

RESEARCHES ON VARIATION OF GRIST PARTICLE SIZE PARAMETERS ACCORDING TO CONSTRUCTIVE CHARACTERISTICS OF GRINDING ROLLS

CERCETĂRI ASUPRA VARIAȚIEI PARAMETRILOR GRANULOMETRICI AI MĂCINIȘURILOR CU CARACTERISTICILE CONSTRUCTIVE ALE CILINDRILOR DE MĂCINARE

Ph.D. Stud. Eng. Ștefan E.M.¹⁾, Prof. Ph.D. Eng. Voicu Gh.¹⁾, Ph.D. Stud. Eng. Constantin G.¹⁾
Ph.D. Eng. Ewemoje T.A.²⁾

¹⁾P.U. Bucharest / Romania; ²⁾University of Ibadan / Nigeria
E-mail: tudosie_elenamadalina@yahoo.com

Abstract: In the paper are presented the theoretical and experimental researches results regarding the particle size characteristics variation of grist coming from breakage phase of wheat seeds on the milling plant technological flow of 100 t / 24h capacity, along with constructive parameters of grinding rolls. For determining the workflow parameters of grinding rolls the mathematical model is presented.

Keywords: particle size characteristics, wheat milling, roller mill, parameters of flute, breakage

INTRODUCTION

In milling plant, the grinding process of wheat seeds includes three main operations: crushing, screening and grinding. Wheat seeds crushing are done in mills with pairs of fluted rolls which rotate in opposite directions and have different angular speeds, in order to detach the endosperm from the bran and grinding it in flour and semolina particles.

In breakage phase, the wheat seeds grinding is influenced by physical and mechanical characteristics of seeds and grist (particle shape and size, particle size distribution, moisture content, hardness) and grinding rolls construction and operation (rolls speed, differential speed, roll disposition, flutes profile, specific number of flutes, roll gap) [2,3].

Construction and working parameters of grinding rolls must be adjusted according to wheat seed size and grist particles [7].

Study of influence of grinding rolls constructive and functional parameters on the milling process can be done by evaluating the particle size characteristics of material to be ground and grist (medium particle size, specific surface, grinding degree, surface increase), flour quality and energy consumption.

In the breakage phase, different roll disposition has resulted in different distribution of stress and, thus, in different wheat seed breakage and different size distribution obtained, [5]. Chaoying F. and Grant Cambell (2002) [5], studying the roll disposition influence on the grinding process, have shown that back to back (B/B) roll disposition is recommended to the other positions. In this case, grinding is performed, primarily, by compression (crushing), leading to fragmentation and crushing of fragile endosperm, while the bran remains relatively intact, [5,6]. This fact eases the separation of endosperm from the bran.

The relationship between grinding roll gap and grist particle size can be approximated by a linear function, [10]. Chaoying F. and Grant Cambell (2002) [6], changing the roll gap from 0.3 mm to 0.7 mm were obtained greater mass fraction of large particles.

The studies performed [1, 9] have shown that between the degree of grist extraction and speed of fast grinding roll is a direct linear dependence. The ratio of speed grinding

Rezumat: În lucrare sunt prezentate rezultatele unor cercetări teoretice și experimentale referitoare la variația caracteristicilor granulometrice ale măcinișurilor rezultate din faza de șrotare a semințelor de grâu de pe fluxul tehnologic al unei unități de morărit cu capacitatea de 100 t / 24h, cu parametrii constructivi ai cilindrilor de măcinare. Este prezentat modelul matematic pentru determinarea parametrilor procesului de lucru al cilindrilor de măcinare.

Cuvinte cheie: caracteristici granulometrice, măcinare grâu, moară cu cilindri, parametrii riflului, șrotare

INTRODUCERE

În unitățile de morărit procesul de măcinare a semințelor de grâu cuprinde trei operații principale: sfărâmarea, cernerea și mărunțirea. Sfărâmarea semințelor de grâu se realizează în mori cu perechi de cilindri riflaji ce se rotesc în sensuri contrare și au viteze unghiulare diferite, urmărind detașarea endospermului de înveliș și mărunțirea lui în particule de făină și griș.

În faza de șrotare, mărunțirea semințelor de grâu este influențată de caracteristicile fizice și mecanice ale semințelor și produselor de măcinș (forma și mărimea particulelor, distribuție după dimensiuni, conținut de umiditate, duritate) și de construcția și funcționarea cilindrilor de moară (turația cilindrilor, viteza diferențială, dispunerea cilindrilor, profilul riflurilor, numărul specific de rifluri, distanța dintre cilindri) [2,3].

Construcția și parametrii de lucru ai cilindrilor de măcinare trebuie să fie ajustate în funcție de dimensiunile semințelor de grâu și ale particulelor de măcinș [7].

Studiul influenței parametrilor constructivi și funcționali ai cilindrilor de măcinare asupra procesului de măcinare se poate realiza prin evaluarea caracteristicilor granulometrice ale materialului de mărunțit și ale măcinișului (dimensiuni medii ale particulelor, suprafața specifică, grad de mărunțire, creștere de suprafață), calitatea făinii și consumul de energie.

Disponerea reciprocă diferită a riflurilor cilindrilor de măcinare, în faza de șrotare, are rezultate în distribuția diferită a tensiunilor și, deci, în spargerea diferită a semințelor de grâu și obținerea de distribuții după dimensiuni diferite, [5]. Chaoying F. și Grant Cambell (2002) [5], studiind influența pe care o are dispunerea riflurilor cilindrilor asupra procesului de mărunțire, au demonstrat că, dispunerea riflurilor spate/spate (S/S) este de recomandat față de celelate poziții. În acest caz, mărunțirea se execută, în primul rând, prin compresione (strivire), determinând fragmentarea și sfărâmarea endospermului fragil, în timp ce învelișul rămâne relativ intact, [5,6]. Acest lucru facilitează procesul de separare a endospermului de înveliș.

Relația dintre distanța între cilindri de măcinare și dimensiunea particulelor de material mărunțit poate fi aproximată printr-o funcție lineară, [10]. Chaoying F. și Grant Cambell (2002) [6], modificând distanța între cilindri de măcinare de la 0,3 mm la 0,7 mm au obținut fracții de măcinș cu dimensiuni și mase din ce în ce mai mari.

În urma studiilor efectuate, [1, 9] au arătat faptul că între gradul de extracție a produselor de măcinș și viteza periferică a cilindrului de măcinare rapid există o dependență liniară,

rolls with fluted surface, k , has a significant influence on the quantity of semolina, flour and bran and their particle size characteristics, [8]. Hareland (1998) in the paper [8], changing the ratio k from 1.5:1 to 2.5:1 and 3.5:1, for the pairs of fluted rolls, obtained an increase in extraction degree of semolina from 55% to 67% and 72%, respectively, and a decrease of bran from 24% to 15% and 11%, respectively.

Flour extraction degree decreased from 8% to 5%, when the ratio k increased from 1.5:1 to 2.5:1 and remained at the 5% when the ratio k increased from 2.5:1 to 3.5:1.

In paper [11], for three ratio of grinding rolls speeds, $k = 2.0$; $k = 2.5$; $k = 3.0$, was shown that for the grinding of Mallaca wheat seeds variety (10.23% moisture content), the best results were obtained for $k = 2.5$, in terms of the optimum distribution of ground wheat products, ash content and fine particles mass.

The objective of this paper is to present the variation of particle size parameters of the material to be ground and grist in breakage phase in a mill with 100 t / 24 h capacity, in compliance with the constructive characteristics of grinding rolls.

MATERIAL AND METHOD

The constructive characteristics of grinding rolls and physical characteristics of grist were experimentally determined on the technological flow of S.C. Spicul S.A. Roșiori de Vede milling plant with capacity of 100 t / 24 h and analyzing samples of material and data processing were done in laboratories of Biotechnical Systems Department of U.P.B.

In this phase the flour milling flow sheet has five mills with fluted rolls, followed each by one compartment of plane sieve. In addition, the flow sheet includes two semolina machines and three bran finishers and a sixth plane sieve compartment for sorting by size. The flour milling flow sheet is presented in the papers [14,15].

Experimental determinations were made on particle size characteristics of the material which enters and exits from the grinding process of five roller mills of breakage phase: particle mean diameter, specific surface of material, particles number, surface increase. These were analyzed in relation with geometrical parameters of rolls: differential speed, rolls gap; geometrical parameters of flutes: total number of flutes acting on the particles in the work area between two grinding rolls, shear number of points in the grinding area, flutes depth, flutes pitch. To determine particle size characteristics were used samples of 100 g of material at the entry and exit of each grinding rolls pair, which were been sifted with VAPO classifier equipped with 5 overlapped sieves with meshes of different sizes, trained in a circular plain movement at an adjusted speed of 120 rpm for 3 minutes, [13,15]. The complete work methodology is presented in detail in paper [4].

Grinding rolls of mills from breakage phase have length of 1000 mm, diameter of 250 mm and fluted surface. Ratio of tangential speeds of grinding rolls is $k = 2.5$ and back-to-back roll disposition. Flute angles (α – flute sharpe angle and β – flute dull angle) have the values: for Break 1 (Gr.1) and Break 2 (Gr.2) $\alpha/\beta = 30/60$, Break 3 (Gr.3) and Break 4 (Gr.4) - $\alpha/\beta = 35/65$, Break 5 (Gr.5) - $\alpha/\beta = 40/70$. Specific number of flutes (number of flutes on one centimeter from grinding rolls circumference (R/cm) and flutes inclination (I(%)): $R = 3.8$ flute/cm, $I = 6$ (%), for Gr. 1, $R = 6$ flute/cm, $I = 6$ (%), for Gr. 2, $R = 7$ flute/cm, $I = 8$ (%), for Gr. 3, $R = 8.9$ flute/cm, $I = 10$ (%), for Gr. 4 și $R = 10$ flute/cm, $I = 10$ (%), for Gr. 5.

directă. Raportul k , al turațiilor cilindrilor de măcinare cu suprafața riflată, are o influență semnificativă asupra cantității de grișuri, făină și tărâțe și asupra caracteristicilor granulometrice ale acestora, [8]. Modificând raportul k de la 1.5:1, la 2.5:1 și 3.5:1, pentru perechile de cilindri riflați, Hareland (1998) în lucrarea [8], a obținut o creștere a extracției de grișuri de la 55% la 67% și respectiv 72% și o scădere a cantității de tărâțe de la 24% la 15% și respectiv 11%.

Gradul de extracție al făinii a scăzut de la 8% la 5%, când raportul k a crescut de la 1.5:1 la 2.5:1 și a rămas la valoarea de 5% când raportul turațiilor a crescut de la 2.5:1 la 3.5:1.

În lucrarea [11], pentru trei rapoarte ale turațiilor cilindrilor de măcinare, $k = 2.0$; $k = 2.5$; $k = 3.0$, s-a arătat că la mărunțirea semințelor de grâu din soiul Mallaca (conținut de umiditate de 10,23%) cele mai bune rezultate au fost obținute pentru $k = 2.5$, în ceea ce privește distribuția după dimensiuni a particulelor de măcinăș, conținutul de cenușă și masa de particule fine.

Obiectivul acestei lucrări este de a prezenta variația parametrilor granulometrici ai materialului supus mărunțirii și ai materialului mărunțit în faza tehnologică de șrotare la o moară de 100 t / 24 h, cu caracteristicile constructive ale cilindrilor de măcinare.

MATERIAL ȘI METODĂ

Caracteristicile constructive ale cilindrilor de măcinare, precum și caracteristicile fizice ale măcinășurilor au fost determinate experimental, pe fluxul tehnologic al unității de morărit S.C. Spicul S.A. Roșiori de Vede, cu capacitatea de 100 t / 24 h, iar analiza probelor de material și prelucrarea datelor s-a făcut în cadrul laboratoarelor Departamentului de Sisteme Biotehnice din UPB.

În cadrul acestei faze, diagrama tehnologică a morii cuprinde cinci mori cu cilindri riflați, completate fiecare cu câte un compartiment de sită plană. Pe lângă acestea, diagrama mai cuprinde două mașini de griș și trei finisoare de tărâțe, precum și un al șaselea compartiment de sită plană pentru sortarea după dimensiuni. Diagrama tehnologică a fazei de șrotare a morii este prezentată în lucrările [14,15].

Au fost efectuate determinări experimentale privind caracteristicile granulometrice ale materialului care intră și care iese din procesul de mărunțire la cele cinci mori cu cilindri ale fazei de șrotare: diametrul mediu al particulelor, suprafața specifică a materialului, numărul de particule, creșterea de suprafață. Acestea au fost analizate în corelație cu parametrii geometrici ai cilindrilor: viteza diferențială, distanța dintre cilindri; parametrii geometrici ai riflurilor: numărul total de rifluri care acționează asupra particulelor de material în zona de lucru dintre cei doi cilindri de măcinare, numărul punctelor de forfecare din zona de mărunțire, adâncimea riflurilor, pasul riflurilor. Pentru determinarea caracteristicilor granulometrice au fost folosite eşantioane de 100 grame de material de la intrarea respectiv ieșirea de la fiecare pereche de cilindri de măcinare, care au fost cernute cu clasificatorul VAPO prevăzut cu 5 site suprapuse cu orificii de mărimi diferite, antrenate într-o mișcare plană circulară la o turație reglată de 120 rot/min timp de 3 minute, [13,15]. Metodologia de lucru completă este prezentată în detaliu în lucrarea [4].

Cilindrii de măcinare ai morilor din faza de șrotare au lungimea de 1000 mm, diametrul de 250 mm și suprafața riflată. Raportul vitezelor tangențiale ale cilindrilor de măcinare este $k = 2.5$, iar poziția reciprocă a riflurilor este spate/spate (S/S). Unghiurile riflurilor (α – unghiul tăișului riflului și β – unghiul spatelui riflului) au următoarele valori: pentru Șrotul 1 (Șr.1) și Șrotul 2 (Șr.2) – $\alpha/\beta = 30/60$, Șrotul 3 (Șr.3) și Șrotul 4 (Șr.4) - $\alpha/\beta = 35/65$, iar pentru Șrotul 5 (Șr.5) - $\alpha/\beta = 40/70$. Numărul specific de rifluri (numărul de rifluri de pe un centimetru din circumferința cilindrilor de măcinare (R/cm)) și înclinarea riflurilor (I (%)) sunt: $R = 3,8$ rifl/cm, $I = 6$ (%), pentru Șr. 1, $R = 6$ rifl/cm, $I = 6$ (%), pentru Șr. 2, $R = 7$ rifl/cm, $I = 8$ (%), pentru Șr. 3, $R = 8,9$ rifl/cm, $I = 10$ (%), pentru Șr. 4 și $R = 10$ rifl/cm, $I = 10$ (%), pentru Șr. 5.

Knowing geometrical characteristics of grinding rolls the geometrical parameters of flutes were calculated.

For the calculation, consider a spherical particle of material with d equivalent diameter, caught between two grinding rolls with smooth surface, diameter D and roll gap e (fig.1), [12].

Route length (grinding zone) covered by a particle between two grinding rolls during breaking process is the circular zone on the roll surface from the point in which particle catching occurs ($\psi \leq \varphi$) and the highest point of rapprochement between the rolls (e distance), [12]:

Cunoscând caracteristicile geometrice ale cilindrilor de măcinare au fost calculați parametrii geometrici ai riflurilor cilindrilor.

Pentru efectuarea calculului, se consideră o particulă de material de formă sferică cu diametrul echivalent d , prinsă între doi cilindri de măcinare cu suprafața netedă, cu diametrul D și distanța dintre ei e (fig.1), [12].

Lungimea traseului (zona de mărunțire) parcurs de o particulă între cei doi cilindri de măcinare în timpul procesului de sfărâmare este reprezentată de zona circulară de pe suprafața cilindrilor din punctul în care are loc prinderea particulei ($\psi \leq \varphi$) și punctul de cea mai mare apropiere dintre cilindri (distanța e), [12].

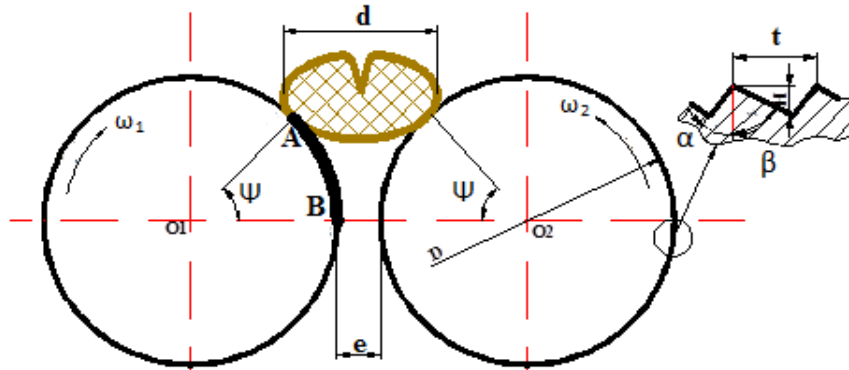


Fig. 1 – Route length covered by a particle between two grinding rolls / Lungimea traseului parcurs de particulă de material între cei doi cilindri de măcinare

$$L_{AB} = \psi \frac{D}{2} \left(\arccos \frac{D+e}{D+d} \right) \frac{D}{2}, \tag{1}$$

where: ψ is catching angle of particle between rolls;
 D – grinding rolls diameter;
 d – equivalent size of particle;
 e – grinding rolls gap;
 φ – friction angle between particle and roll.

Processing route, in grinding zone, depends on the grinding rolls diameter D , gap rolls e and average particle size of material to feeding d .

Number of flutes acting on the particle in grinding zone can be appreciated by number of futes on the fast roll. It is considered that the slow roll acts as a bulwark of particle, during grinding, and, so, its flutes serve it as supports. It depends on the length of grinding zone L_{AC} , specific number of flutes R and the differential k , [12]:

unde: ψ este unghiul de prindere al particulei între cilindri;
 D – diametrul cilindrilor de măcinare;
 d – dimensiunea echivalentă a particulei de material;
 e – distanța dintre cilindri de măcinare;
 φ – unghiul de frecare dintre particulă și cilindru.

Traseul de prelucrare, în zona de mărunțire, depinde de diametrul cilindrilor de măcinare D , distanța dintre cilindri e și dimensiunea medie a particulelor de material la alimentare d .

Numărul de rifluri care acționează asupra particulei de material în zona de mărunțire se poate aprecia prin numărul de rifluri de pe cilindrul rapid, în timpul mărunțirii considerând că cilindrul lent are rol de reazem al particulei și, deci, riflurile acestuia au rol de a o susține. Acesta depinde de lungimea zonei de mărunțire L_{AC} , numărul specific de rifluri R și de raportul vitezelor periferice ale celor doi cilindri de măcinare k , [12]:

$$n_r = L_{AB} \cdot R \cdot \frac{k-1}{k+1}, \tag{2}$$

Flutes depth of two grinding rolls is expressed as a function of flutes pitch t and flutes angles, α and β , [12]:

Adâncimea riflurilor de pe cei doi cilindri de măcinare se exprimă în funcție de pasul riflurilor t și de unghiurile riflurilor, α și β , [12]:

$$H = t \cdot \frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta}{\sin(\alpha + \beta)}, \tag{3}$$

For an intense and progressive flutes action on the material to be ground, flutes have some inclination towards their generator. Flutes inclined position of two grinding rolls, leading to their intersection and the intersection points are points in which the particles are compressed up to the grinding. The grinding process is even more intense as the frequency of intersection points is higher, [12]. Grinding degree increases as the number of flutes intersection point's increases.

The number of intersection points $n_{p.f.}$ is equal to the square of the number of flutes of one roll on the grinding zone L_{AC} .

Pentru o acțiune intensă și progresivă a riflurilor cilindrilor de măcinare asupra materialului supus mărunțirii, riflurile au o anumită înclinare față de generatoarea acestora. Poziția înclinată a riflurilor celor doi cilindri de măcinare, conduce la intersectarea lor, iar punctele de intersecție sunt puncte în care are loc comprimarea particulelor până la mărunțire. Procesul de mărunțire este cu atât mai intens cu cât frecvența punctelor de intersecție este mai mare, [12]. Gradul de mărunțire crește pe măsură ce numărul punctelor de intersecție a riflurilor cilindrilor crește.

Numărul punctelor de intersecție $n_{p.f.}$ a cilindrilor de măcinare este egal cu pătratul numărului de rifluri de pe un cilindru pe zona de mărunțire L_{AC} .

$$n_{p.f.} = n_r^2, \quad (4)$$

RESULTS

Performing the parameters calculation on presented relations, were obtained the values shown in table 1 (n_r , $n_{p.f.}$, v_o , H , t). Also, in table 1 the values of particle size characteristics obtained by classifier analyzing were presented. Thus, the values for ground particles mean dimension d_m , grinding index λ , specific surface S and surface increase ΔS are presented.

These characteristics are graphically presented in figure 1 – 3 for the entire breakage technological phase.

REZULTATE

Efectuând calculul parametrilor pe baza relațiilor prezentate s-au obținut valorile prezentate în tabelul 1 (n_r , $n_{p.f.}$, v_o , H , t). De asemenea, în tabelul 1 sunt prezentate valorile caracteristicilor granulometrice obținute prin analiza cu clasificatorul. Astfel, sunt prezentate valorile pentru dimensiunea medie a particulelor mărunțite d_m , indicele de mărunțire λ , suprafața specifică S și creșterea de suprafață ΔS .

Aceste caracteristici sunt prezentate grafic în figurile 1 – 3 pentru întreaga fază tehnologică de șrotare.

Table 1 / Tabelul 1

Geometrical characteristics of breaking rolls / Caracteristici geometrice ale cilindrilor de șrotare						Particle size characteristics of grist / Caracteristici granulometrice ale măcinșurilor			
Break / Șrot	Flutes number / Numarul de rifluri n_r	Shear points number / Nr. pct. de forfecare $n_{p.f.}$	Differential / Vit.dif. [m/s] v_o	Flutes depth / Adâncimea riflurilor [mm] H	Flutes pitch / Pasul riflurilor [mm] t	Mean diameter/ Dimetrul mediu [mm] d_m	Grinding index / Indicele de mărunțire λ	Specific surface / Suprafața specifică [$\times 10^3$ m ² /kg] S	Surface increase / Creșterea de suprafață [$\times 10^3$ m ² /kg] ΔS
Sr.1I Sr.1E	5.46 / 5,46	29.76 / 29,76	7.50 / 7,50	1.133 / 1,133	2.61 / 2,61	3.763 / 3,763	1.764 / 1,764	1.286 / 1,286	0.965 / 0,965
						2.133 / 2,133		2.249 / 2,249	
Sr.2I Sr.2E	7.13 / 7,13	50.76 / 50,76	7.50 / 7,50	0.502 / 0,502	1.67 / 1,67	2.222 / 2,222	1.816 / 1,816	2.216 / 2,216	1.809 / 1,809
						1.223 / 1,223		4.025 / 4,025	
Sr.3I Sr.3E	6.56 / 6,56	43.03 / 43,03	7.65 / 7,65	0.501 / 0,501	1.427 / 1,427	1.514 / 1,514	1.682 / 1,685	3.604 / 3,604	2.681 / 2,681
						0.898 / 0,898		6.285 / 6,285	
Sr.4I Sr.4E	6.73 / 6,73	45.36 / 45,36	7.61 / 7,61	0.393 / 0,393	1.121 / 1,121	1.065 / 1,065	1.032 / 1,032	5.546 / 5,546	0.106 / 0,106
						1.031 / 1,031		5.652 / 5,652	
Sr.5I Sr.5E	5.50 / 5,50	30.25 / 30,25	7.50 / 7,50	0.279 / 0,279	1.001 / 1,001	0.652 / 0,652	1.026 / 1,026	8.365 / 8,365	0.333 / 0,333
						0.635 / 0,635		8.698 / 8,698	

Șr.1I – pasaj tehnologic Șrot 1, I – intrare; E – ieșire

The analysis of table 1 and graphs of figures 2 - 4 show that the mean dimensions of material particles entering in grinding process for the five roller mills decrease with the ground material. Also, in terms of material resulting of five passages ground, it is found that the mean dimensions of ground particles decreases along the technological route, from Gr.1 to Gr.5. But while the particles subject to grinding process, where the decrease is continuous, for the particles ground the decrease of mean dimensions chopped takes account of a polynomial law, at Gr.4 and 5, the decrease being insignificant. The explanation could be that herein particle content of bran is greater than for the first three passages and that they are ground less compared with the endosperm particles adhering to the layers of coating.

Din analiza tabelului 1 și a graficelor din figurile 2 - 4 se constată că dimensiunile medii ale particulelor de material care intră în procesul de mărunțire la cele cinci mori cu cilindri scad pe măsură ce materialul se mărunțește. De asemenea, în ceea ce privește materialul rezultat în urma mărunțirii la cele cinci pasaje, se constată că dimensiunile medii ale particulelor mărunțite scad și ele de-a lungul traseului tehnologic, de la Șr.1 la Șr. 5, dar spre deosebire de particulele supuse mărunțirii unde scăderea este continuă, la particulele mărunțite scăderea dimensiunilor medii urmează o lege polinomială, la Șroturile 4 și 5, scăderea fiind nesemnificativă. Explicația ar fi aceea că aici conținutul de particule de înveliș este mai mare decât la primele 3 pasaje și că acestea se mărunțesc mai puțin în comparație cu particulele de endosperm aderent pe foițele de înveliș.

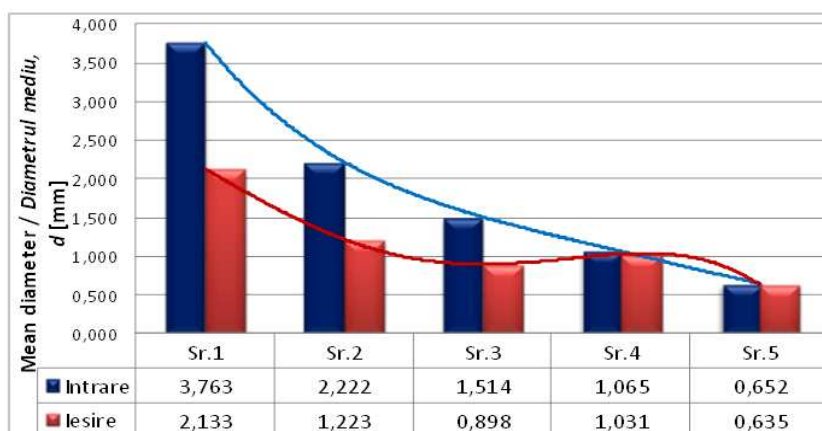


Fig. 2 – Variation of mean diameter / Variația diametrului mediu

Regarding the specific surface of material particles, has been found that for the material subject to grinding process, it increases from the passage of Gr.1 to the

În ceea ce privește suprafața specifică a particulelor de material, se constată că pentru materialul care este supus mărunțirii, acesta crește de la pasajul Șr.1 la pasajul Șr.5,

passage of Gr.5 continuously and visibly, but the specific surface of particles resulted after grinding shows a similar increase only at the first three passages, remaining at the same value for the material processed at Gr.4 and Gr.5 respectively.

It should be noted that at the first three passages the material subjected to grinding and the material resulted from grinding consists of large particles of endosperm (grist and semolina), which makes it to be properly assessed by particle size analyzing with classifier. But to the Gr.4 and Gr.5 passages, the material particles being mainly layers of coating, they have only two of the three dimensions in correlation with mesh sizes of sieves (they are flattened) and, therefore, the calculated mean dimension have significant errors.

If the decrease of particles mean dimensions is still visible and continuous in the first three breakage passages, the index grinding λ shows insignificant variation in these passages (around $\lambda \approx 1.7$) and keeps around $\lambda \approx 1$ at the 4 and 5 passages, where the mean dimensions of particles remain in close range (layers of coating are very little ground).

This happens, on the one hand, because the roll gap decreases from the Gr.1 to Gr.5 passage and, also, for flute depth decreases significantly from the Gr.1 to Gr.2 and Gr. 3 passages.

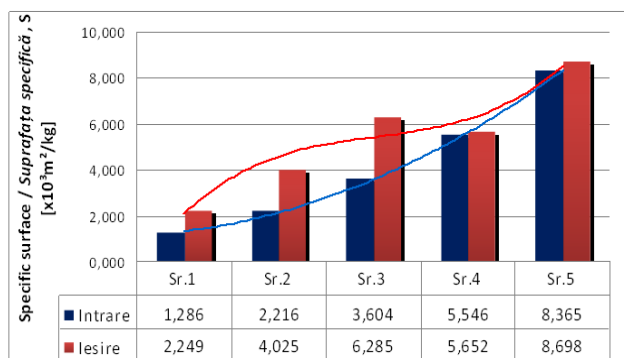


Fig. 3 – Variation of specific surface / Variația suprafeței specifice

în mod continuu și vizibil, dar suprafața specifică a particulelor rezultate după mărunțire prezintă o creștere după aceeași alură numai la primele trei pasaje, rămânând la aceeași valoare pentru materialul prelucrat la Șr.4, respectiv la Șr.5

Este de reținut faptul că la primele trei pasaje materialul supus mărunțirii, respectiv materialul rezultat la mărunțire este constituit din particule mari de endosperm (șroturi și grișuri), ceea ce face ca el să poată fi apreciat corespunzător prin analiza granulometrică cu clasificator, dar la pasajele Șr. 4 și Șr. 5, particulele de material fiind cu preponderență foițe de înveliș, acestea au numai două din cele trei dimensiuni în corelație cu dimensiunile ochiurilor sitelor (sunt aplatizate) și, deci, dimensiunea medie calculată prezintă erori însemnate.

Dacă scăderea dimensiunilor medii ale particulelor este vizibilă și continuă la primele trei pasaje de șrotare, valoarea indicelui de mărunțire λ prezintă variații nesemnificative la aceste pasaje (în jurul valorii $\lambda \approx 1,7$) și se păstrează în jurul valorii $\lambda \approx 1$, la pasajele 4 și 5, acolo unde dimensiunile medii ale particulelor rămân în limite apropiate (foițele de înveliș se mărunțesc foarte puțin).

Acest lucru se întâmplă, pe de o parte, pentru că distanța dintre cilindri se micșorează de la pasajul Șr.1 la Șr. 5 și, de asemenea, pentru că adâncimea riflului scade semnificativ de la Șr.1 la pasajele Șr.2 și Șr.3.

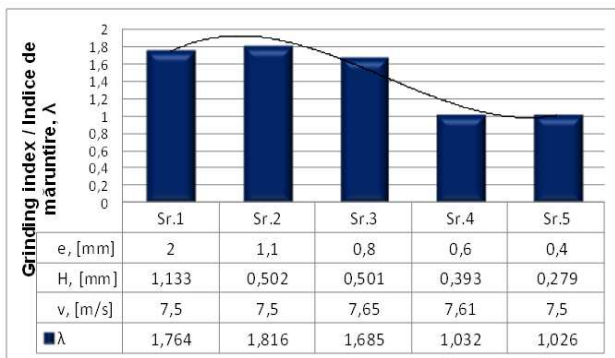


Fig. 4 – Variation of grinding index (λ) with roll gap (e), flutes depth (H) differential (v_0) / Variația numărului de particule (λ) cu distanța între cilindri de măcinare (e), adâncime riflurilor (H), viteza diferențială (v_0)

CONCLUSIONS

The breakage technological phase is the most important stage of the transformation of wheat in flour.

The rolls of this phase have fluted surface and flutes characteristics and rolls gap significantly influence the characteristics of ground material.

It is important to know the particle size characteristics of grist and particle size distribution of it, so that can be properly established the constructive characteristics of grinding rolls flutes for all roller mills of the technological diagram of phase.

From the analysis of this paper, it was found that the material is ground at each five passages of breakage phase of 100 t / 24 h, the material flow is controlled such that fragments of endosperm (meal and dunst) are ground to the grinding rolls pairs with roll gap increasingly less and flutes on their surface are increasingly finer.

Thus, if for Gr.1, which have the roll gap of 2 mm and number of flutes of 3.8 flutes/cm, surface increase is 0.965 m² for a grinding index of $\lambda = 1.764$, for Gr.3 (number of flutes of 7 flutes/cm and roll gap e = 0.8 mm) surface increase is 2.681 m² for a grinding index of $\lambda = 1.685$.

It has also found that seeds fragments and large fragments of endosperm are processed, predominantly, in the first three passages, while the last two breakage passages the processed fractions have a high content of

CONCLUZII

Faza tehnologică de șrotare este cea mai importantă etapă a procesului de transformare a grâului în făină.

Cilindrii morilor din această fază au suprafața rifluită, iar caracteristicile riflurilor și distanța dintre cilindri influențează semnificativ caracteristicile materialului mărunțit.

Este important de cunoscut caracteristicile granulometrice ale măcinșului și distanța după dimensiuni a acestuia, astfel încât să poată fi stabilite corespunzător caracteristicile constructive ale riflurilor cilindrilor de măcinare la toate utilajele de mărunțire din diagrama tehnologică a fazei.

Din analiza efectuată în cadrul acestei lucrări, s-a constatat că pe măsură ce materialul este mărunțit la fiecare din cele 5 pasaje ale fazei de șrotare 100 t / 24 h, circuitul materialului este astfel dirijat încât fragmentele de endosperm (grișuri și dunsturi) sunt mărunțite la perechile de cilindri măcinători cu distanța din ce în ce mai mică între cilindri, iar riflurile de pe suprafața acestora sunt din ce în ce mai fine.

Astfel, dacă la Șr.1, care are distanța între cilindri de 2 mm și cu un număr de rifluri de 3,8 rifl/cm, creșterea de suprafață este 0,965 m² pentru un indice $\lambda = 1,764$, la pasajul Șr.3 (cu 7 rifl/cm și distanța e = 0,8 mm) creșterea de suprafață este de 2,681 m², pentru un indice de mărunțire $\lambda = 1,685$.

S-a constatat, de asemenea, că fragmentele de semințe și fragmentele mari de endosperm sunt prelucrate, preponderant, la primele trei pasaje, în timp ce la ultimele două pasaje de șrotare fracțiunile prelucrate au un conținut ridicat de înveliș și

bran and minimally adherent endosperm.

In line with the above affirmed in Gr.4 and Gr.5 the grinding index has values very close to 1.

Acknowledgement

The work has been funded by the Sectoral Operational Programme of Human Resources Development 2007-2013 of the Romanian Ministry of Labor, Family and Social Protection through the Financial Agreement POSDRU / 88/1.5/S/61178.

REFERENCES

- [1]. Fistes Al., Tanovic G. (2007) - *Effect of Smooth Roll Grinding Conditions on Reduction of Sizing in the Wheat Flour Milling Process*, Focus on Food Engineering Research and Developments, Edited by Vivian N.Pletney. Nova Science Publisher, pg. 453-466;
- [2]. Campbell G.M. (2007) – *Roller Milling of Wheat*, Handbook of Powder Technology, vol. 12, pg. 383-421;
- [3]. Campbell G.M., Bunn P.J., Hook S.C. (2001) – *On predicting roller milling performance. Part II. The breakage function*, Powder Technology, vol. 115, no.3, pg. 243-255;
- [4]. Căsândroiu T., Gh. Voicu, G.D. Tutuianu (2002) – *Grinding distribution laws of products ground in a roller mill*, ISBTeh-2002, Politehnica University of Bucharest, pg. 194-199;
- [5]. Fang Ch., Campbell G.M. (2002) - *Effect of Roll Fluting Disposition and Roll Gap on Breakage of Wheat Kernels During First-Break Roller Milling*, Cereal Chem. 79(4), pg. 518-522;
- [6]. Fang Ch., Campbell G.M. (2002) - *Stress-Strain Analysis and Visual Observation of Wheat Kernel Breakage During Roller Milling Using Fluted Rolls*, Cereal Chem. 79(4), pg. 511–517;
- [7]. Darius Dzuki, J. Laskowski (2004) – *Influence of kernel size on grinding process of wheat at respective grinding stages*, Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, vol. 13/54, no.1, pg. 29-33;
- [8]. Hareland G.A. (1998) - *Effects of Break-Roll Speed Differential on Product Yield and Semolina Granulation in a Durum Pilot Mill System*, Cereal Chemistry, 75(6):836-840;
- [9]. Hsieh F.H., Martin D.G., Black H.C., Tipples K.H. (1980) - *Some Factors Affecting the First Grinding of Canadian Wheat*, Cereal Chemistry, 57(3):217-223;
- [10]. Johan Karlsson (2008) – *Automatic Control of a Roller Mill using Simulation and Experiments on a Real Machine*, Master of Science Thesis, Chalmers University of Technology, Sweden;
- [11]. Siti Mazlina M.K., Webb C., Hussain S.A., Abdul Ghani Liev A.(2006) - *Effects of roll differential on recycle grinding system in flour milling process*, International Journal of Engineering and Technology, vol.3, no.2, pg.238-247;
- [12]. Voicu Gh., Căsândroiu T. (1995) – *Milling and bakery equipment.*, course, vol.I Litografia U.P.B;
- [13]. Voicu Gh., Tudosie E.M., Târcolea C., Voicu P. (2011) - *Particle Size Distribution and Sieving Characteristics of Semolina in the Grinding Passages of a Wheat Mill*, 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture (TRAKAGENG – 2011);
- [14]. Voicu Gh., E-M. Tudosie, T. Căsândroiu, S-S Biris (2010) - *Some aspects of physical properties of seeds and wheat products obtained from a roller mill*, Bulletin of Polytechnic Institute from Iasi, Tome LVI (LX).
- [15]. Voicu Gh., T. Casandroi, C. Tarcolea, E.M. Tudosie, P. Voicu, (2010) - *Experimental research on the physical characteristics of products obtained from wheat milling*, Proceedings of the 38. International symposium on agricultural engineering. Actual Tasks on Agricultural Engineering, Opatija, Croatia, 38: 399- 410;

numai foarte puțin endosperm adherent pe acestea.

În corelație cu cele afirmate, la Șr.4 și Șr.5 indicele de mărunțire are valori foarte apropiate de 1.

Mulțumiri

Rezultatele prezentate in acest articol au fost obținute cu sprijinul Ministerului Muncii, Familiei și Protecției Sociale prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, Contract nr. POSDRU / 88/1.5/S/61178.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. Fistes Al., Tanovic G. (2007) – *Influența mărunțirii cu cilindri cu suprafața netedă asupra reducerii dimensiunilor în procesul de măcinare a grâului*, Focalizare pe cercetare și dezvoltare în domeniul alimentar, Editat de Vivian N. Pletney. Nova Science Publisher, pg. 453-466;
- [2]. Campbell G.M. (2007) – *Măcinarea grâului*, Handbook of Powder Technology, vol. 12, pg. 383-421;
- [3]. Campbell G.M., Bunn P.J., Hook S.C. (2001) – *Estimarea performanței morilor cu cilindri. Partea a II-a. Relația ruperii*, Powder Technology, vol. 115, no.3, pg. 243-255;
- [4]. Căsândroiu T., Voicu Gh., Tutuianu G.D. (2002) – *Cu privire la legile distribuției granulometrice al produselor mărunțite într-o moară cu valțuri*, ISBTeh-2002, Universitatea Politehnica din București, pag. 194-199;
- [5]. Fang Ch., Campbell G.M. (2002) – *Influența modului de dispunere a riflurilor cilindrilor și distanței dintre cilindri asupra sfărâmării semințelor de grâu în faza de șrotare a morii cu cilindri*, Cereal Chem. 79(4), pag. 518-522;
- [6]. Fang Ch., Campbell G.M. (2002) – *Analiza tensiune-deformație și observația vizuală a sfărâmării seminței de grâu într-o moară cu cilindri rifați*, Cereal Chemistry 79(4), pag. 511–517;
- [7]. Darius Dzuki, J. Laskowski (2004) – *Influența dimensiunii seminței asupra procesului de mărunțire a grâului*, Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, vol. 13/54, nr.1, pg. 29-33;
- [8]. Hareland G.A. (1998) – *Influența vitezei diferențiale a cilindrilor de pe faza de șrotare asupra ratei de producție și gradului de mărunțire a grșurilor într-un sistem de mărunțire*, Cereal Chemistry, 75(6):836-840;
- [9]. Hsieh F.H., Martin D.G., Black H.C., Tipples K.H. (1980) – *Anumiți factori care influențează prima mărunțire a grșului Canadian*, Cereal Chemistry, 57(3):217-223;
- [10]. Johan Karlsson (2008) – *Controlul automat al morii cu cilindri utilizând simularea experimentele pe o mașină reală*, Chalmers University of Technology, Sweden;
- [11]. Siti Mazlina M.K., Webb C., Hussain S.A., Abdul Ghani Liev A.(2006) – *Efectul vitezei diferențiale asupra sistemului de recirculare în procesul de mărunțire*, International Journal of Engineering and Technology, vol.3, nr.2, pg.238-247;
- [12]. Voicu Gh., Căsândroiu T. (1995) - *Utilaje pentru morărit și panificație. Procese și utilaje pentru morărit*, curs, vol.I Litografia U.P.B;
- [13]. Voicu Gh., Tudosie E.M., Târcolea C., Voicu P. (2011) – *Distribuția după dimensiuni și caracteristici de cerere ale grșurilor în faza de mărunțire a unei mori cu cilindri*, 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture (TRAKAGENG – 2011);
- [14]. Voicu Gh., E-M. Tudosie, T. Căsândroiu, S-S Biris (2010) – *Aspecte ale proprietăților fizice ale semințelor de grâu și produselor obținute dintr-o moară cu cilindri*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LVI (LX);
- [15]. Voicu Gh., T. Casandroi, C. Tarcolea, E.M. Tudosie, P. Voicu, (2010) – *Cercetari experimentale asupra caracteristicilor fizice ale produselor obținute dintr-o moară de grâu*, Proceedings of the 38 International symposium on agricultural engineering. Actual Tasks on Agricultural Engineering, Opatija, Croatia, 38: 399- 410.