

ВЪРХУ ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА НА ЧЕЛЮСТНИТЕ ТРОШАЧКИ С ПРОСТО ДВИЖЕНИЕ НА ПОДВИЖНАТА ЧЕЛЮСТ

Кристиян Цветков, Юлиян Димитров

Минно-геоложки университет "Св.Ив.Рилски", 1700 София, juldim@abv.bg, kho@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. В работата се разглежда влиянието на честотата на трептене на подвижната челюст на трощачката върху производителността. Взема се под внимание действието на гравитационните сили, силите на триене и тези от преносното движение в процеса на разтоварване на материала от зоната на трошене.

Направена е оценка за влиянието на различните фактори върху честотата на трептене на подвижната челюст и върху техническата производителност на трощачката.

ON THE CAPACITY OF JAW CRUSHER WITH SIMPLE MOVEMENT OF THE MOVABLE JAW

Kristian Tsvetkov, Julian Dimitrov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail juldim@abv.bg, kho@mgu.bg

ABSTRACT. The present paper examines the impact of the frequency of oscillation of the movable jaw crusher productivity. Take into account the effect of gravitational forces, frictional forces and those of the transmission traffic in the process of unloading the material from the crushing zone. An assessment of the impact of various factors on the oscillation frequency of the movable jaw and the crusher technical capacity.

Въведение

Производителността на челюстната трощачка е най-важният ѝ технологичен показател, с който тя участва в производствения процес при раздробяването на минералните суровини.

Челюстните трощачки с просто движение на подвижната челюст (система Блек) са най-старият тип машини за разтрошаване. Създадените първи кинематични схеми на тези трощачки са до такава степен сполучливи, че следващото усъвършенстване на конструкцията им практически не ги е променило. При разтрошаването на много здрави, силно абразивни и голямогабаритни късове с производителност на технологичната линия до 1000 t/h, челюстните трощачки с просто движение на подвижната челюст са практически без конкуренция. Трошенето на материала при тях се извършва в клиновидно вертикално пространство, образувано между подвижната и неподвижната челюст, което е отворено отгоре – за постъпване на материала, и отдолу – за разтоварването му. Движението на материала в зоната на трошене става под действие на собственото му тегло. Трептенето на подвижната челюст осъществява работния процес: при приближаването ѝ към неподвижната челюст се извършва разтрошаването на частичките, а при отдалечаването ѝ – разтоварването на готовия продукт.

Аналитични изследвания

Производителността Q на трощачката в плътни обемни единици зависи от броя на трептенията и хода на подвижната челюст и от геометричните параметри на трощачната камера. Пресмята се съгласно Цветков (2007) съгласно равенството

$$Q = k_1 k_p z \frac{(2b + s)sL}{2tg\alpha}, m^3 / s, \quad (1)$$

където:

b, s и L са геометрични размери на трощачната камера (фиг. 1а) m ;

α - ъгълът между двете челюсти, rad ;

s - ходът на подвижната челюст, m ;

k_p - коефициентът на разбухване на материала;

k_1 - коефициентът, отчитащ влиянието на съпротивителните сили върху движението на материала при разтоварването му от трощачката;

z - броят на люлеенията на подвижната челюст, s^{-1} .

При пресмятането на производителността на трощачката по формула 1 е прието, че материалът се разтоварва от трощачната камера съгласно закона (фиг 1а).

$$h = \frac{1}{2} g t^2, m, \quad (2)$$

където g , m/s^2 е земното ускорение, а h е височината на основата на разтоварената призма, m .

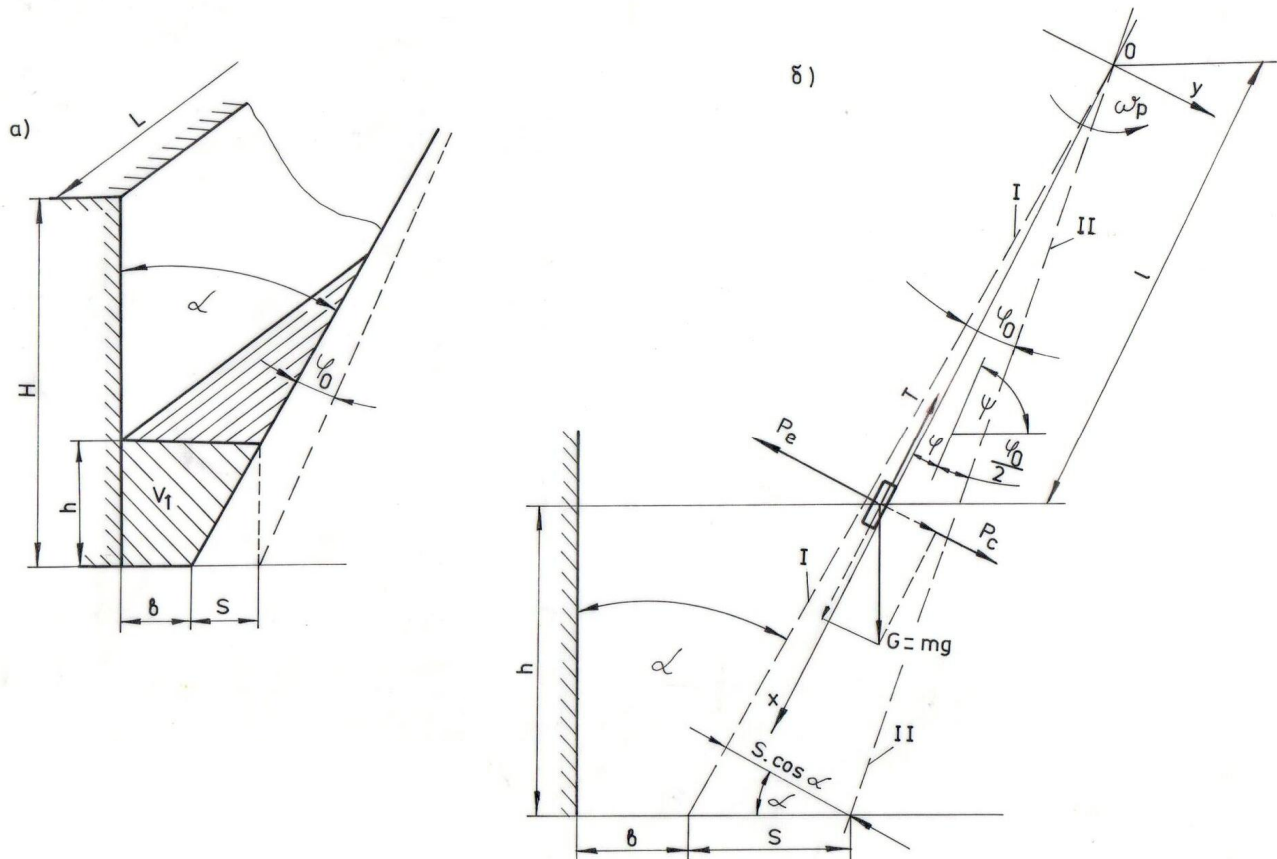
Разтоварването на разтрошения материал от работната камера на трошачката е възможно само по времето на обратния ход на подвижната челюст. При симетричен цикъл на движение това време ще бъде

$$Z = \frac{1}{2Z_T}, s' \quad (3)$$

където Z_T е теоретичният брой трептения на подвижната челюст, s^{-1} .

Счита се, че максималната производителност на машината би се получила тогава, когато времето за отдалечаване на подвижната челюст от неподвижната е равно на времето за изпадане на призмата от разтрошен материал от трошачната камера. В такъв случай, като се отчете, че $h = S/tg\alpha$, от формули 2 и 3 следва непосредствено формулата

$$Z_T = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{gtg\alpha}{2S}}, s^{-1}. \quad (4)$$



Фиг. 1. Схема за определяне честотата на трептене и производителността на челюстна трошачка с просто движение на подвижната челюст

Действителният брой на трептенията на подвижната челюст Z се приема по-малък. Предполага се, че причина за това е наличието на сили на триене между материала и подвижната челюст, по която той се плъзга при разтоварването си. Ако забавянето на броя на трептенията на подвижната челюст се отчете чрез коефициента $k < 1$, се получава

$$Z = kZ_T = \frac{1}{2} k \sqrt{\frac{gtg\alpha}{2S}}, s^{-1}. \quad (5)$$

В литературата се препоръчва k да се избира в диапазона $0,9 \geq k \geq 0,6$.

Тук следва да се отбележи, че не е очевидна априорността на твърдението, че максималната производителност на трошачката се получава при равенство на

времето за разтоварване на материала и времето за отдалечаване на подвижната челюст. Двата процеса се извършват по различни закони: разтоварването на материала става при постоянно ускорение, а движението на подвижната челюст при обратен ход – при ускорение, променливо по големина и посока. С оглед на това се налага едно по-детайлно разглеждане на реалното движение на материала в трошачното пространство в условията на предполагаемия оптимален режим.

Разглеждаме частичката като релативно движение върху трептящата равнина при наличието на сили на триене. С достатъчна за практиката точност може да се приеме, че трептеливото преносно движение на подвижната челюст се извършва по закона (фиг. 16)

$$\varphi = \frac{1}{2} \varphi_0 \sin \omega t, \quad (6)$$

$$\text{където: } \varphi_0 = \frac{s \cos \alpha}{l + h / \cos \alpha}; \quad (7)$$

$$\omega = 2\pi Z_T. \quad (8)$$

В такъв случай скоростта и ускорението на преносното движение ще бъдат съответно:

$$\left. \begin{aligned} \omega_p &= \dot{\varphi} = \frac{1}{2} \varphi_0 \cos \varphi t; \\ \varepsilon_p &= \ddot{\varphi} = -\frac{1}{2} \varphi_0 \omega^2 \sin \varphi t. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Законът на движение на частичката ще се определи от уравнението

$$m\ddot{x} = G \sin(\psi + \beta) - T. \quad (10)$$

$$\text{Като отчетем, че } \psi + \varphi \approx \frac{\pi}{2} - \alpha \text{ и } T = \mu N,$$

уравнение 10 добива вида

$$m\ddot{x} = G \cos \alpha - \mu N, \quad (11)$$

където N е нормална реакция между частичката и подвижната челюст.

За определянето на N е в сила равенството

$$N = G \sin \alpha - P_e + P_c, \quad (12)$$

където инерционните сили от преносното движение P_e и от кориолистовото ускорение P_c се определят съгласно изразите:

$$P_e = ma_p = ml\ddot{\varphi} = \frac{1}{2} ml\varphi_0 \omega^2 \sin \varphi t; \quad (13)$$

$$P_c = ma_c = 2m\omega_p v_r = m\varphi_0 \omega \dot{x} \cos \varphi t. \quad (14)$$

При съвместното решаване на уравнения 10-14 се получава

$$\ddot{x} = g(\cos \alpha - \mu \sin \alpha) - \mu\varphi_0(\dot{x}\omega \cos \varphi t - \frac{1}{2}\omega^2 \sin \varphi t). \quad (15)$$

Законът за движение на частичката се представя чрез уравнение 15 само когато реакцията $N > 0$. При $N < 0$ подвижната челюст се движи по закона на преносното движение (форм. 6), а частичката пада свободно. Тъй като свободното падане на частичката ѝ осигурява най-бързо разтоварване, то очевидно условието, при което $N \leq 0$, е по-благоприятно, т.е.

$$G \sin \alpha + P_c \leq P_e. \quad (16)$$

Или като вземем предвид формули (12, 13 и 14), получаваме

$$g \sin \alpha \leq \frac{1}{2} l \omega^2 \varphi_0 \sin \varphi t - \varphi_0 \dot{x} \omega \cos \varphi t. \quad (17)$$

Частичката получава възможност за движение когато подвижната челюст започва обратния си ход и силата на притискане на частичката между челюстите е нула. Тогава $\dot{x} = 0$, $\omega t = \pi/2$, а неравенството 17 добива вида

$$g \sin \alpha \leq \frac{1}{2} l \varphi_0 \omega^2. \quad (18)$$

Лявата част на формула 18 представлява проекцията на земното ускорение напречно на подвижната челюст, а дясната – проекцията на преносното ускорение в момента на започването на разтоварването на материала. Ако вземем отношенията между двете части на неравенство 18 и отчетем формули 4, 7 и 8, получаваме

$$k = \frac{l\varphi_0\omega^2}{2g \sin \alpha} = \frac{\pi^2 l}{4(l + h \cos \alpha)} \quad (19)$$

При челюстните трошачки $h / \cos \alpha < 0,1l$, следователно формула 19 ще добие вида

$$k \geq \frac{\pi^2}{4,4} \quad (20)$$

Анализ на получените резултати

Формула 20 показва, че в момента на започване на разтоварването на частичката ускорението от преносното движение е повече от 2 пъти по-голямо от съответната компонента на земното ускорение, т.е. още в началния момент на движението контактът между частичката и подвижната челюст е нарушен и частичката се намира в условията на свободно падане. Разстоянието между частичката и подвижната челюст ще расте докато скоростта на преносното движение остава по-голяма от съответната проекция на скоростта на свободно падащата частичка. За да настигне подвижната челюст, частичката трябва да измине пътя $s \cos \alpha$, движейки се с постоянно ускорение $g \sin \alpha$. Времето t_1 нужно на свободнопадащата частичка да измине горепосочения път, следва да се определи от равенството

$$s \cos \alpha = \frac{1}{2} g \sin \alpha t_1^2, \quad \text{откъдето за времето } t_1 \text{ се получава}$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{2s}{g \sin \alpha}} \quad (21)$$

За да може подвижната челюст да извърши трептене с размах φ_0 , при честота Z_T , ще ѝ е нужно време

$$t_2 = \frac{1}{2Z_T},$$

или като отчетем формула 4, получаваме

$$t_2 = \frac{1}{2Z_T} = \sqrt{\frac{2s}{gtg\alpha}} \quad (22)$$

Равенството на t_1 и t_2 показва, че частичката стига до подвижната челюст, когато напуска трошачното пространство. Това означава, че тя през цялото време на движението си през зоната с височина h пада свободно без триене върху подвижната челюст. Това доказва, че всяко намаляване на честотата на трептене на подвижната челюст с полупериод $t_1 < t_2$ ще доведе до контакт на челюстта с частичката преди последната да е напуснала трошачната камера, което би се отразило неблагоприятно на производителността на трошачката. Очевидно обосноваването на корекционния коефициент k (форм. 5), който се приема в границите $0,9 \geq k \geq 0,6$ поради триене на материала при разтоварване в подвижната челюст, не е логично.

Известно намаляване на действителния брой на трептене на подвижната челюст Z в сравнение с теоретичния Z_T може да се окаже необходимо по следните причини:

а) Разтоварването на материала не започва веднага след началото на обратния ход на подвижната челюст. Натовареният до смачване материал е еластично деформиран и съответно – напрегнат. За да изчезне напрежението в него, е необходимо определено преместване на подвижната челюст.

б) Възвратно-постъпателното движение на подвижната челюст поражда големи знакопроменливи инерционни сили. Особено при големите типоразмери трошачки с маса на подвижната челюст десетки тонове. Тези сили могат да натоварят опасно конструкцията на машината.

В този смисъл целесъобразно е коефициентът k да се приеме в диапазона

$$1,0 \geq k \geq 0,8. \quad (23)$$

За малките и средните типоразмери трошачки k следва да се избира равен или в близост до лявата граница, а за големите машини стойността на k следва да бъде по-близко до дясната граница.

В работата се разглежда главно влиянието на честотата на трептене на подвижната челюст на трошачката върху производителността. Отчита се влиянието на различните сили, действащи на частичките от разтрошавания материал, при движението им върху подвижната челюст. Взема се под внимание действието на гравитационните сили, силите на триене и тези от преносното движение в процеса на разтоварване на материала от зоната на трошене. Направена е оценка за влиянието на различните фактори върху честотата на трептене на подвижната челюст и върху техническата производителност на трошачката.

Литература

- Алехин, А. Г., И. Л. Водольянов и Б. В. Клушанцев. Влияние кинематики щековой дробилки на срок службы и характер износа дробящих плит. Строительные и дорожные машины №10, 1971.
- Андреев, С.Е., В. В. Зверевич и В. А. Перов. Дробление измельчение и грохочение полезных ископаемых. Недра, М. 1980.
- Рыжиков, Р.К. Расчет пропускной способности дробилки крупного дробления. Строительные и дорожные машины № 6 1977.
- Цветков, Х. К. , Кинематични особености на челюстни трошачки със сложно движение на подвижната челюст. Годишник на ВМГИ, т. XXV, св. 1 (1978-1979).
- Цветков, К.Х. Видове конструкции и технологично пресмятане на челюстни и конусни трошачки. С. 2007.
- Цветков, К.Х., Обогащителни машини. Техника, С. 1988.
- Чешанков, Б. И. и Х. К. Цветков. Някои особености при задвижването на челюстни трошачки с просто движение на подвижната челюст. Машиностроене № 1, С. 1980.
- Höffe, K. Zerkleinerungs – und Klassiermaschinen Leipzig, 1985.