TEHNOLOGIA INOVATIVĂ

REVISTA CONSTRUCŢIA DE MAŞINI - SERIE NOUĂ

Anul 67, Nr. 1 / 2015

• "Tehnologia Inovativa"
printed form: ISSN 2248 - 0420; ISSN-L 2248 - 0420
• "Tehnologia Inovativa"
online form: ISSN 2248 - 0420; ISSN-L 2248 - 0439

EDITOR: ICTCM – CITAf

041303 Bucuresti
Şos. Olteniţei nr. 103, sector 4, O.P. 8
Tel: **021 332.37.70/234**
Fax: **021 332.07.75 / 021 332.31.95**
E-mail: ictcm@ictcm.ro

RESPONSABIL EDITOR
Florica Costin

REDACTOR- ŞEF
Irina Rădulescu

INFORMAŢII, ABONAMENTE:

Revista este evaluată CNCSIS la categoria B+, apare trimestrial.
Abonamentele se fac direct, prin dispoziţie de plată sau mandat poştal, trimis pe adresa revistei.

CONT – ICTCM:
nr. RO58 RNCB 0075 0352 1240 0001;
BCR sector 4
TIPAR: ICTCM – CITAf

Toate drepturile asupra acestei ediţii sunt rezervate ICTCM – CITAf. Nu este permisă reproducerea integrală sau parţială a articolelor din revista „Tehnologia Inovativă" fără consimţământul scris al editorului.
Opiniile exprimate în revistă aparţin semnatarilor articolelor, fără să reflecte obligatoriu şi punctul de vedere al editorului.

Din sumar

ANUL 67 / 2015 – NR. 1

TEHNOLOGIA INOVATIVĂ

REVISTA CONSTRUCŢIA DE MAŞINI

COLEGIUL DE REDACŢIE

COMITET ONORIFIC

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

RESPONSABIL EDITOR
Irina Rădulescu

REDACTOR
Irina Rădulescu

CUPRINS

TEHNOLOGIE INOVATIVĂ / INNOVATIVE TECHNOLOGY

ECONOMIE INDUSTRIALĂ / INDUSTRIAL ECONOMY

ABSTRACTS “INNOVATIVE TECHNOLOGY” 1 / 2015

SOLUTIONS FOR THE CYLINDRICAL MILLS DESIGN FOR A HIGHER SURFACE QUALITY

Constantin BUZATU[1], Laurentiu Aurel MIHAIL[2]
[1]"Transilvania" University from Brasov, Romania, cobuzatu@unitbv.ro
[2]"Transilvania" University from Brasov, Romania, L.Mihail@unitbv.ro

The paper does a synthetically presentation of the state-of-the-art for the researches for theoretical and experimental contributions regarding the influence of several constructive and technological parameters on the milled surface's roughness, in various work conditions of the technological system. Starting from an equation of the micro - asperities height that has as component an angle parameter of the mill's teeth, the paper analyses in detail and present correlation equations for the total profile height (the Rt roughness parameter) of the machined surface as a function of all the geometrical parameters that regards angles, dimensions (the mill's external diameter) and, also, technological parameters (the cutting feed and the cutting speed). Because the values range for the angle parameters determined in this manner, especially taking account the cutting tool's strength, the chip's flushing, machinability, does not bring supplementary information regarding the fundaments of the machining process (for roughing or finishing operations) that strongly influence the roughness obtained during cutting. Therefore, the paper analyses the mode in which the combination of various values of the angles that define the cutting tool's geometry or his function influences the roughness, by being kept constants the mill's external diameter, teeth number and the technological cutting parameters. The results obtained within the data computing are important for the cutting tool's designers and for the process engineers, being a criteria in their target to optimize the milling process especially for the machined surface state criteria.

ASPECTS REGARDING THE SIZING OF THE CYCLONES FOR DEDUSTING OF INDUSTRIAL GASES

Gheorghe ENE[1], Teodor SIMA[2]
[1] University Politehnica of Bucharest, Bucharest, ROMANIA, e-mail ghene48@yahoo.com
[2] University Politehnica of Bucharest, Bucharest, ROMANIA, e-mail tsima55@yahoo.com

The paper aims to present the theoretical basis of the gas dedusting through sedimentation in the field of centrifugal forces: the sedimentation rate of the dust particles, the necessary time to carry out the process, the limit size of individual particle and the influences on them of the different constructive and functional sizes. On this basis is provided a method for technological sizing of the cyclones used to gas dedusting. The calculation example is a guide for using this method.

THE INFLUENCE OF THE BALLS WEAR ON THE DIMENSIONAL COMPOSITION OF THE GRINDING LOAD FOR BALL MILL

Teodor SIMA[1], Gheorghe ENE[2]
[1] University Politehnica of Bucharest, Bucharest, ROMANIA, e-mail: tsima55@yahoo.com
[2] University Politehnica of Bucharest, Bucharest, ROMANIA, e-mail: ghene48@yahoo.com

During functioning of the mill is producing the balls wear of the grinding load, who producing the changing of the mass and the dimensional composition who affecting the next performances: flow decreasing, final product finesse decreasing.
In order to keep the performance of the mill within acceptable limits, the use of the load balls is supplemented if it is the case.
This paper presents different options to restore the use of the load balls to the initial capacity.

EXPORT DECISION AND INTERNATIONALIZATION STRATEGIES OF SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES

Andra DIMOFTE[1],
Alexandru Valentin RĂDULESCU[2]
[1] POLITEHNICA University of Bucharest, Bucharest, ROMANIA, e-mail: dimofte.andra@yahoo.com
[2] POLITEHNICA University of Bucharest, Bucharest, ROMANIA, e-mail: varrav2000@yahoo.com

Due to the liberalization of international trade, the competitiveness between countries has increased considerably, and the structure of national companies has become more and more complex. Difficulties adapting to the international environment are numerous, companies identifying severe problems related to communication and marketing strategies. As a result, companies must integrate into the new environment created by globalization of international trade by identifying and achieving competitive advantage, ensuring international specialization of countries.

FINANCIAL ANALYSIS, FUNDAMENT OF PERFORMANCE MANAGEMENT OF AN INDUSTRIAL COMPANY

Oana RADU
National Institute of Research - Development for Machines and Installations Designed to Agriculture and Food Industry - INMA, Bucharest, ROMANIA,
e-mail: diana10.cristea@gmail.com

Achieving a double function of diagnosis and regulation, the financial analysis of an economic-engineering company constitutes a basic and necessary instrument of a performance management. In the paper, is presented a financial analysis based on balance sheet data, drawn up for S.C. MECANICA S.A. A system of relevant indicators was used, through which absolute conclusions resulted and depending on which the whole future economic and financial policy of the company will be based. The research has been focused on applying the system of indicators concluded on data published on site-ul http://www.mfinante.ro.

APPLYING INDUSTRIAL REENGINEERING MODELS TO ASSESS THE MANAGERIAL POTENTIAL OF A INDUSTRIAL COMPANY

Oana RADU
National Institute of Research - Development for Machines and Installations Designed to Agriculture and Food Industry - INMA, Bucharest, Romania,
e-mail: diana10.cristea@gmail.com

The purpose of this paper is to highlight the importance of applying industrial reengineering models by any local company, in this case S.C. MECANICA S.A. The strategy approached had its basis on a profound analysis on the technical-managerial and economic-financial aspects for the evaluation of strengths and weaknesses of the company, of opportunities and dangers in the exterior environment, and for the final and global assessment based on the following criteria: economic-financial, managerial, quality-competiveness, technological, human-social and environmental. The researcher was focused on the analysis of technical and economic indicators, data published on http://www.mfinante.ro website.

SOLUTIONS FOR THE CYLINDRICAL MILLS DESIGN FOR A HIGHER SURFACE QUALITY

Constantin BUZATU[1], Laurentiu Aurel MIHAIL[2]

[1]"Transilvania" University from Brasov, Romania, cobuzatu@unitbv.ro
[2]"Transilvania" University from Brasov, Romania, L.Mihail@unitbv.ro

REZUMAT

Articolul prezintă o sinteză a stadiului actual al cercetărilor privitoare la contribuțiile teoretice și experimentale legate de influența mai multor parametrii constructivi și tehnologici asupra rugozității suprafețelor frezate, în diferite condiții de lucru ale sistemului tehnologic. Plecând de la o ecuație a înălțimii microasperităților care are ca si variabilă un parametru unghiular al dintelui frezei, lucrarea analizează în detaliu și prezintă ecuații de corelație pentru înălțimea totală a rugozității (parametrul R_t) a suprafeței prelucrare ca funcție de toți parametrii geometrici care privesc unghiuri, lungimi (diametrul exterior al frezei), și, de asemenea, în funcție și de parametrii tehnologici (viteza de avans și viteza de așchiere). Datorită faptului că intervalul de valori pentru parametrii unghiulari determinați în acest fel, luând în calcul în mod deosebit rigiditatea sculei așchietoare, formarea și degajarea așchiilor, prelucrabilitatea prin așchiere, nu aduce informații suplimentare cu privire la bazele procesului de așchiere (pentru operații de degroșare sau finisare) care influențează în mod semnificativ rugozitatea obținută în urma așchierii. În această ordine de idei, articolul prezintă o analiză a modului în care combinarea diferitelor valori ale unghiurilor ce definesc geometria sculei așchietoare sau funcționarea acesteia influențează rugozitatea, prin menținerea constanta a valorilor diametrului exterior al frezei, a numărului de dinți și a parametrilor tehnologici de așchiere. Rezultatele obținute ca urmare a calculelor realizate sunt importante pentru proiectanții de scule așchietoare și pentru inginerii tehnologi, fiind un criteriu în demersul acestora de a otimiza procesul de așchiere prin luarea în calcul în special a criteriului stării suprafeței.

ABSTRACT

The paper does a synthetically presentation of the state-of-the-art for the researches for theoretical and experimental contributions regarding the influence of several constructive and technological parameters on the milled surface's roughness, in various work conditions of the technological system. Starting from an equation of the micro - asperities height that has as component an angle parameter of the mill's teeth, the paper analyses in detail and present correlation equations for the total profile height (the Rt roughness parameter) of the machined surface as a function of all the geometrical parameters that regards angles, dimensions (the mill's external diameter) and, also, technological parameters (the cutting feed and the cutting speed). Because the values range for the angle parameters determined in this manner, especially taking account the cutting tool's strength, the chip's flushing, machinability, does not bring supplementary information regarding the fundaments of the machining process (for roughing or finishing operations) that strongly influence the roughness obtained during cutting. Therefore, the paper analyses the mode in which the combination of various values of the angles that define the cutting tool's geometry or his function influences the roughness, by being kept constants the mill's external diameter, teeth number and the technological cutting parameters. The results obtained within the data computing are important for the cutting tool's designers and for the process engineers, being a criteria in their target to optimize the milling process especially for the machined surface state criteria.

KEYWORDS: cutting, mill, cutting tool's geometry, roughness, optimization

CUVINTE CHEIE: așchiere, freză, geometria sculei așchietoare, rugozitate, optimizare

1. INTRODUCTION

Generalities

The design optimization and the development of a cutting process must be a continuous approach of the engineers because of the quality requirements and because of the technical and economic efficiency that are required in each activity field.

Because of the fact that in each technological system there are a multitude of constructive and technological influencing factors, the decisions that are taken regarding his optimization must be based on a profoundly developed optimization study [3], [8], [10]. From this point of view the detailed knowledge and mastering the phenomenon that appears during the cutting process are indispensables conditions for obtaining quality products.

In the next paragraphs there are presented a series of original theoretical studies regarding the optimization of the cylindrical mills design for improving the roughness of the machined surfaces, especially on the manner in which the geometrical angle parameters influences this performance criteria.

A state-of-the-art in the branch researches

Several researches were developed for optimizing the milling process taking in consideration the minimization of the cutting profile micro asperities height. As a synthesis of some works developed within this research direction, according with several criteria, it can be specified:

- Roughness parameter computed or measured: Ra (average roughness) [5], [7], [9], [12], [14] and Rz (total roughness profile height) [2], [13].
- Cutting process parameters considered: cutting setup parameters [5], [10], [11], [12], [14]; cutting tool's geometry [4]; cutting tool's wear [11], [12], machining strategy [2], [7], [11], [13];
- Study methodologies: analytical computing [4], [7], [11]; experimental [12], [13]; design of experiments & Robust Engineering [10], [12], [14]; artificial intelligence [5], [9], [12], simulations [2];
- Milling process type: ball nose milling [2], [4], [13]; peripheral milling [9], [10], [11], [14]; face milling [7], [5], [10], [12].

2. THE DETERMINATION OF THE MICRO-ASPERITIES HEIGHT AS A FUNCTION OF TOOL'S GEOMETRICAL PARAMETERS

For analyzing and for optimizing the mill's geometrical parameters from the point of view of the surface's quality it was used an equation from the reference [6]. It allows the introduction of the mill's cutting geometrical parameters for obtaining some observations and recommendations useful for the design and the exploitation of the cutting tools, within the manufacturing process.

This equation, proposed for the first time by Prof. V.L. Cebîşev [3] is:

$$h = \frac{s^2 * \delta}{4 * D * v_s} \cdot 10^3 \tag{1}$$

Where:
h = micro-asperities height (Rt roughness parameter), [μm];
δ = the angular step for the mill's teeth, [radians];
s = cutting feed, [mm/rot];
D = external mill diameter, [mm];
v_s = cutting feed speed, [mm/min].

Based on the details presented in the reference [12], for cylindrical mills with flat back of tooth (see figure 1), for resistance conditions of the teeth and for an efficient flushing of the chips it is necessary that the
angle ϑ and the cutting angle η to be chosen based on the following equations:

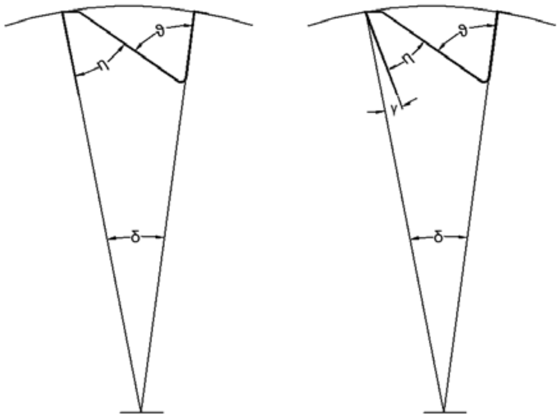


Figure 1. *The geometrical parameters of the teeth with flat back of tooth, for cylindrical mills*

- For $\gamma = 0^{\circ}$
  $$\eta = \vartheta - \delta \tag{2}$$

Respectively,

- For $\gamma > 0^{\circ}$
  $$\eta = \vartheta - \delta - \gamma \tag{3}$$

Where:

$$\delta = \frac{360^{\circ}}{z} \tag{4}$$

z = the number of the mill's teeth;
γ = rake angle, [°];
η = cutting wedge angle, [°];
ϑ = between teeth angle, [°].

From the point of view of the recommended values during the design step, the same reference [12] defines that, generally, γ=0°…5°, for not weaken the teeth, the cutting angle η is manufactured in the interval 47°…50°, and ϑ=65°…80° (in increments of 5°).

There are not specified the accuracy and another effective information regarding the material being machined or the technological conditions (roughing or finishing).

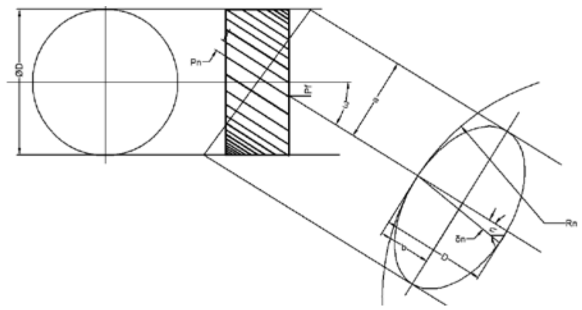


Figure 2. *The dimensional geometrical parameters for the helical side cutting edge teeth, with flat back of tooth*

For the case of the helical side cutting edge (see the figure 2) there are utilized for design the next equations:

$$\eta = \vartheta - \delta_n \tag{5}$$

In witch δn is the angular step, corresponding for a number of teeth, computed zn on a circle tangent at the ellipse, according with the equations:

$$z_n = \frac{z}{\cos^3\omega} \tag{6}$$

Therefore, taking in consideration the equation (4), the δn parameter will became:

$$\delta_n = \frac{360^\circ}{z} * \cos^3\omega \tag{7}$$

In which ω is the flute's angle, that is recommended to be contained in the interval 45°…50° [12].

If it is taken in consideration the equation for the feed speed of the cutting tool:

$$v_s = \frac{\pi * \mathrm{D} * \mathrm{n}}{1000} \tag{8}$$

Where:
n = rotations / minute;

From the combination of the equations (1), (4) and (8) it results the next computing equation for the machined surface's micro-asperities height:

$$h \cong \frac{6 * 10^{10} * \mathrm{s}^2}{\mathrm{D}^3 * \mathrm{n}^2 * z^2} = f(D, z, s, \mathrm{n}) \tag{9}$$

In witch:
- D and z are constructive parameters;
- s and n are technological parameters.

If there are taken in consideration the equations (1), (3) and (8), after a series of simple calculus, it results the next form of the equation of the h parameter:

$$h = \frac{\pi * \mathrm{s}^2 * 10^9}{2 * \mathrm{D}^3 * \mathrm{n}^2 * z^2} (\vartheta - \delta - \gamma)^2 = f(D, z, s, \mathrm{n}, \vartheta, \delta, \gamma) \tag{10}$$

The relation (10) allows an analysis of the influence of the various values combinations for the η, ϑ and γ parameters on the machined surface roughness.

In this way, if it is adopted the k constant as being:

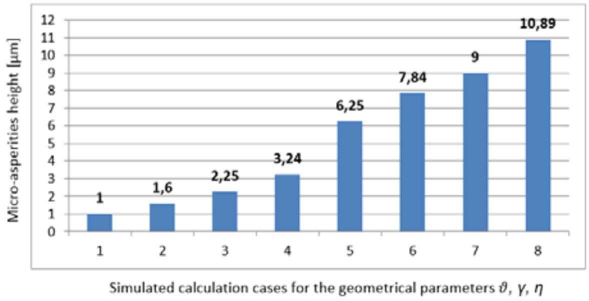
$$k = \frac{\pi * \mathrm{s}^2 * 10^9}{2 * \mathrm{D}^3 * \mathrm{n}^2 * z^2} \tag{11}$$

it results that:

$$h = \mathrm{k} * (\vartheta - \delta - \gamma)^2 \tag{12}$$

The equation (12) that, for the various possible combinations of the numerical values that are recommended by the reference [12], drive us to the next graphical representation Δh=f(δ,γ,η).

For further details, see the figure 3.



	1	2	3	4	5	6	7	8
ϑ	65	65	65	65	80	80	80	80
η	50	47	50	47	50	47	50	47
γ	5	5	0	0	5	5	0	0

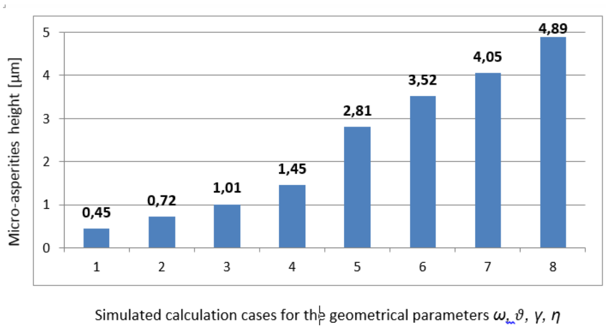
Figure 3. *The h parameter variance as a function of the possible combinations of the variables ϑ, γ, η*

For cylindrical mills with helix teeth, if there are taken in consideration the equations (5), (6), (7) and (10), it results that:

$$h = \frac{\pi * \mathrm{s}^2 * 10^9}{2 * \mathrm{D}^3 * \mathrm{n}^2 * z^2} * \cos^3\omega * (\vartheta - \delta - \gamma)^2 = f(D, z, \omega, s, \mathrm{n}, \vartheta, \delta, \gamma) \tag{13}$$

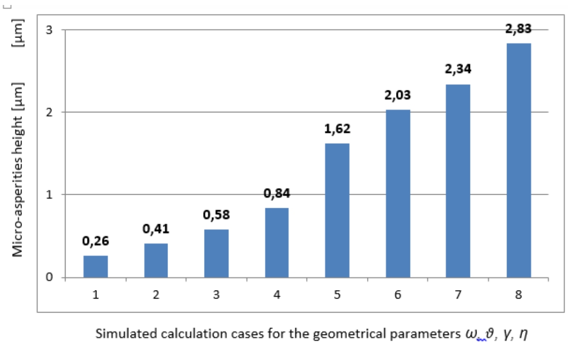
that allows us to analyze the variation of the h parameter as function of the combinations of four the cutting tool's geometrical parameters: ω, ϑ, γ, η, relatively at the recommended values from the technical literature referenced [12].

The variation of the micro-asperities height for the machined surface, Δh=f(ω,ϑ,γ,η) it is represented as in figure 4 and in figure 5.



	1	2	3	4	5	6	7	8
ϑ	65	65	65	65	80	80	80	80
η	50	47	50	47	50	47	50	47
γ	5	5	0	0	5	5	0	0
ω	40	40	40	40	40	40	40	40

Figure 4. *The h parameter variation as a function of the possible combinations of the ω, ϑ, γ, η variables*



	1	2	3	4	5	6	7	8
ϑ	65	65	65	65	80	80	80	80
η	50	47	50	47	50	47	50	47
γ	5	5	0	0	5	5	0	0
ω	50	50	50	50	50	50	50	50

Figure 5. *The h parameter variation as a function of the possible combinations of the ω, ϑ, γ, η variables*

Another parameter that influences the quality of the machined surface is represented by the simultaneity coefficient ξ that must accomplish the next condition [12]:

$$\xi = \frac{\rho}{\delta} \geq 2 \tag{14}$$

Based on the condition reflected by the equation (14) it was deduced [12] that the minimal number of mill's teeth can be computed with the next equation:

$$z_{min} = c\sqrt{D} \tag{15}$$

Where $c = \frac{2*\pi}{\sqrt{t_l}}$ is a is a constant for which it is recommended a value contained between 0.8 and 2, without another supplementary recommendations regarding the effective work conditions.

Taking in consideration the equation (10), and the condition (15), it results that the micro-asperities height of the machined surface is:

$$h = \frac{\pi * s^2 * 10^9}{2 * n^2}(\vartheta - \eta - \gamma)^2 * \frac{c^2}{{z_{min}}^8} \tag{16}$$

By witch it is deduced by computing that the Δh variation of the roughness is contained in an interval with values of:

$$h = (0.64 \div 4) * \frac{\pi * s^2 * 10^9}{2 * n^2}(\vartheta - \eta - \gamma)^2 \tag{17}$$

taking in consideration the keeping constant the technological parameters s and n and of the geometrical parameters ϑ, η, γ.

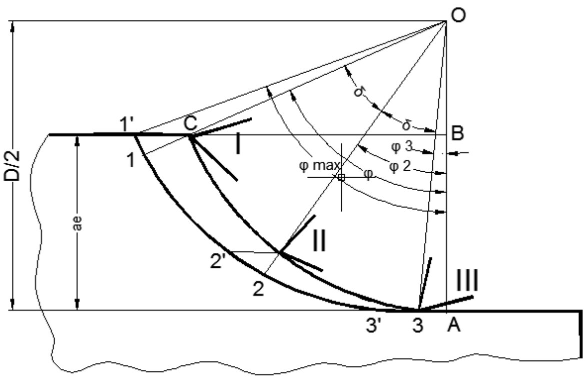


Figure 6. *The geometrical parameters of the cylindrical mills for cutting with several teeth, simultaneously*

Because:

$$c = \frac{2 * \pi}{\sqrt{t_l}}$$

(Figure 6) it is induced that by increasing the tl value, the obtained roughness is higher and vice-versa.

Also, it results that the variation of the roughness of this parameter is between 1 … 6.25, according with the 1 … 10.89 variation interval determined by the variables ϑ, η, γ, ω.

CONCLUSIONS

Based on the previous presented aspects, it can be underlined the next conclusions and recommendations:

- The optimization of the manufacturing by cutting processes must be approached much more complex way: starting from the criteria already published and consecrated in the branch technical literature (the cost and the productivity of the cutting process), the precision conditions that regards the micro-geometry and the macro-geometry must be induced implicitly;
- The effective data, recommended in the branch literature, for various constructive parameters of the cutting tools, if there are choose randomly (subjectively, based on the values range from the technical branch literature) can bring difficult to interpret practical results regarding the cutting precision criteria, because of a fault concise and accurate theoretical study;

- It is easily deduced that the geometrical parameters (especially the angles) of the cutting tools can have a higher influence on the micro-geometrical precision;
- Based on the data presented in the figures 3 and 4 there can be designed mills according with the nature of the cutting process (roughing or finishing) by adapting effectively the values of the angles (both constructive and functional geometry);
- Certainly, beyond the influence of the geometrical parameters on the machined surface roughness, another important influence parameter is constituted by the technological speed and cutting speed that are relatively often presented in the technical literature.

REFERENCES

[1]. **Benardos PG, Vosniakos GC**, "Prediction of surface roughness in CNC face milling using neural networks and Taguchi's design of experiments", Robotics and Computer Integrated Manufacturing 18 343–354, 2002, Elsevier Science Ltd.

[2] **Bouzakis K-D, Aichouh P, Efstathiou K**, "Determination of the chip geometry, cutting force and roughness in free form surfaces finishing milling, with ball end tools", International Journal of Machine Tools & Manufacture 43 499–514, Elsevier Science Ltd., 2003

[3] **Buzatu, C.,** "Contributions for the study of the factors that influence the rise of the precision of the machined parts by turning and external grindin". PhD thesis, University from Brasov, 1981

[4] **Budak E,** "Analytical models for high performance milling. Part I: Cutting forces, structural deformations and tolerance integrity", International Journal of Machine Tools & Manufacture 46 1478–1488, 2005 Elsevier

[5] **Colak O, Kurbanoglu C, Cengiz Kayacan M,** "Milling surface roughness prediction using evolutionary programming methods", Mat. and Design 28 657 - 666, Elsevier Ltd., 2007

[6] **Diacenko, P.E., Jacobson, M.O.** "Quality of the surfaces at the metal's cutting". Tehica (Publisher), Bucharest, 1954

[7] **Franco P, Estrems M, Faura F. "**Influence of radial and axial runouts on surface roughness in face milling with round insert cutting tools", International Journal of Machine Tools & Manufacture 44 (2004) 1555–1565, Elsevier Ltd., 2004

[8] **Kerekes, L., Gyenge, Cs., Dezso, G.** "The optimization of the cutting processes". Casa Cartii de Stiinta (Publiser), Cluj – Napoca, 1995, ISBN 937-96575-1-6

[9] **Lo S-P.** "An adaptive-network based fuzzy inference system for prediction of workpiece surface roughness in end milling", Journal of Materials Processing Technology 142 665–675, 2003 Elsevier B.V., 2003

[10] **Mihail, L.** "Researches regarding the raising of the efficiency of the cutting technological system". PhD thesis, "Transilvania" University from Brasov, 2008

[11] **Ozcelika B, Bayramoglu M,** "The statistical modeling of surface roughness in high- speed flat end milling", International Journal of Machine Tools & Manufacture 46 1395–1402, 2005 Elsevier Ltd., 2006

[12] **Sauer, L., Ionescu, C. "**Tools for milling". Tehnica (Publiser), Bucharest, 1977.

[13] **Vakondios D, Kyratsis P, Yaldiz S, Antoniadis A.** "Influence of milling strategy on the surface roughness in ball end milling of the aluminum alloy Al7075-T6", Measurement 45 1480–1488, 2012 Elsevier

[14**] Zhang JZ, Chenb JC, Kirby ED,** "Surface roughness optimization in an end-milling operation using the Taguchi design method", Journal of Materials Processing Technology 184 233–239, 2006 Elsevier.

ASPECTE PRIVIND DIMENSIONAREA CICLOANELOR PENTRU DESPRĂFUIREA GAZELOR INDUSTRIALE / ASPECTS REGARDING THE SIZING OF THE CYCLONES FOR DEDUSTING OF INDUSTRIAL GASES

Gheorghe ENE[1], Teodor SIMA[2]

[1] University Politehnica of Bucharest, Bucharest, ROMANIA, e-mail ghene48@yahoo.com
[2] University Politehnica of Bucharest, Bucharest, ROMANIA, e-mail tsima55@yahoo.com

REZUMAT
În lucrare sunt prezentate bazele teoretice ale desprăfuirii gazelor prin sedimentare în câmpul centrifugal de forţe: viteza de sedimentare a particulelor de praf, timpul necesar desfăşurării procesului, dimensiunea limită a particulelor separate şi influenţele diferitelor mărimi constructive şi funcţionale asupra acestora. Pe această bază se realizează o modalitate de dimensionare tehnologică a cicloanelor utilizate pentru desprăfuirea gazelor. Exemplul de calcul prezentat orientează asupra folosirii acestei metode.

ABSTRACT
The paper aims to present the theoretical basis of the gas dedusting through sedimentation in the field of centrifugal forces: the sedimentation rate of the dust particles, the necessary time to carry out the process, the limit size of individual particle and the influences on them of the different constructive and functional sizes. On this basis is provided a method for technological sizing of the cyclones used to gas dedusting. The calculation example is a guide for using this method.

KEY WORDS: cyclones, decontamination equipments, gas dedusting**,** the separation chamber, sedimentation rate.

CUVINTE CHEIE: cicloane, echipamente de depoluare, desprăfuirea gazelor, cameră de separare, viteză de sedimentare.

1. GENERALITĂŢI

Cicloanele sunt echipamente de depoluare destinate separării din gaze a particulelor solide fine (*10 … 1000 μm*) şi foarte fine (*< 2 μm*). Funcţionarea echipamentelor de desprăfuire a gazelor de tipul cicloanelor se bazează pe acţiunea asupra particulelor solide de praf a unui câmp centrifugal de forţe.

Ciclonul este realizat dintr-un corp cilindric *1* căruia i se ataşează, la partea inferioară, un corp conic *2* (fig. 1) [1, 2, 3]. Principiul de funcţionare al ciclonului este următorul (v. fig. 1). Gazele cu praf sunt introduse în ciclon prin racordul de alimentare *3* plasat tangenţial pe corpul cilindric *1*, cu o viteză $v_{gi} = 18 \ldots 20$ *m/s* (pentru a păstra în limite acceptabile rezistenţa gazodinamică a ciclonului).

Alimentarea tangenţială a gazelor le imprimă acestora o mişcare elicoidală descendentă până când acestea ajung în corpul conic *2,* după care mişcarea elicoidală devine ascendentă până când gazele sunt evacuate prin tubul central *5*.

Forţa centrifugă, determinată de mişcarea elicoidală a curentului de gaz, acţionează diferenţiat asupra particulelor de praf şi a celor de gaz, datorită diferenţei importante de densitate dintre acestea (de exemplu densitatea intrinsecă a particulelor de nisip este de *2500 kg/m*^{3}, iar densitatea aerului, la temperatura de *20* ^0C, de *1,2 kg/m*^{3}).

Prin urmare, forţa centrifugă care acţionează asupra particulelor de praf:

$$F_c = m_p \cdot \frac{v_{gi}^2}{R} \qquad (1)$$

(m_p - masa particulei, v_{gi} - viteza de intrare a gazelor în ciclon, R – raza acestuia) fiind mult mai mare decât cea care acţionează asupra particulelor gazelor va deplasa mult mai repede particulele de praf spre peretele ciclonului.

Particulele de praf ajunse la peretele ciclonului, lovindu-se de acesta, pierd o mare parte din cantitatea lor de mişcare, şi, sub acţiunea gravitaţiei, se adună la partea inferioară a corpului conic al ciclonului de unde sunt evacuate prin racordul *4*.

Datorită faptului că asupra gazelor acţionează forţe centrifuge mai reduse, ele având valori mai mici ale densităţii, între peretele ciclonului şi partea lui centrală se creează un gradient de presiune care deplasează gazele în direcţie radială spre axa ciclonului. Se formează astfel curentul turbionar ascendent, care părăseşte ciclonul prin tubul central de evacuare *5*. Deplasarea gazelor după direcţia radială, spre vârtejul central ascendent, nu împiedică mişcarea radială a particulelor de praf în sens contrar, spre peretele ciclonului.

Tubul central de evacuare *5* are şi rolul de a separa curenţii elicoidali de gaze (descendent şi ascendent) care se dezvoltă în interiorul ciclonului şi a preveni amestecarea lor. Pentru a realiza acest lucru, tubul central trebuie să pătrundă în interiorul ciclonului cu lungimea *s* care trebuie să fie mai mare decât înălţimea racordului de alimentare *a* şi mai mică decât înălţimea *h* a părţii cilindrice a ciclonului (v. fig. 1).

De asemenea, pentru a evita crearea unor suprapresiuni în ciclon, secţiunea tubului central trebuie să fie mai mare decât secţiunea racordului de alimentare cu gaze a ciclonului.

Datorită rotirii intense a gazelor, presiunea statică a acestora scade de la peretele spre axul ciclonului producând aspirarea de aer fals în ciclon. Din această cauză este necesară închiderea racordului *4* de evacuare a prafului (foarte frecvent se utilizează pentru aceasta închizătorul celular).

La utilizarea cicloanelor fără închiderea etanşă a orificiului părţii conice, mişcările elicoidale descendentă şi ascendentă ale gazelor (v. fig. 1) se întrepătrund, fiind perturbate de aspirarea aerului fals în ciclon, ceea ce conduce la scăderea importantă a eficienţei acestuia sau chiar la încetarea desprăfuirii.

În ceea ce priveşte mişcarea particulelor în ciclon, aceasta constă dintr-o rotire împreună cu gazele (mişcarea de transport), cu viteza egală cu cea gazelor, peste care se suprapune mişcarea relativă după direcţia radială, sub acţiunea forţelor de inerţie centrifuge, cu viteza de sedimentare.

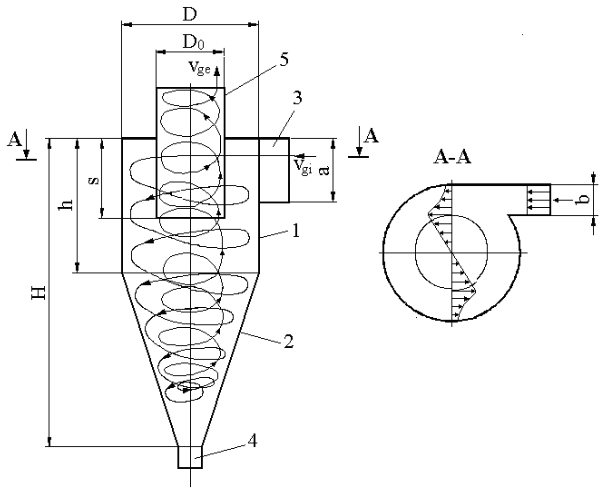


Figura 1. *Schema constructivă a ciclonului.*
1 - corp cilindric; 2 - corp conic;
3 - racordul de alimentare a gazelor cu praf;
4 - racordul de evacuare a prafului separat din gaze;
5 - tubul central pentru evacuarea gazelor desprăfuite.

Mişcarea curentului de gaze în ciclon constă dintr-o suprapunere a unui vârtej potenţial cu un izvor negativ (puţ). Distribuţia de viteze în vârtejul potenţial al unui fluid ideal (lipsit de frecare) este definită de expresia [6]:

$$v_p \cdot r = const. \qquad (2)$$

unde v_p este viteza periferică (tangenţială) corespunzătoare liniei de curent de rază *r*.

La mişcarea de vârtej (turbion) a gazelor reale se observă existenţa unui nucleu central (tub–vârtej de diametru finit), care se comportă ca un solid în mişcare de rotaţie, legea hiperbolică de distribuţie a vitezelor (2) fiind valabilă în afara acestui nucleu (v. fig. 2).

Deoarece, practic, efectul forţelor de frecare nu poate fi neglijat, distribuţia de viteze a vârtejului potenţial va fi definită de expresia [4, 6]:

$$v_p \cdot r^m = const. \qquad (3)$$

unde exponentul are, în cele mai multe cazuri, valoarea $m = 0{,}5$ [4, 6].

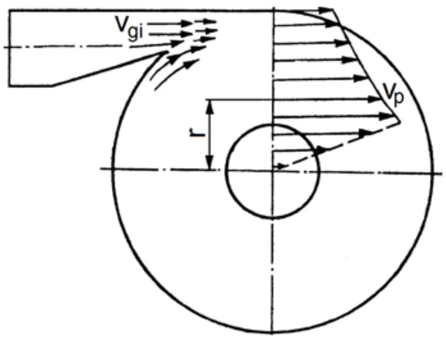


Figura 2. *Distribuţia de viteze în mişcarea de vârtej.*

În general curba de variaţie a vitezei periferice a gazelor în ciclon are aspectul prezentat în figura 3 [5] citat în [6].

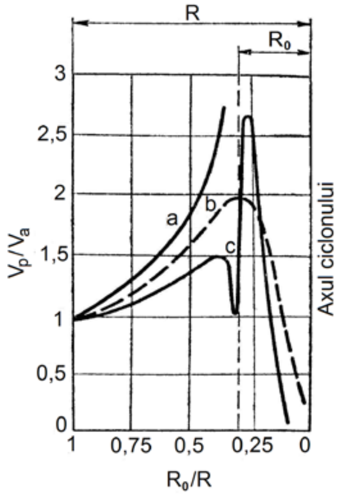


Figura 3. *Variaţia vitezei periferice a gazelor în ciclon în funcţie de rază.*
a – conform legii $v_p.r = const.$; înaintea intrării în tubul central de evacuare; după intrarea în tubul central de evacuare.

În camera de separare viteza periferică v_p a gazelor creşte de la peretele ciclonului, atingând un maximum spre tubul central de evacuare, după care tinde spre zero către axul ciclonului (curba *b*, fig. 3).

În tubul central de evacuare viteza periferică v_p şi viteza axială v_a au un maximum în imediata apropiere a peretelui tubului central (raza R_0), după care tind către zero spre axul acestuia (curba *c*, fig. 3).

Forţa centrifugă care acţionează asupra particulelor solide de praf existente în gaze reprezintă un multiplu al forţelor de greutate ale acestora, raportul dintre forţa centrifugă şi cea de greutate reprezentând factorul de separare [3]:

$$\Phi = \frac{F_c}{G_p} = \frac{m_p \cdot a_c}{m_p \cdot g} = \frac{v_p^2 / r}{g} \qquad (4)$$

unde a_c este acceleraţia centrifugă ($a_c = v_p^2 / r$); g – acceleraţia gravitaţiei; m_p – masa particulei de praf.

Factorul de separare reprezintă un criteriu specific câmpului centrifugal de forţe, analog criteriului Froude.

În curentul turbionar din ciclon, la o anumită rază R_0 a acestuia, se stabileşte un echilibru între forţa centrifugă care tinde să deplaseze particula de praf de diametru *d* spre peretele ciclonului şi forţa rezistentă pe care gazul o opune deplasării acesteia, dirijată spre axa ciclonului. În această situaţie particulele de praf cu dimensiunile mai mari decât *d* se vor deplasa spre peretele ciclonului fiind separate, iar cele cu dimensiunile mai mici vor fi antrenate de către curentul de gaze care, prin tubul central, părăseşte ciclonul.

Pe suprafaţa cilindrică de rază R_0 particulele de dimensiunea *d* au aceeaşi probabilitate de a fi reţinute sau de a rămâne în continuare în gaze.

Ca şi în cazul transportului pneumatic, raportul dintre masa particulelor solide şi cea a curentului de gaze reprezintă un criteriu important de funcţionare a ciclonului, curentul de gaze din ciclon putând să transporte în suspensie numai cantitatea de praf corespunzătoare forţei purtătoare a curentului.

Datorită acestui fapt, imediat după intrarea în ciclon a curentului de gaze cu praf, cantitatea de praf care depăşeşte capacitatea forţei purtătoare a curentului cade în partea conică a ciclonului iar restul este antrenat de curentul de gaze şi supus separării în curentul turbionar.

2. VITEZA DE SEDIMENTARE A PARTICULELOR DE PRAF ÎN CÂMPUL CENTRIFUGAL DE FORŢE

Particulelor solide aflate în curentul de gaze din ciclon se mişcă sub acţiunea cumulată a mai multor forţe: forţele de inerţie în direcţiile tangenţială şi radială, rezistenţa gazelor, greutatea particulei, forţa ascensională, forţele de frecare dintre particulă şi gaze, forţe de natură electrică şi altele.

Mişcarea particulelor în ciclon este deosebit de complexă deoarece, în afara forţelor amintite, asupra acesteia influenţează şi faptul că în ciclon se află un nor de particulele cu mărimi, forme şi densităţi diferite, care se stânjenesc reciproc în mişcarea lor.

Studiul teoretic cu privire la mişcarea particulelor în ciclon necesită, prin urmare, o serie de ipoteze simplificatoare: se consideră mişcarea unei singure particule, acesta are forma sferică, mişcarea curentului de gaze este staţionară, viteza particulei este egală cu cea a curentului de gaze, se neglijează influenţa unora dintre forţe.

Funcţionarea echipamentelor de desprăfuire a gazelor de tipul cicloanelor se bazează pe acţiunea câmpului centrifugal de forţe care se caracterizează prin faptul că acceleraţia acestuia poate avea valori de multe ori (de *5…2000 ori*) mai mari decât cea a câmpului gravitaţional, accelerând procesul de reţinere a particulelor solide din gaze şi mărind eficienţa desprăfuirii.

De exemplu, acceleraţia câmpului centrifugal de forţe dintr-un ciclon cu raza $R = 0,5\ m$ şi viteza gazelor la intrare $v_{gi} = 20\ m/s$ este:

$$\frac{v_{gi}^2}{R} = \frac{20^2}{0,5} = 800 \ \ m/s^2 ,$$

adică de aproximativ *80 de ori* mai mare decât acceleraţia gravitaţiei $g = 9,81\ m/s^2$.

Prin urmare, forţa de greutate a particulei şi forţa ascensională pot fi neglijate în raport cu forţa de inerţie centrifugă. Nu se ţine seama nici de forţele de frecare şi de cele de natură electrică, acestea având, de asemenea, valori reduse în raport cu forţa centrifugă. Ţinând seama de aceste simplificări, asupra particulei acţionează numai forţa centrifugă F_c, care tinde să o deplaseze radial spre peretele ciclonului, cu viteza de sedimentare v_{sc}, şi rezistenţa gazodinamică (rezistenţa pe care o opune gazul mişcării particulei) F_r.

Forţa de centrifugă de inerţie a particulei solide se exprimă prin relaţia:

$$F_c = m_p \cdot \frac{v_p^2}{r} = V_p \cdot \rho_p \cdot \frac{v_p^2}{r} \qquad (5)$$

în care m_p este masa particulei; V_p - volumul acesteia; ρ_p - densitatea intrinsecă a materialului particulei; v_p^2 / r – acceleraţia câmpului centrifugal de forţe; v_p – viteza periferică a curentului de gaze; r – raza traiectoriei circulare a acestuia.

Rezistenţa opusă de gaze mişcării particulei este definită de relaţia:

$$F_r = c \cdot A_p \cdot \rho_g \cdot \frac{v_{sc}^2}{2} \qquad (6)$$

în care v_{sc} este viteza cu care particula se apropie de peretele ciclonului (viteza de sedimentare în câmp centrifugal de forţe); A_p - aria proiecţiei particulei pe planul normal la vectorul vitezei v_{sc}; ρ_g - densitatea fluidului; c – coeficientul rezistenţei gazodinamice.

Atunci când aceste două forţe îşi fac echilibru, particula se va mişca cu viteza constantă v_{sc}. Din egalitate relaţiilor (5) şi (6) rezultă:

$$V_p \cdot \rho_p \cdot \frac{v_p^2}{r} = c \cdot A_p \cdot \rho_g \cdot \frac{v_{sc}^2}{2} \qquad (7)$$

din care se determină:

$$v_{sc} = \sqrt{\frac{2}{c} \cdot \frac{V_p}{A_p} \cdot \frac{\rho_p}{\rho_g} \cdot \frac{v_p^2}{r}} \qquad (8)$$

Pentru particule sferice: $V_p = \pi d^3 / 6$, $A_p = \pi d^2 / 4$, $V_p / A_p = (2/3) \cdot d$, în care d este diametrul particulei, relaţia (8) capătă forma:

$$v_{sc} = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{1}{c} \cdot \frac{\rho_p}{\rho_g} \cdot \frac{v_p^2}{r} \cdot d} \qquad (9)$$

Coeficientul rezistenţei gazodinamice c depinde de forma particulelor şi de poziţia lor în raport cu direcţia vectorului vitezei particulei, de regimul de curgere al gazului în raport cu particula (caracterizat prin criteriul Reynolds) etc.

Dependenţa $c = f(\mathrm{Re})$ este definită de relaţiile [1, 2, 3, 7]:

- pentru regimul de curgere laminar (domeniul Stokes) caracterizat prin $10^{-4} < \mathrm{Re} < 2$:

$$c = \frac{24}{\mathrm{Re}}; \qquad (10)$$

- pentru regimul de curgere tranzitoriu (domeniul Allen) caracterizat prin $2 < \mathrm{Re} < 500$:

$$c = \frac{18{,}5}{\mathrm{Re}^{0{,}6}}; \qquad (11)$$

- pentru regimul de curgere turbulent (domeniul Newton) caracterizat prin $500 < \mathrm{Re} < 2 \cdot 10^5$:

$$c = 0{,}44 \qquad (12)$$

unde criteriul Reynolds este definit de relaţia:

$$\mathrm{Re} = \frac{v_p \cdot d \cdot \rho_g}{\eta_g} \qquad (13)$$

(η_g este vâscozitatea dinamică a fluidului).

În cazul regimului laminar de curgere,

$$c = \frac{24}{\mathrm{Re}} = 24 \left(\frac{v_p \cdot d \cdot \rho_g}{\eta_g} \right)^{-1} \qquad (14)$$

şi relaţia (9) devine (domeniul Stokes):

$$v_{sc} = \frac{1}{18} \cdot \frac{\rho_p}{\eta_g} \cdot \frac{v_p^2}{r} \cdot d^2 \qquad (15)$$

Ţinând seama de expresia factorului de separare (4) şi de faptul că viteza de sedimentare a particulei în câmpul gravitaţional de forţe are expresia:

$$v_{sg} = \frac{1}{18} \cdot \frac{\rho_p}{\eta_g} \cdot g \cdot d^2 \qquad (16)$$

relaţia (15) capătă forma:

$$v_{sc} = \mathrm{v_{sg}} \cdot \Phi \qquad (17)$$

Expresia (17) arată că sedimentarea în câmpul centrifugal de forţe este de Φ ori mai eficientă decât cea în câmpul gravitaţional de forţe (decurge cu o viteză de Φ ori mai mare).

Relaţia teoretică dedusă este valabilă când în fluid se mişcă o singură particulă. În echipamentele pentru desprăfuirea pneumatică în gaze se găsesc o mulţime de particule de diferite dimensiuni care se ciocnesc între ele, modificându-şi astfel viteza. De aceea, viteza de sedimentare a particulelor mai mari este mai mică decât viteza de sedimentare teoretică, diferenţa fiind cu atât mai mare cu cât concentraţia de particule fine în fluid este mai mare.

Pentru cazul real este necesară corectarea vitezei de sedimentare calculată cu relaţia teoretică prezentată, în funcţie de concentraţia particulelor în gaze. În afară de aceasta, viteza de sedimentare a particulelor depinde de forma şi de orientarea acestora în raport cu direcţia vectorului viteză al lor. În funcţie de orientarea particulelor, fiecare are viteza de sedimentare cuprinsă între o valoare minimă şi alta maximă.

Dacă viteza gazelor este media valorile minimă şi maximă ale vitezei de sedimentare, particula va oscila în curentul de gaze, în jurul unei poziţii de echilibru, în funcţie de orientarea ei. Particula va avea o viteză de deplasare stabilă numai atunci când ea începe să se rotească. Rotirea particulei în jurul unei axe instantanee de rotaţie poate fi produsă ca urmare a formei asimetrice, a ciocnirii cu alte particule, a ciocnirii cu pereţii separatorului etc.

Viteza de rotaţie este cu atât mai mare cu cât dimensiunea particulei este mai mică şi cu cât viteza gazului este mai mare. La transportul pneumatic al cerealelor, de exemplu, viteza de rotaţie a unor particule poate să atingă valori de până la *40000 rot/min* [1, 2]. Datorită rotirii particulelor simultan cu deplasarea lor, se micşorează diferenţa dintre coeficienţii de rezistenţă gazodinamică ai particulelor care au aceeaşi dimensiune dar forme diferite, viteza de sedimentare a acestora având aproximativ aceeaşi valoare.

3. DIMENSIUNEA LIMITĂ A PARTICULELOR SEPARATE ÎN CICLON

Viteza de sedimentare a particulelor în ciclon, poate fi scrisă sub forma:

$$v_{sc} = \frac{1}{18} \cdot \frac{\rho_p}{\eta_g} \cdot \frac{v_p^2}{r} \cdot d^2 = \frac{\mathrm{dr}}{\mathrm{dt}} \tag{18}$$

Această ecuaţie diferenţială poate fi rezolvată dacă se cunoaşte legea distribuţiei vitezelor periferice (tangenţiale) ale gazelor în secţiunea transversală a ciclonului.

În ipoteza că distribuţia vitezelor periferice (tangenţiale) ale gazelor urmează legea $v_p \cdot r = v_{pm} \cdot r_m = const.$, adică $v_p = \frac{1}{r} \cdot v_{pm} \cdot r_m$, din ecuaţia (18) se obţine:

$$r^3 \cdot dr = \frac{1}{18} \cdot \frac{\rho_p}{\eta_g} \cdot d^2 \cdot v_{pm}^2 \cdot r_m^2 \cdot dt \tag{19}$$

din care, prin integrare între limitele (v. fig. 1) $r_i = D_0/2$ şi $r_e = D/2$, se obţine timpul necesar particulei ca să ajungă de la suprafaţa vârtejului central la peretele ciclonului (timpul de sedimentare):

$$t = 18 \cdot \frac{\eta_g}{\rho_p} \cdot \frac{1}{d^2} \cdot \frac{1}{v_{pm}^2 \cdot r_m^2} \cdot \left(\frac{r_e^4}{4} - \frac{r_i^4}{4} \right) \tag{20}$$

Timpul de sedimentare al particulei trebuie să fie egal cu timpul de rotire al gazelor până când particula ajunge la peretele ciclonului:

$$t = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_m \cdot n}{v_{pm}} \tag{21}$$

în care *n* este numărul de rotiri ale curentului de gaze (de regulă $n > 1{,}5$).

Din egalarea relaţiilor (20) şi (21) rezultă pentru dimensiunea limită a particulei reţinute de către un ciclon de dimensiuni şi condiţii de funcţionare date, expresia:

$$d = 1{,}5 \cdot \sqrt{\frac{\eta_g}{\pi \cdot n \cdot \rho_p} \cdot \frac{1}{r_m^3 \cdot v_{pm}} \cdot \left(r_e^4 - r_i^4 \right)}. \tag{22}$$

În relaţia (22), pentru realizarea calculelor practice, se utilizează mărimile: $r_e = D/2$ - raza exterioară a ciclonului; $r_i = D_0/2$ (unde $D_0 = D/2$) - raza tubului central de evacuare a gazelor; $r_m = (r_i + r_e)/2$ - raza traiectoriei medii a curentului de gaze; v_{pm} - viteza periferică corespunzătoare traiectoriei medii a curentului de gaze (egală cu viteze gazelor la intrarea în ciclon ($v_{pm} = v_{gi}$)). Rezultă:

$$d = 0{,}892 \cdot \sqrt{\frac{\eta_g}{n \cdot \rho_p} \cdot \frac{D}{v_{gi}}}. \tag{23}$$

În ipoteza că distribuţia vitezei periferice a gazelor este dată de legea $v_p \cdot r^{0,5} = v_{pm} \cdot r_m^{0,5} = const.$, adică $v_p = \frac{1}{r^{0,5}} \cdot v_{pm} \cdot r_m^{0,5}$, procedând în mod similar, ecuaţia (18) devine:

$$r^2 \cdot dr = \frac{1}{18} \cdot \frac{\rho_p}{\eta_g} \cdot d^2 \cdot v_m^2 \cdot r_m \cdot dt \tag{24}$$

din care, prin integrare, se obţine:

$$t = 18 \cdot \frac{\eta_g}{\rho_p} \cdot \frac{1}{d^2} \cdot \frac{1}{v_{pm}^2 \cdot r_m} \cdot \left(\frac{r_e^3}{3} - \frac{r_i^3}{3} \right) \tag{25}$$

Utilizând relaţiile (21) şi (25), se obţine pentru dimensiunea limită a particulei reţinute, expresia:

$$d = 1{,}73 \cdot \sqrt{\frac{\eta_g}{\pi \cdot n \cdot \rho_p} \cdot \frac{1}{r_m^2 \cdot v_{pm}} \cdot \left(r_e^3 - r_i^3 \right)} \tag{26}$$

În relaţia (26), pentru realizarea calculelor practice, se utilizează mărimile: $r_e = D/2$ - raza exterioară a ciclonului; $r_i = D_0/2$ (unde $D_0 = D/2$) - raza tubului central de evacuare a gazelor; $r_m = (r_i + r_e)/2$ - raza traiectoriei medii a curentului de gaze; v_{pm} - viteza periferică corespunzătoare traiectoriei medii a curentului de gaze (egală cu viteze gazelor la intrarea în ciclon ($v_{pm} = v_{gi}$)).

Rezultă:

$$d = 0{,}968 \cdot \sqrt{\frac{\eta_g}{n \cdot \rho_p} \cdot \frac{D}{v_{gi}}}. \qquad (27)$$

Dimensiunea celor mai mici particule reţinute de către ciclon poate fi determinată şi utilizând relaţia (Davies) [6] :

$$d = 2{,}12\sqrt{\frac{(D/2)^2 \cdot \eta_g}{(\rho_p - \rho_g) \cdot v_{gi} \cdot H} \cdot \left[1 - \left(\frac{D_0}{D}\right)^4\right]}, \mathrm{m} \qquad (28)$$

unde D este diametrul ciclonului, *m*, H - înălţimea totală a acestuia, *m* (v. fig. 1), D_0 - diametrul tubului central de evacuarea gazelor din ciclon, *m*; η_g – vâscozitatea dinamică a gazelor la temperatura acestora, $Pa \cdot s$, ρ_p – densitatea intrinsecă a materialului particulei, kg/m^3, ρ_g – densitatea gazelor la temperatura acestora, kg/m^3, v_{gi} – viteza gazelor la intrarea în ciclon.

Pentru valoarea $D_0/D = 0{,}5$, corespunzătoare cicloanelor actuale, şi neglijând densitatea gazelor ca fiind foarte mică în raport cu densitatea intrinsecă a materialului particulei de praf, relaţia (28) devine:

$$d = 1{,}026 \cdot \sqrt{\frac{\eta_g}{\rho_p \cdot v_{gi}} \cdot \frac{D^2}{H}}, \mathrm{m} \qquad (29)$$

Analizând relaţiile (23), (27) şi (29) se remarcă următoarele:

- deoarece vâscozitatea gazelor creşte cu temperatura rezultă că o particulă de o anumită dimensiune, care poate fi reţinută de către un ciclon de construcţie şi dimensiuni date atunci când gazele sunt reci, nu mai poate fi reţinută, de către acelaşi ciclon, atunci când gazele sunt fierbinţi. Influenţa temperaturii gazelor asupra dimensiunii limită a particulelor, pentru cicloane cu diferite diametre *D*, este prezentată în figura 4 [6].

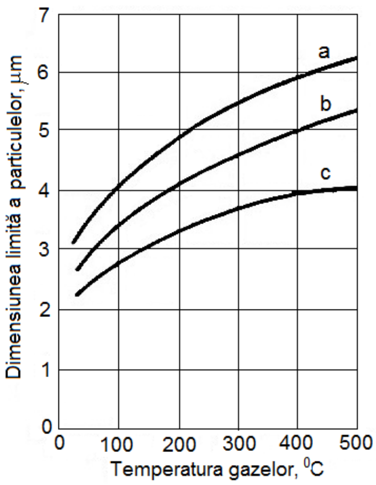


Figura 4. *Dependenţa dimensiunii limită a particulelor de temperatura gazelor şi de diametrul D al ciclonului. a - D = 400 mm; b - D = 275 mm; c - D = 150 mm.*

- cicloanele cu valori reduse ale diametrului pot reţine particule cu dimensiunea limită mai mică decât cele cu diametre mari. Cu cât diametrul ciclonului este mai redus, cu atât forţele centrifuge care acţionează asupra particulelor vor fi mai mari şi, prin urmare, se pot reţine particule mai mici.

Reducerea diametrului ciclonului conduce la scăderea debitului de gaze pe care acesta îl poate prelua. Pentru a prelua debite mari cicloanele se grupează în baterii constituite din cicloane cu diametrul de maximum *600…1 000 mm*, legate în paralel. Pentru reţinerea particulelor fine din gazele fierbinţi se pot utiliza baterii de cicloane cu diametre mici (*50…250 mm*) numite multicicloane.

Eficienţa desprăfuirii creşte pe măsura creşterii dimensiunii limită a particulelor. În figura 5 se prezintă variaţia eficienţei desprăfuirii în funcţie de dimensiunea limită a particulelor pentru cicloane de construcţie obişnuită [9].

Eficienţa de separare a cicloanelor cu diametrul mic este mult mai bună decât cea a cicloanelor cu diametre mari. Această observaţie a condus la apariţia multicicloanelor formate dintr-un număr mare de cicloane (pentru a prelua întreg debitul de gaze) cu diametru redus (pentru a reţine particule cât mai fine),. Pentru dimensiunea de separare $d_s = 5 \mu m$, multicicloanele au o eficienţă a separării $\varepsilon = 95 \ldots 98\ \%$ [6].

- cicloanele pot reţine particule cu atât mai fine cu cât valorile diametrelor D_0 şi D (fig. 1) sunt mai apropiate, adică atunci când gazele se introduc în ciclon într-un strat subţire, apropiat de peretele ciclonului.

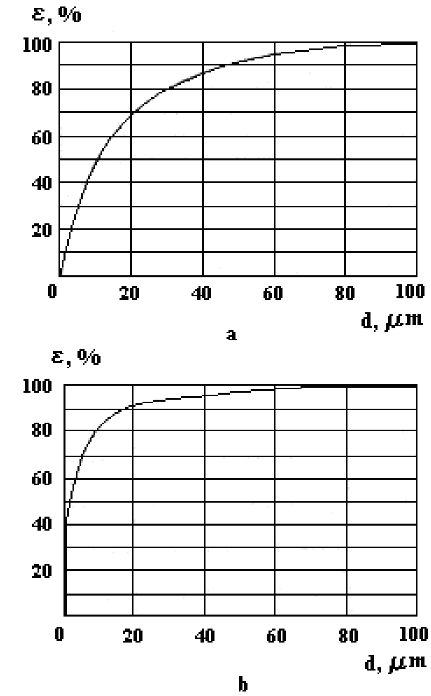


Figura 5. *Dependenţa eficienţei ε a desprăfuirii de dimensiunile particulelor de praf.*

a – pentru cicloane de diametru (debit) mare; b - pentru cicloane de diametru (debit) mic.

4. DIMENSIONAREA TEHNOLOGICĂ A CICLOANELOR

Dimensionarea tehnologică a ciclonului se poate realiza dacă se cunoaşte debitul gazelor ce urmează a fi desprăfuite şi caracteristicile prafului şi ale gazelor (Q_v – debitul volumic de gaze, m^3/s; spectrul granulometric al prafului; ρ_p - densitatea intrinsecă a prafului, kg/m^3; η_g - vâscozitatea dinamică gazelor la temperatura acestora, $Pa{\cdot}s$; (sau υ_g - vâscozitatea cinematică, m^2/s şi ρ_g - densitatea gazelor la temperatura lor, kg/m^3).

Calculul de dimensionare tehnologică presupune parcurgerea următoarelor etape:

- Se adoptă valoarea vitezei gazelor la ieşirea din ciclon v_{ge}.
- Se determină diametrului D_0 al tubului de evacuare a gazelor din ciclon utilizând relaţia:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q_v}{v_{ge}}} \quad m \tag{30}$$

în care se consideră viteza gazelor la evacuarea din ciclon $v_{ge} = 4,0...8,0\ m/s$.

- Se determină dimensiunilor racordului de alimentare a gazelor în ciclon. Racordul de alimentare are secţiunea dreptunghiulară cu înălţimea a şi lăţimea b, raportul acestora având, de obicei, valoarea $a/b = k = 2$. Se utilizează relaţia:

$$Q_v = a \cdot b \cdot v_{gi} = k \cdot b^2 \cdot v_{gi} \tag{31}$$

din care se determină lăţimea secţiunii racordului:

$$b = \sqrt{\frac{Q_v}{k \cdot v_{gi}}} \tag{32}$$

în care $v_{gi} = 18,0 \cdots 20,0\ m/s$ este viteze gazelor la intrarea în ciclon.

- Înălţimea secţiunii este: $a = k \cdot b$.
- Se determină diametrul ciclonului:

$$D = D_0 + 2 \cdot b \tag{33}$$

- Raza medie de calcul a ciclonului:

$$r_m = \frac{r_e + r_i}{2} == \frac{D + D_0}{4}. \tag{34}$$

- Viteza medie a gazelor în ciclon: $v_{pm} = v_{gi}$.
- Timpul de sedimentare (în care particula ajunge la peretele ciclonului) se determină utilizând relaţiile (20) sau (25), în funcţie de legea de variaţie a vitezei gazelor în secţiunea transversală a ciclonului. Considerând că legea de variaţie a vitezei $v_{pm}{\cdot}r^m = const.$, care ţine seama de frecare, reflectă mai fidel fenomenul real, pentru determinarea timpului de sedimentare se va utiliza relaţia (25):

$$t = 18 \cdot \frac{\eta_g}{\rho_p} \cdot \frac{1}{d^2} \cdot \frac{1}{v_m^2 \cdot r_m} \cdot \left(\frac{r_e^3}{3} - \frac{r_i^3}{3} \right)$$

în care dimensiunea limită d a particulelor reţinute este impusă de spectrul granulometric al prafului şi de eficienţa cerută desprăfuirii.

- Spaţiul parcurs de curentul de gaze până când particula se depune la perete:

$$s = v_{pm} \cdot t = v_{gi} \cdot t. \tag{35}$$

- Spaţiul parcurs de către gaze la o singură rotire a lor în ciclon este:

$$s_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_m}{\cos \beta} \tag{36}$$

în care β este unghiul de înfăşurare a elicei, care reprezintă traiectoria mişcării gazelor în ciclon, definit de relaţia:

$$\beta = arctg \cdot \frac{a}{2 \cdot \pi \cdot r_m} \tag{37}$$

($a = k \cdot b$ este înălţimea secţiunii dreptunghiulare a racordului de alimentare a gazelor în ciclon).

- Numărul de rotiri ale gazului până când particula ajunge la peretele ciclonului:

$$n = \frac{s}{s_1} = \frac{v_{gi} \cdot t}{2 \cdot \pi \cdot r_m} \cdot \cos \beta. \tag{38}$$

- Înălţimea părţii cilindrice a ciclonului:

$$h = a \cdot n.$$

Pentru siguranţa separării particulelor acesta se adoptă cu *15%* mai mare, prin urmare [7]:

$$h = 1{,}15 \cdot a \cdot n. \tag{39}$$

- Înălţimea păţii conice se determină cunoscând diametrul $d_e = 0{,}25 \cdot D_0$ al orificiului de evacuare a prafului colectat şi unghiul α de înclinare a generatoarei conului faţă de planul orizontal, impus de evacuarea lesnicioasă a prafului ($\alpha = 55 \cdots 60^0$), cu relaţia:

$$h_c = \frac{D - d_e}{2} \cdot tg\alpha. \tag{40}$$

- Se verifică dimensiunea limită a particulei reţinute de către ciclon cu relaţia (26), corespunzătoare ipotezei în care s-a determinat timpul de reţinere:

$$d = 1{,}73 \cdot \sqrt{\frac{\eta_g}{\pi \cdot n \cdot \rho_p} \cdot \frac{1}{r_m^2 \cdot v_{pm}} \cdot \left(r_e^3 - r_i^3\right)}.$$

Se poate utiliza, de asemenea, şi relaţia (27):

$$d = 0{,}968 \cdot \sqrt{\frac{\eta_g}{n \cdot \rho_p} \cdot \frac{D}{v_{gi}}}.$$

Dacă valoarea dimensiunii particulei determinată de această relaţie diferă nesemnificativ de cea pe baza căreia s-a realizat calculul ciclonului (impusă de spectrul granulometric al prafului şi de eficienţa cerută desprăfuirii), calculul se consideră corect.

- Pierderea de presiune a ciclonului este determinată de diferenţa dintre presiunea statică a gazelor la intrarea, respectiv evacuarea din ciclon. Pierderea de presiune a ciclonului se determină în raport cu viteza din racordul de alimentare a gazelor [8]:

$$v_i = \frac{Q_g}{a \cdot b}, \quad m/s \tag{41}$$

sau în raport cu viteza gazelor din secţiunea transversală a ciclonului:

$$v_c = \frac{Q_g}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} \; m/s \tag{42}$$

unde Q_g este debitul de gaze alimentate în ciclon (la temperatura de lucru), m^3/s; a, b – înălţimea, respectiv lăţimea secţiunii transversale a racordului de alimentare, m; D – diametrul ciclonului, m.

Relaţiile de calcul ale pierderilor de presiune în raport cu cele două viteze sunt:

$$\Delta p_i = \xi_i \cdot \frac{\rho_g \cdot v_i^2}{2}, \quad Pa \tag{43}$$

respectiv :

$$\Delta p_c = \xi_c \cdot \frac{\rho_g \cdot v_c^2}{2} \quad Pa \tag{44}$$

unde ρ_g - densitatea gazelor la temperatura acestora, kg/m^3.

Tubul central de evacuare a gazelor din ciclon este prevăzut la cicloanele care lucrează prin aspiraţie (montate înainte de ventilator) cu un melc de evacuare, iar la cele care lucrează prin refulare (montate înainte de ventilator), evacuarea gazelor făcându-se direct în atmosferă, cu un capac care să evite pătrunderea apei de ploaie în ciclon. Coeficienţii pierderilor de presiune, corespunzători vitezelor v_i şi v_c, sunt pentru melcul de evacuare $\xi_{m,i}$ şi $\xi_{m,c}$, iar pentru capac $\xi_{c,i}$ şi $\xi_{c,c}$.

Pentru aprecierea ordinului de mărime al acestor coeficienţi în tabelul 1 se prezintă, cu titlul de exemplu, valorile lor pentru ciclonul cu $D = 700\ mm$, de tip *LIOT*, fabricat în CSI [8].

Tabelul 1.

Valori ale coeficienţilor pierderilor de presiune ale cicloanelor.

D, *mm*	$\xi_{m,i}$	$\xi_{c,i}$	$\xi_{m,c}$	$\xi_{c,c}$
700	**3,7**	**4,2**	**411**	**460**

Căderea de presiune a cicloanelor depinde de diametrul lor, viteza de alimentare a gazelor şi temperatura acestora şi are, în general, valori de circa *300…1650 Pa*. Pierderea de presiune (rezistenţa gazodinamică) este mai mică pentru gazele care conţin praf decât pentru cele curate.

Pentru o dimensionare mai puţin pretenţioasă a ciclonului se prezintă următoarea metodologie:

- se adoptă viteza v_{gi}, la intrarea gazelor cu praf în ciclon: $v_{gi} = 10…25\ m/s$;
- cunoscând debitul volumic Q_v, al gazelor, la temperatura de lucru a acestora, se determină dimensiunile secţiunii transversale a racordului de alimentare a gazelor în ciclon considerând raportul acestora $a/b = 2$:

$$A = a \cdot b = 2 \cdot b^2 = \frac{Q_v}{v_{gi}}.$$

Se obţine: $b = \sqrt{\frac{Q_v}{2 \cdot v_{gi}}}$; $a = 2 \cdot b$.

- se determină dimensiunile celorlalte elemente componente ale ciclonului utilizând corelaţiile prezentate în figura 6 [9];
- se determină dimensiunea minimă a particulelor reţinute de către ciclon cu relaţia (27):

$$d = 0{,}968 \cdot \sqrt{\frac{\eta_g}{n \cdot \rho_p} \cdot \frac{D}{v_{gi}}}$$

unde numărul de rotaţii ale curentului de gaze până când particula de praf ajunge la peretele ciclonului are valoarea (conform datelor din figura 6):

$$n = \frac{h}{1.15 \cdot a} = \frac{2 \cdot D}{1.15 \cdot D/2} = 3{,}5;$$

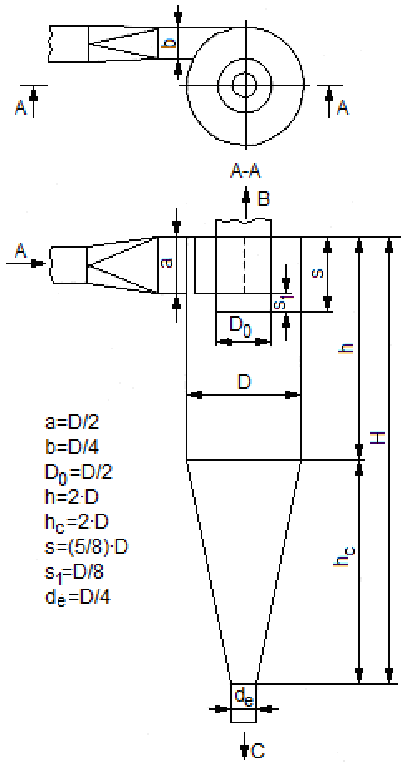


Figura 6. *Corelaţii între principalele dimensiuni ale ciclonului.*

- dacă este îndeplinită condiţia $d < d_p$, unde d_p este dimensiunea particulelor care trebuie să fie reţinute (separate) de către ciclon, rezultă că acesta este corect dimensionat; în caz contrar calculul se reia considerând pentru viteza de intrare a gazelor în ciclon o valoare v_{gi} mai mare.

5. EXEMPLU DE CALCUL

Se realizează calculul de dimensionare tehnologică a unui ciclon pentru desprăfuirea aerului cu debitul $Q_v = 10000\ m^3/h = 2{,}8\ m^3/s$.

Praful din aer se caracterizează prin:

- densitate intrinsecă: $\rho_p = 2500\ kg/m^3$;

- compoziţia granulometrică a prafului: *95%* din cantitatea de praf are dimensiunile mai mari de $d = 10\ \mu m = 1 \cdot 10^{-5}\, m$.

Aerul supus desprăfuirii se caracterizează prin:

- densitatea: $\rho_g = 1{,}225\ kg/m^3$;

-vâscozitatea cinematică: $\nu_g = 1{,}44 \cdot 10^{-5}\ m^2/s$.

Rezultă vâscozitatea dinamică a aerului:

$$\eta_g = \nu_g \cdot \rho_g = \nu_g \cdot \rho_g = 1{,}44 \cdot 10^{-5} \cdot 1{,}225$$
$$= 1{,}765 \cdot 10^{-5}\, Pa \cdot s$$

Se determină următoarele:

diametrului D_0 al tubului de evacuare a gazelor din ciclon:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q_v}{v_{ge}}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{2{,}8}{6}} = 0{,}77\ m$$

în care s-a considerat viteza gazelor la evacuarea din ciclon $v_{ge} = 6{,}0\ m/s$.

- Lăţimea racordului tangenţial de alimentarea a gazelor:

$$b = \sqrt{\frac{Q_v}{k \cdot v_{gi}}} = \sqrt{\frac{2{,}8}{2 \cdot 18}} = 0{,}28\ m$$

în care s-a considerat viteza gazelor la intrarea în ciclon $v_{gi} = 18{,}0\ m/s$ şi $k = 2$.

- Înălţimea secţiunii racordului de alimentare:

$$a = k \cdot b = 2 \cdot 0{,}28 = 0{,}56\ m.$$

- Diametrul ciclonului:

$$D = D_0 + 2 \cdot b = 0{,}77 + 2 \cdot 0{,}28 = 1{,}3\ m.$$

- Raza exterioară a ciclonului:

$$r_e = \frac{D}{2} = \frac{1{,}3}{2} = 0{,}65\ m.$$

- Raza tubului central de evacuare a gazelor:

$$r_i = \frac{D_0}{2} = \frac{0{,}77}{2} = 0{,}385\ m.$$

- Raza medie de calcul a ciclonului:

$$r_m = \frac{D + D_0}{4} = \frac{1{,}3 + 0{,}77}{4} = 0{,}52\ m.$$

- Viteza periferică medie a gazelor în ciclon:

$$v_{pm} = v_{gi} = 18\ m/s.$$

- Timpul de sedimentare (în care particula ajunge la peretele ciclonului):

$$t = 18 \cdot \frac{\eta_g}{\rho_p} \cdot \frac{1}{d^2} \cdot \frac{1}{v_{pm}^2 \cdot r_m} \cdot \left(\frac{r_e^3}{3} - \frac{r_i^3}{3} \right) =$$
$$= 18 \cdot \frac{1{,}765 \cdot 10^{-5}}{2500} \cdot \frac{1}{\left(10^{-5}\right)^2} \cdot \frac{1}{18^2 \cdot 0{,}52} \cdot \left(\frac{0{,}65^3}{3} - \frac{0{,}385^3}{3} \right) = 0{,}55\ s$$

în care s-a considerat dimensiunea limită a particulelor reţinute $d = 10\ \mu m = 10^{-5}\, m$.

- Spaţiul parcurs de curentul de gaze până particula se depune la perete:

$$s = v_{pm} \cdot t = 18 \cdot 0{,}55 = 9{,}9\ m.$$

- Spaţiul parcurs de către gaze la o singură rotire a lor în ciclon:

$$s_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_m}{\cos\beta} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 0{,}52}{\cos 10^0} = 3{,}3\ m.$$

în care β este unghiul de înfăşurare a elicei care reprezintă traiectoria mişcării gazelor în ciclon:

$$\beta = arctg \frac{a}{2 \cdot \pi \cdot r_m} = arctg \frac{0{,}56}{2 \cdot \pi \cdot 0{,}52} \approx 10^0.$$

- Numărul de rotiri ale gazului până când particula ajunge la peretele ciclonului:

$$n = \frac{s}{s_1} = \frac{9{,}9}{3{,}3} = 3.$$

- Înălţimea părţii cilindrice a ciclonului:

$$h = 1.15 \cdot a \cdot n = 1{,}15 \cdot 0{,}56 \cdot 3 = 1{,}93\ m.$$

Se adoptă: *h = 2 m.*

- Diametrul orificiului de evacuare a prafului din ciclon:

$$d_e = 0{,}25 \cdot D_0 = 0{,}25 \cdot 0{,}77 \approx 0{,}2\ m$$

- Înălţimea păţii conice (se consideră $\alpha = 60^0$):

$$h_c = \frac{D - d_e}{2} \cdot tg\alpha = \frac{1{,}3 - 0{,}2}{2} \cdot tg 60^0 \approx 1{,}0\, m.$$

- Înălţimea totală a ciclonului:

$$H = h + h_c = 2{,}0 + 1{,}0 = 3{,}0\ m.$$

- Se verifică dimensiunea limită a particulei reţinute de către ciclon:

$$d = 1{,}73 \cdot \sqrt{\frac{\eta_g}{\pi \cdot n \cdot \rho_p} \cdot \frac{1}{r_m^2 \cdot v_{pm}} \cdot \left(r_e^3 - r_i^3\right)} =$$

$$= 1{,}73 \sqrt{\frac{1{,}765 \cdot 10^{-5}}{\pi \cdot 3 \cdot 2500} \cdot \frac{1}{0{,}52^2 \cdot 18} \cdot \left(\frac{0{,}65^3}{3} - \frac{0{,}385^3}{3}\right)}$$

$$= 6 \cdot 10^{-6} \ m = 6 \ \mu m$$

- Ciclonul este dimensionat corect.

Deoarece ciclonul reţine particulele cu dimensiunea $d > 10 \ \mu m$ care, conform compoziţiei granulometrice, sunt în proporţie de *95%* eficienţa desprăfuirii va fi $\varepsilon = 95\%$.

6. CONCLUZII

Desprăfuirea gazelor în câmpul gravitaţional forţe se desfăşoară cu viteză şi eficienţă reduse, acceleraţia gravitaţiei fiind limitată la valoarea $g = 9{,}81 \ m/s^2$.

Accelerarea procesului de desprăfuire poate fi realizată prin utilizarea câmpului centrifugal de forţe a cărui acceleraţie poate fi mărită după necesităţi.

Procesul de separare a particulelor de praf în cicloane este determinat de mişcarea complexă a gazelor în aceste aparate şi este influenţat de o serie de factori constructivi şi funcţionali ale căror tendinţe sunt prezentate în lucrarea de faţă.

7. BIBLIOGRAFIE

[1] **Gh. Ene,** *„Ingineria separării mediilor eterogene*", Editura Printech, Bucureşti, 2011.

[2] **Gh. Ene,** *„Echipamente pentru clasarea şi sortarea materialelor solide polidisperse"*, Editura Matrix Rom, Bucureşti, 2005.

[3] **Gh. Ene,** *„Aspecte privind calculul tehnologic al cicloanelor pentru desprăfuirea gazelor*", Romanian review precision mecanics, optic & mecatronics, ISSN 1584-5982, Nr. 34, 2009, 173-180.

[4] **Mirela Marinuc,** *„Contribuţii privind optimizarea procesului de separare a sistemelor eterogene de tip solid-gaz în câmp centrifugal*", Teză de doctorat, Universitatea Transilvania din Braşov, 2012.

[5] **W. Barth,** *„Berechnung und Auslegung von Zyklonabscheidern"*, Brennstoff-Warme-Kraft, Nr. 1, 1956, Germania.

[6] **E. Beilich, D. Becherescu, M. Thaler,** *„Cuptoare şi utilaje în industria silicaţilor"*, vol. 2, Bucureşti, Editura Didactică şi Pedagogică, 1973.

[7] **K. G. Rudenko, A. V. Kalnîkov,** *„Obespîlivanie i pîleulavlivanie pri obrabotke poleznîh iskopamîh"*, Izd. Nedra, Moskva, 1971.

[8] **P. A. Kouzov, A. D. Malighin, G. M. Scriabin, „***Ocistka ot pîli gazov i bozuduha v himiceskoi promîşlenosti*", Izd. Himiia, Leningrad, 1982.

[9] **V. H. Duda,** *„Cement-Data-Book*, Berlin", Londra, Bauverlag GMBH, 1976.

INFLUENŢA UZURII BILELOR ASUPRA COMPOZIŢIEI DIMENSIONALE A ÎNCĂRCĂTURII DE MĂCINARE A MORILOR TUBULARE / THE INFLUENCE OF THE BALLS WEAR ON THE DIMENSIONAL COMPOSITION OF THE GRINDING LOAD FOR BALL MILL

Teodor SIMA[1], Gheorghe ENE[2]

[1] University Politehnica of Bucharest, Bucharest, ROMANIA, e-mail: tsima55@yahoo.com
[2] University Politehnica of Bucharest, Bucharest, ROMANIA, e-mail: ghene48@yahoo.com

REZUMAT

În timpul funcţionării morii bilele încărcăturii de măcinare uzându-se produc atât modificarea masei cât şi a compoziţiei dimensionale a acesteia, afectând performanţele morii: debitul se micşorează, fineţea produsului măcinat scade. Pentru a menţine performanţele morii în limite acceptabile se procedează la compensarea uzurii încărcăturii de bile prin completarea acesteia atunci când este cazul.
În lucrarea de faţă se prezintă diferite variante de compensarea a uzurii bilelor pentru a readuce încărcătura de bile la capacitatea iniţială de lucru.

ABSTRACT

During functioning of the mill is producing the balls wear of the grinding load, who producing the changing of the mass and the dimensional composition who affecting the next performances: flow decreasing, final product finesse decreasing.
In order to keep the performance of the mill within acceptable limits, the use of the load balls is supplemented if it is the case.
This paper presents different options to restore the use of the load balls to the initial capacity.

KEY WORDS: grinding, ball mill, wear compensation, grinding balls, rotary drum.

CUVINTE CHEIE: măcinare, moară cu bile, compensarea uzurii, corpuri de măcinare, tambur rotativ.

1. GENERALITĂŢI

S-a constatat, din experienţa exploatării morilor cu tambur rotativ, că materialele formate din granule mari şi dure necesită pentru măcinare bile de dimensiuni mai mari decât cele formate din granule mici şi moi.

Dimensiunea maximă a bilelor trebuie limitată la valoarea corespunzătoare sfărâmării, în condiţii normale, a granulelor de material cu dimensiunile cele mai mari.

O depășire a acestei valori conduce, pe de o parte, la uzarea mai intensă şi inutilă a blindajelor tamburului iar, pe de altă parte, la reducerea efectului de măcinare atât prin scăderea numărului de şocuri produse de bile (cu creşterea dimensiunilor acestora, numărul lor pe unitatea de volum este mai mic), cât şi prin reducerea intensităţii şocurilor (dimensiuni mari ale bilelor produc supramăcinarea materialului, iar particulele foarte fine aderă pe bile şi pe blindaje formând straturi care amortizează şocurile).

Din aceste puncte de vedere este de dorit să se utilizeze bilele cu cele mai mici dimensiuni care încă mai pot măcina bine materialul caracterizat printr-o anumită mărime şi duritate a granulelor.

Pentru utilizarea cât mai completă a spaţiilor dintre corpurile de măcinare şi sporirea debitului morii, încărcătura este formată dintr-un amestec de corpuri de măcinare de dimensiuni diferite.

Repartiţia după dimensiuni a acestora se stabileşte analitic, experimental sau utilizând date obţinute din practica exploatării morilor cu bile.

Repartiţia corpurilor de măcinare după dimensiuni trebuie să permită recompletarea încărcăturii ca urmare a uzării corpurilor de măcinare utilizând una, cel mult două tipodimensiuni de corpuri de măcinare.

De obicei, pentru completarea încărcăturii se utilizează corpurile de măcinare cu dimensiunea maximă. Influenţa pozitivă a încărcăturii formată din amestec de corpuri de măcinare este evidentă în compartimentele de măcinare grosieră şi intermediară şi nesemnificativă în comportamentul de măcinare fină.

În acesta din urmă este de preferat ca bilele să fie înlocuite cu cilindri scurţi (cylpebs) care oferă o arie a suprafeţei specifice (aria unei tone de corpuri de măcinare) cu *14,5 %* mai mare decât cea a bilelor. Aceasta contribuie la sporirea ponderii măcinării prin frecare (forfecare) ceea ce conduce la mărirea fineţei materialului măcinat. Tot în acest sens se recomandă în compartimentul de măcinare fină a unor corpuri de măcinare de dimensiuni cât mai reduse (minipebs) [12].

Firma F. L. Smidth – Danemarca [11], recomandă pentru moara de materii prime de ciment cu un singur compartiment, amestecul format din *60%* bile cu dimensiunile *60…90 mm* şi *40%* bile cu dimensiunile *20…40 mm*.

Pentru moara de materii prime de ciment cu două compartimente se recomandă, pentru compartimentul de măcinare grosieră, amestecul format din *23%* bile de *90 mm*, *32%* bile de *80 mm*, *21%* bile de *70 mm*, *24%* bile de *60 mm*. Compensarea uzării bilelor se realizează adăugând bile cu dimensiunea maximă *90 mm*.

Şi în compartimentul de măcinare fină este necesar ca dimensiunile corpurilor de măcinare să fie adaptate la mărimea maximă a particulelor de material aflate în acest compartiment.

În compartimentul de măcinare fină se utilizează drept corpuri de măcinare, fie bile, fie cilindri scurţi (cylpebs).

Deoarece în acest compartiment efectul de frecare (forfecare) este preponderent în realizarea măcinării, încărcătura de corpuri de măcinare trebuie să aibă dimensiuni, pe cât posibil, cât mai mici.

Utilizarea cilindrilor scurţi (cylpebs) drept corpuri de măcinare oferă unele avantaje faţă de bile. Astfel, dacă comparăm între ele unele mărimi care caracterizează corpurile de măcinare, şi anume [1]: suprafaţa totală, volumul şi masa se constată că pentru cilindri scurţi de diametru *d* şi lungime *l=d* şi bile de acelaşi diametru *d*, realizate din acelaşi material, suprafaţa totală, volumul şi masa cilindrului sunt cu *50%* mai mari decât ale bilei.

Pentru corpuri de măcinare cu aceeaşi masă individuală, realizate din acelaşi material, diametrul cilindrului este mai mic decât al bilei $\left(d_{cil} = 0{,}8735 \cdot d_{bil\breve{a}}\right)$.

Prin urmare, aria suprafeţei specifice a încărcăturii de cylpebs-uri este mai mare cu *14,5%* decât cea a încărcăturii de bile $\left(A_{sp\,cil} = 1{,}145 \cdot A_{sp\,bile}\right)$, ceea ce conduce la sporirea efectului de măcinare prin frecare (forfecare). În consecinţă, utilizarea cilindrilor scurţi, în compartimentul de măcinare fină, este preferată bilelor.

Firma F. L. Smidth recomandă pentru compartimentul de măcinare fină al morii de materii prime, ori un amestec de bile, ori un amestec de cylpebs-uri [12].

Amestecul de bile se caracterizează prin:

- repartiţia după dimensiuni: *40 %* bile de *25 mm*; *41 %* bile de *20 mm*; *19 %* bile de *15 mm*; masa unei bile *31 g*;
- aria suprafeţei specifice a încărcăturii: *37 m²/t*;
- compensarea uzurii bilelor se realizează utilizând bile de *25 mm*.

Multiple indicaţii privind construcţia, funcţionarea şi rolul încărcăturii de măcinare a morilor tubulare cu bile sunt prezentate în lucrările [1, 2, 3].

În alte lucrări sunt tratate o serie da aspecte importante privind funcţionarea performantă a morilor cu bile: stabilirea dimensiunii corpurilor de măcinare (bile cilindri scurţi) [5], stabilirea volumului încărcăturii de măcinare [6], influenţa încărcăturii asupra puterii necesare acţionării tamburului [4] şi asupra dimensiunilor şi rezistenţei tamburului [7, 8].

Lucrarea de faţă tratează păstrarea capacităţii de lucru a încărcăturii de bile prin compensarea uzura acestora.

2. ÎNCĂRCĂTURA DE MĂCINARE A MORILOR CU TAMBUR ROTATIV

Gradul de umplere al tamburului cu corpuri de măcinare se exprimă prin raportul dintre volumul încărcăturii V_{inc} şi volumul interior efectiv (util) al tamburului V_t sau, ceea ce este acelaşi lucru, prin raportul dintre aria secţiunii încărcăturii A_{inc} şi aria secţiunii transversale libere a tamburului A_t (fig. 1):

$$\varphi = \frac{V_{inc}}{V_t} \cdot 100 = \frac{A_{inc}}{A_t} \cdot 100 \ \%. \qquad (1)$$

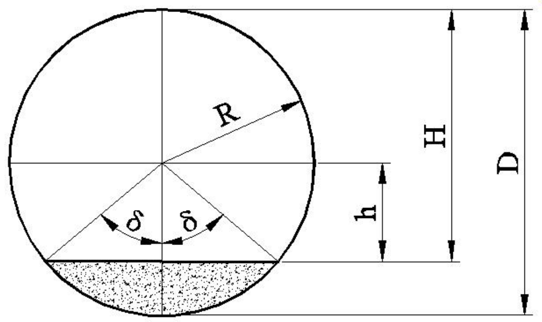


Figura 1. *Schemă pentru definirea gradului de umplere al tamburului.*

Pentru valori φ = *20…80 %* gradul de umplere se exprimă prin relaţia:

$$\varphi = 112{,}5 - 125 \cdot \frac{H}{D} \quad \% \qquad (2)$$

unde mărimile care intervin sunt prezentate în figura 1 [1].

Pentru uşurinţa evaluării gradului de umplere corelaţia (2) este dată sub forma numerică din tabelul 1.

Tabelul 1. *Corelaţia numerică între gradul de umplere* φ *şi mărimea* H/D.

φ, %	5	10	15	20	25
H/D	0,903	0,844	0,792	0,746	0,701
φ, %	30	35	40	45	50
H/D	0,660	0,619	0,578	0,539	0,500

Din exploatarea morilor cu bile s-a observat, că reducerea gradului de umplere de la valoarea φ = *0,40…0,50*, la valoarea φ = *0,20...0,25* produce o creştere a randamentului morii cu *25 %* [3].

În practică, gradul de umplere are valorile [1]:

φ = *0,25…0,38* pentru bile din oţel;

φ = *0,25…0,30* pentru cilindri scurţi (cylpebs);

3. CONTROLUL ŞI REGLAREA GRADULUI DE UMPLERE

În cursul procesului de mărunţire, atât corpurile de măcinare cât şi blindajele tamburului se uzează ca urmare a unor fenomene mecano-chimice (abraziune, oxidare etc.). Uzura corpurilor de măcinare este de *4…10 ori* mai mare decât a blindajelor, îndeosebi în cazul măcinării umede unde fenomenele mecano-chimice amintite sunt mult mai intense.

Bineînţeles că uzura corpurilor de măcinare depinde de o multitudine de factori şi în special de calitatea materialului şi a tratamentului termic al acestora şi de duritatea şi abrazivitatea materialului supus măcinării.

La măcinarea uscată a materiilor prime pentru ciment (calcar + argilă, marnă) uzura corpurilor de măcinare cu duritatea de *350...400* Brinell este pentru bile mari de *80…200 g metal/t* de materii prime (*10...25 g/kWh*) iar pentru bile mici sau cylpebs de *35…120 g/t* (*3…10 g/kWh*). Uzura este mult redusă dacă se utilizează pentru corpurile de măcinare oţeluri aliate cu crom, cu duritatea de *600…700* Brinell [11].

La măcinarea cimentului uzura globală a corpurilor de măcinare (bile forjate şi călite cu duritatea *600* Brinell şi cylpebs-uri din fontă specială) este *162…308 g/t* de ciment (*4,4 … 8,4 g/kWh*) [12].

Datele prezentate arată o uzură rapidă a corpurilor de măcinare care conduce la scăderea gradului de umplere cu efecte negative asupra procesului de măcinare.

Debitul morii scade, datorită uzării corpurilor de măcinare, cu *4…5 %* chiar şi numai după câteva zile de funcţionare. Practica arată că un coeficient de umplere corect adoptat şi compensarea uzării corpurilor de măcinare (aducerea gradului de umplere la valoarea iniţială prin adăugarea de corpuri de măcinare noi) conduce la o creştere a debitului morii cu *15* şi chiar cu *30 %* [3].

Ţinând seama de cele precizate apar ca necesare controlul şi reglarea gradului de umplere a tamburului cu încărcătura de corpuri de măcinare.

La morile cu un singur compartiment evaluarea gradului de umplere se poate face, cu bune rezultate, prin măsurarea zgomotului produs în timpul funcţionării sau prin măsurarea energiei consumate de către moară.

La morile cu mai multe compartimente acest lucru nu mai este posibil deoarece atât corpurile de măcinare cât şi gradul de umplere diferă de la un compartiment la altul.

Încărcătura de completare necesară pentru a compensa partea din încărcătura iniţială pierdută prin uzare în timpul procesului de măcinare se determină ca diferenţa dintre masa încărcăturii iniţiale şi masa încărcăturii finale.

Masa încărcăturii iniţiale de corpuri de măcinare se determină cu relaţia:

$$M_{cm\,i} = \varphi_i \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot \rho_{cm} \quad kg \qquad (3)$$

unde φ_i este valoarea iniţială a gradului de umplere; D – diametrul interior al tamburului, *m*; L – lungimea acestuia, *m*; ρ_{cm} – densitatea în vrac a corpurilor de măcinare, *kg/m*^{3}.

Nivelul iniţial al încărcăturii, cota H (v. fig. 1) se determină cu ajutorul relaţiei (2) sau a tabelului 1 pentru valoarea iniţială φ_i a gradului de umplere.

După o perioadă de funcţionare corpurile de măcinare se uzează, nivelul încărcăturii scade şi cota H creşte ajungând la valoarea finală H_f. Gradul de umplere în acest caz are valoarea φ_f şi se determină cu ajutorul relaţiei (2) sau a tabelului 1 pentru valoarea raportului H/D corespunzătoare nivelului H_f.

Cantitatea de corpuri de măcinare existentă în moară în această situaţie este:

$$M_{cm\,f} = \varphi_f \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot \rho_{cm} \quad ,kg, \qquad (4)$$

Masa încărcăturii de completare se determină cu relaţia:

$$\Delta M_{cm\,f} = M_{cm\,i} - M_{cm\,f} = (\varphi_i - \varphi_f) \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot \rho_{cm} = \frac{\varphi_i - \varphi_f}{\varphi_i} \cdot M_{cm\,i} \qquad (5)$$

4. UZURA BILELOR

Uzarea treptată a încărcăturii de bile în timpul funcţionării morii determină atât reducerea consumului de energie cât şi a debitului acesteia.

Pentru a păstra constantă masa încărcăturii de bile uzura acestora se compensează prin adăugarea periodică a unei anumite cantităţi de bile noi (încărcătura de completare sau de compensare).

Deoarece bilele pentru compensarea uzurii încărcături se introduc în moară la diferite intervale de timp, în tambur se vor găsi bile de diferite mărimi, de la cele mai mari, abia introduse, până la cele mai mici introduse cu mult tip înainte.

Raportul dintre cantitatea bilelor mari şi a celor mici din încărcătura tamburului, adică caracteristica de mărime (caracteristica dimensională) a bilelor, influenţează în măsură importantă funcţionarea morii.

Pentru a stabili caracteristica dimensională a încărcăturii de bile, corespunzătoare diferitelor modalităţi de formare a încărcăturii morii, este necesar să se cunoască legea după care are loc uzura bilelor.

Deoarece uzura determină reducerea masei bilei, viteza de uzare a acesteia este proporţională cu masa (sau cu volumul) ei [9]:

$$\frac{dm}{dt} = -k \cdot m \tag{6}$$

unde m este greutatea bilei la momentul t de la începutul uzării; t – durata uzării.
Aducând ecuaţia (14) sub forma:

$$\frac{dm}{m} = -k \cdot dt \tag{7}$$

şi integrând-o rezultă:

$$m = m_i \cdot e^{-kt} \tag{8}$$

unde m_i este masa iniţială a bilei.

Pentru compensarea uzurii bilelor se introduce în moară, la anumite intervale egale de timp t, o încărcătură de completare formată din bile noi care au acelaşi diametru maxim d_i şi masa m_i. O asemenea completare a încărcăturii morii cu bile de acelaşi diametru poartă numele de *completare simplă*.

La completarea simplă, masa cumulată a tuturor bilelor din moară, de la cele abia introduse (cu dimensiunea maximă) până la cele complet uzate (cu dimensiunea zero), este dată de relaţia:

$$M_s = m_i + m_i \cdot e^{-kt} + m_i \cdot e^{-2kt} + \cdots = \frac{m_i}{1-e^{-kt}} \tag{9}$$

din care rezultă:

$$m_i = M_s \cdot \left(1 - e^{-kt}\right). \tag{10}$$

Masa încărcăturii de bile după trecerea unui interval de timp t de funcţionare a morii este:

$$M_t = m_i \cdot e^{-kt} + m_i \cdot e^{-2kt} + m_i \cdot e^{-3kt} + \cdots = \frac{m_i \cdot e^{-kt}}{1-e^{-kt}} \tag{11}$$

Ţinând seama de relaţiile (10) şi (11) rezultă:

$$M_t = M_s \cdot e^{-kt} \tag{12}$$

Relaţia (12) arată că uzarea întregii încărcături de bile din tamburul morii urmează aceeaşi lege ca şi uzarea unei singure bile.
Masa cumulată a bilelor cu diametrul mai mic decât d este dată de relaţia:

$$M_{db} = m + m \cdot e^{-kt} + m \cdot e^{-2kt} + \cdots = \frac{m}{1-e^{-kt}} \tag{13}$$

unde m este masa bilei de diametru d.
Mărimea:

$$y = \frac{M_d}{M_s} \cdot 100 = \frac{m}{m_i} \cdot 100 \quad \%. \tag{14}$$

reprezintă ordonata curbei caracteristice dimensionale a încărcăturii formată din bilele cu diametrul mai mic decât d, adică cantitatea cumulată de bile cu mărimea mai mică decât d [9].
Relaţia (14) poate fi pusă şi sub forma:

$$y = \frac{\rho \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{6}}{\rho \cdot \frac{\pi \cdot d_i^3}{6}} \cdot 100$$

(ρ este densitatea materialului bilei; d_i –diametrul iniţial (maxim) al acesteia),
din care rezultă:

$$y = \frac{d^3}{d_i^3} \cdot 100. \tag{15}$$

Ecuaţia caracteristicii dimensionale a încărcăturii de bile cu dimensiunile mai mari decât d are expresia:

$$z = 100 - y = 100 \cdot \left(1 - \frac{d^3}{d_i^3}\right) = \frac{d_i^3 - d^3}{d_i^3} \cdot 100. \tag{16}$$

Dacă uzura bilelor este permisă numai până când acestea ating dimensiunea d_0 (adică masa m_0) după care sunt înlăturate din moară, atunci relaţiile (15) şi (16) devin:
- pentru bile cu dimensiunea mai mică decât d:

$$y = \frac{d^3 - d_0^3}{d_i^3 - d_0^3} \cdot 100; \tag{17}$$

- pentru bile cu dimensiunea mai mare decât d:

$$z = \left(1 - \frac{d^3 - d_0^3}{d_i^3 - d_0^3}\right) \cdot 100 = \frac{d_i^3 - d^3}{d_i^3 - d_0^3} \cdot 100. \tag{18}$$

Utilizând ecuaţiile caracteristicii dimensionale a încărcăturii de bile din moară se poate rezolva problema încărcăturii de completare necesară compensării uzurii bilelor. În afara acestei probleme se pot rezolva, de asemenea, şi o serie de alte probleme: numărul bilelor cuprinse într-un anumit interval de dimensiuni, suprafaţa acestora, dimensiunea medie a bilelor din respectivul interval etc.

Folosind încărcătura de bile un interval de timp t, în care bila se uzează de la masa iniţială m_i (dimensiunea d_i) până la masa m (dimensiunea d), din relaţia (8) se poate determina coeficientul de proporţionalitate k:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \ln \frac{m_i}{m} = \frac{3}{t} \cdot \ln \frac{d_i}{d} \tag{19}$$

Completarea încărcăturii de bile în moară în scopul compensării uzurii bilelor se realizează utilizând de obicei bile cu aceiaşi dimensiune maximă d_i (compensare simplă).

Deoarece dimensiunile bilelor trebuie corelate cu dimensiunile bucăţilor de material supuse măcinării, pentru o funcţionare eficientă a morii, este necesar ca încărcătura de bile a acesteia să conţină un amestec de bile de dimensiuni diferite: de la cele mari (pentru mărunţirea prin şoc a bucăţilor mari de material) până la cele mici (pentru mărunţirea prin frecare a bucăţilor mărunte de material).

Păstrarea compoziţiei iniţiale a încărcăturii morii necesită o *compensare raţională* a uzurii acestora care se realizează prin compensarea uzurii fiecărui sort de bile în parte. În felul acesta încărcătura de compensare a uzurii consta dintr-un amestec de bile a cărui compoziţie trebuie astfel determinată încât să asigure compensarea uzurii fiecărui sort de bile.

5. STABILIREA COMPOZIŢIEI DIMENSIONALE A ÎNCĂRCĂTURII DE BILE ATUNCI CÂND SE CUNOAŞTE COMPOZIŢIA DIMENSIONALĂ A ÎNCĂRCĂTURII DE COMPENSARE RAŢIONALĂ A UZURII ACESTORA

Compensarea raţională a uzurii încărcăturii de bile se realizează utilizând un amestec de bile care au diametrele: $d_1 > d_2 > d_3 > d_4$, aceleaşi cu diametrele sortimentelor de bile care compun încărcătura morii. Încărcătura de completare va avea următoarea compoziţie, în procente de masă: p_1^*, p_2^*, p_3^*, p_4^* unde $p_1^* + p_2^* + p_3^* + p_4^* = 100\ \%$.

După ce uzează în procesul de mărunţire, bilele cu acelaşi diametru al fiecărui sortiment, formează în moară un amestec de bile cu dimensiuni diferite.

Ordonata caracteristicii dimensionale cumulate a încărcăturii se determină prin însumarea ordonatelor individuale corespunzătoare uzurii diferitelor sortimente de bile.

La uzarea cantităţii procentuale $p_1^* \ldots p_4^*$ de bile cu diametrul $d_1 \ldots d_4$, ordonatele individuale corespunzătoare sunt respectiv:

$$z'_1 = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_1^3}{d_1^3} = 0\,;\; z'_2 = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^3}\,;$$

$$z'_3 = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_3^3}{d_1^3}\,;\; z'_4 = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_4^3}{d_1^3}\,;$$

$$z'_0 = p_1^* \cdot \frac{d_1^\beta - 0}{d_1^\beta} = p_1^*.$$

$$z''_2 = p_2^* \cdot \frac{d_2^3 - d_2^3}{d_2^3} = 0\,;\; z''_3 = p_2^* \cdot \frac{d_2^3 - d_3^3}{d_2^3}\,;$$

$$z''_4 = p_2^* \cdot \frac{d_2^3 - d_4^3}{d_2^\beta}\,;\; z''_0 = p_2^* \cdot \frac{d_2^3 - 0}{d_2^3} = p_2^*.$$

$$z'''_3 = p_3^* \cdot \frac{d_3^3 - d_3^3}{d_3^3} = 0\,;\; z'''_4 = p_3^* \cdot \frac{d_3^3 - d_4^3}{d_3^3}\,;$$

$$z'''_0 = p_3^* \cdot \frac{d_3^3 - 0}{d_3^3} = p_3^*.$$

$$z''''_4 = p_4^* \cdot \frac{d_4^3 - d_4^3}{d_4^3} = 0\,;$$

$$z''''_0 = p_4^* \cdot \frac{d_4^3 - 0}{d_4^3} = p_4^*.$$

Cu ordonatele calculate se construieşte caracteristica individuală corespunzătoare fiecărui sortiment de bile.

Ordonatele $z_1 \ldots z_4$, care determină caracteristica cumulată a încărcăturii de bile formată din toate sortimentele de bile (cu diametrele $d_1 \ldots d_4$) se obţin prin însumarea ordonatelor corespunzătoare ale caracteristicilor individuale. Se obţine (v. fig. 2):

- pentru $d = d_1$ (punctul *0*):

$$z_1 = z'_1 = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_1^3}{d_1^3} = 0\,; \qquad (20)$$

- pentru $d = d_2$ (punctul *1*):

$$z_2 = z'_2 = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^3}\,; \qquad (21)$$

- pentru $d = d_3$ (punctul *2*):

$$z_3 = z'_3 + z''_3 = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_3^3}{d_1^3} + p_2^* \cdot \frac{d_2^3 - d_3^3}{d_2^3}\,; \qquad (22)$$

- pentru $d = d_4$ (punctul *3*):

$$z_4 = z'_4 + z''_4 + z'''_4 = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_4^3}{d_1^3} + p_2^* \cdot \frac{d_2^3 - d_4^3}{d_2^3} + + p_3^* \cdot \frac{d_3^3 - d_4^3}{d_3^3}\,; \qquad (23)$$

- pentru $d = 0$ (punctul *4*):

$$z_0 = p_1^* + p_2^* + p_3^* + p_4^* = 100\ \%. \qquad (24)$$

Unind cu o line continuă punctele *0, 1, 2*, 3, *4* se obţine curba caracteristicii cumulate a încărcăturii de bile care se formează în moară la compensarea raţională a uzurii bilelor cu diametrele $d_1 \ldots d_4$ (fig. 2) [9].

Cantităţile procentuale de bile din încărcătura morii, au valorile:

$p_1 = z_2$; $p_2 = z_3 - z_2$; $p_3 = z_4 - z_3$;

$p_4 = z_0 - z_4$.

Cantităţile diferitelor sorturi de bile din încărcătură, au valorile:

$M_{d_1} = p_1 \cdot M$; $M_{d_2} = p_2 \cdot M$; $M_{d_3} = p_3 \cdot M$;

$M_{d_4} = p_3 \cdot M$

unde M este masa încărcăturii de bile din moară.

Repartiţia după dimensiuni a amestecului de bile atunci când compensarea uzurii încărcăturii se face prin completare cu bile de dimensiunea maximă se poate determina analitic şi astfel [10]:

- se stabileşte şirul dimensiunilor bilelor: $d_1 > d_2 > d_3 > d_4$;
- se determină diferenţele:

$$\Delta_1 = \ln(1{,}1 \cdot d_1) - \ln\frac{d_1 + d_2}{2};$$

$$\Delta_2 = \ln\frac{d_1 + d_2}{2} - \ln\frac{d_2 + d_3}{2};$$

$$\Delta_3 = \ln\frac{d_2 + d_3}{2} - \ln\frac{d_3 + d_4}{2};$$

$$\Delta_4 = \ln\frac{d_3 + d_4}{2} - \ln d_4;$$

$$\Delta_m = \ln(1{,}1 \cdot d_1) - \ln d_4. \qquad (25)$$

Ponderile procentuale ale bilelor de diferite dimensiuni se determină cu relaţiile:

$$p_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta_m} \cdot 100\%;\ p_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta_m} \cdot 100\%;$$

$$p_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta_m} \cdot 100\%;\ p_4 = \frac{\Delta_4}{\Delta_m} \cdot 100\%. \qquad (26)$$

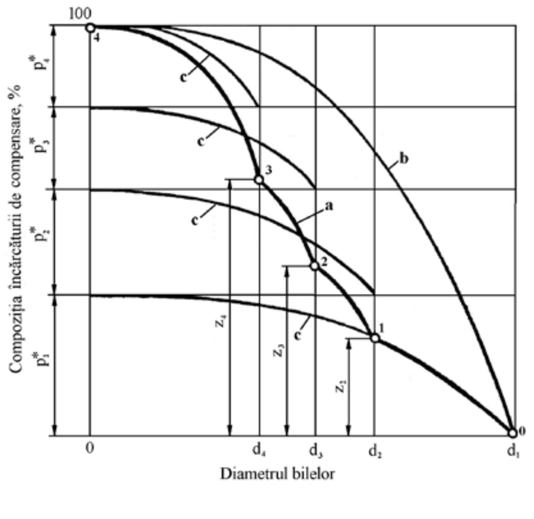


Figura 2. *Caracteristica dimensională cumulată a încărcăturii de bile pentru compensarea raţională a uzurii bilelor din moară.*

- *a – caracteristica cumulată a compensării raţionale;*
- *b - caracteristica cumulată a compensării simple;*
- *c - caracteristicile individuale corespunzătoare diferitelor sorturi de bile.*

6. STABILIREA COMPOZIŢIEI RAŢIONALE A ÎNCĂRCĂTURII DE COMPENSARE ASTFEL ÎNCÂT ÎN MOARĂ SĂ SE PĂSTREZE COMPOZIŢIA INIŢIALĂ A ÎNCĂRCĂTURII DE BILE.

Se consideră caracteristica dimensională cumulată a încărcăturii de bile din moară conform tabelului 2:

Tabelul 2. *Caracteristica dimensională cumulată a încărcăturii de bile a morii.*

Clasa de dimensiuni a bilelor	Cantitatea cumulată, %
$> d_1$	$z_1 = 0$
$> d_2$	$z_2 = p_1$
$> d_3$	$z_3 = p_1 + p_2$
$> d_4$	$z_4 = p_1 + p_2 + p_3$
> 0	$100 = p_1 + p_2 + p_3 + p_4$

Pentru păstrarea acestei caracteristicii dimensionale cumulate a încărcăturii de bile este necesară compensarea raţională a uzurii bilelor folosind o încărcătura de completare a cărei compoziţie (în procente de masă) (p_1^*, p_2^*, p_3^*, p_4^* unde $p_1^* + p_2^* + p_3^* + p_4^* = 100\ \%$) urmează a fi determinată.

Cantităţile cumulate ale bilelor încărcăturii morii au expresiile:

- pentru $d = d_1$:

$$z_1 = z_1' = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_1^3}{d_1^3} = 0. \qquad (27)$$

- pentru $d = d_2$:

$$z_2 = z_2' = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^3} \qquad (28)$$

din care rezultă:

$$p_1^* = z_2 \cdot \frac{d_1^3}{d_1^3 - d_2^3}; \qquad (29)$$

- pentru $d = d_3$:

$$z_3 = z_3' + z_3'' = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_3^3}{d_1^3} + p_2^* \cdot \frac{d_2^3 - d_3^3}{d_2^3}; \quad (30)$$

din care rezultă:

$$p_2^* = \left(z_3 - p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_3^3}{d_1^3} \right) \cdot \frac{d_2^3}{d_2^3 - d_3^3} \quad (31)$$

Ţinând seama de expresia (29), relaţia (31) devine:

$$p_2^* = \left(z_3 - z_2 \cdot \frac{d_1^3 - d_3^3}{d_1^3 - d_2^3} \right) \cdot \frac{d_2^3}{d_2^3 - d_3^3}. \quad (32)$$

- pentru $d = d_4$:

$$z_4 = z_4' + z_4'' + z_4''' = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_4^3}{d_1^3} + p_2^* \cdot \frac{d_2^3 - d_4^3}{d_2^3} + p_3^* \cdot \frac{d_3^3 - d_4^3}{d_3^3} \quad (33)$$

din care rezultă:

$$p_3^* = \left(z_4 - p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_4^3}{d_1^3} - p_2^* \cdot \frac{d_2^3 - d_4^3}{d_2^3} \right) \cdot \frac{d_3^3}{d_3^3 - d_4^3} \quad (34)$$

Ţinând seama de expresiile (29) şi (32), relaţia (34) devine:

$$p_3^* = \left(z_4 - z_3 \cdot \frac{d_2^3 - d_4^3}{d_2^3 - d_3^3} + z_2 \cdot \frac{d_3^3 - d_4^3}{d_2^3 - d_3^3} \right) \cdot \frac{d_3^3}{d_3^3 - d_4^3} \quad (35)$$

- pentru $d_b = 0$:

$$z_0 = p_1^* + p_2^* + p_3^* + p_4^* = 100\ \% \quad (36)$$

din care rezultă:

$$p_4^* = 100 - \left(p_1^* + p_2^* + p_3^* \right). \quad (37)$$

Masa diferitelor tipodimensiuni de bile (sorturi) ale încărcăturii de completare se determină cu relaţia:

$$\Delta M_{di} = \frac{p_i^*}{100} \cdot \Delta M_{cm}$$

unde $i = 1\ldots4$; ΔM_{cm} – masa încărcăturii de compensare a uzurii bilelor.

7. EXEMPLU DE CALCUL

Se consideră mora tubulară cu bile pentru măcinarea clincherului de ciment, *Φ 4,5×14 m*.

Primul compartiment al morii, în care încărcătura de măcinare este formată dintr-un amestec de bile, se caracterizează prin:

- diametru interior (util): $D=4{,}38\ m$;
- lungimea utilă: $L_1=5{,}0\ m$;
- gradul de umplere cu încărcătura de bile: $\varphi_1=0{,}26$;
- densitatea în vrac a bilelor: $\rho_{î_1} = 4400\ kg/m^3$
- debitul morii: $Q_m = 110\ t/h$.

În primul compartiment al morii se utilizează un amestec de bile cu dimensiunile: $d_{max}= 90\ mm$ şi $d_{min}=60\ mm$.

Repartiţia după dimensiuni a amestecului de bile se determină analitic astfel:

- Şirul dimensiunilor bilelor din camera *1* este:

$$d_{\max} = d_1 = 90;\ d_2 = 80;\ d_3 = 70;\ d_4 = d_{\min} = 60\ mm;$$

Utilizând relaţiile (23) se determină:

$$\Delta_1 = \ln(1{,}1 \cdot d_1) - \ln\frac{d_1 + d_2}{2} = \ln(1{,}1 \cdot 90) - \ln\frac{90+80}{2} = 4{,}595 - 4{,}442 = 0{,}153$$

$$\Delta_2 = \ln\frac{d_1 + d_2}{2} - \ln\frac{d_2 + d_3}{2} = \ln\frac{90+80}{2} - \ln\frac{80+70}{2} = 4{,}442 - 4{,}317 = 0{,}125$$

$$\Delta_3 = \ln\frac{d_2 + d_3}{2} - \ln\frac{d_3 + d_4}{2} = \ln\frac{80+70}{2} - \ln\frac{70+60}{2} = 4{,}317 - 4{,}174 = 0{,}143$$

$$\Delta_4 = \ln\frac{d_3 + d_4}{2} - \ln d_4 = \ln\frac{70+60}{2} - \ln 60 = 4{,}174 - 4{,}094 = 0{,}08$$

$$\Delta_5 = \ln(1{,}1 \cdot d_1) - \ln d_4 = \ln(1{,}1 \cdot 90) - \ln 60 = 4{,}595 - 4{,}094 = 0{,}501$$

Ponderile procentuale ale bilelor de diferite dimensiuni se determină cu relaţiile (24):

$$p_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta_m} \cdot 100 = \frac{0{,}153}{0{,}501} \cdot 100 = 30{,}5\ \%,\ bile\ \Phi 90\ mm$$

$$p_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta_m} \cdot 100 = \frac{0{,}125}{0{,}501} \cdot 100 = 25{,}0\ \%,\ bile\ \Phi 80\ mm$$

$$p_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta_m} \cdot 100 = \frac{0{,}143}{0{,}501} \cdot 100 = 28{,}5\ \%,\ bile\ \Phi 70\ mm$$

$$p_4 = \frac{\Delta_4}{\Delta_m} \cdot 100 = \frac{0{,}08}{0{,}501} \cdot 100 = 16{,}0\ \%,\ bile\ \Phi 60\ mm$$

- Masa încărcăturii de bile din camera *1*:

$$M_1 = \varphi_1 \frac{\pi \cdot D^2}{4} L_1 \rho_{î_1} = 0{,}26 \cdot \frac{\pi \cdot 4{,}38^2}{4} \cdot 5{,}0 \cdot 4400 = 90000\ kg$$

- Cantităţile de bile de diferite dimensiuni au valorile:

$$M_{\Phi 90} = \frac{p_1 \cdot M_1}{100} = \frac{30{,}5 \cdot 90}{100} = 27.45\ \ t\ \ bile\ \Phi 90\, mm$$

$$M_{\Phi 80}=\frac{p_2\cdot M_1}{100}=\frac{25\cdot 90}{100}=22{,}5 \quad t \quad bile \quad \Phi 80\,mm$$

$$M_{\Phi 70}=\frac{p_3\cdot M_1}{100}=\frac{28{,}5\cdot 90}{100}=25{,}65 \quad t \quad bile \quad \Phi 70\,mm$$

$$M_{\Phi 60}=\frac{p_4\cdot M}{100}=\frac{16\cdot 90}{100}=14{,}4 \quad t \quad bile \quad \Phi 60\,mm$$

Repartiţia după dimensiuni a amestecului de bile urmează să fie corectată prin încercări în exploatare, urmărindu-se pe lângă atingerea fineţei de măcinare cerute, sporirea debitului, reducerea consumului specific de energie, reducerea consumului de metal (blindaje şi, îndeosebi, bile).

7.1. COMPENSAREA SIMPLĂ (BILE DE DIAMETRU MAXIM (ϕ *90*)). VARIANTA 1

- Consumul de metal al bilelor prin uzare (raportat la tona de produs măcinat): $c_b = 100\,g/t$;
- Consumul orar de metal prin uzarea bilelor:

$$c_{1h}=c_b\cdot Q_m=100\cdot 110=11000\ g/h=11\ kg/h$$

- Consumul de metal din bile după *1000 ore* de funcţionare a morii:

$$c_{1000h}=1000\cdot c_{1h}=1000\cdot 11=11000\ kg/1000h$$

Încărcătura se completează cu bile de diametru maxim (ϕ *90*).
- Masa unei bile ϕ *90*:

$$M_{1,\Phi 90}=\frac{\pi\cdot d^3}{6}\cdot\rho=\frac{\pi\cdot 0{,}090^3}{6}\cdot 7800=2{,}994\ kg$$

O tonă de bile ϕ *90* numără:

$$n_{b,\Phi 90}=\frac{1000}{2{,}994}=334\ bile.$$

Deci, pentru completare se vor introduce în primul compartiment al morii *11·334=3674* bile.

7.2. COMPENSAREA SIMPLĂ (BILE DE DIAMETRU MAXIM (ϕ *90*)). VARIANTA 2

- Nivelul iniţial al încărcăturii: pentru $\varphi=0{,}26$ rezultă din tabelul 1:

$$\left(\frac{H}{D}\right)_i=0{,}693$$

deci $H_i=0{,}693\cdot D=0{,}693\cdot 4{,}38=3{,}035\ m$.

- După un interval de timp de *1000 ore* de funcţionare, datorită uzurii bilelor, cota (măsurată) *H* are valoarea $H_f=3{,}15\ m$.
- Rezultă $\left(\frac{H}{D}\right)_f=\frac{3{,}15}{4{,}38}=0{,}719$ căreia îi corespunde, conform tabelului 1, o valoare a gradului de umplere $\varphi_f=0{,}23$.
- Masa încărcăturii de completare (relaţia *(8.35)*) este:

$$\Delta M_{cm}=\frac{\varphi_i-\varphi_f}{\varphi_i}\cdot M_{cmi}=\frac{0{,}26-0{,}23}{0{,}26}\cdot 90000=11000\ kg$$

Încărcătura se completează cu bile de diametru maxim (ϕ *90*).
- Masa unei bile ϕ *90*:

$$M_{1,\Phi 90}=\frac{\pi\cdot d^3}{6}\cdot\rho=\frac{\pi\cdot 0{,}090^3}{6}\cdot 7800=2{,}994\ kg$$

O tonă de bile ϕ *90* numără:

$$n_{b,\Phi 90}=\frac{1000}{2{,}994}=334\ bile.$$

Deci, pentru completare se vor introduce în primul compartiment al morii *11·334=3674* bile.

7.3. COMPENSAREA RAŢIONALĂ (PE TIPODIMENSIUNI DE BILE) A UZURII ÎNCĂRCĂTURII

Compoziţia dimensională (caracteristica dimensională) cumulată a încărcăturii de bile:

Clasa de dimensiuni a bilelor	Cantitatea cumulată, %
> d_1 = 90 mm	z_1 = 0 %
> d_2 = 80 mm	z_2 = 30,5 %
> d_3 = 70 mm	z_3 = 55,5 %
> d_4 = 60 mm	z_4 = 84 %
> 0	z_0 = 100%

Cantităţile cumulate ale bilelor încărcăturii de completare au valorile:

$$p_1^*=z_2\cdot\frac{d_1^3}{d_1^3-d_2^3}=30{,}5\cdot\frac{90^3}{90^3-80^3}=100\,\%$$

$$p_2^* = \left(z_3 - z_2 \cdot \frac{d_1^3 - d_3^3}{d_1^3 - d_2^3} \right) \cdot \frac{d_2^3}{d_2^3 - d_3^3} =$$

$$= \left(0{,}555 - 0{,}305 \cdot \frac{90^3 - 70^3}{90^3 - 80^3} \right) \cdot \frac{80^3}{80^3 - 70^3} = 0\%$$

$$p_3^* = \left(z_4 - z_3 \cdot \frac{d_2^3 - d_4^3}{d_2^3 - d_3^3} + z_2 \cdot \frac{d_3^3 - d_4^3}{d_2^3 - d_3^3} \right) \cdot \frac{d_3^3}{d_3^3 - d_4^3} =$$

$$= \left(0{,}84 - 0{,}555 \cdot \frac{80^3 - 60^3}{80^3 - 70^3} + 0{,}305 \cdot \frac{70^3 - 60^3}{80^3 - 70^3} \right) \cdot$$

$$\cdot \frac{70^3}{70^3 - 60^3} = 0\%$$

$$p_4^* = 100 - \left(p_1^* + p_2^* + p_3^* \right) = 100 - (100 + 0 + 0) = 0\%$$

Se constată că modalitatea folosită pentru stabilirea compoziţiei dimensionale a încărcăturii de bile a fost astfel stabilită încât compensarea uzurii bilelor să se facă cât mai comod, adică adăugând numai bile cu dimensiunea maximă ($\phi\, 90$).

În situaţia în care se adoptă o compoziţie dimensională impusă, convenabilă, a încărcăturii de compensare a uzurii, se poate determina compoziţia dimensională corespunzătoare a încărcăturii de bile.

Pentru exemplificare se consideră încărcătura de compensare raţională a uzurii având următoarea compoziţie, exprimată în procente de masă:

$p_1^* = 35\%$ - bile cu $d_1 = 90\ mm$; $p_2^* = 25\%$ - bile cu $d_2 = 80\ mm$;

$p_3^* = 20\%$ - bile cu $d_3 = 70\ mm$; $p_4^* = 20\%$ - bile cu $d_4 = 60\ mm$.

Se determină caracteristica dimensională pe care trebuie să o aibă încărcătura de bile din moară.

Cantităţile cumulate ale bilelor încărcăturii morii au valorile:

$$z_1 = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_1^3}{d_1^3} = 0\,;$$

$$z_2 = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^3} = 35 \cdot \frac{90^3 - 80^3}{90^3} = 10{,}4\%\,;$$

$$z_3 = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_3^3}{d_1^3} + p_2^* \cdot \frac{d_2^3 - d_3^3}{d_2^3} =$$

$$= 35 \cdot \frac{90^3 - 70^3}{90^3} + 25 \cdot \frac{80^3 - 70^3}{80^3} = 26{,}8\%\,;$$

$$z_4 = p_1^* \cdot \frac{d_1^3 - d_4^3}{d_1^3} + p_2^* \cdot \frac{d_2^3 - d_4^3}{d_2^3} + p_3^* \cdot \frac{d_3^3 - d_4^3}{d_3^3} =$$

$$= 35 \cdot \frac{90^3 - 60^3}{90^3} + 25 \cdot \frac{80^3 - 60^3}{80^3} + 20 \cdot \frac{70^3 - 60^3}{70^3} =$$

$$= 46{,}5\%$$

$$z_0 = p_1^* + p_2^* + p_3^* + p_4^* = 35 + 25 + 20 + 20 = 100\%$$

Cantităţile procentuale de bile din încărcătura morii, au valorile:

$$p_1 = z_2 = 10{,}4\%\,;$$

$$p_2 = z_3 - z_2 = 26{,}8 - 10{,}4 = 16{,}4\%\,;$$

$$p_{d_3} = z_4 - z_3 = 46{,}5 - 26{,}8 = 19{,}7\%\,;$$

$$p_4 = z_0 - z_4 = 100 - 46{,}5 = 53{,}5\%\,.$$

Cantităţile diferitelor sorturi de bile din încărcătură, au valorile:

$$M_{\Phi 90} = p_1 \cdot M_1 = 0{,}104 \cdot 90 = 9{,}36\ t\ bile\,\Phi 90\,mm$$

$$M_{\Phi 80} = p_2 \cdot M_1 = 0{,}164 \cdot 90 = 14{,}76\ t\ bile\,\Phi 80\,mm$$

$$M_{\Phi 70} = p_3 \cdot M_1 = 0{,}197 \cdot 90 = 17{,}73\ t\ bile\,\Phi 70\,mm$$

;

$$M_{\Phi 60} = p_4 \cdot M_1 = 0{,}535 \cdot 90 = 48{,}15\ t\ bile\,\Phi 60\,mm$$

Cantităţile de bile de diferite dimensiuni din încărcătura de compensare sunt determinate de relaţiile:

$$\Delta M_{\Phi 90} = \frac{p_1^* \cdot \Delta M_{cm}}{100} = \frac{35 \cdot 11}{100} = 3{,}85\, t\ bile\ \Phi 90\ mm$$

$$\Delta M_{\Phi 80} = \frac{p_2^* \cdot \Delta M_{cm}}{100} = \frac{25 \cdot 11}{100} = 2{,}75\ t\ bile\ \Phi 80\ mm$$

$$\Delta M_{\Phi 70} = \frac{p_3^* \cdot \Delta M_{cm}}{100} = \frac{20 \cdot 11}{100} = 2.20\ t\ bile\ \Phi 70\ mm$$

$$\Delta M_{\Phi 60} = \frac{p_4^* \cdot \Delta M_{cm}}{100} = \frac{20 \cdot 11}{100} = 2{,}20\ t\ bile\ \Phi 60\ mm$$

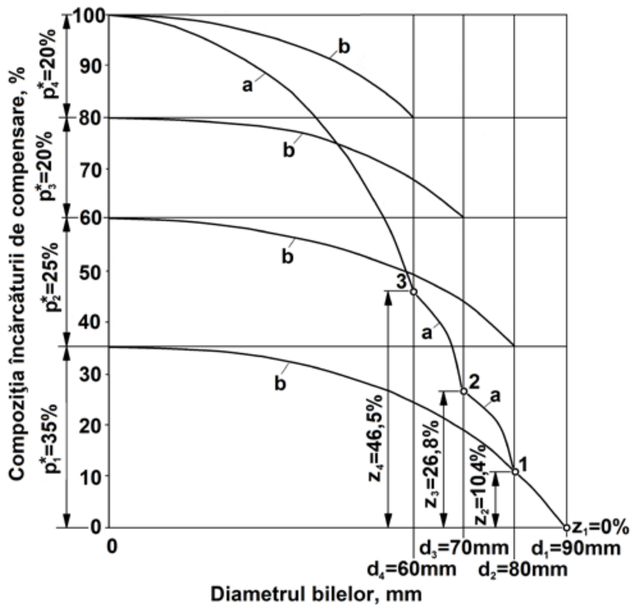


Figura 3. *Caracteristica dimensională cumulată a încărcăturii de bile pentru compensarea raţională a uzurii bilelor din moară.*

a – caracteristica cumulată a compensării raţionale;
b - caracteristicile individuale corespunzătoare diferitelor sorturi de bile.

8. CONCLUZII

De obicei, după o perioadă de funcţionare a morii, aducerea încărcăturii de bile la capacitatea iniţială de lucru se realizează prin metoda comodă a compensării simple, adică prin completarea încărcăturii cu o cantitate de bile noi (cu dimensiunea maximă), egală cu cantitatea de metal consumată prin uzare. Prin acest mod de compensare nu se mai păstrează însă compoziţia dimensională a încărcăturii de bile stabilită iniţial (v. fig. 2) ceea ce poate afecta eficienţa procesului de măcinare.

Pentru a evita acest neajuns se procedează la utilizarea compensării raţionale, adică la folosirea unei încărcături de completare formată dintr-un amestec de bile cu o anumită compoziţie dimensională care să compenseze fiecare sort de bile din amestecul iniţial. În acest mod se păstrează compoziţia dimensională iniţială a amestecului de bile al încărcăturii asigurându-se adaptarea dimensiunilor bilelor la dimensiunile granulelor de material supuse mărunţirii (la bucăţile mari de material bile mari, iar la cele mici bile mici).

Acest ultim tip de compensare necesită mai multă manoperă pentru realizarea amestecului de bile cu compoziţia dimensională necesară şi dotări corespunzătoare ale atelierului de întreţinere a secţiei de măcinare (instalaţie pentru sortarea după dimensiuni a bilelor evacuate din moară).

9. BIBLIOGRAFIE

[1]. **Gh. Ene,** *„Echipamente pentru mărunţirea materialelor solide”* (Bazele proiectării), Editura Impuls, Bucureşti, 2003.
[2]. **V. V. Jinescu,** *„Utilaj tehnologic pentru industrii de proces”*, vol. IV, Editura Tehnică, Bucureşti, 1989.
[3]. **V. H. Duda,** *„Cement-Data-Book”*, Berlin, Londra, Bauverlag GMBH, 1976.
[4]. **Gh. Ene., Iuliana-Marlena Prodea,** *„Calculul puterii necesare acţionarii morilor tubulare cu bile”*, Revista de Chimie, 59, nr.1, 2008, p.106 - 112.
[5]. **Gh. Ene,** *„Unele aspecte privind stabilirea dimensiunii corpurilor de măcinare utilizate în morile cu tambur rotativ”*, Revista de Chimie, 54, Nr. 3, 2003, p. 276-280.
[6]. **Gh. Ene,** *„Consideraţii privind încărcătura de măcinare a morilor cu tambur rotativ”*, Materiale de Construcţii, vol. XXXI, nr. 3, 2001, p. 227 - 237.
[7]. **Gh. Ene,** *„Aspecte privind mecanica încărcăturii de măcinare a morilor cu bile şi influenţa acesteia asupra solicitării tamburului”*, Construcţia de Maşini, 54, nr. 9 – 10, 2002, p. 26 – 33.
[8]. **Gh. Ene,** *„Aspecte privind dimensionarea tehnologică a morilor cu tambur rotativ”*, Construcţia de Maşini, 53, nr. 4, 2001, p. 36–42.
[9]. **S. E. Andreev, V. V. Zverevici, V. A. Perov,** *„Droblenie, izmelcenie i grohocenie poleznîh iskopaemîh”*, Gosgortehizdat, Moskva, 1969.
[1]0. *** Manualul inginerului din industria cimentului, Vol. I, Editura Tehnică, Bucureşti, 1994.
[11]. *** *Prospect firma F. L. Smidth* – Danemarca, Raw grinding plants.
[12]. *** *Prospect firma F. L. Smidth* – Danemarca, The MINIPEBS Grinding System. Fine grinding in open circuit.

EXPORT DECISION AND INTERNATIONALIZATION STRATEGIES OF SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES

Andra DIMOFTE[1], Alexandru Valentin RĂDULESCU[2]

[1] POLITEHNICA University of Bucharest, Bucharest, ROMANIA, e-mail: dimofte.andra@yahoo.com
[2] POLITEHNICA University of Bucharest, Bucharest, ROMANIA, e-mail: varrav2000@yahoo.com

ABSTRACT
Due to the liberalization of international trade, the competitiveness between countries has increased considerably, and the structure of national companies has become more and more complex. Difficulties adapting to the international environment are numerous, companies identifying severe problems related to communication and marketing strategies. As a result, companies must integrate into the new environment created by globalization of international trade by identifying and achieving competitive advantage, ensuring international specialization of countries.

KEYWORDS: Export, Internationalisation, SWOT analysis, market.

1. INTRODUCTION

The globalization of international trade is the most controversial issue in entrepreneurs environment today. The transformations of the world economy, economic integration, trade liberalization and development of production, are just some of the aspects that contributed to changing solutions that companies who engage in international business must identify in order to ensure sustainable growth and unique competitive advantage. Undoubtedly, the export is essential to this process, since the international market opportunities are endless.

In contemporary society, the diversification of supply of goods and services, it highlights the appearance of new business models supported by collaborations and associations of states, which are essential for their development and evolution.

As a result of all the changes, internationalization is a key factor of economic growth and competitiveness.

2. CHOOSING AN EXPORT MARKET

Selecting an export market is a process that reduces the multitude of markets suitable for entering the field concerned.

All these markets are considered, as they may have great potential for export in the future. To these combinations of markets can be expressed a differentiated interest , meaning that with this selected set, there may be markets which are of particular importance for the company in question, but there may be markets that are not considered, at first glance, suitable for developement of specific business and therefore it requires a more detailed analysis.

The export, is closely connected with the "P*roduct life cycle theory*". This refers to the fact that a product, of a company goes through four phases:

- Export from the home country;
- Beginning of production in the importing country;
- Export from the importing country;
- Import from the country of origin.

This theory based on the idea that a company benefiting from number of competitive advantages, will be able to sell the product in question abroad.

Import Markets, are experiencing a rapidly increasing demand for imported products and as a result of this increase in demand, domestic producers assimilate it in production activity.

Thereafter, the importing country will have sufficient resources and benefits costs, to begin export of the product.

The country, which was originally exporting, importing turns suddenly in importing country since it ceases the production asset, and is oriented towards the production of other goods that have competitive advantages, [1].

3. MARKET PORTFOLIO OF THE COMPANY

For active companies , at present, it is very important to identify the attractiveness of each market segment which is aimed to produce a series of improved products that meet exactly the customer profile from that segment.

Another very important aspect for a national company is carrying out a very thorough analysis of competitiveness , so that the company interested in identifying opportunities for breaking in and achieving best allocation of financial and human resources and managerial skills .

Creating a varied portfolio of markets helps the company to diversify risks they may face, it can provide balanced sales and even growth of the cash flow received.

In context of adopting decisions of extension or withdrawal of certain markets, managers use two methods: BCG matrix (*Boston Consulting Group*) and General Electric / McKinsey matrix, which gives a result as close as possible to the reality, [2].

Relative market share of the company in the branch of activity is determined by the relationship:

$$C_p^r = \frac{market\ share\ of\ the\ company}{main\ competitor\ market\ share}$$

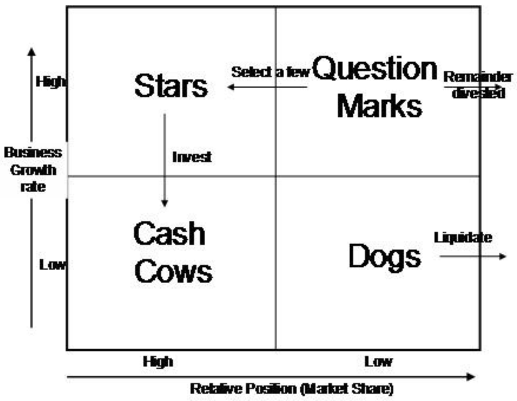


Figure 1. *BCG Matrix, [3]*

BCG matrix consists of four quadrants: Stars, Milking Cows, Dogs and Question Marks.

Stars - are products that have both a high relative market share and relative big growth rate , it dominates the market segment where they are present, but it requires substantial investments to keep pace with growth. These are products with rapid growth, using a huge amount of money, but because of this issue are products that generate the highest amount of money a company. As market growth decreases, but the market share remains the same values, products become **milking cows**.

Milking cows - are those products that have a relative market share , but they have a relative market share of rather low market growth, that are generating cash. These products takes over most of the income segment of the market where they are present and do not require significant investment. Mostly they are generating profits which will be used to support the "**stars**" or "**question marks**". The costs to who is subject to the economic entity are small but these products revenue achieved is very high. From such products are covered all business expenses, including interest or dividends paid to shareholders.

Dogs - are those products which no company wants them not because they have a very low relative market share and a relatively low market growth. These products do not generate cash flow, so it is neutral in terms of cash and therefore managers seek to remove these products of the company portfolio and market, as they are only consuming without the ability to generate revenue.

Question marks - have a relatively low market share and relative market growth share quite large and it represents those products which require huge investments to be presented and to keep up with the market growth rate , but they do not are leaders in the market segment which are present. In the products first years of life , they must be supported intensively with capitalin order to become leaders in the market segment where they will be present.

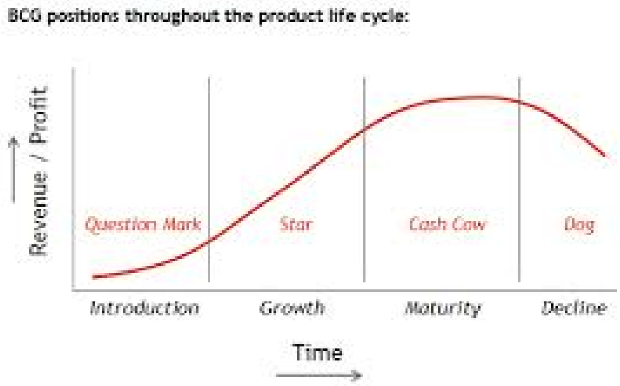


Figure 2. *BCG positions throught the product life cycle, [4]*

BCG matrix approach has certain limitations such as:

- The analysis' character rather simplistic
- There are a number of factors, both internal and external that may affect the company's success on a foreign market.

SWOT analysis (strengths, weaknesses, opportunities, threats) is a strategic tool and extremely useful for the process of decision making. SWOT analysis consist in researching the company's internal strengths, weaknesses and external opportunities and threats.

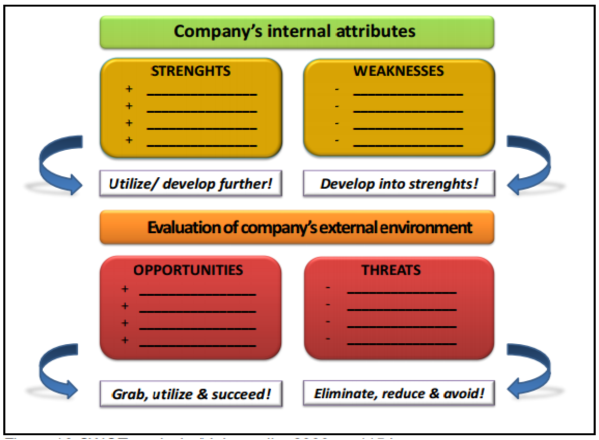


Figure 3. *SWOT analysis, [5]*

Therefore, SWOT analysis discusses the strengths and weaknesses of an economic, but also the opportunities and threats arising from its operating environment.

4. TECHNIQUES OF SELECTING THE TARGET MARKETS

Segmentation process is very complex, making it a more clear distinction between market segments and minimizing the differences identified in certain groups. Companies by segmentation develope the marketing, because they can adapt their products and generate a marketing mix to converge expectations in some segments.

Regarding the choice of a particular market segment companies must consider a number of fundamental criteria: segment must be clearly defined, be easily identified and be measured; access to the segment must be easy, because many companies lose potential customers because there are difficulties in its exploitation, resulting from a lack of financial investment, lack of human resources experience or unfavorable macroeconomic conditions.

Experts suggest a number of criteria by which we can achieve market segmentation: behavioral criteria, psychosocial criteria, geographic and demographic criteria.

Behavioral criteria:

This criteria takes into account the population consumption behavior, propensity to purchase certain products, the frequency with which the products are acquired and the amount they are used.

Psychosocial criteria:

Selecting the market in terms of this criteria is based on consumer perceptions which are grouped according to their psychological characteristics: lifestyle, their personality.

Geographical criteria:

Segmentation geographically referenced by geographical location of consumer groups.

Although there are quite easily identified in the international market these segments, their organization is not enough just through this concept, as consumption habits of consumers in the same region may be very different.

Demographic criteria:

This criteria based on which segmentation is realized, is the most important criteria because consumers can be grouped by several aspects such as: age, sex, education, income, religion, family size and occupation.

5. ANALYSIS OF THE COMPANY INTERNATIONAL ENVIRONMENT

Company macroenvironment consists of factors that influence the the general environment of the company and factors that directly influence the ongoing way of daily activities.

Political environment, economic environment, social environment, legal environment, contextual influences the company, while suppliers, competitors, financial institutions, law, labor affects company operationally.

To facilitate the managers' ability to take decisions for the internationalization is necessary to analyze internal and external factors of influence in determining the potential risks that the company may identify in new market.

Political environment as mentioned earlier, has a great influence on current changes in a market because it is a dynamic environment that reflects social values of the country, which describes the way of decision-making in the state, and not least how State resources are allocated. In this situation it is essential to political stability of a country, as a government that imposes its values, and whose 'sustainable' strategies are transmitted and at the country's economic level, it represents a good investment opportunity for entrepreneurs.

Also, the views of politicians on foreign investors can significantly affect the progress and development of activities in a market and more than that affect the way of penetrating the market. Until recently most states were protectionist, meaning that protecting local businesses and national interest.

Currently, theoretically, these anti-competitive practices were abolished. The reality is somewhat different, because political environment somewhat obscures these protectionist measures in order to further protect local producers and not to make very competitive markets in many cases holding a monopoly position. Among the most commonly used protective measures include: tariff and non tariff barriers (quantitative) imposed by customs, providing subsidies to local producers, granting them loans at preferential rates of interest or bonus.

The economic environment is very important for activities undertaken internationally. Such as the political environment, it can influence very much the operations of contractors. The economic environment represents the general environment component, which consists of international economic structure, which in its turn forms a collaboration between countries, quite closely linked cooperation to achieve international transactions to be possible a convergence between countries economies in general.

Economic indicators on which depends the overall economic environment, such as: unemployment, the interest rate, exchange rates or inflation, which identifies safety of which companies enjoy or not on that market, demonstrates the degree of organization and encourage foreign investors. As a result, companies looking at all these rates must adopt the most appropriate strategy for market penetration as to obtain positive profits and sustained growth.

Socio-cultural environment consider the analysis in terms of consumer behavior, education, manner of expression and leisure of the population, the level of literacy or how to show empathy towards people in the environment .

Geert Hofstede was a Dutch psychologist, who developed the theory of cultural dimensions.

This along researches identified five cultural dimensions sorted by importance, namely:

1.Power Distance.
2.Individualism versus collectivism
3. Masculinity versus femininity.
4. The degree of uncertainty avoidance.
5. Long-term orientation or short-term orientation, [6].

Technological environment

Technology is one of the most important factors determining gain competitive advantage that can be maintained over a long period of time by the companies and all the more by a country. It can be defined as the method by which inputs are transformed into outputs of data to be used in the development and analysis of reports which ensure the proper functioning of companies and countries development.

To perform a deeper analysis of the external business environment, it is necessary to conduct a SWOT analysis of the the international business environment for every company who wants to internationalize through various forms, [7].

Therefore I took for example company X, who wishes to internationalize the product "*chocolate*" to a foreign market M.

Strong points(S)	**Weak points(W)**
• Sustained growth of profit • Innovation in terms of technology and processes • Experience in market of internal affairs • The company's large number of employees • Healthy organizational culture • Economy of scale • Favorable price-performance ratio • Production capacity	• Language barriers • Quantitative barriers • Staff not very well trained for carrying out export activities • Non-existent transport network • Continue market research to adapt to the demands of the external environment • Lack of a portfolio of clients • Seasonal sales • Geographical location • Not very well developed logistics
Opportunities	**Threats**
• Possibility to benefit from lower costs from the point of view of human resources • Extension of business • Development of specialized systems for exports • Creation of branches on foreign market • Developping know-how of production • Increasing production • Obtaining a favorable market share • Increasing the business activity • Improvement of company image • Increasing the competitiveness of X company • Elimination of seasonality	• Huge competition for all industries. • Highly dynamic external environment • Loss of interest for internal customers • Limited access to foreign markets • Ignorance of foreign law • The power local brands • Addressing of small market segments • Lack of product reputation • Unpredictable business environment • Internationalization of competitors

CONCLUSIONS

The globalization of economy and increasing competition brings challenges but also offers many opportunities for the company. Therefore, internationalization provides an opportunity for companies, while involving a large enough number of risks and threats affecting the company.

Internationalization is not just a group of strategic decisions, but also a complex process of learning and change for the company.

Successful internationalization requires carefully research of the markets in which the company aims to expand, making a careful planning and identifying risks against which to protect themselves.

REFERENCES

[1]. **Radu Filip, Ioan Popa,** *International Management*, Economic Publishing House, Bucharest, 1999.

[2]. http://fluca.uv.ro/matricea_GE.htm.

[3].http://www.innovationmanagement.org

[4]. https://www.mrdashboard.com

[5]. Tea Pakarinen-Internationalization and exporting oportunities to denmark: case urjalan keinukaluste, Bachelor's Thesis 2012, http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/46569/ Pakarinen_Tea.pdf?sequence=1.

[6].http://geert-hofstede.com/index.php, accesed on: 03.12.2014.

[7].**Danciu, Victor,** Worldwide Marketing. Challenges and trends at the beginning of third millennium, Ed. Economic, Bucharest, 2009.

ANALIZA FINANCIARĂ, BAZĂ A MANAGEMENTULUI PERFORMANT A UNEI COMPANII INDUSTRIALE / FINANCIAL ANALYSIS, FUNDAMENT OF PERFORMANCE MANAGEMENT OF AN INDUSTRIAL COMPANY

Oana RADU

National Institute of Research - Development for Machines and Installations Designed to Agriculture and Food Industry - INMA, Bucharest, Romania, e-mail: diana10.cristea@gmail.com

REZUMAT

Îndeplinind o dublă funcţie de diagnoză şi reglare, analiza financiară a unei companii economico-ingineresti constituie un instrument indispensabil al managementului performant. În lucrare este prezentată o analiză financiară, pe baza datelor din bilanţul contabil, pentru S.C. MECANICA S.A. A fost utilizat un sistem de indicatori care au relevanţă şi prin interpretarea cărora a rezultat concluzii certe în funcţie de care se poate fundamenta întreaga politică economico - financiară viitoare a companiei. Cercetarea s-a axat pe aplicarea sistemului de indicatori convenit asupra datelor publicate pe site-ul http://www.mfinante.ro.

ABSTRACT

Achieving a double function of diagnosis and regulation, the financial analysis of an economic-engineering company constitutes a basic and necessary instrument of a performance management. In the paper, is presented a financial analysis based on balance sheet data, drawn up for S.C. MECANICA S.A. A system of relevant indicators was used, through which absolute conclusions resulted and depending on which the whole future economic and financial policy of the company will be based. The research has been focused on applying the system of indicators concluded on data published on site-ul http://www.mfinante.ro.

KEYWORDS: active; pasive; capital; bilanţ; fond de rulment.

KEYWORDS:assets; liabilities; equity; balance sheet; working capital.

1. INTRODUCTION

In the current economic context, marked by the globalization of phenomena and by the exigencies of the European integration process, there is a growing interest regarding the performances of enterprises, so that they substantially improve their competitiveness to reach the level of the European requirements. [1].

Economic performance means the achievement of higher levels of the overall results of the enterprise activity, compared to the objectives that have been set, the competition and the situation in previous years. [2].

Efficient management represents the sum of strategic investments that influence the activity of the enterprise on a long term, leading to the improvement of economic results.

Achieving an efficient management in the industry sector, like in any branch of the national economy, is possible only by knowing perfectly the evolution of various economic-financial phenomena in the course of a year of activity, their variation compared to stipulations and dynamically, as well as an accurate diagnosis of the period. [3]

Thoroughly knowing the evolution of company economic-financial performances, its forming process, adapting a set of analysis methods and techniques, and especially, identifying the measures necessary to normal evolution of economic phenomena and processes and reducing the operational and financial risk means achieving a permanent and solid economic-financial analysis [1].

A performance-oriented analysis is mainly achieved by studying the loss and profit account, for estimating the management intermediary control and compare it to activity flow or methods used by the respective company [4].

The financial analysis is the diagnosis of financial performance state of a company at the end of tax year, which establishes the strengths and weaknesses of financial management, necessary to substantiate the new strategy of maintaining and developing the company within a competitive environment. It aims to set a diagnosis of financial state necessary to make decisions related to investment and financing process based on synthesis accounting documents. (balance sheet, profit and loss account) [5].

Financial analysis aims to emphasize the methods used in achieving the financial balance (objective of analysis based on balance sheet) and stages of money accumulation, company activity profitability (analysis objective based on profit and loss account) [6].

2. ANALYSIS OF FINANCIAL BALANCE

In order to analyze our company financial balance, based on balance sheet, we use the following indicators:

a. Net situation
b. Circulating assets
c. Circulating assets need
d. Net treasury.

a. Net assets or net situation

In terms of financial analysis (patrimony), the company is conceived as a legal-economic entity owing a patrimony, which is given by liabilities and assets. Here, appears the patrimony value of an enterprise at the end of tax year, which is called net assets and are calculated as difference between total asset (excluding fictional elements) and total debts to third parties.

Starting from the legal approach of balance sheet, numerous financial experts are using the notion of net situation (SN), which represents, in terms of accounting, the value of property rights that owners have in the enterprise.

Often, the net situation is positive and growing, as a result of a solid management. This situation clarifies, in fact, the major objective of financial management, namely maximizing the value of own capitals, net asset financed from these capitals. Increasing the net situation represents the consequence of reinvesting a part of net profit and other accumulations, such as: regulated provisions, previous tax year carry over, subsidies and others.

The net situation registering negative value can appear in pre-insolvency cases. In fact, this situation signifies that real assets are surpassed by the debts the industrial company. It represents the result of ending the previous tax year with losses, which wholly consumed the own capital. Part remained uncovered is the task of creditors, who assumed the insolvency risk of companies.

Net situation can also indicate an enrichment (an increase of own capitals) in case of achieving and reinvesting the net profit or, of contrary, an impoverishment (a diminishment of own capitals), when financial year is with losses.

A first and main evaluation of industrial company patrimony state when fiscal year is closed is given by the net situation, which is determined as a difference between total assets and debts recorded and in compliance with balance sheet data on 31.12.2013, it is presented as follows:

***Table 1**. Main evaluation of patrimony state*

No.	Assets and liabilities groups	Balances		Differences	%
		2012	2013		
1	**Assets**	**24.586.509**	**23.334.740**	**1.251.769**	94.9
2	**Circulating assets**	**27.743.628**	**26.810.151**	**933.477**	96.6
3	Prepaid expenses	0	0	0	0.0
	Total Assets	52.330.137	50.144.891	2.185.246	95.8
4	**Debts out of which**	**6.340.439**	**4.747.024**	**1.593.415**	0.0
	- On long term	2.752.766	1.746.376	1.006.390	63.4
	- Current debts	3.587.673	3.000.648	587.025	83.6
5	Net Situation (Net Asset)	45.989.698	45.397.867	591.831	98.7

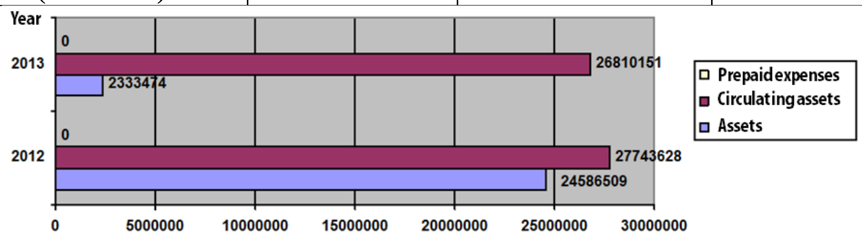


***Figure 1.** Structure of assets*

It has been found a positive net situation in both financial period, which represents the effect of a solid economic management, which represents, in fact, the stockholders net fortune (assets non involved in debts).

In order to make a detailed financial analysis based on indicators mentioned before, in table 2 is shown the situation of economic indicators achieved according to data within the balance sheet of 2012 and 31.12.2013.

Table 2.*Situation of economic indicators*

No.	ASSET	Balances		LIABILITIES	Balances	
		2012	2013		2012	2013
1	Assets(AI)	24.586.509	23.334.740	1.Own capitals	45.989.698	45.397.867
1.1	Intangible assets	116.546	64.713			
1.2	Tangible assets	23.960.471	22.804.396	2. Debts out of which:	6.340.439	4.747.024
1.2.1	- Fixed means	23.952.306	22.804.396	- On long term	2.752.766	1.746.376
1.2.2	- Invest. In course of running	8.165	0	- Current debts	3.000.648	3.587.673
1.3	Financial assets	509.492	465.631	- Commercial debts and others	2.841.721	2.260.685
2	Circulating assetsAC)	27.743.628	26.810.151	- Provisions	706.670	641.070
	Out of which:					
2.1	stocks	7.969.226	9.338.801	- Investment subsidies	0	0
2.2	Receivables	7.548.739	4.282.639	Advance revenues	33.293	104.882
2.3	- short term financial inv.	0	0		0	0
2.3.1.	Cash and bank accounts	12.224.571	13.188.711		0	0
2.3.2	Prepaid expenses	1.092	0		0	0
3	**TOTAL**	**52.330.137**	**50.144.891**		**52.330.137**	**50.144.891**

As a general rule for the financial balance of the enterprise, part of the equity is intended to cover the cyclical (temporary) needs during successive cycles of operation of the industrial company. Inventories and receivables which are permanent, can be considered stable (permanent) needs as well as fixed assets that require stable (permanent) funding sources. This specific financing rule for current assets is achieved by the existence of a working capital.

b. Working capital (WC)

It is an indicator of financial balance and, perhaps the most important one, expressing the excess of permanent sources (equity and financial liabilities) used to replenish inventories and receivables.

This is the result of the difference between equity and total assets, representing the safety margin of the company, given the gaps created between the time of cashing receivables and the time of making the payments to suppliers and creditors.

In order to achieve financial balance at the enterprise level, one must respect the principle of maturities parity according to which the permanent allocations (assets) must be financed on the account of permanent sources (equity and long-term liabilities) due to their slower rotation; cyclical allocations (current assets) are financed at the expense of temporary sources (short term liabilities).

The more the permanent sources are higher than the needs permanent allocation of funds, the more the company has a safety margin, which provides shelter for unforeseen events.

This surplus of permanent resources, released by financing investment cycle can be run for the renewal of inventories and receivables. This potential use marked his name, namely working capital. It is the expression of long-term financial balance and its contribution to achieving short-term financing balance.

It is adequate that the revolving should cover a 2/3 proportion of the inventories volume.

At 31.12.2013 compared to 31.12.2012, the situation according to Table 2, is presented as follows:

RF = permanent sources – permanent allocation = (equity + financial liabilities) – net assets.

RF $_{2012}$ = (45.989.698+3.000.648)-24.586.509 = 24.403.837 lei

RF $_{2013}$ = (45.397.867+3.587.673) – 23.334.740 = 25.650.800 lei.

There is a small decrease in the working capital in 2013 of 1,246,963 lei, given the decrease in equity, the growth of financial liabilities and the decrease of tangible assets, which in this case is an unfavorable situation, taking into account the independent analysis of each one of them.

The determination by calculation of the working capital and not including it a balance sheet item is a consequence of global and unified management of enterprise funds, without a distinct separation of the investment fund and the production funds.

The overall use of the funds without predetermined destinations enables the management to allocate funding where financing is needed, whether for investment activities, for manufacturing or research, etc.

The ability to allocate funds where needed has the reverse of assumption of a responsibility of the management of the industrial company for developing a coherent funding policy able to ensure balanced development of all sectors and to determine the achievement of results that impose it ahead of the competition.

One cannot neglect the needs of financing investments (effective in time) at the expense of production financing (with immediate effect), since it affects the development strategy of the company in relation to a free market, open to competition.

Besides, nor the preponderance of financing the development at the expense of production cannot be accepted in the same context of a balanced policy, in this case having recorded a negative working capital, with serious implications for the treasury and the capacity of payment. The sources of funding were ensured both by own funds (depreciation, distributions of net profit).

c. The need of working capital (NRF)

Is another indicator of financial balance, determining the difference between the necessities of financing and the exploitation liabilities.

The need of working capital is the most relevant indicator of financial balance, because it emphasizes those temporary needs that are permanently renewed in successive operating cycles in the company and that have remained uncovered by temporary sources in the course of exploitation.

The part that remained financially uncovered has to be equal or inferior to the working capital, otherwise the inefficient use of operating assets can determine a financial unbalance, affecting future financial periods and the integrity of equity.

In a financial balance status, the working capital should be equal to the need of working capital.

NWC = (inventories + receivables) – operating liabilities

NWC $_{2012}$ = (7.969.226 + 7.548.739) – 2.752.766 = 12.765.199 lei

NWC $_{2013}$ = (9.338.801 + 4.282.639)- 1.746.376 = 11.875.064 lei

The need of working capital registered in 2013 a positive value, respectively 11.875.064 lei, otherwise the need of working capital can emphasize a favorable gap between the liquidity of inventories and receivables and the chargeability of operating liabilities (by slowing down collections and speeding up payments, cases very common), or vice versa.

d. Net treasury (NT)

Net treasury is the most conclusive expression of carrying out an effective and balanced activity.

It reveals the quality of the general balance of a company both on long term and on short term.

If the working capital at a certain time (at the end of a financial period) is superior to the need of working capital, then the exceeding of financing is found in the form of a net treasury materialized in available cash in the company's accounts.

The net treasury is the most conclusive expression of carrying out an efficient activity.

NT = WC – NWC

Comparing 2013 / 2012, the situation in presented thus:

NT $_{2012}$ = 24.403.837-12.765.199= 11.638.638 lei

NT $_{2013}$ = 25.650.800 – 11.785.064 = 13.775.736 lei

Compared to the year 2012 it results that the year 2013 was finalized with a positive net treasury.

It can be stated that this is the result of the whole financial balance interpreted like an increase of the whole real capacity to finance investments.

2. THE ANALISYS OF ECONOMIC-FINANCIAL INDICATORS OF „S.C. MECANICA S.A.” COMPANY

Table 3 shows, according to International Financial Reporting Standards (IFRS), the main indicators achieved in the years 2013 and 2013 by the „S.C. MECANICA S.A.” industrial company.

Table 3. *Main economic indicators*

Indicators	2012	2013	(%) 2013/2012
Turnover	29.496.698	24.017.394	81,42
Total revenues	30.625.374	24.913.783	81,35
Total expenses	22.050.490	24.469.935	110,97
Earnings before income taxes	8.574.884	443.848	5,18
Net income	7.406.938	727.130	9,82
Operating revenues	29.752.118	24.292.021	81,65
Operating expenses	21.550.545	24.076.329	111,72
Operating income	8.201.573	215.692	2,63
Average number of employees	206	209	101,46

a) Profit / loss

The Profit / loss account represents the financial statement reflecting the income and expenses of a company, according to their nature: operating, financial, exceptional (extraordinary), as well as the result of each activity (operating, financial, exceptional) and also as a whole for the company, the income tax and the net income of a period. In the 2013 financial period, S.C. Mecanica S.A. registered earnings before taxes in value of 443.848 lei, operating income – profit in the amount of 215.692 lei, net financial income – profit in the amount of 228.156 lei.

b) Turnover

The turnover is the fundamental indicator on the basis of which is appreciated the capacity of a company to obtain revenues from current commercial operations. In concrete terms, it is part of the economic-financial results indicators, contributing to the economic diagnosis and evaluation of the company, to the estimation of the efficiency of the management practiced. The company’s turnover for the year 2013 is 24,017,394 lei (at 31 December 2012: 29,496,698 lei, out of which 22,926,120 lei internally (at 31 December 2012: 28,336,121 lei). In structure, the turnover was mainly achieved by selling own production in a percentage of 95.52%.

c) Export

Turnover from the export activity in 2013 was 1,091,274 lei representing 4.54% of total revenue. The company failed to return to the traditional markets, important by their dimensions and where its products are known and appreciated (Russia, Ukraine and Kazakhstan). Under these conditions, in 2013, 71% of exports were made in Hungary and Bulgaria, and only 29% in Moldova, Ukraine and Kazakhstan. The main objective of export for 2014 is to identify key collaborators and with their help to return with important volumes of product to the Eastern markets.

d) Expenses

Expenses from current activity are in the amount of 24,076,329 lei. The main share in the total of expenditures is held by the cost regarding inventories (raw materials and consumables) respectively 31.63%, followed by personnel expenses of 27.33%. The company works with an average number of 209 permanent employees out of a 215 actual number according to the organizational chart approved in 2013.

Financial expenses are in the amount to 393,606 lei, and represents exchange differences and financial- bank expenses. The industrial company does not pay commission for committed credit lines.

e) Percentage of market share

The industrial company holds an important market segment for the products seed drills for hoeing plants and seed drills for straw plant. The estimated market share for these products ranges between 20 and 30% in terms of number of units sold.

f) Liquidity (available in the account, etc.)

Liquidity analysis, which is shown in Table 4 and in Figure 2, is a way to test the ability of the company, to cope with short-term obligation. This implies that liquid assets are those business assets that can be quickly converted into cash, in the event that they form a risk insurance.

Table 4. *2012 and 2013 cash and cash equivalent*

Cash and cash equivalent	**2012**	**2013**
Cash, bank accounts and cash equivalent	1.285.473	866.759
Short term bank deposits	10.939.098	12.321.952
Total	**12.224.571**	**13.188.711**

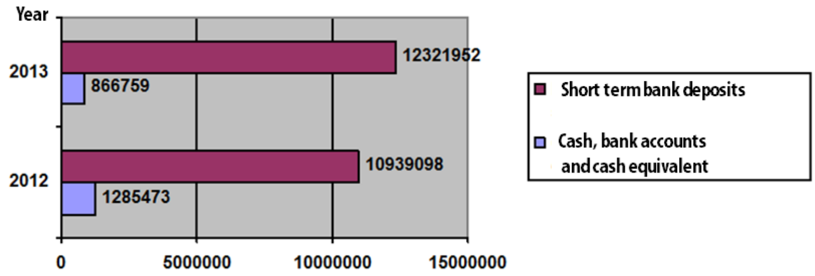


Figure 2. *Liquidity society*

Current bank accounts open at banks as well as bank deposits are continually available for the company and are not restricted.

Contracts are established with fixed interest rate throughout the whole period for which the deposit was made.

CONCLUSIONS

Performing financial analysis involves, in addition to tracking symptoms of a firm's malfunctions and identifying the causes and the most effective ways of action to improve the enterprise's performances and determine the chances for the company to ensure the continuity of their business, which primarily involves achieving a stable financial balance.

For S.C. Mecanica S.A. the evolution, in 2012-2013 of the indicators studied denotes a less difficult economic and financial situation, identifying the following:

- net situation is positive for 2012 and 2013, , which represents the effect of a healthy
- economic management;
- there is a small decrease in working capital in 2013, which is an unfavorable situation;
- the year 2013 ended with a positive net treasury, which is the result of the entire financial balance, being interpreted as an increase in the real capacity for financing investment;
- the turnover in 2013 was 20% lower compared to the BRE (budget of revenues and expenses).

In order to continue the activity and to maintain an economic and financial balance in the firm given the crisis of the national economy and worldwide, for 2014 the following objectives to increase efficiency and competitiveness are proposed:

- adapting sales and production of agricultural machinery and equipment to the real requirements of the market including by their reduction and by a proper staff adjustment.
- Valorizing with priority the products in stock and cashing all receivables.
- Reducing activities to the strictly required for technical plan, maintenance and repair of equipment.
- Making investments within existing financial resources and exclusively for the modernization of
- technological flows.
- Optimizing costs of materials, raw materials and energy resources by continuing the purchases by auction at The Romanian Commodities Exchange.
- Attracting structural funds by the company's participation with development projects, agricultural machinery and equipment modernization.
- Reducing to a strictly required of the unproductive expenditures.
- Identifying and implement a second activity profile for the company.

REFERENCES

[1] **Pirnea, C. si Parpandel D**., (2009)- *Current approaches to management performance*, Proceedings of the International Conference „The knowledge-based organization”, pp. 135-138;

[2] **Liviu Spătaru**, 2011, *Economic and financial analysis, business management tool,* Economic Publishing, Economist, No. 8 Niculescu, Bucharest;

[3] **Armstrong**, **M** (2006) - *Performance management, key strategies and practical applications*, edition No.3, Kogan Page Limited , Londra and Philadelphia;

[4] **Spătaru L.,** (2004)-*Financial analysis, enterprise management tool,* Economic Publishing, Bucharest;

[5] **Bărbulescu C**., (2002)- *Diagnosis firms in economic difficulty. Strategies and policies for recovery and boosting business*, Economic Publishing, p.57-58, Bucharest;

[6] **Mociar Ioana**, (2013)- *Analysis of the financial stability of the company from financial statements prepared*, magazine "Managing and accounting firm", no. 4, Publishing "Economic Tribune";

[7] S.C. Mecanica S.A. data published on site-ul http://www.mfinante.ro.

ACKNOWLEDGMENT

This paper has been financially supported within the project entitled „SOCERT. Knowledge society, dynamism through research”, contract number POSDRU/159/1.5/S/132406. This project is co-financed by European Social Fund through Sectoral Operational Programme for Human Resources Development 2007-2013.Investing in people.

APLICAREA MODELELOR REINGINERIEI INDUSTRIALE PENTRU APRECIEREA POTENŢIALULUI MANAGERIAL AL UNEI COMPANII INDUSTRIALE/ APPLYING INDUSTRIAL REENGINEERING MODELS TO ASSESS THE MANAGERIAL POTENTIAL OF A INDUSTRIAL COMPANY

Oana RADU

National Institute of Research - Development for Machines and Installations Designed to Agriculture and Food Industry - INMA, Bucharest, Romania, e-mail: diana10.cristea@gmail.com

REZUMAT

Scopul acestei lucrări este de a evidenţia importanţa aplicării modelelor reingineriei industriale de către orice companie autohtonă, în cazul nostru S.C. MECANICA S.A. Strategia abordată a avut la bază o analiză profundă sub aspect tehnico-managerial şi economico-financiar pentru evaluarea punctelor forte şi a lipsurilor companiei, evaluarea oportunităţilor şi pericolelor din mediul exterior, evaluarea finala si globală pe baza următoarelor criteri: economico-financiare, manageriale, de calitate-competitivitate, tehnologice, socio-umane si ecologice. Cercetarea s-a axat pe analiza indicatorilor tehnici si economici, date publicate pe site-ul http://www.mfinante.ro

ABSTRACT

The purpose of this paper is to highlight the importance of applying industrial reengineering models by any local company, in this case S.C. MECANICA S.A. The strategy approached had its basis on a profound analysis on the technical-managerial and economic-financial aspects for the evaluation of strengths and weaknesses of the company, of opportunities and dangers in the exterior environment, and for the final and global assessment based on the following criteria: economic-financial, managerial, quality-competiveness, technological, human-social and environmental. The researcher was focused on the analysis of technical and economic indicators, data published on http://www.mfinante.ro website.

KEYWORDS: modele de reinginerie; potential managerial, companie industriala.

CUVINTE CHEIE: reengineering models; managerial potential, industrial company.

1. INTRODUCTION

The success of the industrial companies depends largely on the quality and the ability of their managers to increase their business efficiency. The importance of managerial decisions, in the context of market mechanisms, entails the need for the application of a scientific basis of corrective measures and improvement of the economic-financial status [1].

Failure to achieve a diagnosis analysis in time, in order to know your own strengths and weaknesses, leads to the implementation of insufficiently reasoned decisions that are not based on real conclusions obtained as a result of timely and operational research of economic phenomena and processes and that can influence negatively the quality of the economic-financial activity of an industrial company [2].

Applying industrial reengineering models, which leads to the appreciation the management potential may be motivated not only by the situation in which industrial companies have difficulties but when is wanted to improve their performance [3].

The diagnosis analysis performed by managers is a useful tool for the formulation of quantitative and / or qualitative value judgments on the status, dynamics and prospects of the company, in order to fundament current and future decisions [4].

An important role in assessing and harnessing the potential of an industrial company is taken by the methods, techniques, procedures of technological-managerial and economic-financial analysis, through which it the potentially vulnerable areas and the ones with development potential are always known [5].

For a better assessment of an economical-engineering company's managerial potential were developed by specialists in the field following industrial reengineering models: the one with matrices for the assessment of internal and external factors and the one with criteria for analyzing the economical management performance. The matrix for internal factors assessment refers to the assessing of strengths and shortcomings of the company, meaning to see if they have changed from the time when the strategy was developed.

The matrix for the assessment of external factors refers to the assessment of opportunities and threats in the external environment in order to establish how effective the business strategy is in response to them. [6].

The application of analysis criteria of managerial economic managerial performances model (ASE Bucharest model) on the company in study involved conducting the following assessments: economic and financial, managerial, quality-competitiveness, technological, human-social and ecological.

The contribution of each criterion to the grid set points was determined differently, depending on its nature.

For those with quantitative expression indices were used, able to include the dynamic of the extent of the contribution in the period considered.

For indicators with qualitative expression was shootout a grid to delimit them as follows:

- fully: the maximum score;
- to large extent: 75% of the score;
- average 50% of score;
- to a small extent: 25% of score;
- not at all: 0 points.

The final and global evaluation of the engineering company, through these groups of criteria led to its typological classification in one of the 5 instances.

In achieving a diagnosis analysis the quantity and quality of technical information, technological and financial-accounting existing at some point in the system of engineering companies is particularly important, preferably at a more analytical level [7].

For the achievement of the paper information from annual synthesis reports published on the *S.C. MECANICA S.A*, website was used [8].

2. THE MODEL OF MATRICES FOR EVALUATING INTERNAL AND EXTERNAL FACTORS

The first part of applying the model of industrial reengineering is focused on identifying deficiencies in the investigated activities, focusing on discovering the causes that generate them and their effects on management and execution labor.

Making recommendations on eliminating the causes that determine weaknesses and the intensification of those generating strengths is done based on the matrices for evaluating internal and external factors. The matrix for evaluating internal factors for the technological subsystem is presented in Table 1.

Table 1. *Matrix for evaluating internal factors for the technological subsystem*

Criterion	**Mark**, (N_i)	**Importance coefficient**, (K_i)	$N_i \times K_i$
1. Research and designing new products	3	2	6
2. Research and designing production methods	4	1	4
3. Providing technological equipment	3	5	15
4. Maintenance of production equipment	4	5	20
5. Total productivity	1	1	1
6. Internal logistics	3	1	3
TOTAL		**15**	**49**

The final mark is given by the relation: $N_{ST} = \frac{\sum N_i \times K_i}{\sum K_i} = \frac{49}{15} = 3{,}3$, which is rounded to 3.

The industrial company has an average technological level, with opportunities to improve the situation through their own actions.

The main element that completes this characterization is given by research and development capacity, latent both in terms of research-development and design potential, and the funding potential.

The matrix for evaluating the internal factors for the quality subsystem is shown in Table 2.

Table 2. *Matrix for evaluating the internal factors for the quality subsystem*

Criterion	**Mark**, (N_i)	**Importance coefficient**, (K_i)	$N_i \times K_i$
1. Quality management system	4	5	20
2. Product behavior during use	4	2	8
3. Manufacturing quality check	4	2	8
4. The quality of technical documentation	4	1	4
5. Authority of the “quality” function	4	2	8
6. Quality of technical-material supply	4	1	4
7. Quality costs	1	1	1
TOTAL		**14**	**53**

The final mark is given by the relation: $N_{SC} = \frac{\sum N_i \times K_i}{\sum K_i} = \frac{53}{14} = 3{,}7$, which is rounded to 4.

The analysis of the quality subsystem places the company at a grade 4 with the possibility of education and training the staff on the line of Quality Management in the idea of applying the concept of Total Quality.

The matrix for evaluating internal factors for the human resources subsystem is presented in table 3.

Table 3. *The matrix for evaluating internal factors for the human resources subsystem*

Criterion	**Mark**, (N_i)	**Importance coefficient**, (K_i)	$N_i \times K_i$
1. Level of remuneration and motivation	3	2	6
2. Employment safety	3	5	15
3. Unions and labor disputed	2	2	4
4. Social protection	3	2	6
5. Working conditions	4	1	4
6. Work standardization and workload	1	1	1
7. Employment, promotion and testing systems	4	2	8
8. Work climate	3	2	6
TOTAL		**17**	**50**

The final mark is given by the relation: $N_{SRU} = \frac{\sum N_i \times K_i}{\sum K_i} = \frac{50}{17} = 2{,}9$, which is rounded to 3.

The analysis of the human resources subsystem places the company with an average mark with the possibility to improve the conception of the remuneration system, so that it can be a powerful tool to increase staff motivation, on increasing its contribution to achieving the objectives that it can influence.

3. THE MODEL OF CRITERIA FOR THE ANALYSIS OF MANAGERIAL ECONOMIC PERFORMANCES

Reassessing the notion of performance implies finding the indicators that reflect best the operation of industrial companies.

Applying economic-managerial analysis criteria for assessing managerial potential involves identifying adequate indicators and giving scores according to the nature of economic-financial, managerial, quality-competitiveness, technological, human-social and ecological subsystems.

Table 4 presents the analysis of economic-financial criteria.

Table 4. *Analyzing economic-financial criteria*

No.	Economic-financial criteria	Maximum score given (P_i)	Contribution to global score (K_iP_i) $K_iP_i = 0,25\ P_i$
1	Overall economic-financial potential	150	37,5
a	Turnover	100	25
b	Gross profit	50	12,5
c	Salary fund	25	6,25
d	Work Productivity	100	25
e	Average salary	25	6,25
f	Costs rate of return	50	12,5
g	Profit rate	50	12,5
h	Assets rate of return	25	6,25
i	Economic rate of return	50	12,5
j	Financial rate of return	50	12,5
k	Inventories rotation rate	50	12,5
l	Investments	25	6,25
2	Increasing dividends	50	12,5
a	Average earnings per share	40	10
b	The amount of dividends	10	2,5
3	Financing capacity (payment)	25	6,25
a	Liquidity	40	10
b	Solvency	40	10
c	Investments	20	5
4	Economic-financial levers / correlations between economic-financial indicators	25	6,25

K_i = coefficient of importance

Managerial criteria, maximum points and contribution to the overall score are shown in Table 5.

Table 5. *Analysis of managerial criteria*

No.	Managerial criterion	Maximum awarded score (P_i)	Contribution to the overall score (K_iP_i) $K_iP_i = 0,25\ P_i$
a	Capacity to develop competitive strategies and policies	200	50
b	Number and quality of the managerial instrument	200	50
c	Number of hierarchical levels	50	12,50
d	The degree of updating the organizational documents	50	12,50
e	The degree of separation and sizing of procedural components	100	25
f	The degree of separation and sizing of structural components	100	25
g	The decision-hierarchical position correspondence of decision makers	50	12,50
h	Quality of decisions taken	50	12,50
i	Degree of computerization	25	6,25
j	Quality of information	25	6,25
k	Degree of managerial changing (overall and by components)	150	37,50

K_i = coefficient of importance

The analysis of quality-competitiveness criteria is presented in Table 6.

Table 6. *Analysis of quality-competitiveness criteria*

No.	Quality-competitiveness criterion	Maximum awarded score (P_i)	Contribution to the overall score (K_iP_i) K_iP_i= 0,18 P_i
a	Number and quality of market studies developed	200	36
b	Sales on internal market	100	18
c	Sales on external market	100	18
d	Competitiveness degree of products	225	40,50
e	The competitive position of the company	225	40,50
f	Costs of non quality	50	9
g	Costs for preventing quality defects	50	9
h	Costs for identifying quality defects	50	9

K_i = coefficient of importance

Table 7 presents the analysis of technological criteria, which refer to the technical endowment and the ability to renew and modernize the products and technologies of the researched company.

Table 7. *Analysis of technological criteria*

No.	Technical and technological criteria	Maximum awarded score (P_i)	Contribution to the overall score (K_iP_i) K_iP_i= 0,15 P_i
a	Tangible assets	150	22,50
b	Degree of physical wear for machines, equipment and installations	150	22,50
c	Degree of technical endowment of work	150	22,50
d	Degree of utilization of production capacity	150	22,50
e	Degree of renewing products and technologies	150	22,50
f	Degree of moral wear of production equipment	150	22,50
g	Degree of moral wear of production technologies	100	15

K_i = coefficient of importance

The quality of human resources, motivational and social policy in the local company are analyzed and presented in Table 8.

Table 8. *Analysis of human- social criteria*

No.	Human-social criteria	Maximum awarded score (P_i)	Contribution to the overall score (K_iP_i) K_iP_i= 0,12 P_i
a	Coefficient of total circulation	125	15
b	Coefficient of fluctuation	125	15
c	Number of employees	150	18
d	Number of new jobs created	200	24
e	Degree of using the work time	400	48

K_i = coefficient de importance

The intensity of company management concerns on ecological issues is analyzed and presented in Table 9.

Table 9. Analysis of ecological citeria

No.	Ecological criteria	Maximum awarded score (P_i)	Contribution to the overall score (K_iP_i) $K_iP_i = 0,05\ P_i$
a	The volume of funds allocated to fight pollution	600	30
b	Value of fines imposed on the company for polluting	400	20

K_i = coefficient of importance

The matrix to determine the potential of viability (overall score) is presented in Table 10.

Table 10. Matrix to determine the potential of viability

No.	Evaluation criteria	Coefficient of importance	Maximum awarded score	Contribution to the overall score
1	Economic-financial criteria	0,25	1000	250
2	Managerial criteria	0,25	1000	250
3	Quality-competitiveness criteria	0,18	1000	180
4	Technological criteria	0,15	1000	150
5	Human-social criteria	0,12	1000	120
6	Ecological criteria	0,05	1000	50
	TOTAL	**1**	**5000**	**1000**

Final and overall evaluation of the industrial company through these groups of criteria led to its typological classification in a small amount: 20% of the score.

Increasing the potential of viability of the company analyzed can be achieved by applying the strategic and tactical recommendations presented in Table 11.

Table 11. *Tactical and strategic recommendations for increasing the company's potential of viability*

No.	Reccomendations	Effects
1	Developing studies for diagnosis, market studies, ecological and forecast studies	Creating economic and managerial premises necessary for increasing the company's efficiency
2	Promoting and using systems, methods, modern management techniques	Ensuring favorable premises for the exercise of an efficient management
3	Finding new markets for exporting products	Stimulating production of industrial equipment and developing the production capacity
4	Reducing the level of receivables	Increasing the liquidity degree
5	Strengthening the administration control	Reducing inventories expenses
6	Applying penalties to suppliers who do not deliver the raw materials in the time specified in the contracts	Increasing the level of production flow
7	Organizing training courses in the field of management	Increasing the quality level of decisions
8	Setting services contracts with third parties in order to develop marketing studies, ecological studies and diagnosis studies.	Knowing the demands of the internal and external market for industrial equipments in the field.
9	Developing new compartments such as: - management; - budgets and privatizations; - marketing.	Developing efficient strategies in the field of sales
10	Merging compartments as follows: Technical quality control – metrology with Quality Assurance	Amplifying the innovative character of the quality assurance (QA) activity
11	Obtaining information regarding products and technologies from profile companies in the country and abroad	Evaluating the competition for the increase of competitiveness of products in a technical and economic aspect
12	Completing the attributions of participative management organisms and in general of departments to cover all management positions at their hierarchical level	Improving the activity carried out by the production departments
13	Structuring decisions depending on the effects of applying them on the company's activity on hierarchical levels.	The possibility of adopting decisions that are less important by the lower level managers
14	Purchase of computers, programs and databases administration systems, and existing staff training through courses in the field.	Increasing the degree of training in the field of informatics and the possibility to use modern management methods and techniques

CONCLUSIONS

The purpose of this paper was to apply models of industrial reengineering in order to assess the potential of management by any industrial company, in our case S.C. MECANICA S.A, in order to verify continuously the viability, the ability to compete and economic and financial performance.

Following the results obtained it was able to make strategic and tactical recommendations for increasing the potential of viability of the industrial company.

REFERENCES

[1]. **Nicolae Mihailescu** – *Economic-financial analysis,* Victor Pub., Bucharest, 2007;

[2]. **Anca Gheorghiu** – *Diagnosis analysis and company assessment*, Victor pub., Bucharest, 2010;

[3]. **Roşca, I. Gh., Moldoveanu, G**., „*Measuring the Management Potential*", Amfiteatru Economic, nr. 26, 2009b;

[4]. **Niculescu M.,** *Global-strategic diagnosis*, vol I, Economic diagnosis, Economic Pub., Bucharest, 2003, p. 31,32;

[5]. **Gabriela Munteanu** – *The diagnosis of "financial health" of the companies listed on the stock market through fundamental analysis*, Romanian Statistics Magazine no.5/2009;

[6]. **David, F.,** *Strategic Management. Concepts and cases*,11th Edition, New Jersey: Pearson/Prentice Hall, 2008.

[7]. **Dinu, E.,** *Company strategy. Theory and practice*, Bucharest: Economic Pub, 2000.

[8]. **Haussaire, A., Pujol, J.-P.** – Organisation du système d'information comptable et de gestion, Dunod, Paris, 2004.

[9]. S.C. Mecanica S.A. data published on site-ul http://www.mfinante.ro.

ACKNOWLEDGMENT

This paper has been financially supported within the project entitled „SOCERT. Knowledge society, dynamism through research", contract number POSDRU/159/1.5/S/132406. This project is co-financed by European Social Fund through Sectoral Operational Programme for Human Resources Development 2007-2013.Investing in people!"