

衝撃型粉砕機の最大処理能力の推定

遠藤 展

Estimating the Maximum Crushing Capacity of a Hammer Mill

Hiromu ENDOH

The maximum crushing capacity of a mill, F_{max} , is expressed by

$$F_{max} = H_{u,max} / t \dots\dots\dots (1)$$

where $H_{u,max}$ is the maximum hold-up when a steady state operation is possible and t is the mean residence time through the mill. The experimental relationship between the maximum hold-up and the size of hammer mill takes the form

$$H_{u,max} = 39.5 \times 10^{-3} b N_r r I S_r^{1/2}, \dots\dots\dots (2)$$

while the experimental relationship between the mean residence time and the operational conditions of the hammer mill takes the form

$$t = 3.98 \times 10^3 [0.693 - (d_v/D_e)^n] / (d_v^{1.3} \Omega^{-2/3}) \dots\dots\dots (3)$$

From Eqs. (1), (2) and (3), the maximum crushing capacity of a hammer mill F_{max} is expressed by

$$F_{max} = H_{u,max} / t = 9.92 \times 10^{-6} b N_r r I S_r^{1/2} d_v^{1.3} \Omega^{-2/3} / [0.693 - (d_v/D_e)^n] \dots\dots\dots (4)$$

The measured average crushing capacity was 1.5 times as large as the value calculated from the empirical equation (4). However, approximate estimation of the maximum crushing capacity is possible from the equation (4).

粉砕機の最大処理能力 F_{max} は式(1)に示した様に、最大原料滞留量 $H_{u,max}$ とその平均滞留時間 t の二つの要素によって決定される。

$$F_{max} = H_{u,max} / t \dots\dots\dots (1)$$

衝撃型粉砕機の最大原料滞留量は式(2)によって示される。

$$H_{u,max} = 39.5 \times 10^{-3} b N_r r I S_r^{1/2} \dots\dots\dots (2)$$

衝撃型粉砕機の平均滞留時間は式(3)によって示される。

$$t = 3.98 \times 10^3 [0.693 - (d_v/D_e)^n] / (d_v^{1.3} \Omega^{-2/3}) \dots\dots\dots (3)$$

式(1)、(2)、(3)から、衝撃型粉砕機の最大処理能力を推定するための実験式を得た。得られた実験式は次式である。

$F_{\max} = H_{u,\max} / t = 9.92 \times 10^{-6} b N_r r S_r^{1/2} d_v^{1.3} \tau^{-2/3} / [0.693 - (d_v/D_e)^n] \dots\dots\dots (4)$
 測定された最大処理能力は(4)式によって得られた計算値の約1.5倍を示しているが、(4)式によ
 って衝撃型粉砕機の最大処理能力はほぼ推定できる。

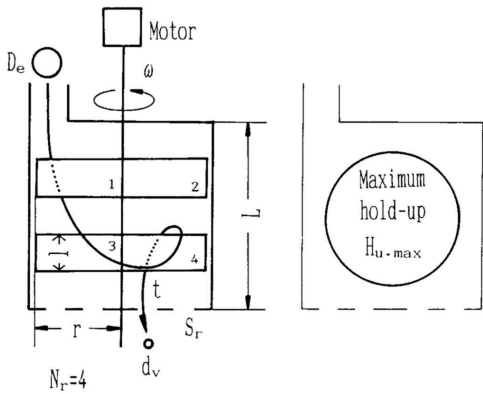
1. 緒言

衝撃型粉砕機は、機構が簡便で耐久性が高いため、木材産業のみならず各種の産業において用いられているが、その研究は十分行われているとはいえない。衝撃型粉砕機のみならず、粉砕機における研究の最大課題は、その最大処理能力を明らかにすることである。粉砕機の最大処理能力を決める一つの要素は、粉砕機に設備された原動機の大きさである。粉砕機が十分な処理能力を有していても原動機が小さい場合、その処理能力は原動機の大きさによって決定される。したがって理想的には原動機の大きさと粉砕機の最大処理能力は一致することが望ましい。粉砕機の最大処理能力は第1図ならびに(1)式に示した様に、最大原料滞留量とその平均滞留時間の二つの要素によって決定される。処理能力の大きい粉砕機とは原料滞留量が大きくて、滞留時間が小さいもの、即ちより大量の原料を収納でき、それをより短時間で処理出来る粉砕機である。

$F_{\max} = H_{u,\max} / t \dots\dots\dots (1)$

2. 衝撃型粉砕機の最大処理能力

最大原料滞留量は主に粉砕機の粉砕室の大きさによ



第1図 目皿付き衝撃型粉砕機の模式図
 Fig.1 . Model of a screen hammer mill

って決定され、次式で示される。

$H_{u,\max} = 39.5 \times 10^{-3} b N_r r S_r^{1/2} \dots\dots\dots (2)$

平均滞留時間は次式で示される。

$t = 3.98 \times 10^3 [0.693 - (d_v/D_e)^n] / (d_v^{1.3} \tau^{-2/3}) \dots\dots\dots (3)$

式 (1), (2), (3) より最大処理能力は次式で示される。

第1表 実験に用いた原料の大きさと密度

Table 1. Dimensions and densities of the particles used

種類 Materials and species	De (mm)	n	密度 Density* (g/cm ³)	
木炭 Charcoal	9.3	1.3	0.278	
	4.3	1.0		
	3.5	0.76		
ゴム Rubber	3.3	6.0	0.999	
石炭 Coal	3.4	1.19	1.24	
砂 Sand	1.06	1.9	2.61	
	17.9	10.0		
	15.4	10.0		
カラマツ Japanese larch	12.5	3.5	0.390	
	8.4	4.2		
	6.4	3.1		
	5.2	3.3		
	3.0	3.4		
	2.5	3.1		
1.45	3.1			
1.1	3.5			
シラカシバ Birch	12.3	3.5	0.436	
	シナノキ Bass wood	15.8		10.0
	14.4	10.0		
トドマツ Fir	8.1	5.5	0.305	
	15.3	10.0		
	9.0	3.3		
ミズナラ Oak	2.82	1.44	0.326	
	16.8	10.0		
	13.1	10.0		
トドマツ樹皮 Bark of fir	8.5	5.0	0.646	
	28.2	10.0		
	15.5	10.0		
	7.7	5.0		
4.3	1.0	0.390		

*乾燥重量基準
 Based on oven-dry weight

$$F_{max} = H_{u,max} / t = 9.92 \times 10^{-6} N_r r S_r^{1/2} d_v^{1.3} L^{-2/3} [0.693 - (d_v/D_e)^n] \quad (4)$$

第1表には実験に用いた原料を、第2表には実験に用いた粉砕機を示した。第2図には、(4)式にもとずいて計算によって得られた最大処理能力と測定された最大処理能力との関係を示した。測定された最大処理能力は(4)式によって得られた計算値の約1.5倍を示しているが、(4)式によって衝撃型粉砕機の最大処理能力はほぼ推定できる。

記号

D_e : 原料のロジンラムラー粒度分布における粒度特性数 (mm)

d_v : 粉砕物のロジンラムラー粒度分布における50%粒径 (mm)

F_{max} : 最大処理能力 (kg/h)

$H_{u,max}$: 最大原料滞留量 (kg)

L : 粉砕室の長さ (m)

l : 粉砕ハンマーの回転方向の幅 (m)

n : 原料のロジンラムラー粒度分布における分布定数

N_r : 粉砕ハンマーの数

r : 粉砕ハンマー先端と回転軸までの距離 (m)

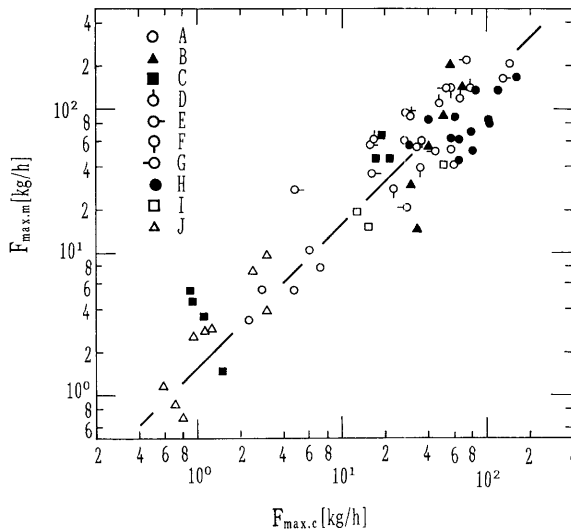
S_r : 目皿の開孔比 (%)

t : 原料の平均滞留時間 (hr)

ρ_d : 原料を外力を加えないで充填した場合のかさ密度 (kg/m³)

第2表 実験に用いた衝撃型粉砕機の仕様
Table 2. Specifications of hammer mills examined

Mill	Motor (kW)	Diameter (m)	Length, L (m)	Rotational speed, ω (rad/sec)	Distance, r (m)	Width, l (m)	Number of hammers, N_r	Open-size of screen (mm)	Opening area ratio of screen, S_r (%)		
A	1.5	0.20	0.080	157	0.08	0.075	2	10.0	38.2		
								5.3	45.0		
								1.4	13.9		
B	3.7	0.21	0.098	149	0.10	0.098	3	7.8	33.4		
								5.8	28.7		
								5.9	50.9		
C	0.75	0.10	0.960	120	0.05	0.096	3	0.9	18.2		
								10.0	41.7		
D	22	0.68	0.790	178	0.34	0.123	52	10.0	41.7		
										38	
										26	
										14	
										8	
E	22	0.68	0.790	178	0.34	0.123	52	6.0	38.0		
									25.0		
									17.2		
									10.8		
									5.0		
F	22	0.68	0.680	178	0.34	0.123	39	10.0	41.7		
			0.560								
			0.450								
			16								
G	22	0.68	0.123	84	0.34	0.123	52	10.0	41.7		
				126							
				210							
H	11	0.30	0.240	148	0.15	0.123	56	10.0	27.1		
				210							
				263							
				316							
I	18.5	0.62	0.110	755	0.31	0.110	26	0.4	6.0		
				520							
				351							
J	0.4	0.14	0.050	104	0.07	0.048	4	2.1	32.5		
								1.1	25.7		
								0.6	22.8		



第2図 測定した最大処理能力 $F_{max,m}$ と、計算によって求められた最大処理能力 $F_{max,c}$ との関係
 Fig.2. Relation between maximum crushing capacity measured $F_{max,m}$ and that calculated numerically $F_{max,c}$

注) アルファベットは第2表の粉砕機を示す。

Note) The alphabets in the figure show the crushers used in Table 2.

τ : 原料の粉砕特性時間 (hr)

ω : 粉砕ハンマーの回転角速度 (rad/s)

distribution diagram

N_r : number of hammers

r : distance from the top of hammer to the center of rotational axis of mill, m

LIST OF SYMBOLS

D_e : diameter of absolute size constant of Rosin-Rammler distribution of feed, mm

d_v : diameter at 50% diameter of Rosin - Rammler distribution of product, mm

F_{max} : maximum crushing capacity, kg/h

$H_{u,max}$: maximum hold-up in mill, kg

L : length of mill, m

l : width of hammer in the rotational direction, m

n : distribution constant of feed in Rosin - Rammler

S_r : opening area ratio of screen, %

t : mean residence time through mill, hr

ρ_b : bulk density of feed which was loosely packed, kg/m^3

τ : breakage characteristic time, hr

ω : rotational speed of hammer, rad/s

—技術部 機械科—

(原稿受理 平 4. 7.21)