de basculare şi de evacuare(banda rulanta).

Instalaţia hidraulică de acţionare este ilustrată de schema hidraulică din figura 6, prin care se acţionează patru mecanisme prin doua pompe (una fiind dublă) antrenate de la două prize de putere mecanică.

Mecanismul de fragmentare şi cel de mărunţire trebuie să funcţioneze în tandem deoarece sunt înseriate astfel că dacă mărunţirea se „înfundă” obturatorul nu mai permite admisia de materie iar fragmentarea se opreşte.

Când mecanismul de mărunţire s-a „înfundat”, fapt sesizat de creşterea de presiune pe circuitul de acţionare al motoreductorului poz. 6, este comandată automat mişcarea în sens invers a mecanismului. Reglajul turaţiei motoreductorului poz. 6 se face prin distribuitorul proporţional poz. 5, iar ajustarea debitului maxim al pompei poz. 4 se face manual. Acordul celor două mecanisme de fragmentare şi mărunţire este făcut de sistemul electronic de comandă pe baza informaţiilor date de traductoare de presiune, de turaţie şi de cuplu. Mecanismele auxiliare sunt alimentate din treapta a II a pompei poz. 4 prin intermediul distribuitorului baterie pozitia 8.

Obturatorul este acţionat de un cilindru diferenţial poz. 10 care se autoblochează hidraulic în ambele sensuri de mişcare, iar bascularea întregului ansamblu de mecanisme în raport cu şasiul se face cu doi cilindri diferenţiali poz. 9, care se autoblochează hidraulic pe sensul de ridicare.

Sistemul electronic de comandă trebuie să permită automat sau prin telecomandă următoarele funcţii:

- mişcarea coordonată a motorului lent poz. 3 cu a motoreductorului 6, prin reglarea volumului geometric a pompei poz. 1 şi a reglajului distribuitorului proporţional poz. 5. În cazul în care fluxul de materie tocată nu este constant în cascada de mori şi se produc înfundări, se comande obturatorul care opreşte fluxul de materie primă, oprestemecanismul de fragmentare şi comanda sensul invers al mecanismului de mărunţire.
- mecanismul de basculare să poată fi telecomandat numai dacă incetează mişcarea mecanismelor de fragmentare şi mărunţire.

Realizarea sistemului de comandă electronic se poate face folosind componente de microelectronică hibridă.

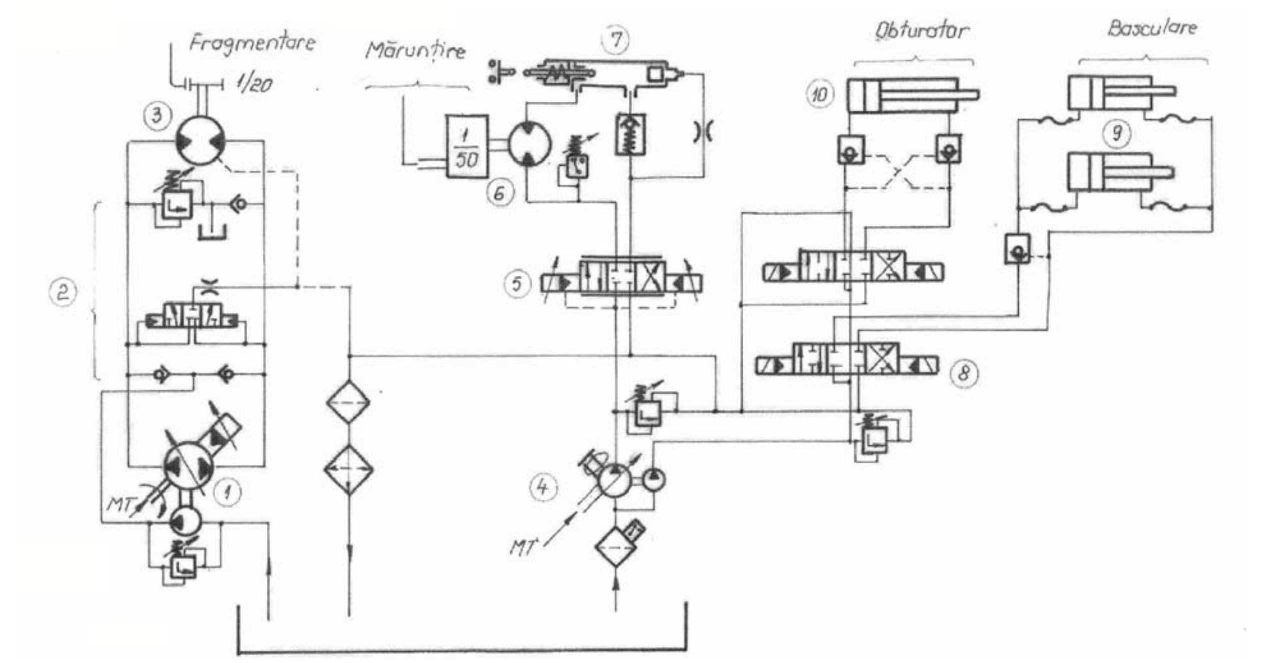


Figura 6. *Schema hidraulică de acţionare*

Performanţe generale estimate:

- Productivitatea exprimată în cantitate de materie prelucrată pe kwh: ….	peste 20- 32 kg/kwh;
- Consumul de combustibil pe 100 kg material prelucrat: ……………….	sub 0,4 dm^3/100 kg;
- Greutatea specifică a utilajului: …………………………………………	sub 200-300 kg /kw;
- Gradul de mărunţire al materialului:	
- pentru material uscat: ……………………………………………..	4...10 mm
…… - pentru material verde: ……………………………………………..	8...16 mm
- Disponibilitatea zilnică aproximativă a utilajului: ………………………	10...14 ore
- Nivel de zgomot: ……………………………………………………...	75...95 dB
- Împrăştierea de aerosoli: ………………………………………………...	moderată
- Eliminarea de gaze cu efect de seră: …………………………………….	CO_2 la nivel EURO 3
- Emanaţii de substanţe poluante:	accidental ulei mineral sau motorină

Se menţionează că aria de operare este pe loc deschis, în zone depărtate de habitatul rural sau urban.
Nivelul de risc tehnic este minim deoarece operatorul uman acţionează prin telecomandă regimul de lucru iar distanţa trebuie să fie corespunzătoare necesităţilor de supraveghere optică şi auditivă apreciată la max. 30 m.

3. CONCLUZII

3.1 Respectarea normelor ecologice şi de procesare a deşeurilor (Directiva europeană nr. 2001-95 CE), realizarea de produse ecologice pentru o alimentaţie sănătoasă a populaţiei, în conformitate cu cerinţele stipulate în standardele române CEE nr. 2092/91, aliniate deja la cerinţele Uniunii Europene, devin deziderate deosebit de stringente şi pentru ţara noastră şi, deci, se întrevede o dezvoltare vertiginoasă a producţiei de compost, pentru care, la noi în ţară, utilajele necesare lipsesc. De aceea, încurajarea din timp a unor cercetări care să conducă la realizarea de asemenea echipamente, ar găsi România, şi din acest punct de vedere, pregătită pentru aderarea la Uniunea Europeană. Proiectul de faţă se înscrie tocmai în această tendinţă.
3.2 Realizarea unor asemenea echipamente pentru procesarea composturilor ecologice, rezolvă o problemă cheie, de mare complexitate, în aria tematică 2 - Alimentaţie, Agricultură, Biotehnologii, în mod deosebit producţia şi managementul durabil al resurselor biologice ale solului, pădurilor şi mediilor acvatice (2.1), ştiinţele vieţii şi biotehnologii, biomasa utilizată pentru energie (2.3), în aria tematică 5 – Energie, producţia de combustibili regenerabili(5.3), dar şi în aria tematică 6- Mediul ambiant, managementul durabil al resurselor (6.2) şi tehnologii de mediu (6.3). Proiectul se aliniază la Platforma tehnologică europeană PT 13 - MANUFUTURE, platformă deja lansată în UE dar şi în ţara noastră.
3.3 Echipamentul specializat pentru fragmentarea-mărunţirea materialului lemnos, în scopul obţinerii compostului ecologic vegetal, care face obiectul proiectului, este o noutate absolută pentru ROMÂNIA şi răspunde orientărilor din Uniunea Europeană privind protecţia mediului.
Având în vedere că asemenea echipamente sunt deosebi de utile la nivel european, proiectul propus poate genera un interes major în Europa, care va facilita crearea sau *integrarea în parteneriate şi programe la nivel european, în ariile tematice / domeniile ST* specifice proiectului.

BIBLIOGRAFIE

1. Zapciu, M., Tonoiu, S., *Model matematic pentru determinarea deplasărilor subansamblurilor maşinilor-unelte în stadiul de proiectare***,** A IX-a Conferinţă de maşini-unelte (cu participare internaţională), T.C.M.M., Nr. 8, pag. 206-211 , 1994, Bucureşti.
2. Tonoiu, S., Gheorghe, M., *Consideraţii privind determinarea rigidităţii statice a sistemelor tehnologice de prelucrare***,** A X-a Conferinţă de maşini-unelte (cu participare internaţională), T.C.M.M., Nr. 22, pag. 425-432, 1996, Bucureşti.
3. Gheorghe, M., Tonoiu, S., *Fundamentals on loadings, deformations, rigidity and compliance of technological systems***,** International Conference on Advanced in Materials and Processing Technologies, pag. 1662-1665, vol. II, July 2003, Dublin, Ireland.
4. Popescu, I., Dumitraş, C., Savu, T., Dumitrescu, A., Purcărea, M., Tonoiu, S., *Tehnologia prelucrării pieselor din materiale clasice şi compozite*, vol. I, vol. II, Ed. Matrix, Bucureşti, 2000.
5. Neagu, C., Tonoiu, S., Purcărea, M., Iliescu, M. *Tehnologia Fabricării Produselor*, Vol. II, Ed. MATRIX., Buc., 2002.
6. Andrei, N., Catană, C., Tonoiu, S., Manolache, D., Drăgulănescu, E. *Tehnologii şi echipamente de montaj*, Referate de laborator, Lit. U.P.Buc., 1998.
7. Tonoiu, S., Ghiculescu, D., Manolache, D., *Tehnologia fabricării maşinilor-unelte şi tehnologii şi sisteme flexibile de fabricare* (TFMU, TSFF), Îndrumar de laborator, UPBuc-TCMprint, 2003.
8. Gheorghiţă, C., Armăşoiu, G., Drăghici C., Tonoiu, S., *Tehnologia fabricării produselor şi tehnologia fabricării roboţilor industriali* (TFP, TFRI) Îndrumar de laborator, UPBuc.- TCMprint, 2003.

Quick Info

Solar Energy Creates Fuel from Carbon Dioxide

Greenhouse gas put to good use

Carbon dioxide is a chemical compound composed of one carbon and two oxygen atoms. It is often referred to by its formula, CO2. It is present in the Earth's atmosphere at a low concentration of approximately 0.04% and it's an important greenhouse gas. In its solid state, it is called dry ice. It is a major component of the carbon cycle.

Natural sources of atmospheric carbon dioxide include volcanic outgassing, the combustion of organic matter, and the respiration processes of living aerobic organisms; man-made sources of carbon dioxide come mainly from the burning of fossil fuels for heating, power generation and transport. It is also produced by various microorganisms from fermentation and cellular respiration. Plants convert carbon dioxide to carbohydrates during a process called photosynthesis. They produce the energy needed for this reaction through the photolysis of water. The resulting gas, oxygen, is released into the atmosphere by plants, which is subsequently used for respiration by heterotrophic organisms, forming a cycle.

Man-made CO2 is responsible for most of global warming and environmental problems. A single large SUV is estimated to blow out more than 100 tons of the gas over its life time and contribute to significantly to global warming. While especially car manufacturers look *for ways to reduce CO2 emissions in future vehicles, scientists went the other way and claim they have found a way to actually use CO2 as a renewable energy source.*

Now chemists at the University of California, San Diego said that they have built and demonstrated a prototype device that can capture energy from the sun, convert it to electrical energy and "split" carbon dioxide into carbon monoxide (CO) and oxygen.

The "device" is still deep into the research phase, as the scientists said they still need additional energy for the process to work. But the approach looks promising and considering today's fuel prices as well as environmental concerns, the idea is likely to get a lot of attention.

For every mention of CO2 splitting, there are more than 100 articles on splitting water to produce hydrogen, yet CO2 splitting uses up more of what you want to put a dent into," said Clifford Kubiak, professor of chemistry and biochemistry UCSD. "It also produces CO, an important industrial chemical, which is normally produced from natural gas. So with CO2 splitting you can save fuel, produce a useful chemical and reduce a greenhouse gas."

According to Kubiak and his graduate student Aaron Sathrum, the process to split carbon dioxide utilizes a semiconductor and two thin layers of catalysts. It splits carbon dioxide to generate carbon monoxide and oxygen in a three-step process. First, solar energy photons are captured by the semiconductor; next, optical energy is converted into electrical energy by the chip. During the third step, electrical energy is provided to the catalysts. The catalysts then convert carbon dioxide to carbon monoxide on one side of the device and to oxygen on the other side.

Kubiak and Sathrum used a silicon semiconductor to test their device because of the broad knowledge of silicon characteristics. However, they consider silicon as "too wimpy" as it cannot supply enough energy to split carbon dioxide in efficient applications.

The team is now building a new device using a gallium-phosphide semiconductor, which is described to have twice the band gap of silicon and absorbs more energetic visible light than silicon can. Kubiak and Sathrum believe that this material will we enable the creation of enough energy to drive the catalytic splitting of carbon dioxide.

New 3D Solar Cells

They capture nearly every photon that strikes them

Photovoltaic cells, as the word implies (photo = light, voltaic = electricity), convert sunlight directly into electricity. Once used almost exclusively in space, photovoltaics are used more and more in less Exotic ways.

They could even power your house, but they are more widely used for satellites and spacecrafts, and, for the moment, their efficiency could use some improvements.

That's why a research sponsored by the U.S. Air Force Office of Scientific Research created a revolutionary system of 3D solar cells.

The new 3D solar cells capture photons from sunlight using an array of miniature "tower" structures that resemble high-rise buildings in a city street grid.

They trap light between their tower structures, which are about 100 microns tall, 40 microns by 40 microns square, 10 microns apart - and built from arrays containing millions of vertically-aligned carbon nanotubes. Conventional flat solar cells reflect a significant portion of the light that strikes them, reducing the amount of energy they absorb.

Because the tower structures can trap and absorb light received from many different angles, the new cells remain efficient even when the sun is not directly overhead. That could allow them to be used on spacecraft without the mechanical aiming systems that maintain a constant orientation to the sun, reducing weight and complexity – and improving reliability.

3D photovoltaic cells present multiple advantages: they absorb virtually all of the light that strikes them, their coatings can be made thinner, allowing the electrons to exit more quickly, thus increasing the rate at which absorbed photons are converted to electrons, as well as reduced size, weight and mechanical complexity.

"Our goal is to harvest every last photon that is available to our cells," said Jud Ready, a senior research engineer in the Electro-Optical Systems Laboratory at the Georgia Tech Research Institute (GTRI). "By capturing more of the light in our 3D structures, we can use much smaller photovoltaic arrays. On a satellite or other spacecraft, that would mean less weight and less space taken up with the PV system."

However, there are still some technical issues, like their ability to survive launch and operation in space, and the fact that production techniques will have to scaled up from the current two-inch laboratory prototypes.

But the cells could find near-term applications for powering spacecraft, and by enabling efficiency improvements in photovoltaic coating materials, could also change the way solar cells are designed for a broad range of applications.

(information from http://news.softpedia.com/news/)

STUDY OF THE PROCESSING BY HEAT TREATMENTS OF BIMETALLIC BUSHINGS FOR AUTOMOBILES

Corăbieru Anişoara, Corăbieru Petrică*, Vasilescu Dan Dragoş***
* SC PRESUM PROIECT SA Iaşi,** SC Procomimpex Iaşi, presum_proiect@yahoo.com

REZUMAT
Tratamentul termic al bucşelor auto bimetalice trebuie privit ca un compromis care să satisfacă cerințele atât ale materialului de bază MB (oțel carbon hipoeutectoid) cât şi al stratului depus SD (bronz cu aluminiu) din punct de vedere al încadrării în intervalul de temperaturi în care au loc transformările de fază. Conform diagramei de echilibru fazic, straturile depuse de bronz prezintă o variație a solubilității cu temperatura, ceea ce implică posibilitatea modificărilor proprietăților fizico-mecanice prin tratamente termice. Tratamentele termice aplicate ansamblului bimetalice oțel carbon hipoeutectoid-bronz cu aluminiu pot fi călirea de punere în soluție, îmbătrânirea şi recoacerea de omogenizare.

ABSTRACT
The heat treatment of the bimetallic bushings of the automobiles must be seen as a compromise that satisfy the requirements both of the base material MB (hypoeutectoid carbon steel) and of the deposited layer SD (bronze with aluminium) regarding the framing in the temperatures range in which the phase transformations take place. Conforming to the phase equilibrium diagram, the bronze layers deposited present a variation of the solubility with the temperature, which involves the possibility of the modification of the physical-mechanical properties by heat treatments. The heat treatments applied to the bimetallic assembly hypoeutectoid carbon steel – bronze with aluminium can be the salt hardening, the aging and the homogenization annealing.

KEYWORDS: *heat treatment, bimetallic bushings, automobiles*

1. INTRODUCTION

The improvement of the physical-mechanical properties of the bimetallic bushings of hypoeutectoid carbon steel – bronze with aluminium by heat treatments has to be achieved taking into consideration the following aspects:

- the heat treatment has to have favorable effects on the both metallic layers;
- if the improvement effect is preponderant for one of the layers, than at least not to present big disadvantages on the second one and not to affect negatively the specific adherence between layers;
- the heat treatment has to achieve a compromise that satisfy the requirements both of the base material MB and of the deposited layer SD. That's why the possibilities of thermal processing of the bimetallic components for automobiles are much reduced, only certain treatments and between certain limits can be applied with proper results.

2. THE SALT HARDENING OF THE BIMETALLIC BUSHINGS FOR AUTOMOBILES

The heat treatment of salt hardening has in view:

- conservation at ambient temperature, in a metastable supersaturated condition, of the solid solution existent at high temperature;
- the supersaturated solid solution is obtained by rash cooling from the temperature of meting in solution (the transformation by precipitation of certain components from the solid solution cannot take place), the deposited layer (bronze with aluminium) conserving its mono-phase structure of the high temperature;

- the technological parameters of the salt hardening have been established experimentally. The temperature and time of maintaining at salt hardening must ensure the dissolving of the inter-metallic components in solid solution, the homogeneity of the solid solution, the obtaining of a proper size of the crystalline grain.
  Bimetal OLT35-CuAl9T: $T_{salt\ hard}$ = 850-900^oC, $t_{maintain}$ ~ 0,5h, water-cooling.
- the effect of this treatment on the base material MB hypoeutectoid carbon steel does not present big shortcomings because the cooling of the bimetallic bushing in water from 850^oC does not have the effect of a hardening in its self due to the low content of C of the base material MB- OLT35;
- the size of the heating speed is conditioned only by the capacity of the deposited layer SD of non-cracking at sudden temperature variations (for the bronzes with aluminium this variation of temperature can be maximum → the bushings can be introduced in the furnace directly at the treatment temperature);
- following the salt hardening, the deposited layer presents o mono-phase structure constituted of a metastable supersaturated solid solution α (alloying elements substitute the Cu atoms or penetrate in the net interstices) having low physical and mechanical properties.

3. AGEING

The ageing heat treatment has in view the following aspects:

- the heating of the metastable structure obtained by salt hardening in such a way that this one evolves towards the condition of physical-chemical equilibrium;
- if the metastable structure is supersaturated solid solution then the ageing hardens and if it is of martensite type then the ageing softens;
- this treatment supposes the heating under the curve of variation of the solubility with the temperature, maintaining and slow cooling;
- the supersaturated solid solution passes in equilibrium condition, separating from it by precipitation certain inter-metallic components depending on the nature of the alloying elements and the values of the treatment parameters;
- the technological parameters have been determined experimentally:
  Bimetal OLT35-CuAl9T: T_{temp} = 480-500^oC, $t_{maintain}$ ~ 1,5h, air-cooling.
- for the base material MB this treatment is equivalent with a high tempering
- having as effect the improvement of the rough ferrite-perlite structure and the diminishing of the acicular presence of the ferrite;
- the effect of the precipitation of the chemical compounds consists in the important increase of the mechanical characteristics due to the creation of the segregation areas, of the particles of precipitates metastable coherent and half-coherent to the matrix and of the fields of stresses existing around these ones; all these constitute obstacles in the way of displacement by sliding of the dislocations;
- in the case of the deposited layer SD – CuAl9T the most probably the following inter-metallic compounds precipitate : Cu_3Al, Al_2Cu, AlNi, Al_3Ni.

4. HOMOGENIZATION ANNEALING OF THE BIMETALLIC COMPONENTS FOR CARS

The heat treatment of homogenization annealing has in view the following aspects:

- elimination of the dendrite segregation (the chemical composition defects from the inside of the deposited layer SD crystals, that alters the properties creating phases out of equilibrium);
- re-heating at as higher temperature, maintaining a sufficient period of time for the proper distribution by diffusion of the components;
- the technological parameters of the annealing homogenization have been experimentally determined:
  Bimetal OLT35-CuSn10: T_{ann} = 650-700^oC, $t_{maintain}$ = 5-8min/mm, thick. wall ~0,5h, cooling in quiet air.
  Bimetal OLT35-CuSn4Zn4Pb17:
  T_{ann} = 650^oC, $t_{maintain}$ = 0,5 h, cooling in quiet air.
- important modifications of the SD structure are produced (structure with dendrite segregations → homogeneous mono-phase or bi-phase structure);
- for MB this treatment is equivalent with a complete stress relieving annealing, the level of the remnant stresses decreasing at values under 5 daN/mm^2 concomitantly with hydrogen elimination.

In figure 1 the diagrams of the heat treatments experimented for the bimetallic hypoeutectoid carbon steel – bronze are shown.

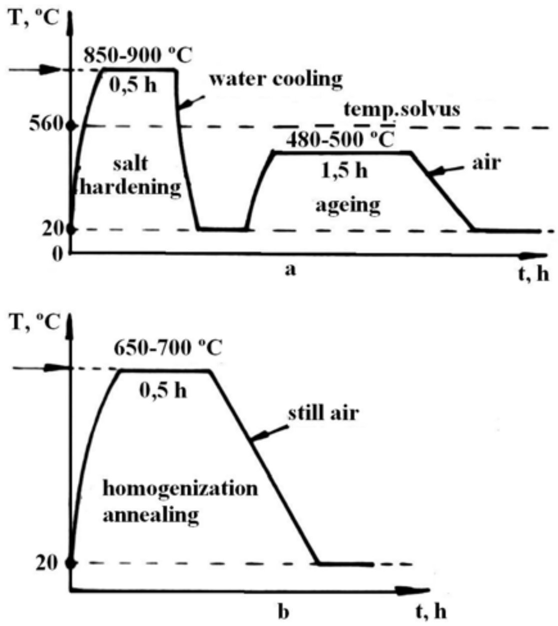


Figure 1. *The heat treatment of the experimented bimetallic bushings for automobiles, made of hypoeutectoid carbon steel – bronze.*

a. OLT35-CuAl9T → salt hardening + ageing;
b. OLT35- CuSn10, OLT 35- CuSn4Zn4Pb17 → homogenization annealing

5. CONCLUSIONS

The salt hardening induces in the bronze deposited layer a metastable mono-phase structure having low properties (the effect on the base material – hypoeutectoid carbon steel MB, does not present big disadvantages);

- Ageing leads to the evolution of metastable layers obtained by salt hardening to physical-chemical stability. If the metastable structure is of type supersaturated solid solution then the ageing hardens and if the metastable structure is of martensite type then the ageing softens the layers deposited on the base material;
- Homogenization annealing of the bimetallic components for automobiles has in view the elimination of the dendrite segregation that creates phases out of equilibrium leading to the reducing of the specific adherence between layers and to exfoliation.

REFERENCES

1. **Corăbieru A., Corăbieru P**. – *Objectives of alignment of the automobiles industry in Romania to the requirements of the environment European directives 2000/53/CE regarding out of use vehicles*, Industrial Ecology Magazine, nr.5/2006, pag.32-37, ISSN 1224-3183 (works of the national symposium "Durable development and automobiles construction from concept to implementation", VI th edition- Bucharest, 16-17th of November 2006).

2. **Corăbieru A., Corăbieru P.**,–*Alignment of the technologies of manufacture of the metallic components for automobiles to the requirements of the environment European directives 2000/53/CE 2000/53/CE*– Automobiles Constructions - New series Innovative Technology, year 58/2006-nr.3-4, pag. 23-25, Bucharest, ISSN 0573-7419.

3. **Corăbieru P, Corăbieru A., Velicu S., Predescu C**. – *The new bronzes of replacement of the Cu-Be alloys for the increasing of the capacity of plastic deformation and cutting*- Proceedings of the 15 th International Conference on Manufacturing Systems – ICMaS – Published by Editura Academiei Române, ISSN 1842-3183, pag. 383-386, 26-27.10.2006, Bucharest, Romania.

Not impressed yet?

What if I tell you that all the components are submerged in a layer of jelly-like substance that further dampens the shocks and vibrations, just to be on the safe side?

Though it is not encouraged by the manufacturer, you could probably use it on some nails, in case you don't have a hammer at your disposal.

Plus, the keyboard and screen (touchscreen, that is) are fully waterproof, and factory tests do not resume to some coffee drops, they actually put it under the shower and operate it.

The already existent army operated models have been through hell and back, and they survived.

A TV-show even tried some extreme "testing" methods, testing meaning "how can we destroy it".

They tried everything: dragging it behind a moving truck on rough terrain, putting it on a barbecue grill, throwing it into a pool, and even setting it on fire.

It got bruised, and scratched, and even had some dents, but it still worked!

The best proof of the fact that it just won't die is the story of an American soldier in Iraq, who was ambushed along with his mates, and instinctively raised his laptop above his head when hearing gunshots.

Guess what? The bullet meant for him stopped in the hard drive of his mean s.o.b. laptop!

Would you believe when I tell you that after replacing the hard drive, it successfully rebooted?

How Superchargers Work

Since the invention of the internal combustion engine, automotive engineers, speed junkies and racecar designers have been searching for ways to boost its power.

One way to add power is to build a bigger engine. But bigger engines, which weigh more and cost more to build and maintain, are not always better.

Another way to add power is to make a normal-sized engine more efficient. You can accomplish this by forcing more air into the combustion chamber. More air means more fuel can be added, and more fuel means a bigger explosion and greater horsepower. Adding a supercharger is a great way to achieve forced air induction.

A mechanical supercharger, or compressor, is essentially a large pump that compresses air and forces it into the engine's air intake, powered by the engine's spinning crankshaft, normally through the accessory belt.

Turbochargers do the same thing, only they are run by exiting exhaust gases.

Originally built for World War II aircrafts, superchargers have become very common in today's performance automotive world, and featured as standard equipment on some new sports cars straight from the factory.

Supercharging an engine often results in huge power increases, in the range of 50% to 100% and even more with some heavily upgraded performance kits that can bring for instance a Ford Sierra or a Morris Mini up to 800 bhp!

The only trick would be to make the bodywork withstand the huge torque and traction forces that result from the modifications.

Most of the superchargers produced today are centrifugal-style, which are internal-compression superchargers, meaning they create the boost inside the head unit (blower) before discharging it into the engine's air intake.

They have dethroned the old external compression superchargers by being more reliable, especially at higher boost levels, and are capable of creating much more boost while creating a much cooler intake charge (which results in an even denser intake charge)

The biggest disadvantage of superchargers is also their defining characteristic: because the crankshaft drives them, they must steal some of the engine's horsepower. A supercharger can consume as much as 20 percent of an engine's total power output, but it overcompensates in power output percentage.

Except for using NOS (Nitrous oxide – N2O) that itself is not flammable, but delivers more oxygen by breaking down at high temperatures, that can instantly increase the engine power by 100 bhp in 1 second, superchargers are still the most cost-effective way to increase horsepower, with most necessary parts being available on the market at reasonable prices (you can install a supercharger with $1500-$4000 on most factory cars) and an increasing number of machine shops that are qualified to perform such an operation.

(Information from http://news.softpedia.com/news)

TECHNICAL -ECONOMICAL ASPECTS REGARDING THE PRODUCTION OF A MECHANICAL MANIPULATOR FOR PRESSING EQUIPMENT

Marin Gheorghe, Avramescu Valeriu, Stanca Grigore, Teodorescu Florin, Birtu Cristian, Craciunoiu Stefan, Grejdenescu Roxana, Paun Loredana
Unconventional Technologies Applicative Research Department (DTPC)
Mechanical Engineering and Research Institute – ICTCM SA, vavramescu@ictcm.ro

ABSTRACT: The paper presents the technical-economical analysis for a mechanical manipulator used to the pressing equipment. This unit can be used any time and any place without installation and it is an ideal tool for handling, positioning, assembly, and feeding operations. The main benefits of the equipment are: increase safety and worker productivity by automatically feeding instead of the worker, reduce costs in labor.

KEYWORDS: Manipulator, pressing machine, automatic alimentation, costs analysis, marketing strategy

1. INTRODUCTION

Even most powerful of the robots cannot develop all needs requested by a customer at a given moment. A solution must be offered to each customer in accordance with his requirements.
The variety and the diversity of the products must satisfy the market of construction of machines or cars, the technique of the semiconductors, the general public electronics or the medical technique and the totality of the fields that ask for an extreme precision.

Industrial diversification, the mondialisation of the market requires increasingly automated industrial localizations. The search of profitability of the production is solved by technical optimization. This one is carried out by the possible integration of the manipulators in the existing productions, a simplification of the programming and maintenance helps the industrial robots to be established in new industrial fields.

Robotics calls upon knowledge of the engineers specialized in mechanics, electronics, data processing and the construction of machines or physics. At the end, the optimal solution is found by the partnership of these types of engineers and knowledge.

The marketing searches made have the final goal to evaluate the possibilities of action in the future of the firm. Seeing that the firm is pull out a new product we were interested to anticipate the evolution of this product on the market and in general the medium into that firm will develop his activity in purpose to have a very good adaptation to the exactingness and expectation of the potential client.

2. TECHNICAL DESCRIPTION OF THE MANIPULATOR

The project realized is new in this domain and it is based made on an invention brevet.

The manipulator is designed for the automatic alimentation of pressing machine, piece by piece, with plane semi-fabricates for the transformation in plastic deformation on cold. Its structure is composed from two subassemblies (Figure 1 and Figure 2):

- one is the subassembly for the alimentation
- another one is for the stock and transfer the semi-fabricates from one special container to an intermediary work post.

The extractor is moved by a pneumatic cylinder and when it gets a command, transfer a semi-fabricates from the container to the intermediate work place. In that moment the arm get down and pick up the piece from the intermediary work place and place it on the tool table transformation.

The cycle is repeating till the stock of pieces is empty moment in witch a clear toned and lightning signal is warning the operator whose job is to alimenting the press machine again and to watch out everything’s going well.

The manipulator for the automatic alimentation of pressing machine proposes for creates, test, transfer and homologation have a high grad of universality and he could be used for all types of pressing machine or pressing equipment.

The fabrication of that product is made with the conventional technology already used in annual production and the impact of the medium will be null.

The technical datas of the manipulator are:
- rotate field: max. 45º;
- vertical displacement: 15 mm;
- maximum piece diameter: 100 mm;
- electrical engine power: 0.37 kW;
- air pressure: 4 atm;
- duration of the time cycle: 1.8 s;
- repetability: between ± 0.18mm, but it can bee smaller in special cases;
- tolerance of positioning: ±0.02 … ±0.15 mm
- weight: 111 kg.

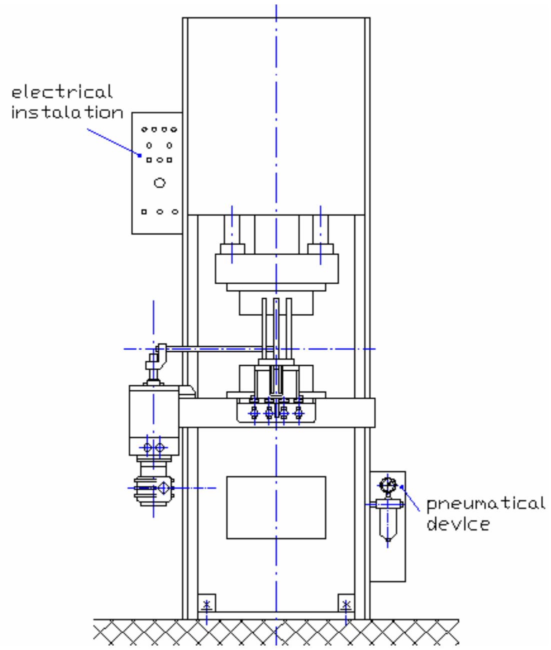


Figure 1. *Front view of the press*

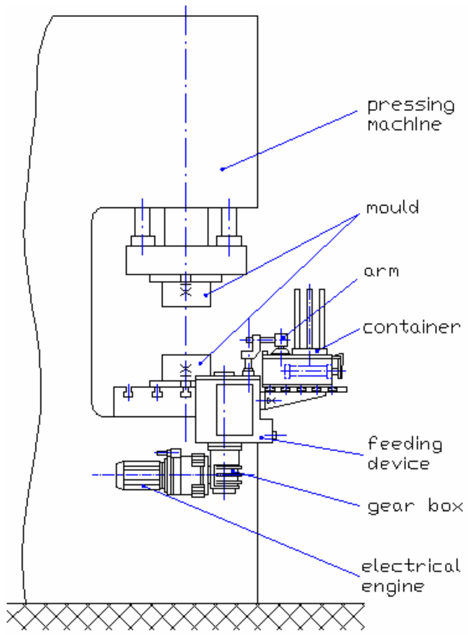


Figure 2. *Lateral view of the press*

3. MARKETING STRATEGY

The research attends two different directions:

- to know the quantitative dimensions and qualitative structural of the market in the study domain and most of all the request and supply of this market mediated by the price;
- to understand the motion of the market, which means the firm adaptation to the market request by examination;
- to offer the capable solution to satisfy and to adapt the market to the capabilities and available assets of the company.

The product designed is addressed to a selective segment of market, that means that it can not be sold en-gross or by shops.

The only possible way of buying the products will be to sell them directly to the customers.

This distribution is imposed because each customer has his needs and the equipment is modified and adapted in order to satisfy his purpose.

The market strategy and the possible trends in the next years are synthetic presented in Table 1 and Figure 3.

Table 1. *General trends for the next years*

Year	2005	2006	2007	2008	2009
Production (no. of pieces)	800	850	920	1100	1250

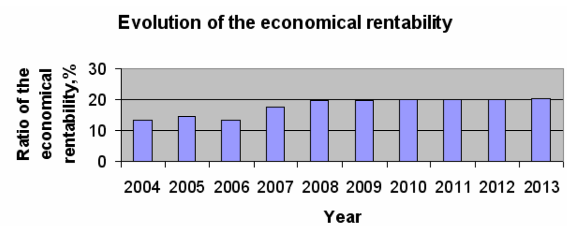


Figure 3. *Economical rentability for the next years*

4. CONCLUSIONS

In conclusion, behind the suitable domain of activity, the actual fabrication program, the serial manufacturing performance and the technological process used, assets that the manipulator for the automatic alimentation of pressing machine is a life-time product, with a lot of potential on the market.

REFERENCES

[1] * * * *Business Planner, User's Guide*, B-Plan International Software Ltd., Israel, 1993.

[2] **Mayers, J-H.**, *Marketing*, McGrow Hill Book Company, New York, 1986.

[3] **Kotler, Ph.**, *Mangementul marketingului*, Editura Teora, Bucureşti, 1997.

[4] **Kotler, Ph.**, Armstrong, G., Saunders, J. *Principiile marketingului*. Bucureşti: Editura Teora, 2001.

[5] **Patriche, D.** *Marketing în economia de piaţă*. Bucureşti: Editura Optimal, 1991.

STRUCTURAL OPTIMIZATION BY SENSITIVITY APROACH IN COSMOS/M

Cătălin Iancu
„Constantin Brâncuşi" University, Tg-Jiu, ciancu@utgjiu.ro

ABSTRACT
In this paperwork are presented a series of theoretical notions regarding elements of sensitivity in optimization analysis of spatial structures. First are presented briefly the basic notions of design optimization, such as Design variables, Objective function, and Behavior constraints, and what they can be in COSMOS/M. Then is presented the notion of Sensitivity in relation with optimization analysis and the sensitivity types in COSMOS/M: global sensitivity, offset sensitivity, local sensitivity, or optimization sensitivity results, and finally conclusions regarding using sensitivity analysis prior optimization analysis

KEYWORDS: Design variables, Objective function, Behavior constraints, Sensitivity

1. DESIGN OPTIMIZATION

Design optimization refers to the automated redesign process that attempts to minimize or maximize a specific quantity (objective function) subject to limits or constraints on the response by using a rational mathematical approach to yield improved designs. Fig. 1 shows minimum weight design of a structure.

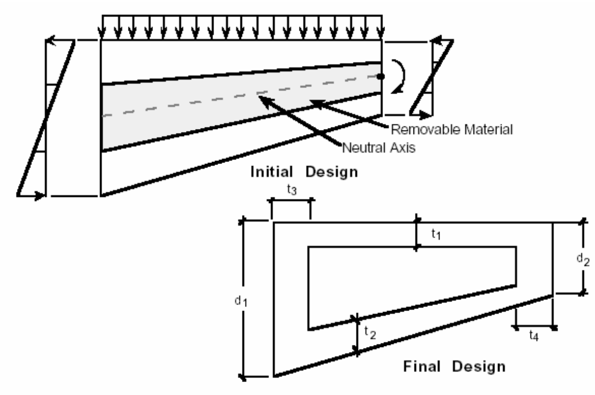


Figure 1. *Minimum Weight Design of a Structure*

A *feasible design* is a design that satisfies all of the constraints. A feasible design may not be optimal. An *optimum design* is defined as a point in the design space for which the objective function is minimized or maximized and the design is feasible. If relative minima exist in the design space, other optimal designs can exist.

Basic terminology in design optimization is: **Design variables**, **objective function**, and **behavior constraints**. They are explained in the following sections.

1.1. Design Variables

Design variables are the parameters (independent quantities) that users seek to find their values for an optimum design. Figure 2 shows a structure having four geometry dimensions defined as design variables.

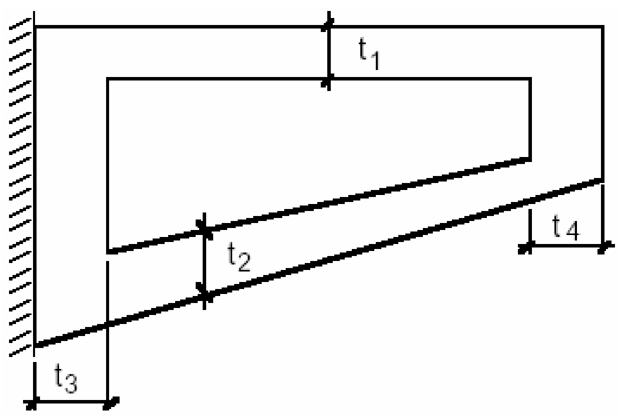


Figure 2. *Structure with 4 Design Variables*

Upper and lower bounds are specified for each design variable. Lower and upper bounds are also referred to as *side* constraints.

For example: 10 ≤ T1 ≤ 25

Lower Bound Upper Bound

Depending on design variables, there are two types of optimization applications:

Sizing optimization and *shape* optimization.

Sizing optimization refers to the class of problems where a change in design variables does *not* change the problem's geometry or mesh.

Shape optimization refers to the class of problems where any change in design variables causes change in the problem's geometry or mesh.

Besides purely sizing optimization and shape optimization mentioned above, there is a class of problems where both sizing and shape parameters are defined as design variables.

1.2. Objective Function

Objective function is a single quantity that the optimizer seeks to minimize or maximize.

The objective function must be a continuous function of the design variables. The **weight** (or volume) of a structure is an example of the commonly used objective functions.

Other possible quantities are:

•Stress;
•Strain;
•Displacement;
•Reaction Force;
•Velocity;
•Acceleration;
•Natural Frequency;
•Linearized Buckling Load Factor;
•Temperature;
•Temperature Gradient;
•Heat Flux;
•Fatigue Usage Factor;
•User-Defined Functions.

The objective function can be composed of different sets of the same type, and can reflect different weight (importance) factors for different portions of the model.

1.3. Behavior Constraints

A behavior constraint is defined as an inequality that must be satisfied in order to have a feasible design. The behavior constraints are typically response quantities that are functions of the design variables. Von Mises stress is a typical example in structural problems:

Ex: von Mises stress ≲ allowed stress

Other possible quantities are:

•Volume;
•Weight;
•Stress;
•Strain;
•Displacement;
•Reaction Force;
•Velocity;
•Acceleration;
•Natural Frequency;
•Buckling Load Factor;
•Temperature;
•Temperature Gradient;
•Heat Flux;
•Fatigue Usage Factor;
•User-Defined Functions.

Multiple constraint sets of different types can also be specified.

In COSMOS/M, users have to specify lower and upper limits for behavior constraints.

For example: 0 ≲ von Mises stress ≤ allowed stress

2. SENSITIVITY STUDY

A sensitivity study is the procedure that determines the changes in a *response quantity* for a change in a *design variable*. Figure 3 shows a sensitivity study of a control arm bracket and Figure 4 shows its result.

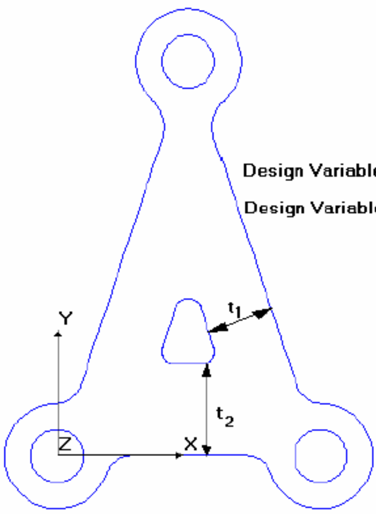


Figure 3. *Sensitivity Study of a Control Arm Bracket in Frequency Analysis*

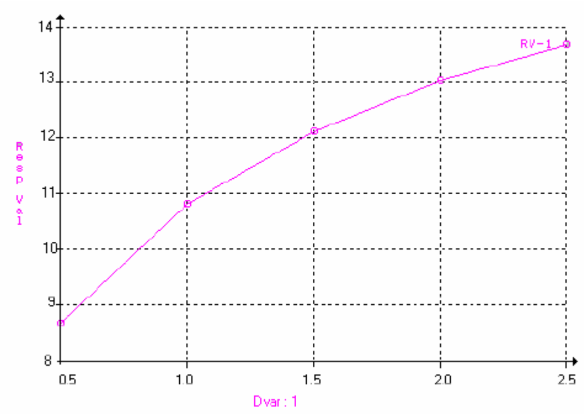


Figure 4. *Fundamental Frequency versus Design Variable-1, t1*

Basic terminology in **sensitivity** study is: Design variables and response quantities. The definition of design variables is the *same* as that in design optimization. Response quantities are functions of the design variables. All the post processing quantities which are suitable for the *objective function* and *behavior constraints* are also suitable for the sensitivity response quantities.

3. SENSITIVITY TYPES

In COSMOS/M there are four types of sensitivity study, namely, global sensitivity, offset sensitivity, local sensitivity, and optimization sensitivity results. They are explained in the following paragraphs.

3.1. Global sensitivity

Is where design variables are changed between their lower and upper bounds in a user-specified number of *steps*. The number of steps is the *same* for all the design variables. Under this type of sensitivity, the user can change all the design variables *simultaneously* or *one at a time*. Have the frequency analysis of a control arm bracket as an example where:

$0.5 \leq$ design variable-1 ≤ 2.5 and

$1.5 \leq$ design variable-2 ≤ 3.5

The plots of response quantity versus design variable are shown in Figure 5 through Figure 7.

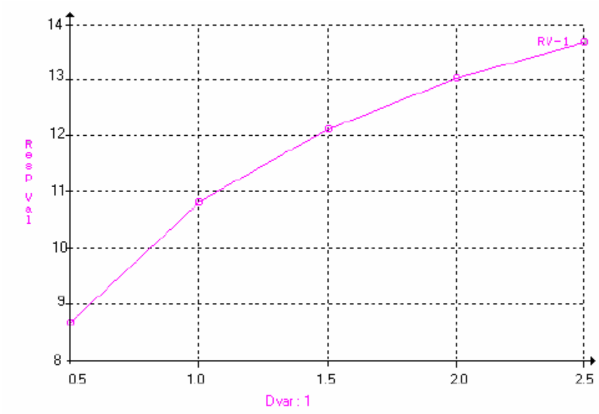


Figure 5. *Global Sensitivity - One at a time: Fundamental Frequency versus Design Variable-1, t1*

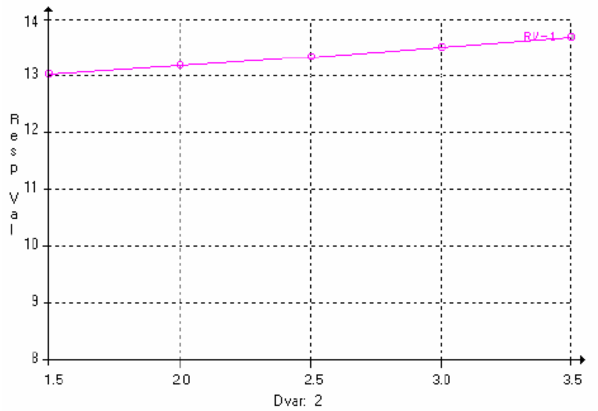


Figure 6. *Global Sensitivity - One at a time: Fundamental Frequency versus Design Variable-2, t2*

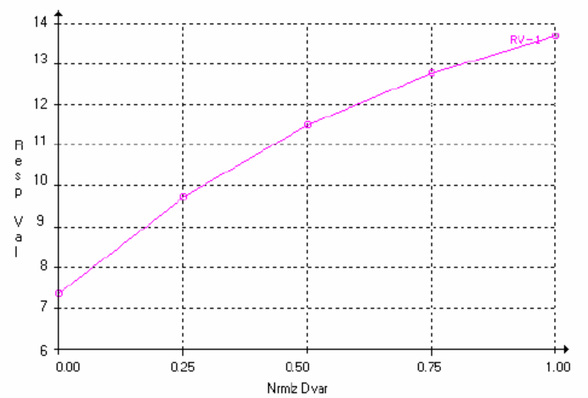


Figure 7. *Global Sensitivity - Simultaneously: Fundamental Frequency versus Normalized Design Variable-1and -2*

3.2. Offset sensitivity

Is where users specify the values of a series of design variables in user-defined sets. The design variables are defined either by the *actual values* or by a *perturbation ratio* with respect to the initial value.

Have the frequency analysis of a control arm bracket as an example where the series of design variables are:

Sensitivity Set Number	DesVar-1	DesVar-2
1	0.5	3.5
2	1.0	3.0
3	1.5	2.5
4	2.0	2.0
5	2.5	1.5

The plot of response quantity versus sensitivity set is shown in Figure 8.

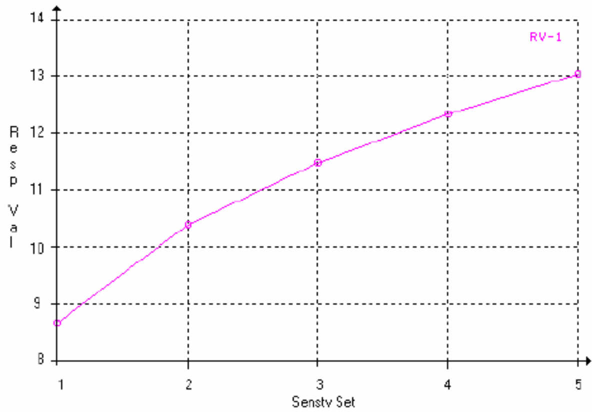


Figure 8. *Offset Sensitivity: Fundamental Frequency versus Sensitivity Set Number*

3.3. Local sensitivity

Is where a design variable is *perturbed* at a time by a user specified value while the rest of the design variables are kept unchanged. The perturbed design variables are defined either by the *actual values* or by a *perturbation ratio* with respect to the initial value. The *gradients* of the response quantities with respect to the design variables are computed based on the finite difference method.

Have the frequency analysis of a control arm bracket as an example where:

Initial Value:	design variable-1=2.5, design variable-2=3.5
Perturbation Ratio:	design variable-1=+0.1, design variable-2=+0.1

The plot of gradient of the response quantity versus design variable set is shown in Figure 9.

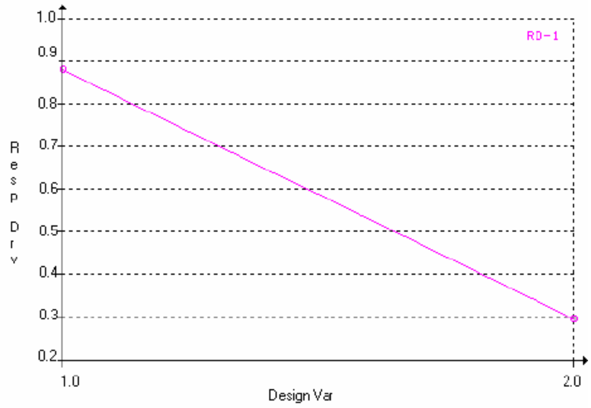


Figure 9. *Local Sensitivity: Gradient of Fundamental Frequency versus Design Variable Number*

3.4. Optimization sensitivity results

Is where gradients of behavior constraints and objective function are computed during the optimization process. The gradients are obtained by taking the derivatives of the *approximation* functions with respect to the design variables. This type of sensitivity study is available *only* when the design optimization is to be performed.

4. CONCLUSIONS

By performing a sensitivity study before optimization analysis, using one of the methods described previously (global sensitivity, offset sensitivity, local sensitivity, or optimization sensitivity results), can be drawn conclusions about response quantity in objective function versus design variable perturbation, and therefore can be retained for subsequent optimization analysis only those design variables that produce a significant response in objective function, and by that reducing the time and difficulty of analysis.

REFERENCES

[1]. **Iancu,C.,** *„Contributions to dimensional optimization of mechanical presses in dynamic regime”*, Ph.D. Thesis, University of Pitesti, Romania, 2001.

[2]. **Iancu, C.**, *„Optimizarea structurală –software specific”,* Conferința „Gorjeanul în mileniul III”, Tg-Jiu, 2005.

[3]. **Iancu, C.**, O*ptimizarea dimensională a preselor mecanice,* Ed. MJM Craiova, 2002.

[4].★★★★-*"Cosmos/M"-FEA System, User Guide,* Structural Research and Analysis Company, U.S.A, 2002.

[5].★★★★ -*"Cosmos/M"-FEA System, Advanced dynamics seminar training manual,* Structural Research and Analysis Company, U.S.A, 2002.

ECONOMIC ASPECTS OF THE BIMETALLIC BUSHINGS

Corăbieru Anişoara, Corăbieru Petrică*, Vasilescu Dan Dragoş***
* SC PRESUM PROIECT SA Iaşi,** SC Procomimpex Iaşi, presum_proiect@yahoo.com

REZUMAT
În contextul integrării României în UE creşterea producţiei şi utilizarea produselor bimetalice este aşteptată în diferite domenii datorită îmbunătăţirii proprietăţilor electrice, termice, antifricţiune, îmbunătăţirea posibilităţilor de lipire, aderenţă, economisirea materialelor neferoase. Cercetările actuale în domeniul bimetalelor vizează creşterea treptată a dimensiunilor geometrice ale bucşelor bimetalice, diversificarea sortimentelor materialelor de bază şi straturilor depuse în direcţia creşterii gradului de aliere, dezvoltarea posibilităţilor de automatizare şi robotizare a depunerilor straturilor metalice. Economiile de metale şi aliaje deficitare ajung până la 90% în cazul utilizării semifabricatelor bimetalice în fabricarea aparatelor cu un grad ridicat de inteligenţă înglobată.

ABSTRACT
In the context of the integration of Romania in the EU the production increase and the utilization of the bimetallic products is expected in different fields due to the improvement of the electric, thermal, anti-friction properties, the improvement of the sticking, adherence possibilities, saving of the non-ferrous materials. The actual research in the field of bimetals hints at the gradual increase of the geometrical dimensions of the bimetallic bushings, the diversification of the assortments of the base materials and deposited layers in the direction of the increase of alloying degree, development of the automation and robot utilization for the deposition of the metallic layers. Savings of metals and critical alloys rich up to 90% in the case of the utilization of bimetallic half-products in the manufacture of apparatus with a high degree of incorporated intelligence.

KEYWORDS: *industrial application, bimetallic bushings*

1. INTRODUCTION

In the context of the integration of Romania in the EU the production increase and the utilization of the bimetallic products is expected in fields like:

- electro-technique, electronics, energetic and nuclear industry;
- chemical, petrochemical, metallurgic and machines construction industry;
- food, textile, wood, cellulose and paper industry;
- air, naval transport and telecommunications;
- consumer goods of longtime utilization;
- manufacture of pharmaceutical and cosmetic products;
- vacuum, cooling and ventilation technique;
- manufacture of synthetic resins and plastics.

2. INDUSTRIAL APPLICATIONS OF BIMETALLIC BUSHINGS

The use of the bimetals carbon steel-bronze has as main purposes the followings :

- the improvement of the electrical, thermal and anti-friction properties;
- the improvement of the sticking, adherence possibilities and surface appearance;
- bronze saving.

Bimetallic bushings carbon steel low alloyed – bronze obtained by special procedures of deposition are used especially for :

- connection bushings, connection couplings for feeding ducts;
- casings, contact points;
- motors sealing gaskets;
- connection bushings of the tanks for auto-vehicles radiators;

- tightening bushings for immersible boilers and heat changers;
- bushings and bearings for the containers under pressure and bearings for containers under pressure and condensers;
- the manufacture of the gearshifts, disks of the hydro-dynamic converters, disk brakes, synchronizing cones, clutches with multiple disks;
- bushings for crude oil refining installations;
- air-coolers at the converters with oxygen for the cooling of the blowing lances and converters hoods;
- half-bearings for tractor and truck motors;
- bearings at Diesel motors and tractors on caterpillars;
- bushings for the manufacture of big turning machines;
- bearings of the shake out machines compressors.

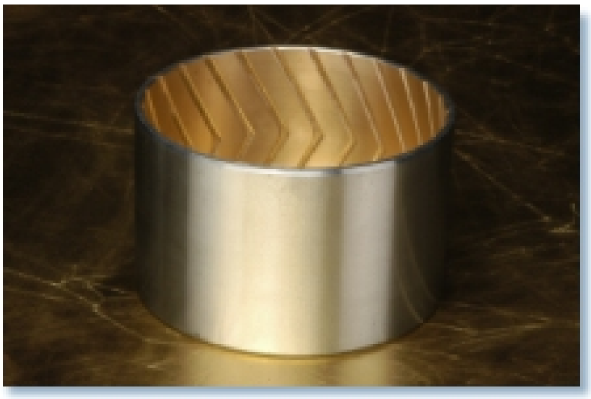


Figure 1. *Bimetallic bushing of hypoeutectoid carbon steel low alloyed – bronze with tin*

3. ECONOMICAL ASPECTS

By the utilization of the half-products and bushings with bimetallic layers the following aspects are had in view :

- saving of the expensive and critical materials and implicitly the imports reducing;
- obtaining a product that combine various properties, unreachable by using of a single metal:

a – the good thermal conductivity of the base steel with the corrosion-proof of the deposited steel;
b – high strength of the base steel with anti-friction good properties of the deposited alloy;
c– high mechanical properties and thermal dilatation coefficients different between component metals of the thermo-bimetal;
d – high technological properties of the base steel with distinct appearance of the deposited materials.

The thickness of the half-products and bimetallic bushings most utilized in the whole world is comprised between 0,5 – 5 mm, the proportion of the deposited layer SD being of 10 – 30%.

In figure 2 the variation of the ratio between the production cost of the monoblock massive half-product and the cost of the carbon steel – stainless high alloyed steel bimetallic half-product is presented, conforming to the economic studies effected in Germany and France.

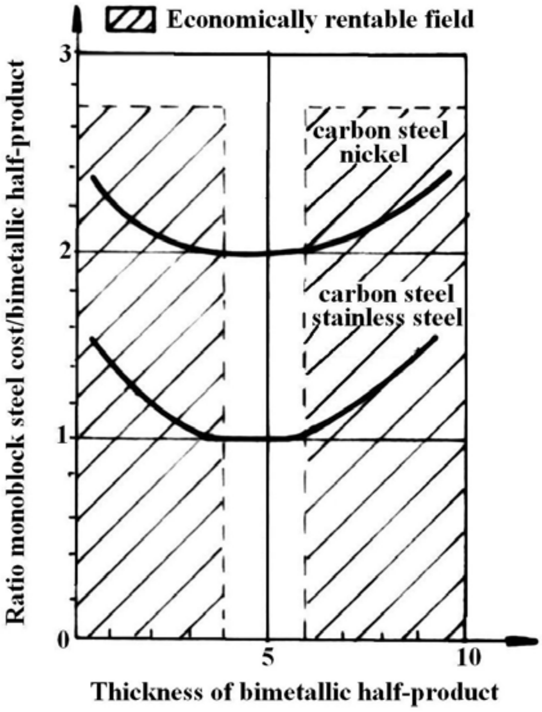


Figure 2. *Variation of the ratio between the production cost of the half-products of monobloc metallic materials and the cost of the bimetallic half-products with deposited layer SD of these materials*

In conformity to figure 2 it is marked that for the thicknesses of the bimetal under 3-4 mm the economic advantage is increasing (the bimetals production is rentable), as well as for thicknesses over 5 mm.

Using the half-products and the bimetallic bushings low alloyed carbon steel – bronze, the percentage savings presented in table 1 are obtained.

No.	Savings resulted by the utilization of the bimetals low alloyed carbon steel - bronze	Proportion of deposited layer SD, %	
		10 %	20%
1	Value savings	39	24
2	Quantitative savings regarding the alloy of deposited layer SD	81	65
3	Minimum ratio between the price of the deposited alloy SD and the price of the base material MB in order to achieve value savings	4	5

Table 1. *Average savings achieved by the obtaining and utilization of the bimetals low alloyed carbon steel -bronze*

Indicative calculations in order to establish the costs of some half-products and bimetallic bushings carbon steel–copper and carbon steel-bronze with the proportion SD 15%, by comparing with the technological proceedings are presented in the table 2.

No.	Manufacture proceeding	Estimative cost		
		France, Germany, Sweden	Russia, Ukraine	Romania
1	Method of compound ingot	118%	120%	120%
2	Method of compound package	123%	127%	125%
3	Method of welding in slag bath	!05%	105%	105%
4	Centrifugal methods	100%	100%	100%

Table 2. *Comparative costs of the of the half-products and bimetallic bushings depending on the technological proceedings*

From the table 2 it is remarked that the most advantageous proceedings from the economic point of view are those based on centrifugal methods → much more the real possibilities of the immersion and centrifugation proceedings which eliminate operations and equipment necessary to pre-heating, manipulating, casting into spin casting machines, extraction.

Having in view a possible series production in Romania, the products would be competitive on the European market taking into account that for a period of time the expenses with the man power will be low.

In figure 3 the percentage savings (%) are indicatively synthesized in the presented curves, that are achievable by using a ton of bimetallic half-products of low alloyed carbon-steel – stainless steel and of a ton of half-products and of a ton of bimetallic half-products and bushings of low alloyed carbon steel - bronze → instead of a ton of half-products of stainless steel, respectively bronze.

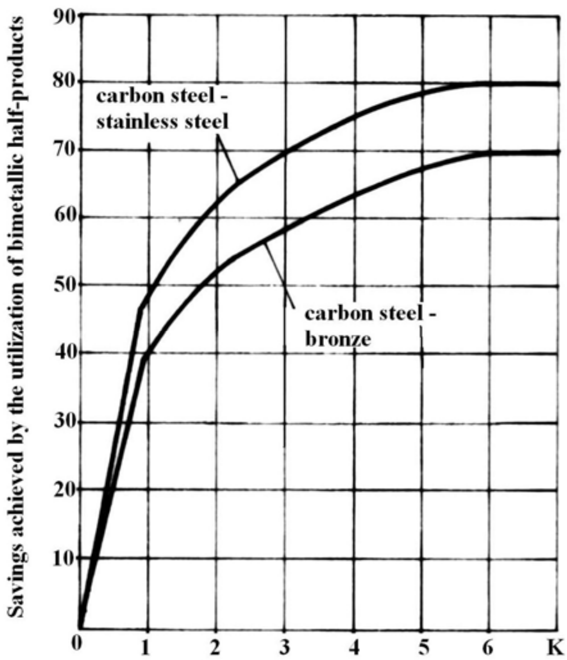


Figure 3. *Savings achieved by the utilization of bimetallic half-products*

The savings represented in the ordinate have been established depending on the ratio K from the in the abscissa (K= ratio between the surface of the cross section of the carbon steel half-products and the surface of the deposited layer section). As much bigger is K as the obtained savings are higher. In the building machines, energetic and automobile industry the bimetallic half products and bushings of low alloyed steel – anti-friction material are used on a large scale and they have superior characteristics: high and stable friction coefficient at different temperatures, low wearing and long service time, resistance at high temperatures and good thermal conductibility, high resistance at corrosion, ensurance of a slow braking.

The utilization of the bimetallic half-products and bushings of steel bronze achieve a 60-70% average of savings of Cu alloys; in the case of apparatus and machines manufacture (products with a high incorporated intelligence degree) the savings can reach even up to 90% scanty metals and alloys (in which case they are used as thin layers deposited and tight joined by MB of carbon or low alloyed steel).

The economic efficiency is as much bigger as the geometrical dimensions of the products are bigger and the proportion of the deposited layer SD is reduced at minimum values.

5. CONCLUSIONS

The actual tendencies in the world in what concerns the bimetallic bushings of carbon steel-bronze and carbon steel-high alloyed steel are:

- the gradual increasing of the geometrical dimensions bushings leads to the increasing of the economical advantages in the case of the utilization for welded constructions of big dimensions;
- the manufacture of the bimetallic half-products and bushings of great dimensions for special utilizations in the petrochemical, energetic and nuclear industry;
- the continuation of the research for the extension of the ranges of MB and SD in the direction of the increasing of the alloying degree for the large utilization in the automobiles industry.

The technological proceedings of immersion and centrifugation impose also from the economical point of view existing a sale market for the bimetallic bushings, the technological proceedings having big possibilities of automation and robots utilization.

REFERENCES

1.Corãbieru P., Predescu C., Velicu S., Corãbieru A., Vasilescu D.D. – *Researches concerning the influence of joining temperature on the bimetal layer* – The 7th International Conference of Technology and Quality for Sustained Development, May 25-27, 2006, Bucharest, România – organized by University Politehnica of Bucharest in cooperation with Politecnica di Milano, Italy and De Montfort University United Kingdom, Proccedings TQSD06, p. 139-144, ISBN 973-720-035-7, AGIR Publishing House.

2.Corãbieru P, Corãbieru A., Velicu S., Predescu C. – *The new bronzes of replacement of the Cu-Be alloys for the increasing of the capacity of plastic deformation and cutting*- Proceedings of the 15th International Conference on Manufacturing Systems – ICMaS – Published by Editura Academiei Române, ISSN 1842-3183, pag. 383-386, 26-27.10.2006, Bucuresti, România.

3.Corãbieru P., Corãbieru A., Alexandru I., Vrabie I. – *The influence of joining temperature on the bimetal layer structure and characteristics*, Polytechnic Institute of Iasi, Volume LI (LV), Fascicle 3, Section Metals Science and Engineering – 2005, pag. 77-82, ISSN – 1453-1690.

Quick Info

The Number One PC Manufacturer in the World

And the winner is...

For the prize of the biggest PC manufacturer in the world, there is an ongoing struggle between Dell, HP, Lenovo, IBM, just to name a few. Winning in such an "event" is a great achievement, because, for one, it means that you have sold the biggest number of PCs in the world, and it also represents that you are the top dog. After months of deliberating, the numbers are in, the votes are all valid, and, drums roll please, the winner is: HP.

According to results from IDC concerning the first quarter of 2007 PC sales, HP has taken the lead of the market with a 3.9 percentage lead from the next competitor, giving them 19.1 percent of the share market. The Constant Annual Growth Rate (CAGR) has shown a 28.2 percent year-over-year increase, more than twice of the expected overall worldwide PC market for that period.

Todd Bradley, executive vice president, Personal Systems Group, HP said: "HP's focus on delivering the best customer experience while optimizing its business model, targeting specific segments and delivering innovation that matters is driving global growth and market share gain. HP is addressing the needs of consumers, small and midsize businesses and enterprise customers with the industry's broadest portfolio of products available through the purchase channels of their choice."

(Information from http://news.softpedia.com/news)

FRECARE ŞI CUPLE DE FRECARE, ÎN CONDIȚIILE STUDIULUI PROCESELOR TRIBOLOGICE

Stănescu Titu, Topologeanu Marian*, Mihăescu Leonard*, Rădulescu Gabriel***
S.C. ICTCM-SA Bucureşti, INOE 2000-IHP Bucureşti,

REZUMAT ABSTRACT
Lucrarea prezintă cercetări privind procesul de frecare şi cuplele de frecare, în condiții tribologice, analizând frecarea între suprafețele de contact cu mişcare relativă şi cuplele de frecare.

ABSTRACT
The paper presents researches concerning the friction process and friction couples in tribological conditions, analysing the contact between the friction surfaces in relative mouvement and the friction couples.

KEYWORDS: Friction process, Friction couples, Tribological conditions,

1. INTRODUCERE

La frontiera dintre mecanica solidelor şi mecanica fluidelor s-a conturat o nouă ştiință „tribologia", definită ca „ştiința şi tehnologia interacțiunii suprafețelor în mişcare relativă şi a aplicațiilor ce rezultă".

Cercetările de frecare, uzură şi ungere prin natura lor complexă solicită pe lângă mecanica corpului solid şi lubrificația şi alte domenii ale ştiințelor: cristalografie, rezistența materialelor, termotehnica, fizico-chimia suprafețelor, chimia moleculară şi a lubrifianților, sisteme de ungere.

În cadrul prezentului articol se va pune accentul pe procesul de frecare şi cuple de frecare, în condiții tribologice.

2. FRECAREA ÎNTRE SUPRAFEȚE DE CONTACT, CU MIŞCARE RELATIVĂ

Suprafața solidului, aşa cum intervine ea în procesele fizice, este o noțiune complexă care poate fi numai parțial descrisă prin mărimi ca: rugozitate, duritate, energie superficială, etc. Orice acțiune asupra suprefeței va antrena în general modificări ale tuturor mărimilor caracteristice. Cunoaşterea aprofundată a proprietăților suprafeței este deosebit de importantă pentru procesul de frecare-uzare, procesul de oboseală şi alte forme de deteriorare a elementelor cuplelor de frecare.

Suprafețele reale ale solidelor, oricare ar fi procesul lor de prelucrare, prezintă neregularități sau abateri de la forma geometrică prescrisă. Chiar şi cele mai netede suprafețe, ca de exemplu cele obținute prin clivajul unor cristale au încă denivelări a căror înălțime depăşeşte de câteva ori distanțele inter-atomice.

Orice măsurare a caracteristicilor suprefeței va lua în considerare forma geometrică ideală a acesteia. Suprafața efectivă este apoi comparată cu suprafața geometrică. Abaterile suprafaței efective față de suprafața geometrică pot fi împărțite în mai multe categorii. Abaterile de prim ordin se referă la abeterile de formă. Abaterile de ordinul doi se referă la ondulații, în timp ce rugozitetea include abaterile de ordinul trei şi următoarele. Pentru aplicațiile tehnice interesează în primul rând rugozitatea macroscopică, care ar corespunde ordinelor doi şi celor imediat următoare. Pentru problemele legate de procesele fizico-chimice ce au loc la nivelul suprafețelor de contact, prezintă interes microrugozitatea suprafețelor sau abaterilor de ordin superior.

Metodele de investigare a suprafețelor se lovesc de dificultăți datorate în primul rând scării microscopice la care se desfăşoară procesele tribologice şi a imposibilității observării lui directe.

Caracterul discret al contactului suprefețelor, multitudinea parametrilor şi complexitatea fenomenului frecare-uzare-ungere au făcut ca determinările experimentale, empirice, să nu permită depăşirea unei anumite etape de început. Pentru verificarea fenomenului s-au cerut verificate o serie de ipoteze de natură diferită (mecanică, fizico-chimică, electrică) privind natura forței de frecare, caracterul suprafeței de contact, formarea şi ruperea starturilor de suprafață (limită, oxizi de reacție, etc.).

Caracterul uzării şi a tipurilor de uzură, influenţa şi acţiunea mediului şi a altor parametri (regim termic, sarcină, viteză, duritate, etc.), trasformările suferite de stratul de suprafaţă datorită efectelor consecutive ale sarcinii, forţei de frecare, a tensiunilor interne etc. impun posibilitatea de măsură şi de control la diferite scări microscopice. În acest mod se va putea urmări starea suprefeţei de frecare şi a microrugozităţilor înainte şi după procesul de uzare, precum şi vor putea fi explorate transformările interne intime a straturilor, peliculelor şi a microfisurilor până la adâncimi de ordinul zecilor şi sutelor de angstromi.

Dacă măsurarea globală a forţei de frecare şi a uzurii a fost uşor de rezolvat, posibilitatea de a urmări cum apar şi cum evoluează ele, a cerut eforturi mari şi necesitatea utilizării unor metode de mare sensibilitate şi fineţe, cum sunt cele utilizate în fizica corpului solid.

Pentru a se înţelege modul în care se produce contactul suprafeţelor în timpul frecării, trebuie utilizate metode diverse şi deosebit de eficace.

Astfel, pentru determinarea ariei de contact este necesară microscopia optică, interferometria, rugozimetria sau metodele electrice.

Microscopia electronică de diferite feluri şi sonda electronică sunt necesare pentru a studia calea în care suprefeţele sunt deformate în timpul alunecării şi cum apare transferul de material de la o suprafaţă la alta.

La acest procedeu fascicolul de electroni explorează suprafaţa sub un unghi de incidenţă foarte redus. Deşi puterea de rezoluţie este mică, procedeul se foloseşte în studiul suprefeţelor datorită posibilităţilor care le oferă punerea în evidenţă a microgeometriei.

Difracţia de electroni sau de raze X este utilă cunoşterii structurii suprafeţelor şi a compoziţiei şi structurii filmelor de suprafaţă. Pentru a putea studia uzura şi transferul se folosesc cu succes şi trasorii radioactivi.

Sunt metode moderne şi de ultimă oră folosite în lume şi care sunt mai puţin cunoscute la noi în ţară (de exemplu scanning tunneling microscopy, metodă pentru care în 1986 s-a acordat Premiul Nobel pentru fizică).

Scanning Tunneling Microscopy (STM) – reprezintă o tehnică microscopică nou apărută şi care este capabilă de imagini de o înaltă rezoluţie a suprefeţelor atât în direcţie orizontală cât şi verticală. Această rezoluţie înaltă este obţinută în aer, vacum, mediu lichid, lucru care face ca această tehnică să fie folositoare pentru diferite tipuri de suprafeţe.

Este vorba de un vârf conducător ascuţit adus la o distanţă de 1 nm de suprafaţa de investigat, numită şi suprafaţa specimen. În mod curent o tensiune variind între 0.01 şi 1 V este aplicată între vârf şi suprafaţă. În aceste condiţii, interstiţiul vârf-suprafaţă este suficient de mic pentru realizarea unui transfer de electroni între cele două elemente.

Mişcările în sus şi în jos ale vârfului, trasează topografia suprafeţei, analog cu tehnicile convenţionale ale profilometriei, excepţie facând faptul că la STM vârful nu atinge niciodată suprafaţa. Modul de funcţionare a STM-ului în vacum este acelaşi ca şi în aer sau în lichide.

O metodă foarte utilizată în studiul proceselor tribologice este metoda trasorilor radioactivi.

Trasorii radioactivi au fost aplicaţi la studiul următorelor fenomene :

- uzura suprafeţei cu formarea de reziduri şi deşeuri metalice sau nemetalice (wear debris);
- transfer de material între suprfeţele cuplei de frecare;
- interacţiune între suprafaţă şi lubrifiant.

Locul în care metoda şi-a dovedit cel mai mult utilitatea l-a constituit studiul uzurii suprafeţelor.

Pentru a determina uzura unei componente prin intermediul trasorilor radioactivi este necesar a avea o distribuţie uniformă a izotopului asupra întregului volum al componentei sau cel puţin într-un suficient de mic volum de material. Acest lucru este necesar întrucât aliajele au o microstructură ce poate afecta distribuţia radioizotopului.

Tehnicile de activare ale suprafeţelor în contact sunt următoarele:

- activare integrală;
- introducerea izotopilor în timpul turnării;
- depunerea pe suprafaţa de frecare de radioizotopi prin difuzie, depunere electrolitică ;
- activarea straturilor subţiri.

În ultima perioadă, cea mai des folosită metodă este aceea a activării la IFA-Măgurele a straturilor subţiri. Aceasta este o tehnică foarte eficientă de reducere a radioactvităţii totale fără descreşteri în activitatea specifică. În acest caz, izotopii radioactivi sunt obţinuţi prin reacţii nucleare între particule încărcate cu energie înaltă, dintr-un accelerator, şi atomii suprafeţei ce urmează a fi iradiată.

Determinarea volumului materialului uzat se realizează fie prin măsurarea radioactivităţii lubrifiantului sau prin măsurarea radioactivităţii totale a părţii iradiate. Acest lucru permite determinarea uzurii componentelor utilajelor în sarcină.

3. CUPLE DE FRECARE

Frecarea poate fi denumită ca un proces complex de natură moleculară, mecanică şi energetică, care are loc între suprafeţele de contact ce au mişcarea relativă.

După rolul funcţional al cuplei, frecarea dintre elementele ei poate fi privită ca :

- *dăunătoare:* datorită efectelor principale (încălzirea şi uzarea), care conduc la scoaterea din uz a cuplei de frecare (lagăre, piston-cilindru, angrenaje etc.) sau datorită întreţinerii unor vibraţii (mişcarea sacadată ce apare la ghidajele MU, preselor, etc.);

- *utilă,* deşi poate fi însoţită de asemenea de încălzire, vibraţii sau uzare (ambreaje, frâne, îmbinări cu pană, variatoare prin fricţiune, etc.)

În construcţia de maşini, frecarea uscată nu este singurul regim producător de uzură, deoarece, în anumite condiţii , chiar şi în prezenţa lubrifiantului, pot avea loc contacte ale microasperităţilor. Astfel, frecarea limită, frecarea mixtă şi regimul parţial elastrohidrodinamic constituie şi ele regimuri de frecare (în prezenţa unui mediu lubrifiant) la care apare uzura.

Din punct de vedere tribologic o cuplă de frecare a fost definită ca fiind un ansamblu de două sau mai multe corpuri în contact având o mişcare relativă de alunecare, rostogolire, pivotare sau combinaţii ale acestora.

În tabelul 1.1 este prezentată clasificarea cuplelor de frecare, din care se remarcă diferenţe esenţiale între ariile aparente sau nominale ale cuplelor de frecare denumite superioare (clasele I-II) şi cele denumite inferioare (clasele III-IV).

În figura 1 sunt prezentate cuplele de frecare de clasa a II-a, cele mai reprezentative.

Tabelul 1.1.

Tipul contactului	**Categoria cuplei**	**Clasa**	**Numărul contactelor**	**Exemple**
Punctiform	Superioară	I	1-4 şi mai multe	Contacte pe vârfuri ; bilă/plan ; patru bile ; rulmenţi cu bile etc.
Liniar	Superioară	II-a	1-4	Rolă sau fus/plan; două role; lagăr cuţit; trei role; rolă şi patru contacte; angrenaj cilindric etc.
Suprafaţă cilindrică şi sferică	Inferioară	III-a	1-2 şi mai multe	Rolă sau fus cu unul sau doi saboţi ; lagăr circular ; piston-cilindru ; şurub piuliţă etc.
Suprafaţă plană	Inferioară	IV-a	1-2	Baza epruvetei cilindrice/plan; două inele glisiere cu una sau două suprafeţe în contact etc.

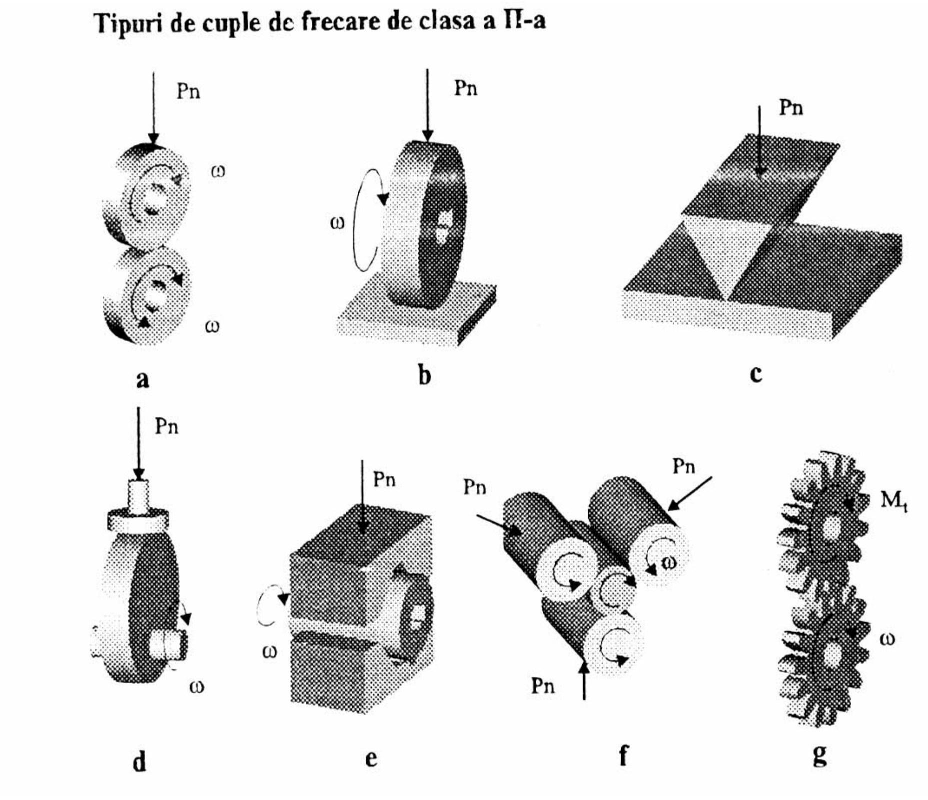


Figura 1.
a) cilindri cu axe paralele (SAE); b) cilindru pe plan (TIMKEN); c) lagăr cuţit; d) camă-tachet ; e) cilindru cu patru contacte (FALEX) ; f) trei cilindri; g) angrenaj cilindric

4. CONCLUZII

Studiul evoluției fenomenului de uzură ca o consecință a frecării indică existența unui anumit tip de relații între microstructură şi macrostructură, procesul prezentând dublu aspect.

Verificându-se ipoteza schimbării continue a stării de suprafață, se dovedeşte totodată că acest proces, cu dublu aspect, evoluează după o lege statistică.

Urmărirea evoluției fenomenului de uzare în procesul de frecare limită sau mixtă, indică o continuă schimbare în relațiile dintre microstructură şi macrostructură. Această situație este generatoare de factori de eroare, fiind la rândul ei influențată de următorii parametri principali: starea de suprafață, sarcină, viscozitatea lubrifiantului, caracteristicile materialului, viteza etc.

BIBLIOGRAFIE

1. **Pavelescu, Dan** – *Concepții noi, calcul şi aplicații în frecarea şi uzarea solidelor deformabile*, Editura Academiei, 1971;
2. **Pavelescu Dan** – *Tribologie*, Editura Didactică şi Pedagocica, 1977
3. **Tabor, D.** – *The Contribution of the Physicist to Tribology*, The Inst. of Mech. Engineers Proced, London 1967;
4. **Chung, W. , Sriram, T.S**.- *Scanning Tunneling Microscopy*, Wear;
5. **Iliuc, I.** – *Tribology of thin layers*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam 1980.

Quick Info

All Human Beings Deserve Windows

Microsoft is getting ready for the next five billion people

Microsoft is getting ready for the next billion people driven by the belief that all human beings deserve Windows. Microsoft Unlimited Potential is a new initiative debuted by the Redmond Company and designed to provide social and economic resources to the estimated 5 billion people that do not have access to the benefits of technology. Unlimited Potential is essentially a continuation of Microsoft's commitment to narrow down the digital divide with programs and technology addressing no less than 5 billion people.

"All human beings deserve a chance to achieve their full potential," said Bill Gates, chairman of Microsoft. "Bringing the benefits of technology to the next 5 billion people will require new products that meet the needs of underserved communities; creative, new business approaches that make technology more relevant, accessible and affordable; and close collaboration between local governments, educational institutions and community organizations."

As part of the Unlimited Potential initiative, the Redmond Company has already announced the availability of the Microsoft Student Innovation Suite around the world for just $3. The Student Innovation Suite contains both Windows XP Starter edition and Office 2007 Home and Student.

Additionally, Microsoft has announced that it will open and support an estimated 200 Innovation Centers in 25 countries more by 2009. This will extend the company's current network of 110 centers in 60 nations.

Quick Info

Free Trial of Exchange Server 2007

Courtesy of Microsoft and Unisys

Microsoft has announced a new offer for enterprise customers that are looking to test its email, calendar and messaging platform Exchange Server 2007. According to the Redmond Company, enterprise users will be able to access a free trial service of Exchange Server 2007 via Unisys, a company that will implement and manage the program.

Exchange Server 2007 delivers built-in protection, anywhere access and operational efficiency as the primary features. Microsoft informed that enterprise customers will be able to enjoy all that Exchange Server 2007 has to offer. Those interested in test driving Exchange Server 2007 can visit Microsoft Exchange Server 2007 Hosted Trial and create a new account to be able to test the product.

Out of the features delivered by Exchange Server 2007, Microsoft has emphasized anywhere access that allows users to connect via either a PC or a mobile phone and over the Internet. Additionally, the Redmond Company has touted the product's new unified messaging capabilities.

"Microsoft is pleased to collaborate with Unisys to offer this free managed service for customers," said Peter Boit, vice president for the Enterprise and Partner Group at Microsoft. "We hear from our enterprise customers they want technology solutions with built-in features to help keep their business secure, productive and moving forward. This free trial enables customers to test-drive the capabilities included in Exchange Server that address these key areas. By offering this trial with Unisys, we're giving customers an opportunity to evaluate the new levels of security and mobility so they can have a firsthand account of how the technology can help their enterprise thrive."

(Information from http://news.softpedia.com/news)

MINIMISING REMANENT STRESS IN THERMAL SPRAYING DEPOSITIONS

Leonard Teodoru
S.C. ICTCM S.A. Bucureşti, lteodoru@gmail.com

ABSTRACT
The paper presents several attempts to minimise remanent stress in various electric arc thermal spraying depositions by means of shot peening.

KEY WORDS: Thermal spraying, remanent stress.

1. INTRODUCTION. ORIGIN AND CLASSIFICATION OF REMANENT STRESS

Remanent stress is stress existing in a solid body in absence of exterior stress. As a rule, remanent stress is generated in three ways: thermal stress (as a result of non-uniform extension or contraction because of differences in temperature, cross section and volume); structural stress (produced by suppressing volume changes specific to heating or cooling transformations); operational stress (introduced as a result of mechanical action during casting, deformation, welding, cutting).

Remanent stress falls under three categories: macroscopic, microscopic and submicroscopic or reticular.

2. REMANENT STRESS IN THERMAL SPRAYING DEPOSITION LAYERS

In metal platings usually appear all three types of stress. Their value varies in function of spraying method, deposition thickness, type of sprayed material, surface preparation for spraying, technologic spraying regime, cooling conditions, etc.

During deposition, remanent stress appears that has different signs, can attain significant values and may have a non-uniform distribution between the sprayed layer and the support metal. Remanent stress is characteristic of every type of metallization coating.

Remanent stress has the greatest effect on the adherence of deposition on support material: at high values, spontaneous exfoliation takes place, or cracks appear in the deposition. Change of form or exfoliation takes place unless the part has insufficient rigidity.

The level and sign of remanent stress and the character of its distribution determines the constructive resistance of parts, influences the chemical, mechanical and electrophysical properties of depositions:

Remanent stress appears in metallising depositions as a result of :

- different extension coefficient of deposition material as compared to the support material (thermal remanent stress);
- specific volume change of structural phases;
- non-uniform distribution of sprayed material in electric arc or gas jet;
- constructive characteristics of the product on which thermal spraying is performed, etc.

After cooling, it is possible that normal and tangential stress are formed to the interface of deposition and support metal. The result of the action of these types of stress are deformations that can bring about deposition degrading. This is a characteristic for the case when the thermal extension coefficient of the deposition material is higher than the coefficient corresponding to the support material, leading to the apparition of expansion stress.

In the case of electric arc thermal spraying metallisation technologies, the deposition thickness is limited to the level of internal stress that appear in the deposition. It is well-known that most flaws of parts thermally sprayed appear, as a result of surpassing the values allowed for remanent stress in the layer, during spraying, machining and exploitation.

Besides remanent stress that appear during thermal spraying deposition, as a result of the above mentioned reasons, there is another category of stress that is due to phase changes during deposition cooling and solidification.

Volume changes associated with phase changes taking place at high temperature have the tendency to the balanced by stress that produces plastic deformation.

3. MEASUREMENT OF REMANENT STRESS IN THE DEPOSITIONS CARRIED OUT BY THERMAL SPRAYING

The coating technology by thermal electric-arc spraying is now widely utilized to repair the used parts or to become preventively coated the new parts in order to increase their reliability. Just like with other thermal spraying procedures, the deposit thickness is limited to the level of the internal stresses developed in the deposition.

It is well-known that the most defects emerging at the parts coated by thermal spraying appear when exceeding the accepted values of the deposit remanent stresses during the spraying process, mechanical working or exploitation.

A simple method for determining the remanent stress, method which might be used in any thermal spraying workshop, is that consisting in performing a deposition on a steel strip and then measuring the amount of deflection of the respective strip.

The condition that the sample must meet is to be elastic so as not to appear remanent deformations which could distort the results of the measurements, and concerning its section and length, respectively, the elasticity is needed to allow elastic deformations measurable by ordinary control means (micrometer, comparator).

Knowing the relation existing between stress (σ) and deformation (ε), σ=Eε , and between specific deformation (y) and radius of curvature (ρ), we may write:

$$\varepsilon = \frac{y}{\rho} \tag{1}$$

where: $$\sigma = E\frac{y}{\rho} \tag{2}$$

$$\rho = \frac{l^2 + 4f^2}{8f} \tag{3}$$

$$y = \frac{g}{2} \tag{4}$$

That leads to: $$\sigma = 4E\frac{\rho f}{l^2 + 4f^2} \tag{5}$$

The spraying parameters conditioning the heat amount of the melt particles influence directly the remanent stresses. Therefore, the small particles will lose more heat during flying and thus, the heat transfer at the base surface level will be less.

The diminution of transferred heat amount entails the reduction of stresses in the layer.

The increase of the air pressure enhances the fineness of the particles what leads to decrease the remanent stress. The increase of the voltage determines the increase of the particle temperature and consequently, this leads to high stresses.

The spraying distance is inversly proportional to the temperature at which the particles reach the workpiece, and therefore also to the stresses induced in the layer.

In addition to the remanent stresses developed during the thermal spraying, as a result of the reasons presented above, there are also another category of stresses induced due to the phase changes during the solidification and cooling of the deposition.

The volume modifications associated to the phase transformations which occur at high temperature, tend to be equilibrated by tensions causing plastic deformations.

The present method is exact and efficient, being able to be applied in any specialized metal spraying workshop, and allows, when the spraying conditions are different from those under which the tests were made, to perform spraying tests and determine optimum working parameters.

It is also possible to use for spraying some other materials that have not been tested or have uncertain composition. First, the initial deflection was measured by means of a comparator device, and then the first deposit was sprayed up to 0.1 mm in thickness.

The amount of deflection was measured again and then other depositions of 0.1 mm in thickness were performed, always making measurements of deflection for each one. The data obtained were used to trace diagrams and to determine the calculation formula for the function σ=ks.

Till now, there were tested the following categories of materials: carbon steel, alloy steel, mild non-ferrous materials (aluminium, copper, brass), hard non-ferrous materials (bronze, Cu-Ni alloys).

It was analyzed the influence of the following factors on the amount of the remanent stresses existing in the deposits: voltage (V), air pressure (bar), spraying distance (mm), workpiece temperature (^{o}C).

The curve charted after performing the measurements on strip-type samples, while the deposit thickness increases, presents a straight line with a high slope for the first 0.1 mm deposits followed by another straight line of smaller slope for the deposits of up to a 0.8….1.0 mm thickness.

It found that the remanent stresses increase uniformly together with the increase of the deposit thickness .

4. MINIMISATION OF REMANENT STRESS IN THERMAL SPRAYING DEPOSITION

To minimise remanent stress in thermal spraying depositions, shot peening was used to release stress.

Shot peening is a process by which superficial hardening of metal part is obtained. Spherical metal shots were used for shot peening the surface of parts at high speed from the blades of a turbine or through compressed air jet.

After metallisation depositions, there were measured initial and final arrows, total thickness of deposition and expansion stress at the basis of the deposition, according to final arrow, for every sample of tested material.

The time interval for shot peening between two measurements was selected function of the material, its capacity to accumulate compression stress during shot peening, respectively.

During measurements, diagrams of arrow-stress of remanent stress variation were drawn up, function of the shot-peening time.

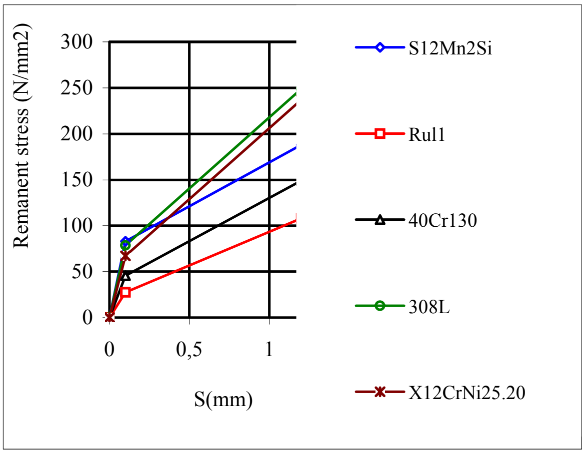


Figure 1. *Diagram of remanent stress at the basis of the deposition function of deposition thickness by electric arc thermal spraying for several tested materials.*

The diagram of deposition thickness reduction was established function of the shot peening time, which shows the moment when saturation appears (shot peening no longer produces significant compression stress in the layer.

5. MINIMISING SPEED OF REMANENT STRESS AND COMPACTING DEPOSITION LAYER THROUGH THERMAL SPRAYING

Hardening by shot peening of metallic depositions' surface obtained by thermal spraying results in their physical and mechanical changes, such as: smaller porosity, higher density and hardness, lower remanent stress, through the introduction of compression stress.

Shot peened surfaces have a better smooth aspect.

This feature is to be taken into account in the case of these surfaces that are not subject to further machining.

The effects of the above mentioned changes are: higher corrosion resistance of the deposition (for stainless steel and non-ferrous materials), as a result of lower permeability, higher density and higher hardness of the deposition.

Minimisation time and remanent stress values were established for every tested material. Two diagrams were produced on the basis of these values.

The first diagram represents the variation of shot peening duration for the tested materials, function of the stress release percentage.

In both diagrams, the variation of the shot peening time and remanent stress function of the stress release percentage is linear. The difference lies in the gradient of deposition hardening.

Both diagrams are useful when it is intended to know the precise duration of shot peening required to attain a specified coefficient of minimisation for a deposition material.

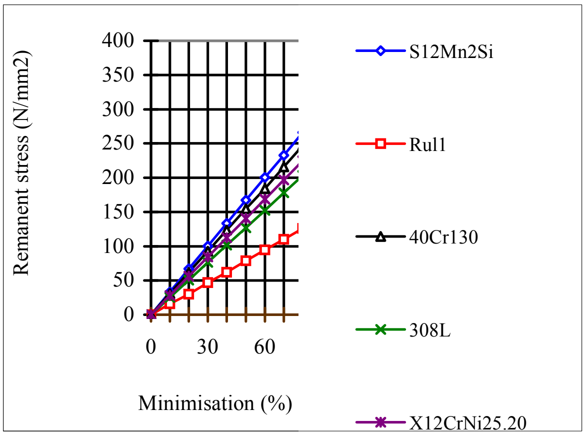


Figure 2. *Variation of remanent stress in depositions obtained by electric arc thermal spraying, function of the minimisation percentage for various tested materials.*

6. CONCLUSIONS

Shot peening represents a technologic possibility of increasing exploitation durability of depositions achieved by electric arc thermal spraying for the above mentioned materials.

Research carried out up the present entitle us to extend investigations to other pseudoalloys and alloys depositions obtained by electric arc thermal spraying, as well as for other types of depositions by both laboratory experiments and on real operating equipment.

REFERENCES

[1] **D. R. Mocanu** (coord.) (1977) *Experimental analysis of stress, vol. I, II,* Technical Printing House, Bucharest.

[2] **D. R. Mocanu** (coord.) (1982) *Material testing, vol. I,* Technical Printing House, Bucharest.

Quick Info

Microsoft Office System 2007 Virtual Lab

Completely free!

Not keen on downloading the trial versions of the Microsoft Office 2007 System? But you would still want to give Office 2007 a run? Well then, Microsoft has just the thing for you. The Redmond Company has made available a collection of virtual labs in which you can go ahead and give Office 2007 a run for its money.

"There are quite a few different labs you can try out, if you want to have a look at the components of Office 2007, and you can try them out safely in a virtual lab. We've upgraded the labs to released code, there are Labcast walkthroughs on products, and it's all in a safe environment for you to play with. They're all available in 90 minute lab blocks," Eileen_Brown, Microsoft IT Evangelist Manager.

Via TechNet Virtual Labs, you will be able to evaluate and test Microsoft's newest software products without having to download or install anything on your machine. One of the downsides of the trial versions is that after you install and test a product you have to make a choice as to either acquire it or scrape it from your machine. Through a TechNet Virtual Lab, you simply have to click the End Lab button and not give it any additional thought.

Microsoft is currently making available a set of guided, hands-on labs with a time limit of 90 minutes. But this is in fact sufficient time to give you at leas a general idea on what Office 2007 has to offer. Microsoft's offer is free of charge.

"Step into a new 2007 Microsoft Office System virtual lab for free. The Microsoft Office System has evolved from a suite of personal productivity products to a more comprehensive and integrated system. Building on the familiar tools that many people already know, the 2007 Microsoft Office system includes programs, servers, services, and solutions designed to work together to help address a broad array of business problems.

These virtual labs have been updated from beta to new 2007 Office RTM versions," Microsoft informs on the TechNet Virtual Lab: 2007 Microsoft Office System webpage.

Beef Up Your Office 2007 Skills

New certifications available for Office 2007 and Vista

With the commercial availability of the 2007 Office System out of the way, Microsoft is now focusing on delivering new certifications enabling users to boost their skills with the suite's applications. Via the new certification program for the 2007 Office System through Microsoft Learning, customers will have their advanced skills validated. For this, the Redmond Company has announced two sets of certifications: Microsoft Certified Application Specialist and Microsoft Certified Application Professional.

Microsoft informed that Office Word 2007, Office Excel 2007, Office Outlook 2007, Office PowerPoint 2007Office Access 2007 and Windows Vista are the only softwares for which certifications will be made available.

"Technology has expanded the definition of productivity beyond a one-dimensional measurement of inputs and outputs to include the intangible value of information and its effects on business processes and practices," says Andrew Hazen, director for Centriq Foss, a Microsoft Gold Certified Learning Solutions Partner. "Measuring productivity for the information worker can be demonstrated through achieving certification because it firmly establishes an achievement of competencies and knowledge otherwise unknown and unmeasured."

The most obvious benefit of the certification program for Office 2007 is increased productivity and workflow for information workers. But the certifications are also measuring and validating the Office 2007 skills. In this regard, Microsoft has made available four skill-set certifications: Managing Budgets, Managing Presentations, Managing Team Collaboration and Supporting Organizations.

"The Microsoft Certified Application Professional credential validates the wide range of skills it takes to work in a collaborative business environment," says Lutz Ziob, general manager of Microsoft Learning. "It recognizes the advanced skills experienced business professionals have gained and offers them a way to earn certifications that are recognized by their managers and peers."

(Information from http://news.softpedia.com/news)

SCURGEREA MATERIALELOR PULVERULENTE ŞI GRANULARE DIN BUNCĂRE (I)

Gheorghe Ene, Iuliana-Marlena Prodea
Universitatea POLITEHNICA din Bucureşti, vvjinescu@yahoo.com

REZUMAT
Lucrarea prezintă principalele caracteristici reologice care definesc comportarea materialelor pulverulente şi granulare în diferite echipamente şi instalaţii (de depozitare, transport, manipulare, procesare).

ABSTRACT
The paper presents the main rheological characteristics defining the behaviour of powder and granular materials in different equipments (for stockage, transport, handling and processing).

KEYWORDS: *powder's rheology; the flowing from the bins*

CUVINTE CHEIE: *reologia pulberilor; scurgerea din buncăre*

1. INTRODUCERE

Cunoaşterea comportării materialelor pulverulente şi granulare este absolut necesară pentru proiectarea sigură a echipamentelor şi instalaţiilor de depozitare, transport, manipulare şi procesare a lor.

Comportarea acestor materiale este definită de o serie de caracteristici reologice (coeficientul frecării interne, coeficientul forfecării interne, coeficientul frecării externe, unghiul taluzului natural, înălţimea taluzului vertical liber, rezistenţa iniţială de forfecare).

Prezentarea diferitelor caracteristici reologice este făcută în lucrările mai multor autori [3, 7, 8, 9, 11, 13, 14], dată fiind importanţa lor asupra comportării acestor materiale.

Modalităţi de determinare experimentală a unor caracteristici reologice şi aparatura necesară sunt prezentate în diferite lucrări [1, 2, 3, 7, 8, 11]. Lucrări ale diferiţilor autori tratează comportarea materialelor de acest tip în diferite situaţii [3, 11, 12, 13, 14] şi unele aspecte privind curgerea lor prin buncăre [4, 5, 6, 8, 9].

În lucrare ne propunem:

-definirea caracteristicilor reologice care determină comportarea materialelor în procesul scurgerii lor din buncăre;
- stabilirea unor corelaţii între aceste caracteristici, necesare pentru determinarea unor caracteristici când sunt cunoscute altele;
- studiul procesului de scurgere şi stabilirea unei metode de determinare a dimensiunii gurii de golire (care să asigure o scurgere sigură), a presiunii exercitate de material asupra închizătorului şi a vitezei de scurgere, ţinându-se cont de caracteristicile reologice.

2. STAREA DE TENSIUNI ÎNTR-UN MATERIAL PULVERULENT SAU GRANULAR

Sub influenţa greutăţii straturilor superioare şi, în unele cazuri a forţelor exterioare, în materialele pulverulente şi granulare apar tensiuni de compresiune σ şi de forfecare τ.

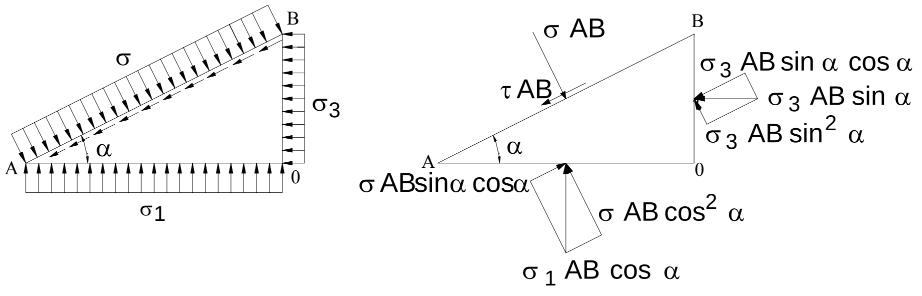


__Figura 1.__ Schemă pentru determinarea tensiunilor într-un material granular.

Separând în interiorul materialului un element de volum sub forma unei prisme care are baza triunghiul dreptunghic *AOB* şi înălţimea egală cu unitatea astfel încât feţele *AO* şi *OB* să coincidă cu planele principale ale tensiunilor normale maxime σ_1 şi minime σ_3 şi scriind ecuaţiile de echilibru ale forţelor care acţionează asupra elementului de volum după direcţia planului *AB* şi după normala la acesta, se obţin relaţiile care definesc tensiunile σ şi τ care apar pe orice plan înclinat cu unghiul α în raport cu planul principal al tensiunilor normale maxime σ_1 (figura 1):

$$\sigma = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_3 \sin^2 \alpha \quad ; \qquad (1)$$

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cdot \sin 2\alpha \quad . \qquad (2)$$

Starea de tensiuni în jurul punctului *O* este definită în sistemul de coordonate $\tau O \sigma$ de cercul tensiunilor al lui Mohr (figura 2).

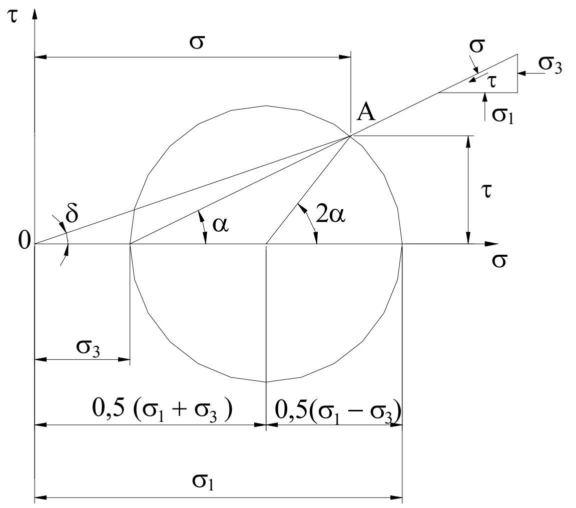
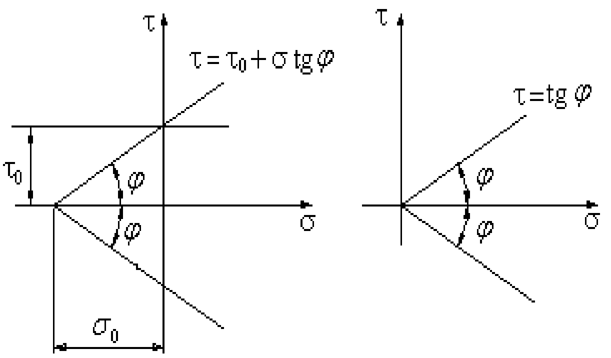


Figura 2. *Cercul tensiunilor al lui Mohr.*



a) b)

Figura 3. *Reprezentarea grafică a criteriului de rezistenţă Coulomb: a) – pentru materiale coezive; b) – pentru materiale necoezive.*

3. REZISTENŢA MATERIALULUI PULVERULENT SAU GRANULAR

Tensiunea tangenţială care apare într-un plan oarecare din materialul pulverulent şi granular tinde să producă forfecarea (alunecarea, dislocarea) materialului în lungul acestui plan. Acestei ruperi i se opune rezistenţa la forfecare a materialului care are două componente:

- τ_0 – rezistenţa iniţială la forfecare datorată adeziunii dintre particule;
- $\sigma \cdot f = \sigma \cdot tg\varphi$ - datorată frecării interne (frecarea dintre particulele materialului).

Expresia rezistenţei la forfecare a materialului este definită de relaţia:

$$\tau = \tau_0 + \sigma \cdot f = \tau_0 + \tau \cdot tg\varphi\,, \qquad (3)$$

care reprezintă criteriul de rezistenţă Coulomb valabil în cazul materialelor coezive (care curg greu).

Pentru materialele necoezive $\tau_0 = 0$ relaţia (3) devine :

$$\tau = \sigma \cdot tg\varphi\,. \qquad (4)$$

În relaţiile (3) şi (4) f reprezintă coeficientul frecării interne (φ - unghiul de frecare corespunzător) iar τ_0 este rezistenţa iniţială de forfecare (pentru $\sigma = 0$).

Reprezentând grafic ecuaţiile (3) şi (4) într-un sistem de coordonate $\tau\, O\, \sigma$, se obţin linii drepte dacă unghiul de frecare internă are valoare constantă (figura 3).

În realitate valoarea unghiului de frecare internă scade pe măsura creşterii tensiunii de compresiune şi, în acest caz, liniile nu mai sunt drepte ci prezintă o uşoară curbură. Aceasta însă are o influenţă nesemnificativă asupra rezistenţei la forfecare a materialului.

Se observă că materialele coezive pot prelua, datorită aderenţei dintre particule, şi tensiuni de întindere :

$$\sigma_0 = \frac{\tau_0}{tg\varphi} = \frac{\tau_0}{f}\,. \qquad (5)$$

Dacă starea de tensiuni într-un punct al materialului este reprezentată prin cercul Mohr notat cu *a* (figura 4), tangent la dreptele limită, atunci tensiunea de forfecare reprezentată de segmentul *DE* este egală cu rezistenţa la forfecare a materialului.

În acest caz materialul este în starea de echilibru limită şi el începe să se foarfece în planul înclinat cu unghiul α_f faţă de planul principal corespunzător tensiunii principale maxime. Expresia acestui unghi este (figura 4):

$$\alpha_f = 45^\circ + \varphi/2\,. \qquad (6)$$

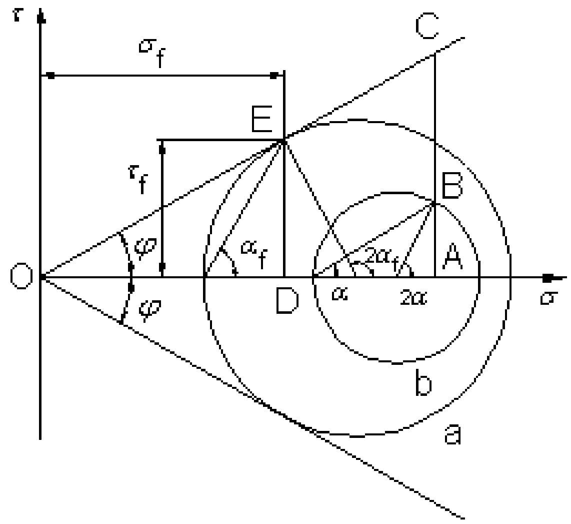


Figura 4. *Starea de tensiuni limită a unui material granular.*

Stările de tensiuni pe planele cu înclinarea diferită de unghiul $\alpha < \alpha_f$ nu conduc la apariţia forfecării nici măcar în cazul în care în material se atinge tensiunea de forfecare maximă, deoarece valorile tensiunilor de forfecare corespunzătoare sunt sub valoarea rezistenţei de forfecare a materialului.

Dacă starea de tensiuni este reprezentată de către cercul notat cu *b* (figura 4), atunci tensiunile de forfecare în orice plan sunt inferioare, ca valoare, rezistenţei la forfecare şi, în această situaţie materialul nu se foarfecă, ci se comportă ca un corp rigid sau elastic.

Mărimile τ_0 (rezistenţa iniţială la forfecare) şi φ (unghiul frecării interne) reprezintă principalele caracteristici reologice ale materialelor pulverulente şi granulare.

O altă mărime care defineşte comportarea reologică a materialelor pulverulente şi granulare este coeficientul forfecării interne definit de relaţia (figura 5):

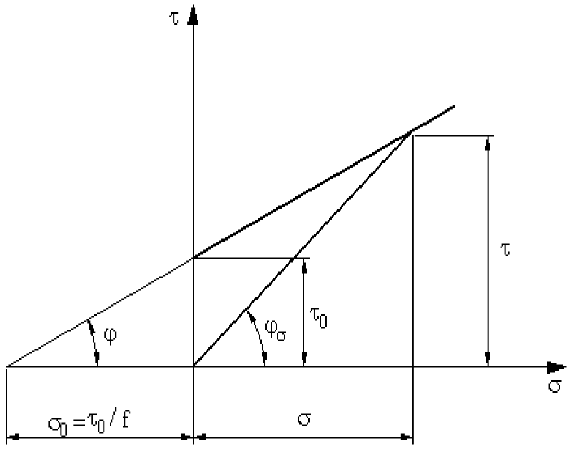


Figura 5. *Schemă pentru definirea coeficientului forfecării interne*

$$f_\sigma = tg\varphi_\sigma = \frac{\tau}{\sigma} = \frac{\tau_0 + \sigma \cdot tg\varphi}{\sigma} = \frac{\tau_0}{\sigma} + tg\varphi = \frac{\tau_0}{\sigma} + f \tag{7}$$

unde φ_σ este unghiul forfecării interne.

Pentru materiale necoezive $\varphi_\sigma = \varphi$ şi $f_\sigma = f$, deoarece $\tau_0 = 0$.

Cu cât unghiul φ_σ este mai mare cu atât sporeşte rezistenţa la forfecarea materialului.

Se observă că atunci când σ are valori mari, $f_\sigma \approx f$ şi materialul coeziv se comportă ca un material necoeziv.

Pentru grosimi reduse ale stratului de material tensiunea σ se determină cu relaţia :

$$\sigma = \rho \cdot g \cdot h \tag{8}$$

unde ρ este densitatea aparentă a materialului;
g – acceleraţia gravitaţiei şi
h – grosimea stratului de material.

Rezistenţa iniţială la forfecare se datorează adeziunii dintre particulele materialului şi depinde, în afară de natura materialului, de umiditatea acestuia, de dimensiunile particulelor, de gradul de îndesare, de timpul de păstrare etc.

Astfel, materialele pulverulente necoezive (nisip uscat, de exemplu) care au în stare uscată $\tau_0 = 0$, au în stare umedă $\tau_0 = 150 \ldots 400\ Pa$.

În general rezistenţa iniţială la forfecare a materialelor coezive umede este de 3 … 4 ori mai mare decât cea corespunzătoare aceloraşi materiale în stare uscată. De exemplu, concentratul de apatită se caracterizează în stare uscată prin $\tau_0 = 50\ Pa$, iar la *1,5 %* umiditate, prin valoarea $\tau_0 = 500\ Pa$, deci o creştere de 10 ori.

Creşterea rezistenţei iniţiale la forfecare sub influenţa umidităţii apare şi la materialele granulare sau în bucăţi care conţin cantităţi importante de fracţiuni prăfoase sau pulverulente. În lipsa acestora umiditatea nu influenţează rezistenţa de forfecare iniţială.

Materialele prăfoase care se găsesc în buncăre supuse vibraţiilor sau în recipiente transportabile, datorită îndesării lor, au valoarea τ_0 de *3 ... 4* ori mai mare decât în stare afânată. Datorită îndesării materialului sub acţiunea greutăţii straturilor superioare, materialele necoezive ($\tau_0 = 0$) devin, după câteva zile de păstrare, coezive ($\tau_0 = 150 \ldots 200\ Pa$).

4. TALUZUL MATERIALELOR NECOEZIVE

O grămadă de material granular sau pulverulent aflată pe o suprafaţă plană orizontală, formează un taluz al cărui unghi de înclinare în raport cu suprafaţa de reazem poartă denumirea de unghiul taluzului natural.

Pentru materialele coezive valoarea unghiului de taluz natural , α , depinde de modalitatea de formare a grămezii: prin vărsare (α_v) sau prin prăbuşire (surpare) (α_p).

La materialele necoezive unghiul taluzului natural nu depinde de modalitatea de formare a grămezii, astfel că $\alpha_v = \alpha_p = \varphi$.

5. TALUZUL MATERIALELOR COEZIVE

Materialele coezive se caracterizează prin faptul că pot păstra un taluz vertical liber (nesusţinut de un perete) de o anumită înălţime h_0, în funcţie de natura materialului. Pentru înălţimi ale stratului de material $h \leq h_0$, materialul nu se surpă, iar pentru $h > h_0$, se surpă.

Starea de tensiuni corespunzătoare taluzului vertical liber se caracterizează prin faptul că $\sigma_3 = 0$, deoarece taluzul se menţine singur, nesusţinut de perete ($\sigma_1 = \rho \cdot g \cdot h_0$) şi este reprezentată în figura 6.

Înălţimea taluzului vertical liber se determină cu relaţia (figura 6):

$$h_0 = \frac{2 \cdot \tau_0}{\rho \cdot g} \cdot ctg\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right) = \frac{2 \cdot \tau_0}{\rho \cdot g} \cdot \frac{1 + \sin\varphi}{\cos\varphi} = \frac{2 \cdot \tau_0}{\rho \cdot g} \cdot \sqrt{\frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi}}, \qquad (9)$$

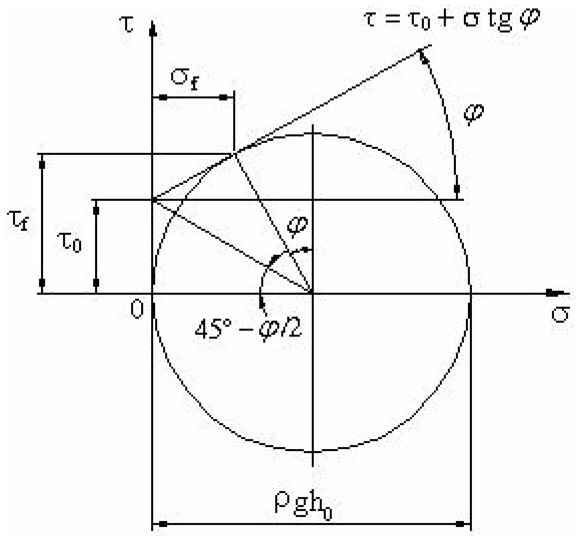


Figura 6. *Starea de tensiuni caracteristică taluzului vertical liber.*

Dacă este depăşită mărimea h_0, materialul se surpă, forfecându-se după planul care formează cu planul principal, corespunzător tensiunii normale maxime $\sigma_1 = \rho \cdot g \cdot h_0$, unghiul α_f definit de relaţia (6).

Tensiunile din acest plan sunt:

$$\sigma_f = \tau_0 \cos\varphi = \frac{\rho \cdot g \cdot h_0}{2} \cdot \frac{\cos^2\varphi}{1 + \sin\varphi} = \frac{\rho \cdot g \cdot h_0}{2}(1 - \sin\varphi) \qquad (10)$$

$$\tau_f = \tau_0(1 + \sin\varphi) = \frac{\rho \cdot g \cdot h_0}{2} \cdot \cos\varphi \qquad (11)$$

unde

$$\tau_0 = \frac{\rho\, g\, h_0}{2} \cdot tg\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right) = \frac{\rho\, g\, h_0}{2} \cdot \frac{\cos\varphi}{1 + \sin\varphi} = \frac{\rho\, g\, h_0}{2}\sqrt{\frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi}}. \qquad (12)$$

Pentru înălţimi ale stratului de material $h < h_0$, unghiul taluzului natural poate avea orice valoare $\alpha = 0 ... 90^0$, în funcţie de modalitatea de formare a taluzului.

Pentru înălţimi ale stratului $h > h_0$, unghiul taluzului natural α va avea o anumită valoare, pentru determinarea căreia se efectuează următoarea succesiune de operaţii (figura 7):

$$\left.\begin{aligned} h &= l \cdot tg\alpha_p \\ h - h_0 &= l \cdot tg\varphi \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

Eliminând între relaţiile (13) mărimea l, rezultă :

$$h = h_0 + h\frac{tg\varphi}{tg\alpha_p} \quad , \qquad (14)$$

din care se obţine :

$$tg\,\alpha_p = \frac{h}{h - h_0} tg\,\varphi \quad . \qquad (15)$$

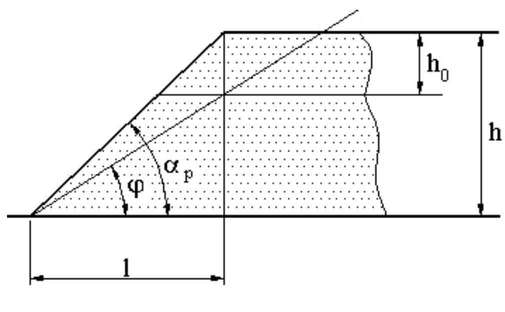


***Figura** 7. Schemă pentru determinarea unghiului taluzului natural al materialelor coezive*

Înlocuind în relaţia (15) mărimea $h_0 = \frac{2\tau_0}{\rho \cdot g} \cdot \frac{1 + \sin\varphi}{\cos\varphi}$, care reprezintă înălţimea taluzului vertical liber, se obţine :

$$tg\alpha_p = \frac{h \cdot tg\varphi}{h - \frac{2 \cdot \tau_0}{\rho \cdot g} \cdot \frac{1 + \sin\varphi}{\cos\varphi}} \qquad (16)$$

Relațiile (15) şi (16) sunt valabile pentru $h > h_0$, suprafețe de reazem orizontale şi valori f_l suficient de mari (f_1 - coeficientul de frecare dintre material şi suprafața de reazem); pentru $h < h_0$, unghiul taluzului este $\alpha = 90^\circ$.

Din relația (24), care defineşte coeficientul de transmitere a presiunii în materialele pulverulente şi granulare, se obține:

$$\frac{1+\sin\varphi}{\cos\varphi} = \frac{1}{\sqrt{k_{p,\min}}}. \qquad (17)$$

Ținând seama că, pentru majoritatea materialelor pulverulente şi granulare, $k_{p,\min} \cdot f \approx 0{,}18$, expresia (17) capătă forma:

$$\frac{1+\sin\varphi}{\cos\varphi} = \frac{\sqrt{f}}{\sqrt{0{,}18}}. \qquad (18)$$

Dacă în relația (16) se înlocuieşte expresia (18) se obține:

$$tg\,\alpha_p = \frac{h \cdot f}{h - \dfrac{2\tau_0 \cdot \sqrt{f}}{\rho g \cdot \sqrt{0{,}18}}} = \frac{f}{1 - 4{,}7\sqrt{f} \cdot \dfrac{\tau_0}{\rho g h}}. \qquad (19)$$

Relațiile (16) şi (19) se utilizează pentru determinarea unghiului taluzului format prin prăbuşirea materialului.

Dacă taluzul se formează prin vărsarea materialului, unghiul taluzului va fi mai mic decât în cazul formării lui prin prăbuşire. În această situație unghiul taluzului obținut prin vărsare se aproximează cu unghiul forfecării interne.

$$tg\,\alpha_v = tg\varphi_\sigma = f + \frac{\tau_0}{\rho g h}, \qquad (20)$$

de unde

$$\alpha_v = arctg\left(f + \frac{\tau_0}{\rho g h}\right), \qquad (21)$$

unde h este înălțimea taluzului.

6. TRANSMITEREA PRESIUNII ÎN MATERIALELE GRANULARE

De regulă, atunci când se determină presiunile care acționează într-un material granular se cunoaşte o presiune care acționează pe un plan oarecare în interiorul materialului. Această presiune cunoscută este numită, în mod convențional, presiunea activă σ_a. Cunoscând presiunea activă se pune problema determinării presiunii care acționează pe un plan normal la planul pe care acționează σ_a. Aceasta reprezintă presiunea laterală σ_l.

Punctele de pe cercul lui Mohr care determină presiunile activă şi laterală sunt plasate, bineînțeles, diametral opus (figura 8).

Coeficientul transmiterii presiunii se defineşte ca raport între presiunea laterală şi presiunea activă [14]:

$$k_p = \frac{\sigma_l}{\sigma_a}. \qquad (22)$$

Se observă din figura 8 că pentru o stare de tensiuni dată, coeficientul transmiterii presiunii este o mărime variabilă şi depinde de unghiul de înclinare al planului presiunii active față de planul tensiunii principale maxime.

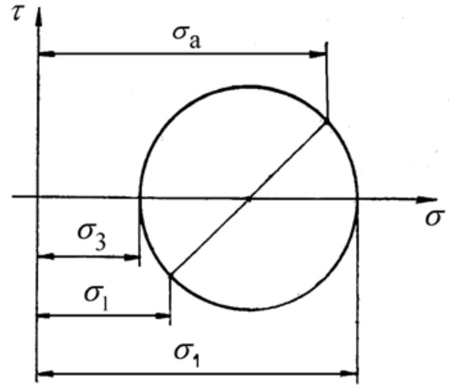


Figura 8. *Definirea coeficientului transmiterii presiunii în materiale granulare*

Valoarea minimă a acestui coeficient se obține în cazul în care presiunea activă este egală cu tensiunea principală maximă σ_1, presiunea laterală este egală cu tensiunea principală minimă σ_3, iar materialul pulverulent se găseşte în starea de echilibru limită.

$$k_{p,\min} = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} \qquad (23)$$

Coeficientul transmiterii presiunii indică, în cazul buncărelor, cota parte din presiunea verticală care se transmite pereților sub formă de presiune orizontală. În cazul în care punctul în care se studiază starea de tensiuni este suficient de depărtat de pereții buncărului, coeficientul transmiterii presiunii se poate determina cu relația (23). Expresia coeficientului $k_{p,\min}$ poate fi stabilită utilizând figura 9.

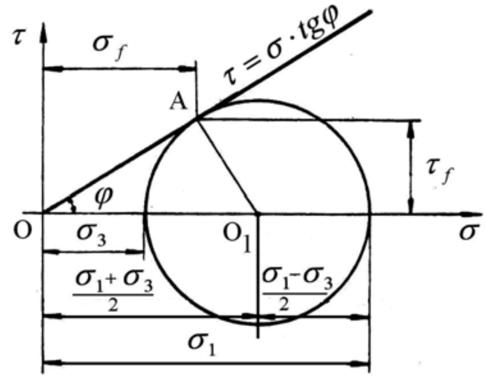


Figura 9. *Determinarea coeficientului* $k_{p\,\min}$

În triunghiul OO_1A se scrie:

$$\sin\varphi = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \frac{2}{\sigma_1 + \sigma_3} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3} = \frac{1 - k_{p,\min}}{1 + k_{p,\min}}$$

de unde se obține:

$$k_{p,\min} = \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} = tg^2\left(\frac{90^\circ - \varphi}{2}\right) =$$

$$= \frac{1}{tg^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)} = \left(\frac{\cos\varphi}{1 + \sin\varphi}\right)^2. \qquad (24)$$

Ținând seama că $\sin\varphi = \frac{f}{\sqrt{1 + f^2}}$, unde

$f = tg\varphi$ este coeficientul frecării interne, rezultă:

$$k_{p,\min} = \frac{\sqrt{1 + f^2} - f^2}{\sqrt{1 + f^2} + f^2} = 1 + 2f^2 - 2f\sqrt{1 + f^2}, \quad (25)$$

În cazul materialelor coezive, pentru $k_{p,\min}$ rezultă relația:

$$k_{p,\min} = 1 + 2f \cdot f_\sigma - 2f_\sigma\sqrt{1 + f^2}. \qquad (26)$$

7. CONCLUZII

Caracteristicile reologice prezentate în lucrare definesc comportarea materialelor pulverulente şi granulare, a cărei cunoaştere este absolut necesară pentru proiectarea şi construcția nu numai a echipamentelor şi instalațiilor de depozitare (buncăre, silozuri etc.), ci şi a celor de transport, manipulare şi de procesare.

Este necesară determinarea cât mai precisă a acestor caracteristici, lucru care se realizează utilizând aparatura adecvată.

Corelațiile stabilite între diferitele caracteristici reologice sunt utile pentru că permit determinarea unor caracteristici care necesită mijloace experimentale complexe (aflate numai în laboratoarele specializate), pe baza valorilor altor caracteristici, determinate utilizând mijloace experimentale simple, accesibile, dar suficient de precise pentru necesitățile practice.

Metodica de calcul stabilită permite determinarea mărimilor care caracterizează curgerea materialelor din buncăre (dimensiunea gurii de evacuare pentru care nu se formează bolți, presiunea exercitată de material pe închizător, viteza de scurgere a materialului) utilizând relații simple, stabilite pe baza caracteristicilor reologice ale materialelor.

BIBLIOGRAFIE

1. **REIMBERT, M., REIMBERT, A.,** *Mecanique des sols. Etudes des butees des ouvrages de fondation*, Eyrolles, Paris, 1974.
2. **BLASINSKI, H., GLUBA, T.,** *Metody i aparaty do pomiaru wytrzymalosci aglomeratov*, Inzyneria i aparatura dremiczna, Nr. 4, 1981, p.20-32.
3. **ZENKOV, R.L.**, *Mehanika nasîpnîh gvrezov*, Masinostroenie, Moscova, 1964.
4. **BLIGHT, G.E.,** *Partial Failures of Corrugated Steel Silos Shoring Canola Bulk solids handling*, 24, Nr.2, 2004, p. 86-90.
5. **SCHWEDES, J.,** *Dimensionierung von Bunkern*, Aufbereitungs-Technik, Nr.10, 1969, p.535-543.
6. **SCHWEDES, J.**, *Fliessverhalten von Schüttgütern in Bunkern*, Chemie Ingenieur Technik, 48, Nr.4, 1976, p.234-300.
7. **SCHULZE, D.,** *Vergleich des Fliessverhaltens leicht fliessender Schüttgüter*, Schüttgut Nr.3, 1996, p.347-356.
8. **JENIKE, A.W.**, *Storage and flow of solids*, Bulletin of the University of Utah, 53, Nr.26, 1964.
9. **TOMAS, I.**, *Particle adhesion fundamentals and bulk powder consolidation, Powder handling & processing*, 12, Nr.2, 2000, p.131-138.
10. **JACHEM, K., SCHWEDES, J.,** *Use aerated hoppers as discharge aids. Experiments and calculation, Powder handling& processing*, 8, Nr.4, 1996, p. 341-344.
11. **TEODORESCU, N.**, *Reologie aplicată*, Matrix Rom, Bucureşti, 2004.
12. **ENE, GH.**, *Unele aspecte privind comportarea materialelor pulverulente şi granulare*, Buletin Ştiinţific al celei de-a XXVIII-a Conferință Națională de Mecanica Solidelor, vol.V, Târgovişte, mai 2004, ISBN 973-86834-7-5, p.201-207.
13. **ENE, GH.**, *Unele aspecte privind caracteristicile reologice ale materialelor pulverulente şi granulare*, Buletin Ştiinţific al celei de-a XXVIII-a Conferință Națională de Mecanica Solidelor, vol.V, Târgovişte, mai 2004, ISBN 973-86834-7-5, p.208-212.
14. **ENE, GH.**, *Aspecte teoretice privind calculul buncărelor pentru materiale granulare*, Revista Construcții, Nr.2, 1992, p.37-43.
15. **IORDACHE, GH., ENE, GH., RASIDESCU, M.**, *Utilaje pentru industria materialelor de construcții*, Editura Tehnică, Bucureşti, 1987.

SCURGEREA MATERIALELOR PULVERULENTE ŞI GRANULARE DIN BUNCĂRE (II)

Gheorghe Ene, Iuliana-Marlena Prodea
Universitatea POLITEHNICA din Bucureşti, vvjinescu@yahoo.com

REZUMAT
Utilizând caracteristicile reologice prezentate în partea I a lucrării, s-a stabilit o metodă de determinare a mărimilor privind scurgerea materialelor pulverulente şi granulare din buncăre (dimensiunea gurii de evacuare pentru care nu se formează bolţi de material, presiunea exercitată de material asupra închizătorului, viteza de scurgere). Exemplul de calcul realizat confirmă metoda de calcul propusă.*

ABSTRACT
Based on the rheological characteristics presented in the part I of this paper, a method has been derived concerning the determination of the parameters regardind the flowing of powder and granular materials from bins (the dimension of the bin gate for which the arching process does not take place ; the pressure exercised by the material against the shutter; the velocity of flow). The presented example confirms the proposed calculating method.*

KEYWORDS: *powder's rheology; the flowing from bins*

CUVINTE CHEIE: *reologia pulberilor; scurgerea din buncăre*

1. FORMAREA BOLŢILOR

În cele ce urmează se continuă studiul prezentat în partea I a lucrării: *Scurgerea materialelor pulverulente şi granulare din buncăre (I)* şi se analizează comportarea reologică a materialelor granulare şi pulverulente în timpul scurgerii din buncăre.

Fenomenul formării bolţilor deasupra orificiului de scurgere se observă la buncărele pentru depozitarea materialelor coezive (în special materiale umede).

La deschiderea închizătorului, din buncăr se scurge numai o cantitate mică de material, deasupra gurii de evacuare formându-se o boltă care opreşte scurgerea în continuare a materialului. Bolta formată este suficient de rezistentă, ea fiind cu greu distrusă, intervenindu-se în acest sens cu mijloace mecanice.

Formarea bolţilor în buncăre este un fenomen des întâlnit, diferitele modalităţi de evitare a formării bolţilor (fluidizarea materialului cu insuflare de aer sau prin vibraţii) având o eficienţă limitată.

Funcţionarea sigură a buncărelor poate fi asigurată numai prin dimensionarea corectă a gurii de evacuare, ţinând seama de proprietăţile reologice ale materialelor depozitate.

Procesul de formare a bolţilor deasupra gurii de golire a buncărelor cuprinde următoarele faze:

- deformarea elastică a materialului din zona orificiului de golire, caracterizată prin faptul că presiunea verticală în material scade treptat;
- deformarea plastică a materialului (îndesarea), care se caracterizează prin aceea că presiunea verticală scade continuu, devenind mai mică decât presiunea orizontală;
- procesul continuă până când presiunea verticală devine nulă, iar în planele verticale apar tensiuni tangenţiale;
- dacă forţa tăietoare datorată tensiunilor tangenţiale care acţionează pe conturul gurii de golire devine suficient de mare pentru a prelua greutatea materialului aflat deasupra, atunci se formează o boltă stabilă, care împiedică scurgerea materialului (figura 10).

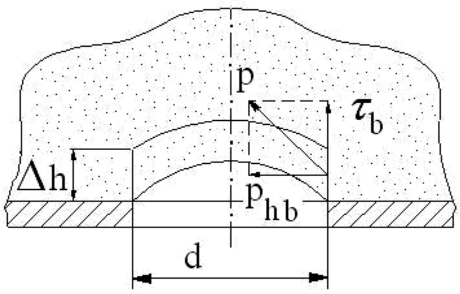


Figura 10.

Starea de tensiuni în boltă este reprezentată în figura 11.

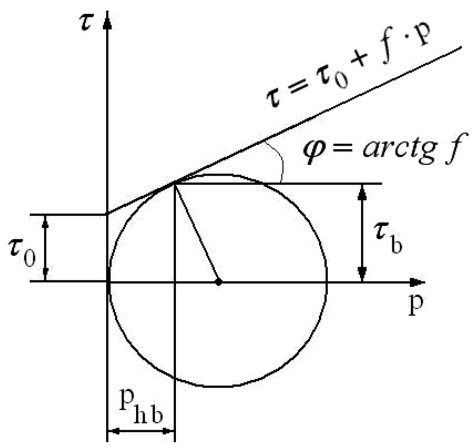


Figura 11

Pe suprafaţa liberă a bolţii $p_v = 0$, iar pe conturul bolţii $\tau = \tau_b$.

Pentru a asigura scurgerea sigură a materialului, fără formare de bolţi, trebuie ca gura de evacuare a buncărului să aibă o anumită dimensiune.

Dimensiunea minimă a gurii de evacuare pentru care nu se formează bolta se obţine din condiţia ca forţa de greutate a materialului de deasupra gurii de golire să fie preluată de forţa tăietoare corespunzătoare tensiunilor tangenţiale din material de pe conturul acesteia (figura 10).

$$A \cdot \Delta h \cdot \rho \cdot g = P \cdot \Delta h \cdot \tau_b \ , \tag{27}$$

unde *A* este aria orificiului de golire,

P - perimetrul acestuia;

ρ - densitatea aparentă a materialului;

g – acceleraţia gravitaţiei;

τ_b - tensiunea de forfecare.

Se obţine raza hidraulică a orificiului de golire:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\tau_b}{\rho \cdot g} . \tag{28}$$

Deoarece (figura 11)

$$\tau_b = \tau_0 (1 + \sin\varphi) \ , \tag{29}$$

relaţia (28) devine:

$$R = \frac{\tau_0 (1 + \sin\varphi)}{\rho \cdot g} . \tag{30}$$

Pentru gura de evacuare circulară, cu diametrul *d*, din relaţia (30) rezultă:

$$R = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{1}{\pi \cdot d} = \frac{d}{4} = \frac{\tau_0 (1 + \sin\varphi)}{\rho \cdot g}$$

$$d = 4 \cdot \tau_0 \cdot \frac{1 + \sin\varphi}{\rho \cdot g} \ . \tag{31}$$

Ţinând seama că $\sin\varphi = \frac{f}{\sqrt{1 + f^2}}$, relaţia (31) poate fi pusă sub forma:

$$d = \frac{4 \cdot \tau_0}{\rho \cdot g} \cdot \left(1 + \frac{f}{\sqrt{1 + f^2}} \right) . \tag{32}$$

Pentru alte forme ale gurii de evacuare se va proceda în mod similar.

Toţi factorii care influenţează mărimea τ_0 influenţează şi asupra dimensiunii gurii de evacuare a buncărelor.

2. PRESIUNEA EXERCITATĂ DE MATERIAL ASUPRA ÎNCHIZĂTORULUI GURII DE EVACUARE A BUNCĂRULUI

Deasupra gurii de evacuare a buncărului se formează o coloană de material care are tendinţa să se scurgă sub acţiunea greutăţii proprii, exercitând o presiune asupra închizătorului (figura 12).

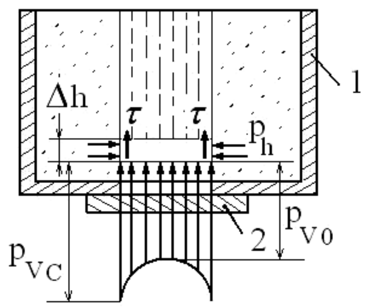


Figura 12

1 – buncăr; 2 - închizător

Acestei scurgeri gravitaţionale i se opun forţele de frecare internă dintre coloană şi restul materialului.

În această situaţie, în cazul materialelor coezive, starea de tensiuni este definită de diagrama din figura 13, unde p_{VC} este presiunea verticală pe conturul gurii de evacuare; p_{V0} - presiunea verticală în centrul gurii de evacuare; p_h - presiunea pe suprafaţa laterală a elementului de coloană (figura 12).

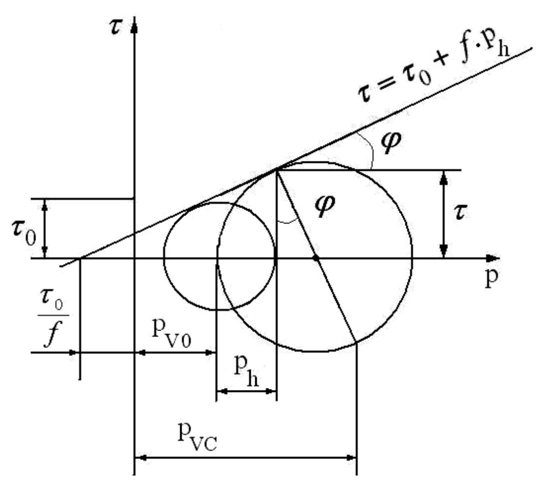


Figura 13

Din diagramă (fig.13) rezultă:

$$p_{VC} = \left(p_h + \frac{\tau_0}{f}\right) + 2 \cdot \tau \cdot f - \frac{\tau_0}{f} = \\ = \left(p_h + \frac{\tau_0}{f}\right)\left(1 + 2 \cdot f^2\right) - \frac{\tau_0}{f}. \quad (33)$$

Rezultă, de asemenea:

$$p_{V0} = \left(p_h + \frac{\tau_0}{f}\right) \cdot k_{p,\min} - \frac{\tau_0}{f} = \\ = \left(p_h + \frac{\tau_0}{f}\right)\left(1 + 2f^2 - 2f\sqrt{1+f^2}\right) - \frac{\tau_0}{f}, \quad (34)$$

unde s-a ținut seama de relația (25).

Presiunea medie se determină cu relația:

$$p_{V\,med} = \frac{p_{VC} + p_{V0}}{2}, \quad (35)$$

care, ținând seama de relațiile (33) şi (34) se poate pune sub forma:

$$p_{V\,med} = \left(p_h + \frac{\tau_0}{f}\right)\left(1 + 2f^2 - f\sqrt{1+f^2}\right) - \frac{\tau_0}{f}. \quad (36)$$

Considerând relația reologică $\tau = \tau_0 + p_h \cdot f$

pusă sub forma $p_h + \frac{\tau_0}{f} = \frac{\tau}{f}$

şi relația (27) pusă sub forma $\tau = \rho \cdot g \cdot R$, rezultă:

$$p_h + \frac{\tau_0}{f} = \frac{\tau}{f} = \frac{\rho \cdot g \cdot R}{f}. \quad (37)$$

Cu utilizarea expresiei (37), relația (36) poate fi pusă sub forma simplă:

$$p_{V\,med} = \rho \cdot g \cdot R \cdot k - \frac{\tau_0}{f}, \quad (38)$$

unde

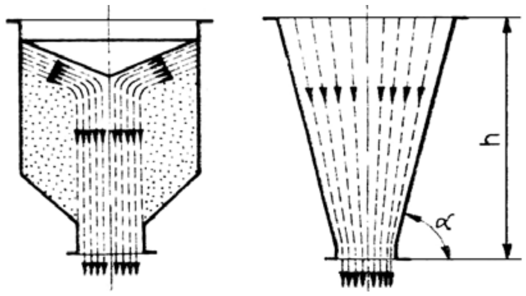
$$k = \frac{1}{f} + 2f - \sqrt{1+f^2}. \quad (39)$$

Pentru materiale necoezive ($\tau_0 = 0$), relația (38) devine:

$$p_{V\,med} = \rho \cdot g \cdot R \cdot k. \quad (40)$$

3. SCURGEREA MATERIALELOR DIN BUNCĂRE

Din observarea funcționării diferitelor tipuri de buncăre şi din experimentări pe modele s-a constatat existența a două tipuri de scurgere a materialelor din buncăre [3] (figura 14).



a) b)

Figura 14. *Tipuri de scurgere a materialelor granulare din buncăre [15]:*
a) scurgere normală; b) scurgere hidraulică.

● *Scurgerea normală* (fig.14,*a*)

După deschiderea închizătorului, deasupra gurii de evacuare se formează o coloană de material care se scurge, iar la suprafața liberă a materialului se formează o pâlnie. Materialul care alunecă pe suprafața pâlniei alimentează coloana care curge, până când întreaga cantitate de material se scurge din buncăr.
Materialul aflat în restul buncărului se află în stare de repaus.

Acest tip de scurgere se întâlneşte la buncărele cu golire periodică.

● *Scurgerea hidraulică* (fig.14,*b*)

După deschiderea orificiului de golire, materialul se scurge în toată masa lui, asemenea unui lichid.

Acest tip de scurgere se întâlneşte la buncărele cu golire continuă (pâlnii de alimentare), care au unghiul α de înclinare a pereților față de orizontală mare [15],

$$45^\circ + \frac{\varphi}{2} < \alpha < 75\ldots80^\circ.$$

Scurgerea hidraulică are loc şi atunci când materialul este fluidizat prin diferite metode (cu insuflare de aer, de exemplu) sau când materialul are un conținut mare de apă şi se comportă aproximativ asemenea unui lichid (beton proaspăt, de exemplu).

Viteza de scurgere

● *Scurgerea normală*

Se separă din coloana de material care se scurge un element de volum de înălțime Δh (fig.12).

Deoarece Δh este mic, greutatea lui şi forța de frecare de pe suprafața laterală se pot neglija în raport cu forța datorată presiunii coloanei de material aflată deasupra elementului de volum respectiv. De asemenea, din acelaşi motiv, forța datorată presiunii se consideră constantă pe parcursul Δh.

Viteza acestui element de volum la trecerea lui prin gura de evacuare se determină din relația (lucrul mecanic al forței F_p, datorată presiunii, la deplasarea ei pe distanța Δh este egal cu energia cinetică a elementului de volum) (fig.12):

$$F_p \cdot \Delta h = \frac{m \cdot v^2}{2}, \quad (41)$$

în care $F_p = p \cdot A$, iar masa elementului de material este $m = A \cdot \Delta h \cdot \rho$.

După înlocuiri, din relația (41) rezultă:

$$p \cdot A \cdot \Delta h = A \cdot \Delta h \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

sau, în final

$$v = \sqrt{\frac{2p}{\rho}}. \qquad (42)$$

Viteza efectivă de scurgere este mai mică decât cea calculată cu relația (42):

$$v = \lambda \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{p}{\rho}}, \qquad (43)$$

unde λ este coeficientul de scurgere, subunitar.

Coeficientul de scurgere ține seama de o serie de influențe care au fost neglijate la deducerea relației (42), respectiv de frecarea dintre material și pereții orificiului de scurgere, de frecarea dintre particule în interiorul coloanei care se scurge (cauzată de distribuția neuniformă de viteze pe secțiunea coloanei), de contracția jetului de material la trecerea prin orificiul de scurgere etc.

Din relația (43), înlocuind p cu $p_{v,med}$, rezultă pentru materiale coezive

$$v = \lambda \cdot \sqrt{2R \cdot g \cdot k - \frac{\tau_0}{\rho \cdot f}}, \qquad (44)$$

iar pentru materiale necoezive,

$$v = \lambda \cdot \sqrt{2R \cdot g \cdot k}, \qquad (45)$$

unde s-a ținut seama de relațiile (38), respectiv (40).

● *Scurgerea hidraulică*

În acest caz se utilizează relația

$$v \approx \lambda \cdot \sqrt{2g \cdot h} \quad [m/s], \qquad (46)$$

unde h este înălțimea materialului din buncăr [m].

Pentru coeficientul de scurgere se pot utiliza valorile din tabelul 1 [3].

***Tabelul 1.** Valori ale coeficientului de scurgere* λ

Tipul materialului	**Coeficientul de scurgere** λ
Nisip uscat	0,65
Cereale	0,55
Sodă calcinată, zgură	0,50
Cărbune uscat cu conținut de fracțiuni mărunte; cocs concasat	0,40
Argilă	0,35
Calcar de dimensiuni medii, cu conținut de fracțiuni mărunte	0,25
Nisip umed, criolit pulbere, rumeguș.	0,20

Exemplu de calcul

Pentru exemplificare, se consideră scurgerea din buncăr a două materiale, unul coeziv și celălalt necoeziv.

1. Material coeziv: argilă pulverulentă uscată

● *Determinări experimentale*

Se determină cu mijloace experimentale simple

- $\tau_0 = 70\ N/m^2$ - tensiunea inițială de forfecare a materialului (determinarea se face cu o celulă de forfecare simplă pentru starea afânată $\sigma_0 = 0$);
- $\alpha_v = 33^\circ$ - unghiul de taluz natural prin vărsare;
- $h = 80\ mm$ - înălțimea grămezii de material formate;
- $\rho = 1030\ kg/m^3$ - densitatea materialului;
- $h_0 = 24\ mm$ - înălțimea taluzului vertical liber (determinarea se realizează cu o cutie cu perete rabatabil).

Deoarece în acest caz (grămadă formată prin vărsare) $f = f_\sigma$, se calculează coeficientul frecării interne (relația (20))

$$f = tg\,\alpha_v - \frac{\tau_0}{\rho \cdot g \cdot h} =$$

$$= tg\,33^\circ - \frac{70}{1030 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}080} = 0{,}562$$

Rezultă unghiul frecării interne

$$\varphi = arctg\ f = arctg\ 0{,}562 = 29^\circ\,20'.$$

Pentru verificarea corectitudinii determinării mărimii f, se calculează (relația (9)):

$$h_0 = \frac{2 \cdot \tau_0}{\rho \cdot g} \cdot \frac{1 + \sin\varphi}{\cos\varphi} =$$

$$= \frac{2 \cdot 70}{1030 \cdot 9{,}81} \cdot \frac{1 + \sin 29^\circ\,20'}{\cos 29^\circ\,20'} = 0{,}236\ m.$$

Se observă că valoarea înălțimii taluzului vertical liber h_0 este foarte apropiată de cea determinată experimental.

● *Determinarea dimensiunii orificiului de scurgere*

- Raza hidraulică a gurii de scurgere pentru care se evită formarea bolților de material este (relația (30)):

$$R = \frac{\tau_0 (1 + \sin\,\varphi)}{\rho \cdot g} = \frac{70 \cdot (1 + \sin\,29^\circ\,20')}{1030 \cdot 9{,}81} =$$

$$= 0{,}010\ m$$

- Dimensiunea gurii de scurgere, considerată circulară

$$d_t = 4R = 0{,}040\ m$$

- Pentru siguranța scurgerii continue, diametrul gurii de evacuare va avea mărimea [15]

$$d = 2{,}5 \cdot d_f = 2{,}5 \cdot 0{,}040 = 0{,}100\ m.$$

- Se determină mărimea (relația (39))

$$k = \frac{1}{f} + 2f - \sqrt{1+f^2} =$$

$$= \frac{1}{0,562} + 2\cdot 0,562 - \sqrt{1+0,562^2} = 1,756$$

- Presiunea exercitată de coloana de material asupra închizătorului este (relația (38)):

$$p = \rho \cdot g \cdot R \cdot k - \frac{\tau_0}{f} =$$

$$= 1030\cdot 9,81\cdot 0,025\cdot 1,756 - \frac{70}{0,562} = 319 \ N/m^2$$

- Viteza teoretică de scurgere (relația (44)):

$$v_t = \sqrt{2R\cdot g\cdot k - \frac{2\tau_0}{\rho\cdot f}} =$$

$$= \sqrt{2\cdot 0,025\cdot 9,81\cdot 1,756 - \frac{2\cdot 70}{1030\cdot 0,562}} =$$

$$= 0,62 \quad m/s$$

- Viteza reală de scurgere a materialului

$$v = \lambda \cdot v_t = 0,35\cdot 0,62 = 0,217 \ m/s,$$

unde s-a considerat $\lambda = 0,35$, conform tabelului 1.

2. Material necoeziv: nisip cuarțos uscat

- S-au determinat experimental:

$$\rho = 1620 \ kg/m^3; \quad \alpha = 31^\circ;$$

- Diametrul gurii de evacuare a buncărului s-a considerat $d = 0,1 \ m$ (ca în cazul precedent).

Raza hidraulică a orificiului de scurgere este

$$R = d/4 = 0,1/4 = 0,025 \ m.$$

- Deoarece materialul este necoeziv ($\tau_0 = 0$), unghiul de frecare internă este $\varphi = \alpha$, iar coeficientul frecării interne are valoarea

$$f = arctg\,\alpha = arctg\,31^\circ = 0,6$$

- Mărimea (relația (39))

$$k = \frac{1}{f} + 2f - \sqrt{1+f^2} =$$

$$= \frac{1}{0,6} + 2\cdot 0,6 - \sqrt{1+0,6^2} = 1,7$$

- Presiunea materialului pe închizător rezultă (relația (40)):

$$p = \rho\cdot g\cdot R\cdot k = 1620\cdot 9,81\cdot 0,025\cdot 1,7 =$$

$$= 675,42 \ N/m^2$$

- Viteza de scurgere a materialului din buncăr (relația (45)):

$$v = \lambda\cdot\sqrt{2R\cdot g\cdot k} = 0,65\cdot\sqrt{2\cdot 0,025\cdot 9,81\cdot 1,7} =$$ unde s-a

$$= 0,6 \ m/s$$

considerat, conform tabelului 1, $\lambda = 0,65$.

Se observă că, în cazul materialelor necoezive, atât presiunea materialului pe închizător, cât și viteza lui de scurgere sunt mai mari decât în cazul materialelor coezive.

4. CONCLUZII

Caracteristicile reologice prezentate în lucrare definesc comportarea materialelor pulverulente și granulare, a cărei cunoaștere este absolut necesară pentru proiectarea și construcția nu numai a echipamentelor și instalațiilor de depozitare (buncăre, silozuri etc.), ci și a celor de transport, manipulare și de procesare.

Este necesară determinarea cât mai precisă a acestor caracteristici, lucru care se realizează utilizând aparatura adecvată.

Corelațiile stabilite între diferitele caracteristici reologice sunt utile pentru că permit determinarea unor caracteristici care necesită mijloace experimentale complexe (aflate numai în laboratoarele specializate), pe baza valorilor altor caracteristici, determinate utilizând mijloace experimentale simple, accesibile, dar suficient de precise pentru necesitățile practice.

Metodica de calcul stabilită permite determinarea mărimilor care caracterizează curgerea materialelor din buncăre (dimensiunea gurii de evacuare pentru care nu se formează bolți, presiunea exercitată de material pe închizător, viteza de scurgere a materialului) utilizând relații simple, stabilite pe baza caracteristicilor reologice ale materialelor.

BIBLIOGRAFIE

1. **REIMBERT, M., REIMBERT, A.,** *Mecanique des sols. Etudes des butees des ouvrages de fondation*, Eyrolles, Paris, 1974.
2. **BLASINSKI, H., GLUBA, T.,** *Metody i aparaty do pomiaru wytrzymalosci aglomeratov*, Inzyneria i aparatura dremiczna, Nr. 4, 1981, p.20-32.
3. **ZENKOV, R.L.**, *Mehanika nasîpnîh gvrezov*, Masinostroenie, Moscova, 1964.
4. **BLIGHT, G.E.,** *Partial Failures of Corruggated Steel Silos Shoring Canola Bulk solids handling*, 24, Nr.2, 2004, p. 86-90.
5. **SCHWEDES, J.,** *Dimensionierung von Bunkern*, Aufbereitungs-Technik, Nr.10, 1969, p.535-543.
6. **SCHWEDES, J**., *Fliessverhalten von Schüttgütern in Bunkern*, Chemie Ingenieur Technik, 48, Nr.4, 1976, p.234-300.
7. **SCHULZE, D.,** *Vergleich des Fliessverhaltens leicht fliessender Schüttgüter*, Schüttgut Nr.3, 1996, p.347-356.
8. **JENIKE, A.W**., *Storage and flow of solids*, Bulletin of the University of Utah, 53, Nr.26, 1964.
9. **TOMAS, I**., *Particle adhesion fundamentals and bulk powder consolidation, Powder handling & processing*, 12, Nr.2, 2000, p.131-138.
10. **JACHEM, K., SCHWEDES, J.,** *Use aerated hoppers as discharge aids. Experiments and calculation, Powder handling& processing*, 8, Nr.4, 1996, p. 341-344.
11. **TEODORESCU, N**., *Reologie aplicată*, Matrix Rom, București, 2004.
12. **ENE, GH**., *Unele aspecte privind comportarea materialelor pulverulente și granulare*, Buletin Științific al celei de-a XXVIII-a Conferință Națională de Mecanica Solidelor, vol.V, Târgoviște, mai 2004, ISBN 973-86834-7-5, p.201-207.
13. **ENE, GH**., *Unele aspecte privind caracteristicile reologice ale materialelor pulverulente și granulare*, Buletin Științific al celei de-a XXVIII-a Conferință Națională de Mecanica Solidelor, vol.V, Târgoviște, mai 2004, ISBN 973-86834-7-5, p.208-212.
14. **ENE, GH**., *Aspecte teoretice privind calculul buncărelor pentru materiale granulare*, Revista Construcții, Nr.2, 1992, p.37-43.
15. **IORDACHE, GH., ENE, GH., RASIDESCU, M**., *Utilaje pentru industria materialelor de construcții*, Editura Tehnică, București, 1987.

STĂRI DE SOLICITARE ÎN ZONELE DE EVACUARE A MEDIILOR DE LUCRU DIN RECIPIENTELE CU MANTALE DE ÎNCĂLZIRE/RĂCIRE (I)

Radu I. Iatan, Iuliana Marlena Prodea
Universitatea POLITEHNICA din Bucureşti, r_iatan@yahoo.com, improdea@yahoo.com

REZUMAT
Articolul abordează studiul concentrării tensiunilor în zona de evacuare a produselor din recipiente cu funduri bombate (elipsoidale, sferice, mâner de coş), în contextul existenţei unui racord cilindric aplicat şi a fixării mantalei de încălzire (răcire) la corpul recipientului cu ajutorul unei porţiuni cilindrice (varianta constructivă A). Analiza stării de solicitare are în vedere domeniul elastic al materialelor de construcţie şi utilizarea metodei elementelor structurale scurte, respectiv suprapunerea efectelor sarcinilor exterioare (presiuni, gradienţi termici) şi a celor interioare (sarcini de legătură). Acceptând continuitatea deformaţiilor radiale şi unghiulare, sistemul algebric rezultat permite stabilirea expresiilor sarcinilor de legătură (eforturi tăietoare şi momente încovoietoare unitare), premergătoare evaluării stărilor de tensiuni şi reevaluarea geometriei structurii, respectiv a materialelor de construcţie, în condiţiile impuse de tehnologia de proces.

ABSTRACT
The paper deals with the study concerning the concentration of stress in the area of discharge of products from vessels with dished bottom (ellipsoidal, spherical, basket handle) in the condition of the existence of an cylindrical spill nozzle and when the heating (cooling) jacket is fixed to the vessel body through a cylindrical section (constructional version A). The analysis of the state of loading is made taking into consideration the elastic range of construction materials and the use of short structural elements method, respective the effects superposition of external (pressure, thermal gradients) and internal loads (binding loads). Accepting the continuity of radial- and angle of shearing-deformations, the set of equations allows to establish the expressions of binding loads (shearing force and bending moments), before the evaluation of the plane stress and the reevaluation of the structure's geometry, respective of the construction materials, in the conditions imposed by the process technology.

KEYWORDS: *edge effect , short structural elements, axisymmetric load*

1. INTRODUCERE

Recipientele sub presiune, cu diferite forme geometrice, cu mantale de încălzire (răcire), fixe sau amovibile [7, 13, 14, 15, 18, 19, 21, 23, 24, 28], sunt utilizate în diverse sectoare ale industriilor de proces, solicitate fiind de parametrii funcţionali cu valori semnificative şi cu agresivităţi chimice sau mecanice specifice. Sarcinile impuse de tehnologiile de proces au, în general, caracter variabil, cu amplitudini diverse [29, 32].

Această stare a impus ca in conţinutul diverselor normative recunoscute (EN 13445, ASME Code, BS 5500, AD Merkbltt, TGL 32903/15, CODAP, C4 etc.) să fie prezente metodologii de calcul adecvat pentru proiectarea componentelor structurilor sub presiune, astfel încât grosimile acestora să răspundă şi verificării la oboseală mecanică sau termo-mecanică, în speţă justificarea duratei de serviciu a acestor echipamente [16, 17, 32].

Se remarcă, ca evidentă, necesitatea analizei solicitărilor dezvoltate în zonele structurilor sub presiune unde se manifestă concentrări de tensiuni [9, 27, 34, 36], în general, respectiv în intersecţiile racordurilor cilindrice cu suprafeţe cilindrice, izolate sau învecinate, în particular, cu încărcare axial-simetrică [2, 30, 31, 35, 38] şi/sau cu momente încovoietoare în plan diametral [33].

De notat, în contextul dat, că evaluarea intensităţilor stărilor de tensiuni în intersecţiile caracteristice racordurilor tehnologice se poate realiza experimental [1, 10, 11, 25, 33, 43, 44] – cu dificultăţile recunoscute în etapa modelării de laborator şi mai ales în cazul construcţiilor industriale [32] -, cu metode analitice [2 - 4, 7, 12, 15, 20, 42] sau numerice [1, 5, 22, 26, 35, 37, 40, 41], precum şi cu metode energetice [16, 17] sau folosind conceptele mecanicii ruperii [6, 29]. Pe lângă solicitarea în domeniul elastic caracteristic materialelor de construcţie, studiile reflectate de literatura de specialitate au în vedere şi deformaţiile elasto-plastice şi/sau plastice [6, 8, 29, 30] create în sectoarele cu intensităţi maxime de tensiuni şi deformaţii.

Una dintre soluţiile practice folosite pentru diminuarea intensităţii concentrării tensiunilor este cea a consolidării cu surplus de material [7, 13, 15, 38, 39].

În ceea ce priveşte formele racordurilor este cunoscut că acestea pot fi de tip aplicat sau pătruns (utilizate mai rar, cu unele adaptări specifice, în zonele de evacuare a produselor din interiorul recipientelor, având în vedere inconvenientele recunoscute [19]).

Lucrarea de faţă ia în discuţie existenţa unui racord cilindric radial, de tip aplicat, prevăzut la fundul unui recipient cu fund elipsoidal (la care zona centrală poate fi asimilată cu una sferică) sau sferic, în vecinătatea căreia este prezentă fixarea mantalei de încălzire (răcire), de aceeaşi formă geometrică cu cea a fundului recipientului şi fixată de acesta prin intermediul unui tronson cilindric (varianta constructivă A).

Pentru evaluarea intensităţii stării de solicitare în domeniul elastic, în această etapă se foloseşte metoda elementelor structurale scurte [12], apelând la continuitatea deformaţiilor liniare şi unghiulare, pentru stabilirea expresiilor sarcinilor de legătură (eforturi tăietoare şi momente încovoietoare unitare radiale).

2. SARCINI DE LEGĂTURĂ PENTRU VARIANTA A

Pentru realizarea scopului propus de articol se au în vedere *următoarele ipoteze simplificatoare:*

► materialele elementelor constructive care aparţin zonei analizate pot fi diferite şi, ca atare, cu proprietăţi mecanice individualizate, impuse de condiţiile concrete de lucru;

► se acceptă că materialele au o structură continuă şi caracteristici izotrope, neglijându-se modificările structurale care pot apare în procesele de fabricare (cordoanele de sudură, de exemplu) şi efectele ulterioare ale acestora;

► sarcinile exterioare şi, drept consecinţă sarcinile interioare, au distribuire axial simetrică;

► se consideră gradienţii termici la nivelul suprafeţelor mediane ale suprafeţelor mediane ale elementelor constructive din zona analizată, neglijând variaţiile temperaturilor pe grosimile pereţilor respectivi;

► se neglijează consolidarea suplimentară pe care o realizează geometria cordoanelor de sudură existente în elementele îmbinării;

► se are în vedere ipoteza normalelor drepte (Love-Kirchhoff);

► pentru învelişurile lungi se ia în discuţie ipoteza Saint-Venant, în timp ce pentru elementele structurale scurte nu [12];

► solicitarea structurii fiind considerată în domeniul elastic se are în vedere suprapunerea efectelor (principiul lui Boltzmann).

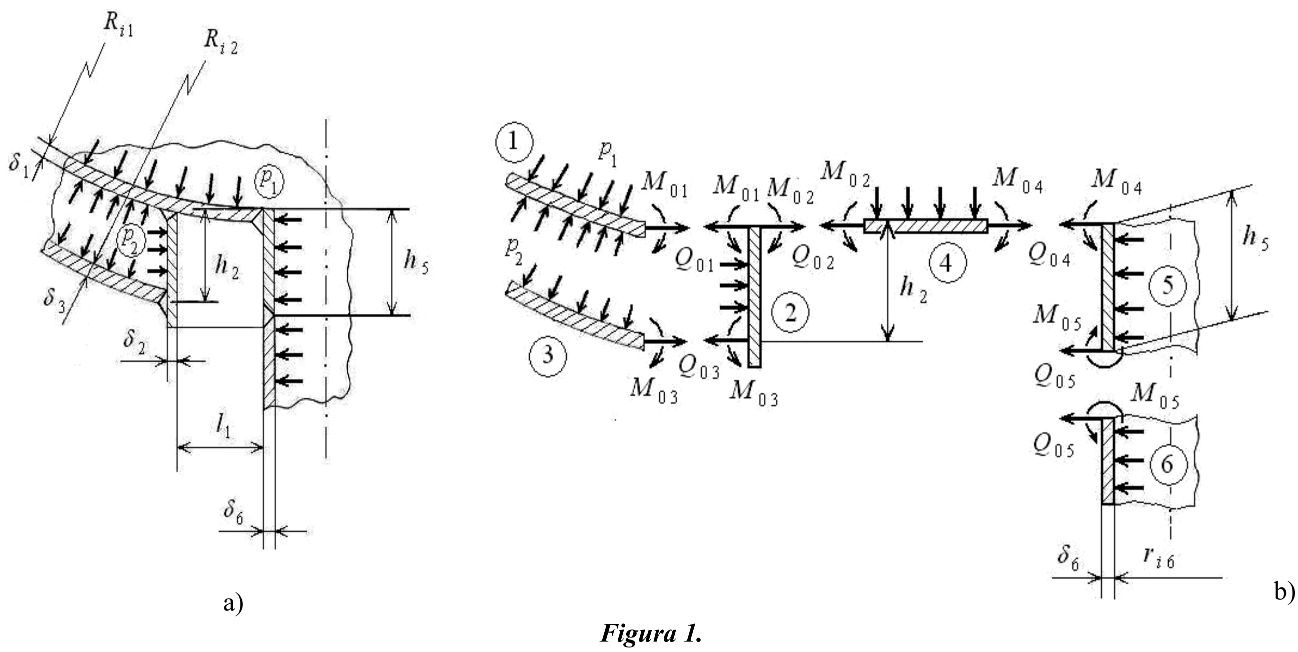


Figura 1.

a) Schematizarea zonei (varianta A); b) Schema cu separarea (ipotetică) a elementelor îmbinării.

3. ECUAŢII DE CONTINUITATE

Pentru analiza specificată se ia în discuţie figura 1 (a - zona schematizată şi b - separarea ipotetică a elementelor componente din zonă).

Într-o primă etapă se verifică dacă elementele cilindrice 2 şi 5 sunt scurte, caz în care este necesar ca [5, 12, 13, 26]:

$$h_2 \le 2{,}5 \cdot \sqrt{R_{m\,2} \cdot \delta_2}\,; \qquad (1)$$

$$h_5 \le 2{,}5 \cdot \sqrt{R_{m\,5} \cdot \delta_5}\,, \qquad (2)$$

unde - h_2 şi h_5 reprezintă lungimile elementelor cilindrice, cuprinse între planurile de separare cu elementele adiacente;

- $R_{m\,2}, R_{m\,5}$ - razele suprafeţelor mediane ale elementelor 2 şi 5 (figura 1,*b*);

- δ_2, δ_5 - grosimile de rezistenţă ale elementelor precizate (se neglijează aici adaosurile de coroziune şi/sau de eroziune; nu este exclusă şi considerarea grosimilor care să conţină şi aceste adaosuri).

Elementele aparţinând îmbinării sunt considerate ca fiind realizate din oţeluri.

Pentru reducerea concentrării tensiunilor, în cazul acestei variante constructive, trecerea de la fundul propriu-zis al recipientului, realizat eventual dintr-un oţel înalt aliat, la racordul de evacuare a mediului de lucru, se acceptă a se face cu un cilindru scurt, tot din oţel înalt aliat.

În vederea scrierii ecuaţiilor de continuitate a deformaţiilor se consideră că elementele 1 şi 3 sunt de formă sferică, iar porţiunea 4, deşi face parte din fundul de formă sferică, dar de lungime mică, se va echivala cu o placă inelară, simplu rezemată la nivelul circumferinţelor de raze $R_{m\,2}$ şi $R_{m\,5}$.

Cuplarea ecuaţiilor de genul menţionat conduce în final la un sistem algebric liniar de forma:

$$[C] \cdot \{N\} = \{T\}, \qquad (3)$$

unde $[C]$ reprezintă matricea factorilor de influenţă a sarcinilor interioare (eforturi tăietoare şi momente încovoietoare unitare de legătură) asupra deplasărilor radiale şi rotirilor elementelor structurale adiacente:

$$[C] = \begin{pmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{1,10} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{10,1} & \cdots & a_{10,10} \end{pmatrix}, \qquad (4)$$

în care:

$$a_{1,1} = c_{1\,d\,q} - \frac{1}{2 \cdot k_2^3 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left(f_{1\,q}\right)_2;$$

$$a_{1,2} = c_{1\,d\,m} + \frac{1}{2 \cdot k_2^2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left(f_{1\,m}\right)_2;$$

$$a_{1,3} = \frac{1}{2 \cdot k_2^3 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left(f_{1\,q}\right)_2;$$

$$a_{1,4} = -\frac{1}{2 \cdot k_2^2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left(f_{1\,m}\right)_2;$$

$$a_{1,5} = -\frac{1}{2 \cdot k_2^3 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left[f_{q\,d}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{1,6} = -\frac{1}{2 \cdot k_2^2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left[f_{m\,d}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{1,7} = a_{1,8} = a_{1,9} = a_{1,10} = 0;$$

$$a_{2,1} = c_{1\,r\,q} - \frac{1}{2 \cdot k_2^2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left(f_{2\,q} + f_{3\,q}\right)_2;$$

$$a_{2,2} = c_{1\,r\,m} + \frac{1}{k_2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left(f_{2\,m}\right)_2;$$

$$a_{2,3} = \frac{1}{2 \cdot k_2^2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left(f_{2\,q} + f_{3\,q}\right)_2;$$

$$a_{2,4} = -\frac{1}{k_2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left(f_{2\,m}\right)_2;$$

$$a_{2,5} = \frac{1}{2 \cdot k_2^2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left[f_{q\,r}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{2,6} = \frac{1}{2 \cdot k_2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left[f_{m\,r}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{2,7} = a_{2,8} = a_{2,9} = a_{2,10} = 0;$$

$$a_{3,1} = \frac{1}{2 \cdot k_2^3 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left[f_{q\,d}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{3,2} = -\frac{1}{2 \cdot k_2^2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left[f_{m\,d}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{3,3} = -\frac{1}{2 \cdot k_2^3 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left[f_{q\,d}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{3,4} = \frac{1}{2 \cdot k_2^2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left[f_{m\,d}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{3,5} = \frac{1}{2 \cdot k_2^3 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left(f_{1\,q}\right)_2 - c_{3\,d\,q};$$

$$a_{3,6} = \frac{1}{2 \cdot k_2^2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left(f_{1\,m}\right)_2 - c_{3\,d\,m};$$

$$a_{3,7} = a_{3,8} = a_{3,9} = a_{3,10} = 0;$$

$$a_{4,1} = -\frac{1}{2 \cdot k_2^2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left[f_{q\,r}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{4,2} = \frac{1}{2 \cdot k_2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left[f_{m\,r}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{4,3} = \frac{1}{2 \cdot k_2^2 \cdot \mathfrak{R}_2} \cdot \left[f_{q\,r}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{4,4} = -\frac{1}{2\cdot k_2\cdot \Re_2}\cdot\left[f_{mr}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{4,5} = \frac{1}{2\cdot k_2^2\cdot \Re_2}\cdot\left(f_{2q}+f_{3q}\right)_2 - c_{3rq};$$

$$a_{4,6} = \frac{1}{2\cdot k_2\cdot \Re_2}\cdot\left[f_{mr}\left(h_2\right)\right] - c_{3rm};$$

$$a_{4,7} = a_{4,8} = a_{4,9} = a_{4,10} = 0;$$

$$a_{5,1} = \frac{1}{2\cdot k_2^3\cdot \Re_2}\cdot\left(f_{1q}\right)_2;$$

$$a_{5,2} = -\frac{1}{2\cdot k_2^2\cdot \Re_2}\cdot\left(f_{1m}\right)_2;$$

$$a_{5,3} = -\frac{1}{2\cdot k_2^3\cdot \Re_2}\cdot\left(f_{1q}\right)_2 - \left(c_{4dq}\right)_e^1;$$

$$a_{5,4} = \frac{1}{2\cdot k_2^2\cdot \Re_2}\cdot\left(f_{1m}\right)_2;$$

$$a_{5,5} = \frac{1}{2\cdot k_2^3\cdot \Re_2}\cdot\left[f_{qd}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{5,6} = \frac{1}{2\cdot k_2^2\cdot \Re_2}\cdot\left[f_{md}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{5,7} = -\left(c_{4dq}\right)_e^2; \quad a_{5,8} = a_{5,9} = a_{5,10} = 0;$$

$$a_{6,1} = \frac{1}{2\cdot k_2^2\cdot \Re_2}\cdot\left(f_{2q}+f_{3q}\right)_2;$$

$$a_{6,2} = -\frac{1}{k_2\cdot \Re_2}\cdot\left(f_{2m}\right)_2;$$

$$a_{6,3} = -\frac{1}{2\cdot k_2^2\cdot \Re_2}\cdot\left(f_{2q}+f_{3q}\right)_2;$$

$$a_{6,4} = \frac{1}{k_2\cdot \Re_2}\cdot\left(f_{2m}\right)_2 - c_{4r}^1\left(M_{02}\right);$$

$$a_{6,5} = \frac{1}{2\cdot k_2^2\cdot \Re_2}\cdot\left[f_{qr}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{6,6} = -\frac{1}{2\cdot k_2\cdot \Re_2}\cdot\left[f_{mr}\left(h_2\right)\right];$$

$$a_{6,7} = a_{6,8} = a_{6,9} = a_{6,10} = 0;$$

$$a_{7,1} = a_{7,2} = 0; \quad a_{7,3} = \left(c_{4rq}\right)_i^2;$$

$$a_{7,4} = a_{7,5} = a_{7,6} = 0;$$

$$a_{7,7} = \left(c_{4rq}\right)_i^1 - \frac{1}{2\cdot k_5^3\cdot \Re_2}\cdot\left(f_{1q}\right)_5;$$

$$a_{7,8} = \frac{1}{2\cdot k_5^2\cdot \Re_5}\cdot\left(f_{1m}\right)_5;$$

$$a_{7,9} = -\frac{1}{2\cdot k_5^3\cdot \Re_5}\cdot\left[f_{qd}\left(h_5\right)\right];$$

$$a_{7,10} = \frac{1}{2\cdot k_5^2\cdot \Re_5}\cdot\left[f_{md}\left(h_5\right)\right];$$

$$a_{8,1} = a_{8,2} = a_{8,3} = a_{8,4} = a_{8,5} = a_{8,6} = 0;$$

$$a_{8,7} = \frac{1}{2\cdot k_5^2\cdot \Re_5}\cdot\left(f_{2q}+f_{3q}\right)_5;$$

$$a_{8,8} = c_{4r}^2\left(M_{04}\right) - \frac{1}{k_5\cdot \Re_5}\cdot\left(f_{2m}\right)_5;$$

$$a_{8,9} = -\frac{1}{2\cdot k_5^2\cdot \Re_5}\cdot\left[f_{qr}\left(h_5\right)\right];$$

$$a_{8,10} = \frac{1}{2\cdot k_5\cdot \Re_5}\cdot\left[f_{mr}\left(h_5\right)\right];$$

$$a_{9,1} = a_{9,2} = a_{9,3} = a_{9,4} = a_{9,5} = a_{9,6} = 0;$$

$$a_{9,7} = \frac{1}{2\cdot k_5^3\cdot \Re_5}\cdot\left[f_{qd}\left(h_5\right)\right];$$

$$a_{9,8} = -\frac{1}{2\cdot k_5^2\cdot \Re_5}\cdot\left[f_{md}\left(h_5\right)\right];$$

$$a_{9,9} = \frac{1}{2\cdot k_5^3\cdot \Re_5}\cdot\left(f_{1q}\right)_5 - \frac{1}{2\cdot k_6^3\cdot \Re_6};$$

$$a_{9,10} = -\frac{1}{2\cdot k_5^2\cdot \Re_5}\cdot\left(f_{1m}\right)_5 + \frac{1}{2\cdot k_6^2\cdot \Re_6};$$

$$a_{10,1} = a_{10,2} = a_{10,3} = a_{10,4} = a_{10,5} = a_{10,6} = 0;$$

$$a_{10,7} = \frac{1}{2\cdot k_5^2\cdot \Re_5}\cdot\left[f_{qr}\left(h_5\right)\right];$$

$$a_{10,8} = -\frac{1}{2\cdot k_5\cdot \Re_5}\cdot\left[f_{mr}\left(h_5\right)\right];$$

$$a_{10,9} = -\frac{1}{2\cdot k_5^2\cdot \Re_5}\cdot\left(f_{2q}+f_{3q}\right)_5 + \frac{1}{2\cdot k_6^2\cdot \Re_6};$$

$$a_{10,10} = \frac{1}{k_5\cdot \Re_5}\cdot\left(f_{2m}\right)_5 - \frac{1}{k_6\cdot \Re_6}; \qquad (5)$$

$\left\{N\right\}$ - vectorul necunoscutelor problemei de față:

$$\left\{N\right\}^T = \left\{Q_{0,1}, M_{0,1}, \quad \cdots \quad Q_{0,10}, M_{0,10}\right\}, \quad (6)$$

respectiv $\left\{T\right\}$ - vectorul termenilor liberi (deplasări radiale şi rotiri dezvoltate de sarcinile exterioare concretizate prin presiunile p_1, p_2 şi de gradienții termici corespunzători):

$$\left\{T\right\}^T = \left\{a_1, \cdots, a_{10}\right\}, \qquad (7)$$

unde:

$$a_1 = \frac{p_2}{4\cdot k_2^4\cdot \Re_2} - c_{1dp} + \alpha_1\cdot\Delta T_1\cdot R_{m1}\cdot\sin\varphi_1 -$$

$$-\alpha_2\cdot\Delta T_2\cdot R_{m2};$$

$$a_2 = -\frac{\alpha_2\cdot R_{m2}}{h_2}\cdot\left(\Delta T_3 - \Delta T_2\right);$$

$$a_3 = -\frac{1-\nu_3}{2\cdot\delta_3\cdot E_3}\cdot p_2\cdot R_{m3}^2\cdot\sin\varphi_3 - \frac{p_2}{4\cdot k_2^4\cdot\Re_2} - \left(\alpha_3\cdot R_{m3}\cdot\sin\varphi_3 - \alpha_2\cdot R_{m2}\right)\cdot\Delta T_3;$$

$$a_4 = -\frac{\alpha_2\cdot R_{m2}}{h_2}\cdot\left(\Delta T_3 - \Delta T_2\right);$$

$$a_5 = -\frac{p_2}{4\cdot k_2^4\cdot\Re_2} - \left(\alpha_1\cdot\Delta T_1 - \alpha_2\cdot\Delta T_2\right)\cdot R_{m2};$$

$$a_6 = \frac{\alpha_2\cdot R_{m2}}{h_2}\cdot\left(\Delta T_3 - \Delta T_2\right) + c_{4r}^1\left(p_1\right)\cdot p_1;$$

$$a_7 = -\frac{p_1}{4\cdot k_5^4\cdot\Re_5};\ a_8 = -c_{4r}^2\left(p_1\right)\cdot p_1;$$

$$a_9 = \left(\alpha_1\cdot R_{m5} - \alpha_6\cdot R_{m6}\right)\cdot\Delta T_1 + \frac{p_1}{4}\cdot\left(\frac{1}{k_5^4\cdot\Re_5} - \frac{1}{k_6^4\cdot\Re_6}\right);$$

$$a_{10} = 0. \tag{8}$$

Notă: În egalitățile (6) și (7) exponentul „^{T}” are semnificația transpusei vectorului respectiv.

În exprimările de mai sus se folosesc următoarele mărimi ajutătoare:

$$\sin\varphi_1 = \frac{R_{m2}}{R_{m1}};\quad k_1 = \sqrt[4]{3\cdot\left(1-\nu_1^2\right)}\cdot\sqrt{\frac{R_{m1}}{\delta_1}};$$

$$\sin\varphi_3 = \frac{R_{m2}}{R_{m3}};\ k_3 = \sqrt[4]{3\cdot\left(1-\nu_3^2\right)}\cdot\sqrt{\frac{R_{m3}}{\delta_3}};$$

$$\Re_2 = \frac{E_1\cdot\delta_1^3}{12\cdot\sqrt[4]{3\cdot\left(1-\nu_1^2\right)}};\ k_2 = \frac{\sqrt[4]{3\cdot\left(1-\nu_1^2\right)}}{\sqrt{R_{m2}\cdot\delta_2}};$$

$$\Re_5 = \frac{E_5\cdot\delta_5^3}{12\cdot\sqrt[4]{3\cdot\left(1-\nu_1^2\right)}};\ k_5 = \frac{\sqrt[4]{3\cdot\left(1-\nu_1^2\right)}}{\sqrt{R_{m5}\cdot\delta_5}};$$

$$\Re_6 = \frac{E_6\cdot\delta_6^3}{12\cdot\sqrt[4]{3\cdot\left(1-\nu_6^2\right)}};\ k_6 = \frac{\sqrt[4]{3\cdot\left(1-\nu_6^2\right)}}{\sqrt{R_{m6}\cdot\delta_6}};$$

$$c_{1dp} = -\frac{1-\nu_1}{2\cdot\delta_1\cdot E_1}\cdot\left(p_1 - p_2\right)\cdot R_{m1}^2\cdot\sin\varphi_1;$$

$$c_{1dq} = \frac{R_{m1}}{\delta_1\cdot E_1}\cdot\begin{bmatrix}\left(2+\nu_1\right)\cdot\cos\varphi_1 + \\ +2\cdot k_1\cdot\sin\varphi_1\end{bmatrix}\cdot\sin\varphi_1;$$

$$c_{1dm} = -\frac{2\cdot k_1^2}{\delta_1\cdot E_1}\cdot\sin\varphi_1;\ c_{1rm} = -\frac{4\cdot k_1^3}{\delta_1\cdot E_1\cdot R_{m1}};$$

$$c_{1rq} = \frac{2\cdot k_1^2}{\delta_1\cdot E_1};\ c_{3dm} = -\frac{2\cdot k_3^2}{\delta_3\cdot E_3}\cdot\sin\varphi_3;$$

$$c_{3dq} = \frac{R_{m3}}{\delta_3\cdot E_3}\cdot\begin{bmatrix}\left(2+\nu_3\right)\cdot\cos\varphi_3 + \\ +2\cdot k_3\cdot\sin\varphi_3\end{bmatrix}\cdot\sin\varphi_3;$$

$$c_{3rq} = -\frac{2\cdot k_3^2}{\delta_3\cdot E_3}\cdot\sin\varphi_3;\ c_{3rm} = \frac{4\cdot k_3^3}{\delta_3\cdot E_3\cdot R_{m3}};$$

$$\left(c_{4dq}\right)_e^1 = -\frac{R_{m2}^3}{E_1\cdot\delta_1\cdot\left(R_{m2}^2 - R_{m5}^2\right)}\cdot\left[1-\nu_1 + \left(1+\nu_1\right)\frac{R_{m5}^2}{R_{m2}^2}\right];$$

$$\left(c_{4dq}\right)_e^2 = -\frac{2\cdot R_{m2}\cdot R_{m5}^2}{E_1\cdot\delta_1\cdot\left(R_{m2}^2 - R_{m5}^2\right)};$$

$$c_{4r}^1\left(p_1\right) = -\frac{R_{m2}^4}{16\cdot R_{m5}\cdot\Re_1}\cdot\begin{bmatrix}c_{r,x=\alpha}^{(4)} - \\ -\dfrac{c_{d,x=1}^{(4)}}{c_{d,x=\alpha}^{(1)}}\cdot c_{r,x=1}^{(1)}\end{bmatrix};$$

$$c_{4r}^2\left(p_1\right) = -\frac{R_{m2}^4}{R_{m5}\cdot\Re_1}\cdot\begin{bmatrix}\dfrac{1}{4}\cdot c_{r,x=1}^{(3)} - \\ -\dfrac{c_{d,x=\alpha}^{(3)}}{c_{d,x=\alpha}^{(1)}}\cdot c_{r,x=1}^{(1)}\end{bmatrix};$$

$$c_{4r}^1\left(M_{02}\right) = -\frac{R_{m2}^2}{R_{m5}\cdot\Re_1}\cdot\begin{bmatrix}c_{r,x=1}^{(5)} - \\ -4\cdot\dfrac{c_{d,x=\alpha}^{(5)}}{c_{d,x=\alpha}^{(1)}}\cdot c_{r,x=1}^{(1)}\end{bmatrix};$$

$$\left(c_{4rq}\right)_i^1 = -\frac{R_{m5}^2}{E_1\cdot\delta_1\cdot\left(R_{m2}^2 - R_{m5}^2\right)}\cdot\left[1-\nu_1 + \left(1+\nu_1\right)\frac{R_{m2}^2}{R_{m5}^2}\right];$$

$$\left(c_{4rq}\right)_i^2 = -\frac{2\cdot R_{m5}\cdot R_{m2}}{E_1\cdot\delta_1\cdot\left(R_{m2}^2 - R_{m5}^2\right)};$$

$$c_{4r}^2\left(M_{04}\right) = \frac{R_{m2}^2}{R_{m5}\cdot\Re_1}\cdot\begin{bmatrix}c_{r,x=\alpha}^{(7)} - \\ -4\cdot\dfrac{c_{d,x=1}^{(7)}}{c_{d,x=\alpha}^{(1)}}\cdot c_{r,x=1}^{(1)}\end{bmatrix};$$

$$c_{r,x=1}^{(1)} = \frac{\left(1+\nu_1\right)\cdot\ln\alpha}{\left(1-\nu_1\right)\cdot\left(\alpha^2-1\right)} + \begin{pmatrix}\dfrac{1}{1+\nu_1} + \\ +\dfrac{\alpha^2\cdot\ln\alpha}{\alpha^2-1}\end{pmatrix}\cdot\frac{1}{\alpha^2};$$

$$c_{d,x=\alpha}^{(1)} = \frac{4\cdot\left(1+\nu_1\right)\cdot\ln^2\alpha}{\left(1-\nu_1\right)\cdot\left(\alpha^2-1\right)} - 2\cdot\ln\alpha + \left(\frac{3+\nu_1}{1+\nu_1} + \frac{2\cdot\alpha^2\cdot\ln\alpha}{\alpha^2-1}\right)\cdot\frac{\alpha^2-1}{\alpha^2};$$

$$c_{r,x=1}^{(3)}=\frac{3}{4\cdot\alpha^{2}}-\frac{3+\nu_{1}}{4\cdot\left(1+\nu_{1}\right)}\cdot\frac{1+\alpha^{2}}{\alpha^{4}}-\frac{\ln\alpha}{\alpha^{2}}+$$

$$+\frac{1-\nu_{1}}{2\cdot\left(1+\nu_{1}\right)\cdot\alpha^{2}}-\frac{1}{1-\nu_{1}}\cdot\left(\begin{array}{c}\frac{3+\nu_{1}}{4\cdot\alpha^{2}}-\\-\left(1+\nu_{1}\right)\cdot\frac{\ln\alpha}{\alpha^{2}-1}\end{array}\right);$$

$$c_{d,x=\alpha}^{(3)}=\frac{\alpha^{2}\cdot\left(1-\ln\alpha\right)-1}{2\cdot\alpha^{2}}+\frac{\alpha^{4}-1}{16\cdot\alpha^{4}}-$$

$$-\frac{\alpha^{2}-1}{2}\cdot\left[\begin{array}{c}\frac{3+\nu_{1}}{1+\nu_{1}}\cdot\frac{1+\alpha^{2}}{4\cdot\alpha^{4}}+\\+\frac{\ln\alpha}{\alpha^{2}-1}-\frac{1-\nu_{1}}{2\cdot\left(1+\nu_{1}\right)\cdot\alpha^{2}}\end{array}\right]-$$

$$-\frac{\ln\alpha}{1-\nu_{1}}\cdot\left[\frac{3+\nu_{1}}{4\cdot\alpha^{2}}-\left(1+\nu_{1}\right)\cdot\frac{\ln\alpha}{\alpha^{2}-1}\right];$$

$$c_{d,x=1}^{(4)}=\frac{9}{\alpha^{4}}-1-\frac{2\cdot\left(3+\nu_{1}\right)\cdot\left(1-\alpha^{4}\right)}{\alpha^{4}}+$$

$$+4\cdot\frac{3+\nu_{1}}{\left(1-\nu_{1}\right)\cdot\alpha^{2}}\cdot\ln\alpha+4\cdot\frac{1-\nu_{1}}{1+\nu_{1}}\cdot\frac{1-\alpha^{2}}{\alpha^{4}}+$$

$$+8\cdot\frac{\ln\alpha-1}{\alpha^{2}}+8\cdot\frac{\ln\alpha}{\left(\alpha^{2}-1\right)\cdot\alpha^{2}}\cdot$$

$$\cdot\left(1-\alpha^{2}-2\cdot\frac{1+\nu_{1}}{1-\nu_{1}}\cdot\ln\alpha\right);$$

$$c_{r,x=\alpha}^{(4)}=\frac{1}{\alpha^{2}}\cdot\left[\begin{array}{c}\frac{\alpha+2\cdot\left(1-2\cdot\ln\alpha\right)}{\alpha}-\\-\frac{3+\nu_{1}}{1+\nu_{1}}\cdot\frac{\alpha^{2}+1}{\alpha}-\\-\frac{3+\nu_{1}}{\left(1-\nu_{1}\right)\cdot\alpha}+\\+2\cdot\frac{1-\nu_{1}}{\left(1+\nu_{1}\right)\cdot\alpha}+\frac{4\cdot\ln\alpha}{\alpha^{2}-1}\cdot\\\cdot\left(\alpha-\frac{1+\nu_{1}}{1-\nu_{1}}\cdot\frac{1}{\alpha}\right)\end{array}\right];$$

$$c_{r,x=1}^{(5)}=\frac{2}{\left(\alpha^{2}-1\right)\cdot\left(1-\nu_{1}^{2}\right)};$$

$$c_{d,x=\alpha}^{(5)}=\frac{1}{\alpha^{2}-1}\cdot\left[\frac{1-\alpha^{2}}{2\cdot\left(1+\nu_{1}\right)}-\frac{\ln\alpha}{1-\nu_{1}}\right];$$

$$c_{d,x=1}^{(7)}=\frac{1}{\alpha^{2}-1}\cdot\left[\frac{\alpha^{2}-1}{2\cdot\left(1+\nu_{1}\right)\cdot\alpha^{2}}+\frac{\ln\alpha}{1-\nu_{1}}\right];$$

$$c_{r,x=\alpha}^{(7)}=\frac{2}{\alpha\cdot\left(\alpha^{2}-1\right)\cdot\left(1-\nu_{1}^{2}\right)};$$

$$\left(f_{1m}\right)_{j}=\left[\begin{array}{c}sh^{2}\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)+\\+\sin^{2}\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\end{array}\right]\Big/N\left(k_{j}\cdot h_{j}\right);$$

$$\left(f_{2m}\right)_{j}=-\frac{\begin{array}{c}\sin\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot\cos\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)+\\+sh\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot ch\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\end{array}}{N\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)};$$

$$\left(f_{1q}\right)_{j}=-\frac{\begin{array}{c}\sin\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot\cos\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)-\\-sh\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot ch\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\end{array}}{N\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)};$$

$$\left(f_{2q}\right)_{j}=\frac{sh^{2}\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)}{N\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)};$$

$$\left(f_{2q}\right)_{j}=\frac{\sin^{2}\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)}{N\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)};$$

$$f_{md}\left(h_{j}\right)=\left(f_{1m}\right)_{j}\cdot\cos\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot ch\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)+$$
$$+\left(f_{2m}\right)_{j}\cdot\left[\begin{array}{c}\cos\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)sh\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)+\\+\sin\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot ch\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\end{array}\right]+$$
$$+\sin\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot sh\left(k_{j}\cdot h_{j}\right);$$

$$f_{mr}\left(h_{j}\right)=\left(f_{1m}\right)_{j}\cdot\cos\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot sh\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)+$$
$$+2\cdot\left(f_{2m}\right)_{j}\cdot\cos\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot ch\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)+$$
$$+\cos\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot sh\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)+$$
$$+\sin\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot sh\left(k_{j}\cdot h_{j}\right);$$

$$f_{qr}\left(h_{j}\right)=\left(f_{1q}\right)_{j}\cdot\left[\begin{array}{c}\cos\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)sh\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)-\\-\sin\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot ch\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\end{array}\right]+$$
$$+\left(f_{2q}\right)_{j}\cdot\left[\begin{array}{c}\cos\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot ch\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)-\\-\sin\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot sh\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\end{array}\right]+$$
$$+\left(f_{3q}\right)_{j}\cdot\left[\begin{array}{c}\cos\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot ch\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)+\\+\sin\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot sh\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\end{array}\right];$$

$$f_{qd}\left(h_{j}\right)=\left(f_{1q}\right)_{j}\cdot\cos\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot ch\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)+$$
$$+\left(f_{2q}\right)_{j}\cdot\cos\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot sh\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)+$$
$$+\left(f_{3q}\right)_{j}\cdot\sin\left(k_{j}\cdot h_{j}\right)\cdot ch\left(k_{j}\cdot h_{j}\right);$$

$$\alpha=R_{m2}/R_{m5};\quad j=\left\{2,5\right\}. \tag{9}$$

În condițiile în care determinantul matricei pătrate (4) este diferit de zero (matrice inversabilă), din sistemul algebric (3) se deduce vectorul necunoscutelor problemei, sub forma:

$$\left\{N\right\}=\left[C\right]^{-1}\cdot\left\{T\right\}, \tag{10}$$

$[C]^{-1}$ având semnificația matricei inversate.

4. CONCLUZII

Articolul abordează o primă soluție constructivă de realizare practică a zonei de evacuare a produselor fluide din recipientele cilindrice cu manta de încălzire/răcire (fig.1a), în vederea evaluării stării corespunzătoare de solicitare a elementelor geometrice prezente. Se stabilește, în această primă etapă, modalitatea de deducere a sarcinilor de contur (eforturi tăietoare de legătură şi momente încovoietoare unitare). În sensul celor de mai sus se au în vedere influențele reciproce ale sarcinilor de contur aparținând elementelor structurale scurte (2, 4, 5 – fig. 1b) asupra deformațiilor caracteristice.

În continuarea studiului se va proceda la prezentarea metodologiei de evaluare a stărilor de tensiuni dezvoltate în elementele constructive ale zonei, ținând seama de acțiunea sarcinilor exterioare şi a celor de contur. Valorile extreme ale tensiunilor stabilite pot fi considerate pentru validarea geometriei construcției sau a reconsiderării acesteia, respectiv a adoptării altor materiale de construcție. Totodată, se va face şi o exemplificare adecvată, pe un caz dat.

Notații:

a_{mn} – factori de influență a eforturilor tăietoare (coloanele impare ale matricei (4)) şi a momentelor încovoietoare unitare de legătură (coloanele pare ale matricei (4)), cu structurile date de egalitățile (5);

f_{1m}, f_{1q}, f_{2q}, $f_{3q}, f_{md}, f_{mr}, f_{qd}, f_{qr}$ – factori de influență a eforturilor tăietoare şi a momentelor de încovoietoare de legătură, acționând pe contururile elementelor cilindrice scurte [12];

k_j – factori de atenuare a efectelor sarcinilor de contur $(j = 1, 2, 3, 5)$;

p_1, p_2 – presiuni interioare;

α – factor adimensional;

φ_t – unghiuri la centru, pentru învelişurile sferice $(t = 1, 3)$;

E_j – module longitudinale de elasticitate ale materialelor $(j = 1, 3, 5, 6)$;

M_{0k} – moment încovoietor uni-tar de contur $(k = \overline{1, 5})$;

R_{it} – raza interioară a învelişului sferic $(t = 1, 3)$;

R_{ms} – razele supra-fețelor mediane ale învelişurilor $(s = 1, 2, 3, 5, 6)$;

Q_{0k} – efort tăietor de legătură $(k = \overline{1, 5})$;

α – factor adimensional;

α_1, α_2 – factori de deformare termică;

δ_j – grosimea învelişurilor $(j = 1, 3, 5, 6)$;

φ_t – semiunghiuri la centru, caracteristice învelişurilor sferice $(t = 1, 3)$;

$\Re_j$ – rigiditate cilindrică la încovoiere $(j = 1, 2, 3, 5)$;

ν_k – coeficientul contracției transversale a materialelor $(k = 1, 3, 6)$;

ΔT_p – gradienți termici ($p = 1, 2, 3$).

BIBLIOGRAFIE

1. **ALAMOREANU, ELENA, IATAN, I. R**., *The tensile stress intensification around the radial nozzles*, 15 th Symposium "Danubia - Adria", On experimental methods in solid mechanics, September 30 – October 3, 1998, Bertinoro, Forli – Italy, p. 127 - 128
2. **CIOCLOV, D. D.**, *Recipiente sub presiune*, Editura Academiei Române, Bucureşti, 1983
3. **CONSTANTINESCU, N. I., TACU, C**., Calcule de rezistență pentru utilaje tehnologice, Editura Tehnică, Bucureşti, 1979
4. **CONSTANTINESCU, N. I., DĂNEȚ, V. GEORGETA**, *Metode noi pentru calcule de rezistență*, Editura Tehnică, Bucureşti, 1989
5. **CONSTANTINESCU, N. I., SOROHAN, ŞT., PASTRAMĂ, ŞT**., *The practice of finite element modelling and analysis*, Editura Printech, Bucureşti, 2003
6. **CORNEC, A., HAO, S., SCHWALBE, H. K**., *Anwendung des Engineering Treatment Model (ETM) auf gekerbte Strukturen, Konstruktion*, 46, nr.2, 1994, p. 59 - 65
7. **DOMAŞNEV, A. A**., *Utilaje pentru industria chimică* (traducere din limba rusă), Editura Tehnică, Bucureşti, 1962
8. **GIGLIO, M**., *Fatigue analysis of different types of pressure vessel nozzle*, International Journal of Pressure Vessels and Piping, 80, nr.1, 2003, p. 1 – 8
9. **GRAEFF-WEINBERG, K**., *Untersuchung des Spannungs- und Verformungsverhaltens von senkrechten Rohrverzweigungen*,Konstruktion, 44, nr. 7-8, 1992, p. 275 - 280
10. **IATAN, I. R., POPA, A. I., HERTZOG, M**., *Intensificarea de tensiuni în jurul racordurilor tehnologice radiale*, Al IV-lea Simpozion Național de Tensometrie, Universitatea Braşov, 23 – 27 septembrie 1986, II, p. 143 - 148
11. **IATAN, I. R., ALĂMOREANU, Elena**, *Evaluare comparativă privind concentrarea tensiunilor în intersecțiile unor învelişuri cilindrice*, Simpozionul Național de Mecanica Ruperii, Midia, 19 – 20 octombrie 2000, p. 7.1 – 7.6
12. **IATAN, I. R**., *Metoda elementelor structurale scurte şi aplicații* (manuscris)
13. **IORDACHE, GH., IATAN, I. R**., ş. a., *Utilaje pentru industria chimică şi petrochimică*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1982
14. **JINESCU, V. V**., *Calculul şi construcția utilajului chimic, petrochimic şi de rafinării*, **1**, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983

15. **JINESCU, V. V.**, *Utilaj tehnologic pentru industrii de proces*, **1, 3,** Editura Tehnică, Bucureşti, 1983, 1988
16. **JINESCU, V. V.**, *Energonica*, Editura Semne, Bucureşti, 1997
17. **JINESCU, V. V.**, *Principiul energiei critice şi aplicaţiile sale*, Editura Academiei Române, Bucureşti, 2005
18. **KANTOROVICI, B. Z.**, *Osnovî rasceta himiceskih maşin i apparatov*, GNTIML, Moskva, 1952
19. **LUKAVSKY, J.,** *Konstrukce a stavba aparatu, Ceske vysoke uceni technicke v Praze*, 1971
20. **MANEA, C., PUPĂZESCU, AL.**, *Studiul de rezistenţă al îmbinării racord de fund cu mantaua unui tip coloană*, Simpozionul Naţional de Mecanica Ruperii, 9 iunie 1995, Ploieşti, p. 69 – 76
21. **PAVEL, A.**, *Elemente de inginerie mecanică*, Editura DIdactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1981
22. **PAVEL, A., POPESCU, D.**, *Determinarea disponibilităţilor de capacitate portantă a reactorului de cracare catalitică*, Simpozionul Naţional de Mecanica Ruperii, 16 – 17 sepetembrie 1999, Călimăneşti, p. 1.32 – 1.37
23. **PAVEL, A.**, *Ţevi, tubulaturi, componente tubulare, coloane tubulare*, Editura ILEX, Bucureşti, 2003
24. **PAVEL, A.**, *Recipiente cisterne*, Editura ILEX, Bucureşti, 2003
25. **PAVEL, A., POPESCU, D.**, *Unele efecte concentratoare (analiză experimentală)*, Simpozionul de Mecanica Ruperii, Călimăneşti, 23 – 24 aprilie 1998, p. 2.19 – 2. 24
26. **POPESCU, D., PAVEL, A.**, *Unele efecte concentratoare (simulare numerică)*, Simpozionul Naţional de Mecanica Ruperii, Călimăneşti, 23 – 24 aprilie 1998, p. 3.30 – 3.35
27. **POPESCU, D., PAVEL, A.**, *Concentrări sau intensificări de tensiuni mecanice*, Simpozionul Naţional de Mecanica Ruperii, 16 – 17 septembrie 1999, Călimăneşti, p. 1.67 – 1.74
28. **RENERT, M.**, *Calculul şi construcţia utilajului chimic,* **1**, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1971
29. **RENERT, M.**, *Recipiente sub presiune lucrând la număr redus de cicluri de sarcină*, Buletin ISCIR, nr.4, 1978, p. 413 – 420
30. **RENERT, M.**, *Concentratori de eforturi unitare în corpul cilindric cu racord radial*, Revista de chimie, 33, nr. 3, 1982, p. 379 – 382
31. **RENERT, M.**, ş. a., *Concentratori de efort*uri unitare în corpul sferic cu record radial, Buletin ISCIR, nr. 6, 1982, p. 7 – 16
32. **RUSU, O., TEODORESCU, M.**, *Calculul la oboseală a recipientelor de presiune*, partea I: BIT-ISCIR, nr. 1-4, 1993, p. 9-11; partea a II-a: BIT-ISCIR, nr. 1-4, 1994, p. 9-18
33. **SANG, F. Z., WANG, L. Z., XUE, P. L., WIDERA, O. E. G.**, *Plastic limit loads of nozzles in cylindrical vessels* under out-of-plane moment loading, International Journal of Pressure Vessels and Piping, 82, nr.8, 2005, p. 638 – 648
34. **SAVIN, M. G., TULICII, I. V.**, *Spravocinik po konţentraţii napriajenii*, Vidavnicie Obednannia "Vişcia şkola", Golovne Vidavniţvo, Kiev, 1976
35. **SCHINDLER, S., ZEMAN, L. J.**, *Stress concentration factors of nozzle-sphere connections*, International Journal of Pressure Vessels and Piping, 80, nr.2, 2003, p. 87 – 95
36. **SCHWAIGERER,S.**,*Festigkeitsberechnung von Bauelementen des Dampfkessel-, Behalter- und Rohrleitungsbaues*, Springer – Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1970
37. **SOROHAN, ŞT., CONSTANTINESCU, N. I.**, *Practica modelării şi analizei cu elemente finite*, Editura Politehnica Press, Bucureşti, 2003
38. **WEISS, E., RUDOLPH, J.**, *Beitrag zur Festigkeitsanalyse von Druckbehal-terstutzen*, Konstruktion, 46, nr.9, 1994, p. 313 - 321
39. **WEISS, E., LIETZMANN, A., RUDOLPH, J.**, *Ausschnittsgrossen in Druckbehaltern ohne Auswirkung auf deren Tragfahigkeit*, Konstruktion, 47, nr.7, 1995, p. 233 - 236
40. **WINN, L.,** *Berechnung von Behalter unter innendruck*, Konstruktion, 15, nr. 11, 1983, p. 263 – 270
41. **YANG, P., LIU, Y., OHTAKE, Y., YUAN, H., CEN, Z.**, *Limit analysis based on a modified elastic compensation method for nozzle-to-cylinder junctions*, International Journal of Pressure Vessels and Piping, 82, nr.10, 2005, p. 770 - 776
42. • • • *Studiu asupra stării de eforturi unitare din zonele de concentrări de tensiune ale elementelor de recipiente sub presiune*, CCPTF Bucureşti, 1975
43. • • • *Cercetări asupra stării de deformaţii şi de eforturi unitare din zonele de concentrări de tensiune ale elementelor de utilaj, în vederea încadrării în abaterile admise*, C.C.P.T.F. Bucureşti, 1977
44. • • • *Cercetări privind admisibilitatea concentratorilor de tensiune obţinuţi din urmărirea comportării utilajelor tehnologice chimice*, Chema – Project S.A., Bucureşti, 1991.

CONTRIBUȚII LA CALCULUL DE REZISTENȚĂ AL ARBORILOR DISPOZITIVELOR DE AMESTECARE ROTATIVE

Valeriu V. Jinescu, Iuliana – Marlena Prodea, Ion N. Alexandru
Universitatea POLITEHNICA din Bucureşti, vvjinescu@yahoo.com

REZUMAT
Lucrarea este o continuare a unui studiu realizat în scopul comparării rezultatelor obținute prin aplicarea în practică a două metode de calcul de rezistență al arborilor dispozitivelor de amestecare rotative. Este vorba de metoda clasică şi, respectiv, o metodă elaborată pe baza principiului energiei critice. Sunt prezentate două cazuri concrete: un arbore (fără dispozitiv de etanşare) solicitat în condiții accidentale şi un arbore, prevăzut cu dispozitiv de etanşare, solicitat în condiții normale.

ABSTRACT
The paper is the following of a study accomplished in order to compare the results obtained by practical application of two strength calculus methods for the mixing devices rotating shafts. It is about the classical method and a new one, respectively, based on critical energy principle. There are presented two concrete cases: one shaft, without seal, under accidental loading and a shaft under normal loading, with seal.

CUVINTE CHEIE: *calcul de rezistență; dispozitiv de amestecare rotativ; principiul energiei critice; dispozitiv de etanşare.*

KEY WORDS: *mixing; shaft mixing device; strength calculus; critical energy principle; seal.*

1. CALCULUL DE REZISTENȚĂ AL ARBORELUI ÎN CAZUL SOLICITĂRII ACCIDENTALE

În cele ce urmează se analizează cazul solicitării accidentale a dispozitivului de amestecare studiat în exemplul de calcul prezentat în lucrarea [1] (figura.1).

Se consideră situațiile *dezavantajoase extreme*:

a) amestecătoarele din D şi E sunt total distruse, iar din amestecătorul montat în dreptul secțiunii F rămâne funcțională o singură pală;

b) nivelul lichidului din recipient scade până în dreptul amestecătorului din F.

Solicitarea arborelui în cele două variante (*a* şi *b*) menționate este identică. Astfel, asupra arborelui se exercită următoarele acțiuni (fig.2):

- *forța încovoietoare radială* F'_F, determinată de rezistența opusă de mediul supus amestecării; are caracterul unei solicitări statice; produce momentul încovoietor M'_i;

- *forța* F_d, rezultată din angrenarea roților dințate; are efect dinamic; produce momentul încovoietor $M_i^{(d)}$;

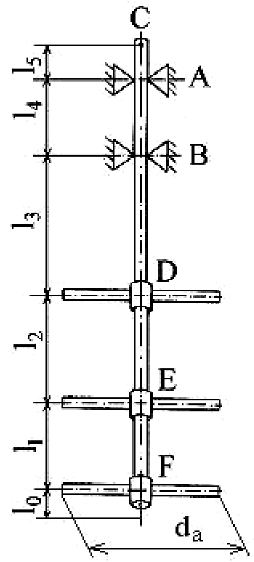


Figura 1. *Dispozitiv de amestecare rotativ cu trei amestecătoare identice montate pe acelaşi arbore*

- *momentul de torsiune* $M_{t,C}$ transmis prin intermediul sistemului de acționare;
- *reacțiunile normale corespunzătoare reazemelor*: R'_A, R'_B, în cazul solicitării statice şi respectiv $R_A^{(d)}, R_B^{(d)}$, în cazul solicitării dinamice.

Se neglijează forța centrifugă $F_{c,F}$ care acționează în centrul de masă al amestecătorului F şi care apare ca urmare a existenței dezechilibrului rezidual corespunzător acestuia.

Calculul de rezistență al arborelui se face la solicitarea de torsiune şi de încovoiere, utilizând cele două metode prezentate în lucrarea [1]: metoda clasică şi metoda elaborată pe baza principiului energiei critice.

● <u>*Calculul sarcinilor care solicită arborele dispozitivului de amestecare*</u>

Modificarea schemei de încărcare a arborelui, comparativ cu cazul analizat în [1], implică modificarea corespunzătoare a diagramelor de variație în lungul arborelui a puterii necesare, a momentelor de torsiune şi a momentelelor încovoietoare provocate de solicitarea statică (fig.2, *a,b,c*). Numai diagrama momentelor încovoietoare produse de solicitarea dinamică rămâne aceeaşi cu cea stabilită în lucrarea [1] (fig.2,*d*).

- Calculul *momentelor de torsiune* $M_{t,i}$ în secțiunile importante *i* ale arborelui se efectuează pe baza relației

$$M_{t,i} = \frac{N_i}{\omega}, \tag{1}$$

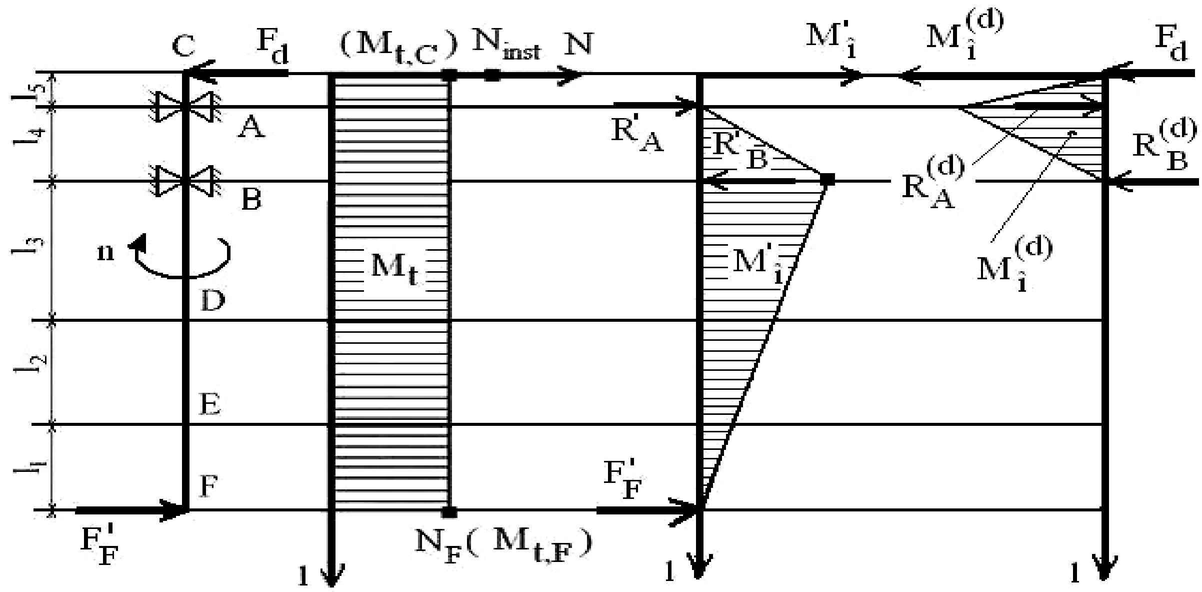
unde N_i este puterea necesară corespunzătoare secțiunii *i,* iar ω este viteza unghiulară de rotație a arborelui.
Având în vedere că turația arborelui considerat este [1] $n = 60\ rot/\min$, se obține:

$$\omega = \pi \cdot n/30 = \pi \cdot 60/30 = 2\pi\ \ [s^{-1}].$$

Pentru obținerea valorilor N_i se determină *variația puterii necesare* în lungul arborelui (fig.2,*b*), în condițiile neglijării energiei disipate în sistemul de rezemare al acestuia. Rezultă:

$$N_C = N_A = N_B = N_F = \eta_{tr} \cdot N_{inst} = \\ = 0{,}75 \cdot 4 = 3\ \ kW$$

$$M_{t,C} = M_{t,A} = M_{t,B} = M_{t,F} = \frac{N_C}{\omega} = \\ = \frac{3 \cdot 10^3}{2\pi} = 477{,}46\ \ N \cdot m$$



a) b) c) d)

Figura 2. *a) Schema de încărcare a arborelui;*
b) Diagrama de variație în lungul arborelui a puterii necesare N *şi respectiv , la altă scară, a momentelor de torsiune* M_t*;*
c) Diagrama de variație a momentelor încovoietoare M'_i *produse de solicitarea statică;*
d) Diagrama de variație a momentelor încovoietoare $M_i^{(d)}$ *provocate de solicitarea dinamică.*

- Având în vedere că întreaga putere transmisă arborelui prin intermediul sistemului de acționare este preluată de unica palǎ a amestecătorului F (fig.2,*b*), pentru calculul *forței încovoietoare radiale* $F_F^{'}$ (determinată de rezistența hidrodinamică a mediului de lucru), considerată cu acțiune statică, se utilizează relația:

$$F_F^{'} = \frac{M_{t,c}}{k_r \cdot r_a}, \qquad (2)$$

în care $M_{t,c}$ este momentul de torsiune de calcul; $r_a = \frac{d_a}{2}$, unde d_a - anvergura amestecătorului; $k_r = 0{,}75 \div 0{,}8$, funcție de tipul de amestecător.

Pentru exemplul analizat $r_a = 0{,}4\,m$, $k_r = 0{,}75$, iar valoarea momentului de torsiune de calcul, $M_{t,c}$, este aceeaşi cu cea calculată în cazul funcționării arborelui în condiții normale [1], respectiv:

$$M_{t,c} = M_{t,C} = \frac{N_{inst} \cdot \eta_{tr}}{\omega} = 477{,}464\ N \cdot m .$$

Se obține:

$$F_F^{'} = \frac{477{,}464}{0{,}75 \cdot 0{,}4} = 1591{,}53\ N \cdot$$

- Calculul *momentelor încovoietoare* $M_{\hat{\imath}}'$ produse de acțiunea forței $F_F^{'}$ (*solicitarea statică*):

$M_{\hat{\imath},F}' = 0$;

$M_{\hat{\imath},B}' = F_F' \cdot (l_1 + l_2 + l_3) =$

$= 1591{,}53 \cdot (0{,}8 + 1 + 1{,}66) = 5506{,}69\ N \cdot m$

$M_{\hat{\imath},A}' = 0$.

Valorile puterii necesare *N*, ale momentelor de torsiune M_t, ale momentelor încovoietoare $M_{\hat{\imath}}'$ (determinate de solicitarea statică) şi ale momentelor încovoietoare $M_{\hat{\imath}}^{(d)}$ (produse de solicitarea dinamică), calculate în secțiunile C, A, B, F ale arborelui, sunt centralizate în tabelul 1.

Tabelul 1. *Valorile calculate în secțiunile arborelui pentru putere, moment de torsiune şi momente încovoietoare în cazul solicitării accidentale*

Secțiunea *i* a arborelui	C	A	B	F
Puterea N_i [kW]	3	3	3	3
Momentul de torsiune $M_{t,i}$ [$N \cdot m$]	477,46	477,46	477,46	477,46
Momentul încovoietor $M_{\hat{\imath},i}'$ [$N \cdot m$]	----	0	5506,69	0
Momentul încovoietor $M_{\hat{\imath},i}^{(d)}$ [$N \cdot m$]	0	635,6	0	----

● <u>*Calculul de rezistență al arborelui*</u>

<u>*a) Aplicarea metodei clasice de calcul*</u>

I. Calculul de *predimensionare la torsiune* este identic cu cel efectuat în lucrarea [1], în cazul funcționării arborelui în condiții normale. Rezultă $d^* = 45\ mm$.

II. *Calculul arborelui la solicitarea compusă de torsiune şi de încovoiere*

Analizând figura 2, se constată că secțiunile posibil periculoase sunt tot cele corespunzătoare reazemelor A şi B.

Se urmăreşte algoritmul de calcul prezentat în partea întâi a lucrării [1], ținându-se cont de următoarele observații, valabile pentru cazul de solicitare analizat:

- în relația (3) din [1], momentele încovoietoare $M_{\hat{\imath},1,i}$ (determinate de rezistența opusă de mediul supus amestecării) coincid cu momentele încovoietoare $M_{\hat{\imath},i}'$ din tabelul 1;

- semnificația momentelor încovoietoare $M_{\hat{\imath},2,i}$ din relația (3) din [1] este aceeaşi cu semnificația momentelor încovoietoare $M_{\hat{\imath},i}^{(d)}$ din tabelul 1.

Se obține:

$M_{\hat{\imath},tot,A}' = M_{\hat{\imath},A}' + \alpha \cdot M_{\hat{\imath},A}^{(d)} = 0 + 2{,}05 \cdot 635{,}6 =$

$= 1302{,}98\ N \cdot m$

$M_{\hat{\imath},tot,B}' = M_{\hat{\imath},B}' + \alpha \cdot M_{\hat{\imath},B}^{(d)} = 5506{,}69 + 2{,}05 \cdot 0 =$

$= 5506{,}69\ N \cdot m$

$(M_{\hat{\imath},ech}')_A = [(M_{\hat{\imath},tot,A}')^2 + 0{,}75 \cdot M_{t,A}^2]^{\frac{1}{2}} =$

$= 1367{,}01\ N \cdot m$

$$(M'_{\hat{i},ech})_B = [(M'_{\hat{i},tot,B})^2 + 0{,}75 \cdot M_{t,B}^2]^{\frac{1}{2}} =$$
$$= 5522{,}19\ N \cdot m$$

Se constată că secțiunea periculoasă este în B.

$$W_{nec,B} = \frac{(M'_{\hat{i},ech})_B}{(\sigma_{\hat{i},ad})_I} = \frac{5522{,}19}{246{,}15 \cdot 10^6} =$$
$$= 22{,}43 \cdot 10^{-6}\ m^3$$

$$d_{nec,B} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_{nec,B}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 22{,}43 \cdot 10^{-6}}{\pi}} =$$
$$= 6{,}113 \cdot 10^{-2}\ m = 61{,}13\ mm$$

$$d'_B = d_{nec,B} + 2c = 61{,}13 + 4 = 65{,}13\ mm$$

Deoarece $d'_B = 65{,}13\ mm > d^* = 45\ mm$, se adoptă $d'' = 70\ mm$.

b) Aplicarea metodei de calcul elaborată pe baza principiului energiei critice

Se calculează modulul de rezistență al secțiunilor posibil periculoase, A și B, pe baza relației (14) din lucrarea [1] și a valorilor mărimilor înscrise în tabelul 1. Se obține:

$$W_A = \left[\left(\frac{M'_{\hat{i},A}}{\sigma_{\hat{i},ad}}\right)^2 + \left(\frac{M^{(d)}_{\hat{i},A}}{\sigma^{(d)}_{\hat{i},ad}}\right)^2 + \left(\frac{M_{t,A}}{2 \cdot \tau_{t,ad}}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} =$$
$$= \left[0 + \left(\frac{635{,}6}{120 \cdot 10^6}\right)^2 + \left(\frac{477{,}46}{2 \cdot 203{,}07 \cdot 10^6}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} =$$
$$= 5{,}42 \cdot 10^{-6}\ m^3$$

$$W_B = \left[\left(\frac{M'_{\hat{i},B}}{\sigma_{\hat{i},ad}}\right)^2 + \left(\frac{M^{(d)}_{\hat{i},B}}{\sigma^{(d)}_{\hat{i},ad}}\right)^2 + \left(\frac{M_{t,B}}{2 \cdot \tau_{t,ad}}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} =$$
$$= \left[\left(\frac{5506{,}69}{246{,}15 \cdot 10^6}\right)^2 + 0 + \left(\frac{477{,}46}{2 \cdot 203{,}07 \cdot 10^6}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} =$$
$$= 22{,}40 \cdot 10^{-6}\ m^3$$

Rezultă:

$$d_A = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_A}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 5{,}42}{\pi \cdot 10^6}} = 3{,}807 \cdot 10^{-2}\ m =$$
$$= 38{,}07\ mm$$

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_B}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 22{,}40}{\pi \cdot 10^6}} = 6{,}110 \cdot 10^{-2}\ m =$$
$$= 61{,}10\ mm.$$

Se observă că secțiunea periculoasă este cea din B, așadar se va alege un arbore cu diametrul cel puțin egal cu

$$d_B + 2c = 61{,}10 + 4 = 65{,}10\ mm,$$

respectiv $d = 70\ mm$.

Dacă solicitarea accidentală de încovoiere produsă de forța F'_F are caracter de solicitare rapidă ($k = 1/2$), *verificarea* rezistenței arborelui nu se poate face prin metoda clasică.

Prin aplicarea principiului energiei critice în acest caz se obține:

$$W_{B,v} = \left[\left(\frac{M'_{\hat{i},B}}{\sigma_c}\right)^{1{,}5} + \left(\frac{M_{t,B}}{2 \cdot \tau_c}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} =$$
$$= \left[\left(\frac{5506{,}69}{320 \cdot 10^6}\right)^{1{,}5} + \left(\frac{477{,}46}{2 \cdot 185 \cdot 10^6}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} =$$
$$= 0{,}267 \cdot 10^{-3}\ m^3,$$

în care s-a impus ca $\sigma_{\hat{i}}$ să nu depășească limita de curgere σ_c, iar τ_t să nu depășească valoarea limitei de curgere la torsiune, τ_c, corespunzătoare materialului din care este confecționat arborele [1].

Diametrul minim necesar rezultat din această condiție este:

$$d'_{B,v} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_{B,v}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 0{,}267}{\pi \cdot 10^3}} =$$
$$= 0{,}1396\ m = 139{,}6\ mm,$$

deci substanțial mai mare decât valoarea calculată în cazul solicitării cu caracter static.

2. CALCULUL DE REZISTENȚĂ AL UNUI ARBORE PREVĂZUT CU DISPOZITIV DE ETANȘARE ȘI AMESTECĂTOARE DISPUSE ÎN PLANE PERPENDICULARE, ÎN CONDIȚII DE FUNCȚIONARE NORMALĂ.

Cele două metode de calcul de rezistență al arborilor sunt aplicate în continuare în cazul unui dispozitiv de amestecare rotativ vertical, al cărui arbore, rezemat pe două lagăre cu rostogolire, este prevăzut cu dispozitiv de etanșare și cu trei rotoare *dispuse succesiv în plane perpendiculare* (figura 3), cu considerarea influenței lagărelor.

Cele trei amestecătoare montate pe arbore sunt identice și pot fi de tipul: amestecătoare paletă, amestecătoare cu brațe, turbină, elice, amestecătoare EKATO MIG și INTERMIG etc.

Se consideră că în timpul procesului de amestecare vâscozitatea mediului de lucru (lichid) rămâne cvasiconstantă (nu au loc precipitări, solidificări) şi nu există pericolul scăderii accidentale a nivelului de lichid din recipient.

Dispozitivul de amestecare este antrenat în mişcare de rotaţie de un electromotor (având puterea instalată N_{inst}), prin intermediul unei transmisii cu curele. Randamentul total al transmisiei se notează cu η_{tr} , iar turaţia arborelui cu *n*.

Forţa radială din curele este F_d (poziţia butucului roţii de curea montată pe arbore corespunde secţiunii C din figura 3).

Acţionarea este prevăzută cu sistem de siguranţă la suprasarcină, iar pornirea motorului se face cu dispozitiv de pornire.

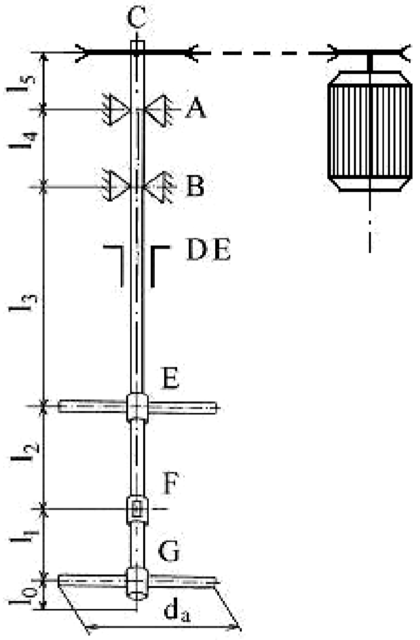


Figura 3. *Dispozitiv de amestecare rotativ cu arbore vertical, prevăzut cu dispozitiv de etanşare (secţiunea DE) şi trei amestecătoare identice (secţiunile E, F, G) amplasate succesiv în plane perpendiculare*

Se analizează cazul unui arbore construit dintr-o bucată, cu secţiunea (transversală) circulară plină, construit dintr-un oţel carbon şi care în condiţiile solicitării date se comportă liniar – elastic (este valabilă legea lui Hooke: $\sigma = E \cdot \varepsilon$ şi $\tau = G \cdot \gamma$).

În timpul funcţionării, arborele dispozitivului de amestecare este solicitat la torsiune şi încovoiere.

Pentru a putea efectua calculul de rezistenţă sunt necesare:

- stabilirea schemei de încărcare a arborelui;
- trasarea diagramelor de variaţie în lungul arborelui a momentului de torsiune şi momentelor încovoietoare determinate de solicitarea statică şi respectiv de solicitarea dinamică de încovoiere.

● *Schema de încărcare a arborelui*

Arborele analizat este solicitat cu (figura 4):

- *forţele încovoietoare radiale* F_E, F_F, F_G, corespunzătoare fiecărui amestecător fixat pe arbore; analog cazului studiat în lucrarea [1], ele apar ca urmare a rezistenţei hidrodinamice manifestate de către fluidul supus amestecării, dar şi din cauza existenţei dezechilibrului rezidual, dinamic, al fiecărui amestecător; au caracterul unei *solicitări statice* şi determină momentul încovoietor $M_{î}$;
- *forţa* F_d , rezultată din roţile de curea; are *efect dinamic* (provoacă solicitarea la oboseală a arborelui) şi produce momentul încovoietor $M_{î}^{(d)}$;
- *momentul de torsiune* $M_{t,C}$ transmis prin intermediul sistemului de acţionare.

● *Diagrama de variaţie în lungul arborelui a momentului de torsiune* este reprezentată în figura 4.

Determinarea momentului de torsiune $M_{t,i}$ corespunzător fiecărei secţiuni *i* a arborelui se face pe baza relaţiei (1).

În *cazul verificării unui arbore* acţionat de un motor cu puterea instalată N_{inst}, cu considerarea randamentului rulmenţilor şi a puterii de frecare în dispozitivul de etanşare $N_{f,e}$, relaţiile pentru *calculul puterii necesare* în secţiunile marcate în figura 4 au următoarea formă:

$$\left.\begin{aligned} &N_C = \eta_{tr} \cdot N_{inst} \;; \quad N_A = N_C \;; \\ &N_B = \eta_{rul} \cdot N_A ; \quad N_{DE} = \eta_{rul} \cdot N_B ; \\ &\qquad N_E = N_{DE} - N_{f,e} \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

$$\left.\begin{aligned} N_F &= N_E - \Delta N_{F-E} \\ N_G &= N_F - \Delta N_{G-F} \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

în care ΔN_{G-F} este creşterea de putere necesară de la amestecătorul G la F şi ΔN_{F-E} - creşterea de putere necesară de la amestecătorul F la E.

Dacă nu există relaţii de calcul pentru ΔN se recurge la relaţii aproximative.

Astfel, puterea efectivă necesară amestecării în cazul în care se utilizează mai multe amestecătoare identice montate pe un arbore central se obţine [2] prin multiplicarea cu un factor k_z a puterii necesare pentru un singur amestecător, unde $k_z = 1{,}75$ pentru două amestecătoare identice şi $k_z = 2{,}25$ pentru trei amestecătoare identice.

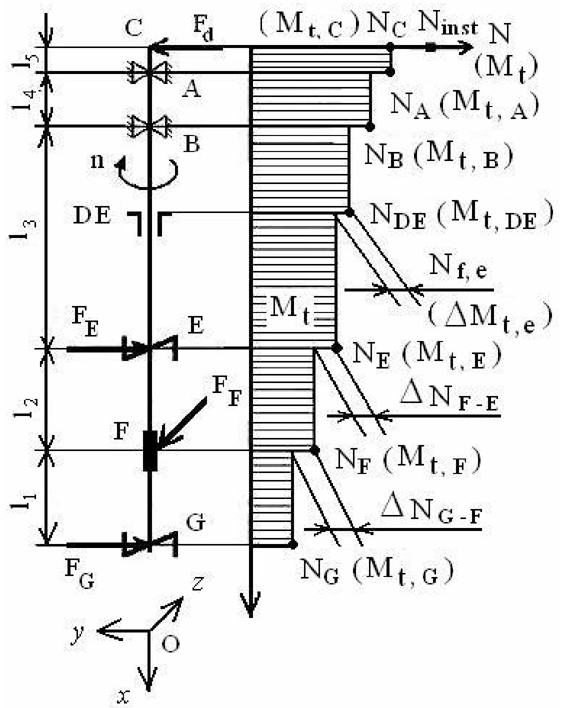


Figura 4. *Variaţia în lungul arborelui a puterii necesare N şi respectiv a momentului de torsiune M_t*

Cu notaţiile din figura 4, pentru arborele analizat rezultă:

$$\left.\begin{aligned} N_F &= 1{,}75 \cdot N_G \\ N_E &= 2{,}25 \cdot N_G \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Din relaţiile (4) şi (5) se obţine:

$$\left.\begin{aligned} \Delta N_{G-F} &= 0{,}75 \cdot N_G \\ \Delta N_{F-E} &= 0{,}5 \cdot N_G \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

În cazul calculului *puterii totale necesare amestecării* se porneşte de la amestecătorul G (figura 4). Se determină întâi puterea necesară amestecării pentru primul amestecător, N_G, apoi

$$\left.\begin{aligned} N_F &= N_G + \Delta N_{G-F} \\ N_E &= N_F + \Delta N_{F-E} \\ N_{DE} &= N_E + N_{f,e} \\ N_B &= \frac{N_{DE}}{\eta_{rul,B}} \\ N_A &= \frac{N_B}{\eta_{rul,A}} \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Puterea necesară motorului de antrenare este:

$$N_{nec,mot} = \frac{N_A}{\eta_{tr}} \qquad (8)$$

şi se alege puterea instalată a motorului

$$N_{inst} \geq N_{nec,mot}.$$

● *Diagrama de variaţie a momentului încovoietor $M_î$ determinat de solicitarea statică* (figura 5,*d*).

Pentru a calcula momentele încovoietoare produse de solicitarea statică este necesară determinarea forţelor F_E, F_F şi F_G.

Forţa încovoietoare radială, F_j, corespunzătoare fiecărui amestecător E, F, G fixat pe arbore, se determină analog cazului studiat în lucrarea [1], ca rezultantă a următoarelor două forţe:

$F_{R,j}$ - *forţa hidrodinamică de rezistenţă* a mediului de lucru, în dreptul amestecătorului *j* şi

$F_{c,j}$ - *forţa centrifugă* determinată de dezechilibrul rezidual, dinamic, al amestecătorului respectiv.

Se ia în calcul varianta dezavantajoasă în care $F_{R,j}$ şi $F_{c,j}$ acţionează pe aceeaşi direcţie şi în acelaşi sens, astfel că pentru calculul forţelor F_j se foloseşte expresia: $F_j = F_{R,j} + F_{c,j}$.

Cele trei agitatoare fiind montate în plane succesiv perpendiculare, se consideră (figura 4) că forţele F_E şi F_G se manifestă în acelaşi plan (*xOy*) şi determină momentele încovoietoare $M_{î,y}$, în timp ce forţa F_F acţionează în planul (*xOz*) şi determină momentul încovoietor $M_{î,z}$.

Prin urmare, în orice secţiune *i* a arborelui, expresia *momentului încovoietor rezultant* $M_{î,i}$, determinat de sarcinile aplicate static, se obţine cu relaţia [4]:

$$M_{î,i} = (M_{î,y,i}^2 + M_{î,z,i}^2)^{\frac{1}{2}}. \qquad (9)$$

În figura 5,*b* este reprezentată variaţia în lungul arborelui a *momentelor încovoietoare* $M_{î,y}$, provocate de forţele F_E şi F_G (care acţionează în planul *xOy*) şi de reacţiunile din reazeme, $R_{A,y}$ şi $R_{B,y}$, în care:

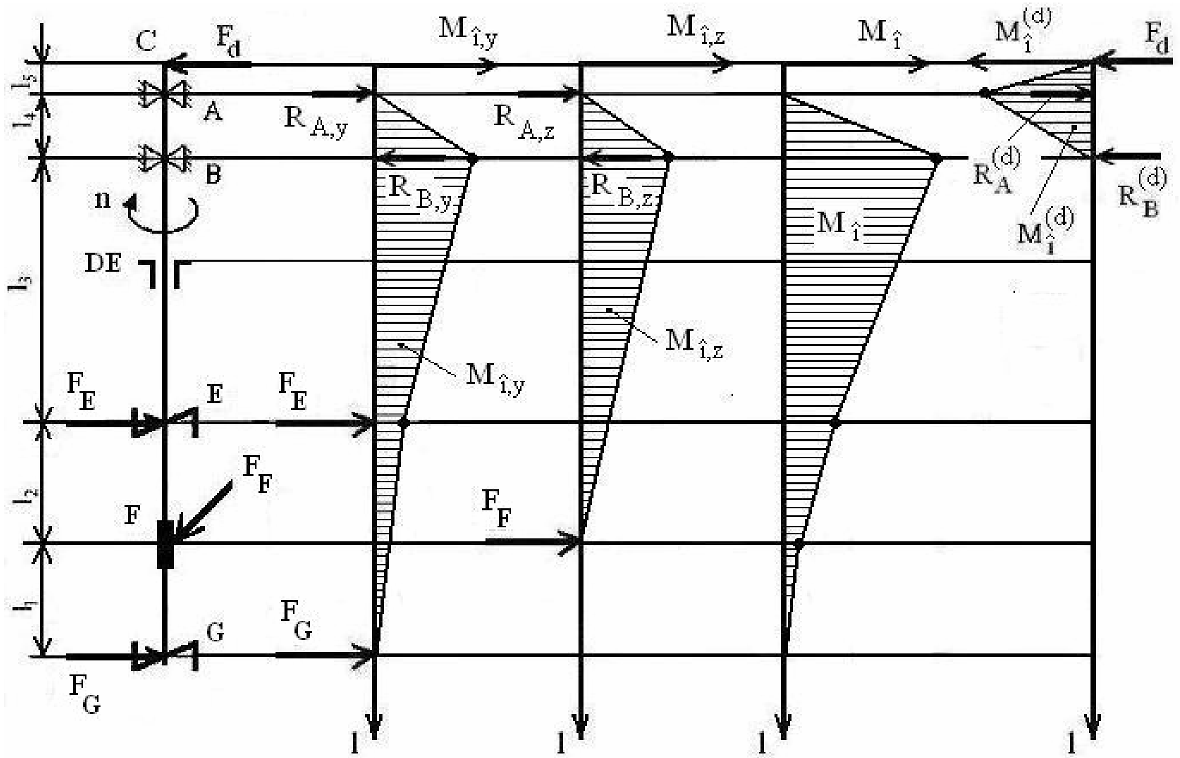
$$\left.\begin{aligned} M_{î,y,G} &= 0; \\ M_{î,y,F} &= F_G \cdot l_1; \\ M_{î,y,E} &= F_G \cdot (l_1 + l_2); \\ M_{î,y,B} &= F_G \cdot (l_1 + l_2 + l_3) + F_E \cdot l_3; \\ M_{î,y,A} &= 0. \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

Momentele încovoietoare $M_{î,z}$ (figura 5,*c*), produse de forţa F_F (acţionează în planul *xOz*) şi de reacţiunile corespunzătoare din lagăre, $R_{A,z}$ şi

$R_{B,z}$, se calculează cu relațiile:

$$\left.\begin{aligned} &M_{\hat{i},z,F} = 0\ ;\quad M_{\hat{i},z,E} = F_F \cdot l_2\,; \\ &M_{\hat{i},z,B} = F_F \cdot (l_2 + l_3)\,;\quad M_{\hat{i},z,A} = 0\,. \end{aligned}\right\} \quad (11)$$

Diagrama de variație în lungul arborelui a *momentului încovoietor rezultant*, $M_{\hat{i}}$ (figura 5,*d*), produs de sarcinile cu acțiune statică, rezultă prin compunerea momentelor din diagramele reprezentate în figurile 5,*b* şi 5,*c*, pe baza relației (9).



a) b) c) d) e)

Figura 5. *a) Schema de încărcare şi rezemarea arborelui;*

b) Diagrama de momente încovoietoare $M_{\hat{i},y}$*;*

c) Diagrama de momente încovoietoare $M_{\hat{i},z}$*;*

d) Diagrama de variație a momentului încovoietor total $M_{\hat{i}}$ *determinat de solicitarea statică;*

$F_E = F_{c,E} + F_{R,E}\,;\ F_F = F_{c,F} + F_{R,F}\,;\ F_G = F_{c,G} + F_{R,G}\,;$

e) Diagrama de momente încovoietoare $M_{\hat{i}}^{(d)}$ *produse de solicitarea dinamică.*

● *Momentele încovoietoare determinate de sarcina aplicată dinamic* (F_d) şi de reacțiunile din reazeme, $R_A^{(d)}$ şi $R_B^{(d)}$ au expresiile (fig.5,*e*):

$$M_{\hat{i},C}^{(d)} = 0\ ;\ M_{\hat{i},A}^{(d)} = F_d \cdot l_5\ ;\quad M_{\hat{i},B}^{(d)} = 0\,.$$
(12)

3. EXEMPLU DE CALCUL

Să se dimensioneze arborele unui dispozitiv de amestecare ca cel reprezentat în figura 3, pentru care datele inițiale cunoscute sunt în cea mai mare parte aceleaşi ca în exemplul de calcul rezolvat în lucrarea [1], respectiv:

- $l_0 = 125\ mm$; $l_1 = 800\ mm$; $l_2 = 1000\ mm$; $l_3 = 1660\ mm$; $l_4 = 500\ mm$; $l_5 = 140\ mm$.
- puterea instalată a electromotorului de antrenare, $N_{inst} = 4\ kW$;
- randamentul total al transmisiei, $\eta_{tr} = 0{,}75$;
- turația arborelui, $n = 60\ rot/\min$;
- forța radială din curele, $F_d = 4540\ N$;

- anvergura amestecătoarelor, $d_a = 800\ mm$;
- greutatea unui amestecător, $G_a = 350\ \ N$;
- materialul de construcție al arborelui este un oțel carbon cu următoarele caracteristici mecanice:

$$\sigma_r = 540\ N/mm^2;\ \sigma_c = 320\ N/mm^2;$$

$$\sigma_{-1} = 240\ N/mm^2;\ \tau_0 = 264\ N/mm^2;$$

- mediul de lucru: lichid.

În afară de aceste date, se mai cunoaşte că puterea de frecare în dispozitivul de etanşare este $N_{f,e} = 0{,}27\ \ kW$.

● <u>*Calculul sarcinilor care solicită arborele dispozitivului de amestecare*</u>

Utilizând relațiile (3) $\div$(5) şi (1) se calculează pentru fiecare din secțiunile C, A, B, DE, E, F, G ale arborelui valorile puterii necesare şi ale momentului de torsiune corespunzător, ştiind că viteza unghiulară de rotație a arborelui, ω, este:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{\pi \cdot 60}{30} = 2\pi,\ \ s^{-1}.$$

Rezultatele sunt centralizate în tabelul 2.

Tabelul 2. *Valorile calculate în secțiunile arborelui pentru putere, moment de torsiune şi momente încovoietoare*

Secțiunea *i* a arborelui	**C**	**A**	**B**	**DE**	**E**	**F**	**G**
Puterea $N_i\ [kW]$	**3**	**3**	**2,97**	**2,94**	**2,67**	**2,07**	**1,18**
Momentul de torsiune $M_{t,i} = \dfrac{N_i}{\omega}[N \cdot m]$	**477,46**	**477,46**	**472,69**	**467,96**	**425,33**	**330,81**	**189,03**
Momentul încovoietor $M_{î,y,i}\ [N \cdot m]$	**----**	**0**	**122,88**	**----**	**43,2**	**19,2**	**0**
Momentul încovoietor $M_{î,z,i}\ [N \cdot m]$	**----**	**0**	**63,84**	**----**	**24**	**0**	**----**
Momentul încovoietor rezultant $M_{î,i} = (M^2_{î,y,i} + M^2_{î,z,i})^{\frac{1}{2}}$ $[N \cdot m]$	**----**	**0**	**138,47**	**----**	**49,41**	**19,2**	**0**
Momentul încovoietor $M^{(d)}_{î,i}\ \ [N \cdot m]$	**0**	**635,6**	**0**	**----**	**----**	**----**	**----**

În condițiile funcționării normale a dispozitivului de amestecare studiat, admițând că valoarea dezechilibrului rezidual, dinamic, este aceeaşi pentru toate cele trei amestecătoare identice, se poate considera că cele trei forțe încovoietoare radiale care solicită arborele sunt aproximativ egale, respectiv $F_E \approx F_F \approx F_G$.

Calculul momentelor încovoietoare provocate de solicitarea statică se efectuează pentru $F_E \approx F_F \approx F_G \approx 24\ N$.

Astfel, introducând aceste valori în relațiile (10) şi (11), se determină momentele încovoietoare $M_{î,y,i}$ şi $M_{î,z,i}$, apoi, în baza expresiei (9) se determină *momentul încovoietor rezultant* $M_{î,i}$.

Valorile momentelor încovoietoare $M_{î,y}$, $M_{î,z}$ şi $M_î$, produse de solicitarea statică, corespunzătoare secțiunilor importante ale arborelui (marcate în figura 5) se regăsesc în tabelul 2.

Momentele încovoietoare $M^{(d)}_î$ *determinate de sarcina* F_d (are *efect dinamic*) se calculează cu relațiile (12). Valorile rezultate sunt de asemenea înscrise în tabelul 2.

Materialul din care este construit arborele studiat fiind acelaşi cu cel al arborelui dimensionat în [1], rezultă că valorile *tensiunilor admisibile* corespunzătoare solicitării la torsiune $(\tau_{t,ad})$, la încovoiere statică $(\sigma_{î,ad})$, dar şi la solicitarea dinamică de încovoiere ($\sigma^{(d)}_{î,ad}$) sunt aceleaşi cu cele calculate în [1], respectiv:

$$\tau_{t,ad} = 203{,}07\ N/mm^2;$$

$$\sigma_{î,ad} = 246{,}15\ N/mm^2;$$

$$\sigma^{(d)}_{î,ad} = 120\ N/mm^2.$$

●*Calculul de dimensionare a arborelui*

a) *Aplicarea metodei clasice de calcul de rezistență*

Conform lucrărilor $[2 \div 4]$, calculul de rezistență al arborilor dispozitivelor de amestecare rotative cuprinde două faze succesive: predimensionarea la torsiune şi dimensionarea la solicitarea compusă de torsiune şi de încovoiere.

I. *Predimensionarea la torsiune* este identică cu cea efectuată în cazul arborelui analizat în lucrarea [1]. Din calcule rezultă că este necesar un arbore cu diametrul $d^* = 45\ mm$.

II. *Dimensionarea arborelui la solicitarea compusă de torsiune şi de încovoiere* se face respectând algoritmul de calcul expus în cadrul lucrării [1].

În acest sens, pentru arborele considerat, se parcurg următoarele etape:

- Se stabilesc secțiunile periculoase ale arborelui pe baza diagramelor de momente reprezentate în figura 5. Acestea corespund celor două reazeme A şi B.

- Se calculează momentul încovoietor total în secțiunile A şi B, folosind relația (3) din [1], având în vedere următoarele mențiuni:

▪ semnificația momentelor încovoietoare $M_{î,1,i}$ şi $M_{î,2,i}$ din expresia (3) din [1] corespunde semnificației momentelor încovoietoare $M_{î,i}$ şi respectiv $M_{î,i}^{(d)}$ calculate în tabelul 2. Aşadar,

$M_{î,1,A} \equiv M_{î,A}$; $M_{î,1,B} \equiv M_{î,B}$ şi $M_{î,2,A} \equiv M_{î,A}^{(d)}$; $M_{î,2,B} \equiv M_{î,B}^{(d)}$.

▪ coeficientul de echivalare α are valoarea

$$\alpha = \frac{\sigma_{î,ad}}{\sigma_{î,ad}^{(d)}} = \frac{246{,}15}{120} = 2{,}05 \,.$$

Se obține:

$$M_{î,tot,A} = M_{î,A} + \alpha \cdot M_{î,A}^{(d)} = 0 + 2{,}05 \cdot 635{,}6 = = 1302{,}98\ N \cdot m$$

$$M_{î,tot,B} = M_{î,B} + \alpha \cdot M_{î,B}^{(d)} = 138{,}47 + 2{,}05 \cdot 0 = = 138{,}47\ N \cdot m$$

- Se determină momentul încovoietor echivalent în secțiunile A şi B, înlocuind în relația (2) din [1] valorile calculate ale momentelor încovoietoare şi de torsiune.

$$(M_{î,ech})_A = (M_{î,tot,A}^2 + 0{,}75 \cdot M_{t,A}^2)^{\frac{1}{2}} = = \left[(1302{,}98)^2 + 0{,}75 \cdot (477{,}46)^2\right]^{\frac{1}{2}} = = 1367{,}01\ N \cdot m$$

$$(M_{î,ech})_B = (M_{î,tot,B}^2 + 0{,}75 \cdot M_{t,B}^2)^{\frac{1}{2}} = = \left[(138{,}47)^2 + 0{,}75 \cdot (472{,}69)^2\right]^{\frac{1}{2}} = . = 432{,}14\ N \cdot m$$

Din calcule reiese evident că secțiunea periculoasă este în A.

- Se calculează modulul de rezistență necesar, $W_{nec,A}$, corespunzător secțiunii periculoase A:

$$W_{nec,A} = \frac{(M_{î,ech})_A}{\sigma_{î,ad}} = \frac{1367{,}01}{246{,}15 \cdot 10^6} = = 5{,}55 \cdot 10^{-6}\ m^3$$

- Se determină diametrul $d_{nec,A}$, ştiind că [6] în cazul arborilor cu secțiunea circulară plină de diametru *d*, modulul de rezistență are expresia $W = \dfrac{\pi \cdot d^3}{32}$. Deci:

$$d_{nec,A} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_{nec,A}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 5{,}55 \cdot 10^{-6}}{\pi}} = = 3{,}837 \cdot 10^{-2}\ m = 38{,}37\ mm$$

$$d'_A = d_{nec,A} + 2c = 38{,}37 + 4 = 42{,}37\ mm,$$

unde $c = 2\ mm$ este adaosul de coroziune şi eroziune pe rază.

Se constată că

$$d'_A = 42{,}37\ mm < 45\ mm = d^*,$$

prin urmare, pentru dispozitivul de amestecare studiat se alege un arbore cu diametrul egal cu $d^* = 45\ mm$.

b) *Aplicarea metodei de calcul elaborată pe baza principiului energiei critice*

Dimensionarea arborelui se face pe baza calculului modulului de rezistență în secțiunile periculoase A şi B, utilizând relația (14) din [1] şi ținând seama că pentru arborii cu secțiunea circulară plină, $\beta = 2$.

$$W_A = \left[\left(\frac{M_{î,A}}{\sigma_{î,ad}}\right)^2 + \left(\frac{M_{î,A}^{(d)}}{\sigma_{î,ad}^{(d)}}\right)^2 + \left(\frac{M_{t,A}}{2 \cdot \tau_{t,ad}}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} =$$

$$= \left[0 + \left(\frac{635{,}6}{120 \cdot 10^6}\right)^2 + \left(\frac{477{,}46}{2 \cdot 203{,}07 \cdot 10^6}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} = = 5{,}42 \cdot 10^{-6}\ m^3$$

$$d_A = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_A}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 5,42}{\pi \cdot 10^6}} = 3,807 \cdot 10^{-2}\ m =$$
$$= 38,07\ mm$$

$$W_B = \left[\left(\frac{M_{î,B}}{\sigma_{î,ad}} \right)^2 + \left(\frac{M_{î,B}^{(d)}}{\sigma_{î,ad}^{(d)}} \right)^2 + \left(\frac{M_{t,B}}{2 \cdot \tau_{t,ad}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} =$$

$$= \left[\left(\frac{138,47}{246,15 \cdot 10^6} \right)^2 + 0 + \left(\frac{472,69}{2 \cdot 203,07 \cdot 10^6} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} =$$
$$= 1,29 \cdot 10^{-6}\ m^3;$$

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_B}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1,29}{\pi \cdot 10^6}} = 2,359 \cdot 10^{-2}\ m =$$
$$= 23,59\ mm.$$

Se constată că secțiunea periculoasă este cea din A, aşadar se va alege un arbore cu diametrul cel puțin egal cu $d_A + 2c = 42,07\ mm$ ($c = 2\ mm$), respectiv $d = 45\ mm$.

3. CONCLUZII

Ca şi în exemplul analizat în [1], calculele de dimensionare a arborelui, efectuate în prezenta lucrare prin cele două metode (cea clasică şi, respectiv, cea bazată pe principiul energiei critice), în cazul în care se consideră că forțele au acțiune statică, conduc la rezultate finale aproape identice.

Se confirmă astfel, încă o dată, *valabilitatea* metodei de calcul de rezistență elaborată pornind de la principiul energiei critice.

În cazul în care sarcinile (sau una dintre sarcini) au caracter de şoc sau de solicitare rapidă, singura metodă care permite o dimensionare adecvată este cea bazată pe principiul energiei critice.

BIBLIOGRAFIE

1. **JINESCU, V.V., PRODEA, I.M.**, *Calculul de rezistență al arborilor dispozitivelor de amestecare rotative*, Revista de Chimie (Bucureşti), 2007.
2. **JINESCU, V. V.**, *Utilaj tehnologic pentru industrii de proces*, vol. IV, Editura Tehnică, Bucureşti, 1989.
3. **IITPIC** , *Dispozitive de amestecare: Arbori. Metode de calcul,* NID 7073-77
4. **JINESCU, V.V., BĂNESCU,C.,** *Dispozitive de amestecare. Îndrumar de proiectare*, I.P.B., 1984.
5. **JINESCU, V.V.**, *Maşini cu elemente rotative*, vol.1, manuscris.
6. **BUZDUGAN, GH.**, *Rezistența materialelor*, Editura Academiei Române, Bucureşti, 1986.