

КРИТЕРИИ ЗА ИЗБОР НА РАЗДРОБЯВАЩА МАШИНА

Малина Вацкичева, Ирена Григорова

Минно-геоложки университет „Св.Иван Рилски“, 1700 София, E-mail: malina_vatz@abv.bg

РЕЗЮМЕ. Статията е посветена на критериите за избор на раздробяваща машина като основна машина при рециклирането на техногенни и строителни отпадъци. Разгледани са съществуващите критерии за избор на машини за раздробяване на бетони, армирани бетони, гума, пластмаса и дърво, т.е. на материали с якостни показатели, вариращи в широк диапазон. Направени са препоръки и насоки за бъдеща работа.

Ключови думи: шредирание, техногенни и строителни отпадъци, мощност на задвижване, многоцелеви шредери.

SELECTION CRITERIA FOR CRUSHING MASHINE

Malina Vatskicheva, Irena Grigorova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: www.malina_vatz@abv.bg

ABSTRACT. The article is devoted to the selection of criteria for the grinding machine as the main equipment for recycling of technogenic and construction waste. It discusses existing criteria for selection of machines for crushing concrete, reinforced concrete, rubber, plastic and wood, i.e. materials with strength characteristics, varying within a wide range. Recommendations are made and directions for future work.

Key words: shredding, technogenic and construction waste, power-driven, multi-purpose shredder.

Въведение

Глобалната икономика насърчава изграждането на промишлени производства, които в най-висока степен да оползотворяват материалните и енергийни ресурси. През последните десетилетия въвеждането на нови, често авангардни и иновативни, технологии за намаляване на суровинните и икономически разходи на предприятията са от съществено значение за ефективното управление. Наред с това индустриалните производства изискват суровини от минерален произход, отговарящи на специфични характеристики. Откриването им в природна среда постепенно се превръща в непосилна задача, а добивът им в промишлени условия води до отделяне на значителни количества отпадни продукти, висок разход на вода и енергия.

Ето защо част от производствата се насочва не само към редуциране на количествата, но и рециклиране на отпадните продукти и включване на вече рециклирани суровини в технологичния процес. Така се регулира генерирането на твърди отпадъци и съществено се редуцира консумацията на изкопаеми минерални суровини.

Употребата на рециклирани или отпадни продукти, които заместват природните минерални форми като изходни за направата на материали с приложимост в практиката, значително облекчава замърсяването на околната среда. Към модела на устойчиво развитие се придържат редица

производства от строителната, минната и химическа промишленост.

Европейската и националната политика в областта на управлението на отпадъци предвиждат предприемането на мерки за увеличаване на рециклирането и оползотворяването им, във връзка с което от особено важно значение е изучаването и усъвършенстването на различните машини за раздробяване на разнообразните отпадъчни потоци.

Технологичната цел на раздробяването зависи от следващите го процеси и стадии на преработка или от целта на приложение на продуктите от раздробяването.

Формата на зърната, освен за моделите и законите на раздробяването, от десетилетия е придобила голямо значение и във връзка с отговорността при якостта на бетоните и пътните конструкции.

Когато една суровина се подложи на раздробяване, съотношенията на разкриване се подобряват. Това включва и факта, че в даден колектив от фини зърна като правило разкриването е по-добро отколкото в по-груби. При раздробяването повърхностите на разрушаване би следвало да преминават през различните минерални фази (Мочев Д., И. Григорова, 2013).

До каква степен да се провежда раздробяването се определя от изискванията на процеса на обогатяване към зърнометричния състав.

Раздробяване се нарича процесът на намаляване на размера на различни по произход материали до желаня размер под действието на външни сили, а машините, използвани за тези цели – раздробяващи машини (шредери).

Раздробяването цели разделянето на твърдите тела на отделни късове. Това изисква преодоляване на силите на свързване във вътрешността на телата по повърхнини на разрушаване. За процесите на раздробяване в индустриален мащаб като правило е характерно, че се раздробяват не единични зърна, а множества (колективи) от зърна. Това важи както за материала, който се подава за раздробяване, така и за продуктите от раздробяването.

Раздробяването (шредирването) е първата стъпка при редуциране геометричните размери на материала при рециклирането.

Шредерите имат много широка област на приложение: от опасни и медицински отпадъци до гуми, от пластмаси дърво, текстил и хартия до метали, от строителни и битови отпадъци до електронен скрап.

Управлението на потоците от отпадъци е предизвикателство поради високата стойност на многобройните ръчни операции, големите транспортни разходи и негативното влияние върху околната среда.

Процесът се осъществява по следния начин (Вацкичева М., Вълков М., 2013): материалът се подава в захранващия бункер чрез конвейер, манипулатор или ръчно. Гравитацията увлича материала в камерата за шредирване. Възможно е да има хидравлично бутало, което автоматично да регулира натиска върху въртящия вал. Материалът се разкъсва и нарязва между стационарно закрепени върху вала ножове, които се въртят заедно с вала. Възможно е шредирването да продължи дотогава, докато материалът достигне размери, които ще осигурят преминаването му през пресевна решетка, която може да се разположи под вала. Тази пресевна решетка е предварително средство за сортиране до размер.

Възможно е допълнително редуциране на размера с подходящ подбор на други машини. В технологичния цикъл, поради разнородността на материалите, шредерите трябва да са с висока степен на гъвкавост и приложимост.

Шредерите се конфигурират съобразно всяко свое уникално приложение с избор на различни дебелини и брой на режещите зъби, диаметър на вала, дебелина на дистанционните втулки, мощност на задвижване, производителност. Технолозите могат да избират между едновалови, двувалови, тривалови, четиривалови, петвалови шредери, с различна степен на автоматизация и контрол на основните параметри, различно ниво на шум, различна скорост на въртене, захранване, степен на херметизация и др. (Абаджиев, Тонков, 2007).

Ножовете се изработват от специални стомани по специална технология. Така се гарантира изключителна твърдост, продължителност на работа и ниска себестойност на поддръжката.

Изборът на машина за раздробяване се определя от четири основни фактора (Вацкичева М., Вълков М., 2013):

- 1/ Вид на материала за редуциране.
- 2/ Размер на материала за шредирване.
- 3/ Производителност.
- 4/ Зърнометричен състав на крайния продукт.

Прецизирането на тези четири фактора определя най-добрия начин за конструиране, изработване и приложение на шредер.

Критерии за избор на раздробяваща машина

1. Вид на материала за раздробяване.

За техниката на раздробяване е особено важно различаването на разрушенията в макроскопски мащаб от тези, които произлизат от пластичната деформация. Овен това трябва да бъдат различавани крехки разрушавания и пластични разрушавания (разрушаване чрез срязване и приплъзване).

При крехкото разрушаване произлиза макроскопско разрушаване без деформация или с малка деформация, като разрушението настъпва още при напрежения, които са значително под границата на протичане. Започвайки от драскотини и пукнатини, в края на краищата се стига до бързо разпространение на пукнатините.

Пластичното разрушаване, обратно, настъпва едва след силна пластична деформация, затова то се означава като бавно нарастване на пукнатините.

При раздробяването непременно трябва да се стремим към крехкото разрушаване, тъй като то е технологично поизгодно и се осъществява с по-нисък енергиен разход. При повечето процеси на раздробяване на минерални суровини е налице крехко разрушаване. Дали ще настъпи или не крехко разрушаване при раздробяването, зависи от условията на натоварването (температура, скорост на натоварването, вид на напрегнатото състояние, удар, натиск). Затова трябва да се говори не за крехки материали, а за крехко поведение на материала.

Различаваме материали, които са склонни към крехко разрушаване и такива, които са склонни към пластично разрушаване. При повишаване на скоростта на натоварването времето не достига за необходимото придвижване на деформацията, за да се получи пластична деформация, от където следва, че е облагодетелствана крехката деформация (Мочев Д., И. Григорова, 2013). Този феномен важи и при намаляване на температурата.

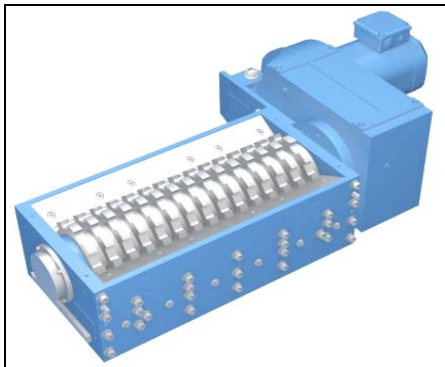
Съобразно физико-механичните свойства на раздробявания материал и неговите якостни характеристики се прави избор на типа на шредера:

- крехки материали – използват се шредери, работещи с удар и натиск;

- жилаво-пластични материали – използват се режещи едно-, дву- и четиривалови шредери;

Материалът за шредирание може да се раздробява като се рендосва (стърже) или като се реже.

За рендосване са подходящи едновалови шредери (Вацкичева М., Вълков М., 2013).



Фиг. 1. Едновалов шредер.

Те са раздробяващи машини с универсално приложение. Предназначени са за материали с голяма дебелина и съпротивление срещу разрушаване. Техните предимства в сравнение с другите типове шредери са: здрава и стабилна конструкция, дълъг експлоатационен живот.

Недостатък се явява ниската производителност, обусловена от бавната работна скорост.

При начин на раздробяване чрез разрязване, може да се избере: едновалов, двувалов или четиривалов шредер (Вацкичева М., Вълков М., 2013).



Фиг. 2. Едновалов шредер.

Едноваловите шредери се използват рядко за този вид раздробяване на материалите поради ниската им производителност. Най-често за този вид раздробяване на материалите се използват двувалови шредери, чийто представител е показан на фиг. 3.

Предимство на двуваловите е високата им производителност. Недостатъците са свързани с високата цена и високата себестойност на поддръжка на машините.

Двуваловите шредери реализират ефект на фактическа ножица, а четириваловите (фиг. 4) осигуряват по-голяма зона на рязане (Tavakoli H., Mohtasebi S., Jafari A., 2008).



Фиг. 3. Двувалов шредер.



Фиг. 4. Четиривалов шредер.

Четириваловите шредери, представени на фиг. 4, са оборудвани с работни валове, на които са монтирани режещи ножове-дискове. Двата горни вала са подаващи, а долните два – режещи. Съществуващите две двойки валове – подаващи и раздробяващи, оформят работна камера с конусовидна форма (Борщев В., 2004), (Tavakoli H., Mohtasebi S. and Jafari A., 2008).

Използването на четиривалови шредери има предимство при едновременно преработване на различни видове голямогабаритни и еластични материали, както и на материали, притежаващи свободен обем, например различни бидони, контейнери, цистерни.

Недостатъците им са свързани с високата цена и високата себестойност на поддръжката (Вацкичева, Вълков М., 2013).

2. Размер на материала за шредирание.

От размера на раздробявания материал зависят следните характеристики на шредера (Борщев В., Долгунин В., Кормильцин Г., Плотников А., 2000):

- габарити и форма на хранящия бункер;
- габарити на раздробяващата камера.

3. Производителност.

Производителността (Q) показва какво количество материал се обработва за единица време. Тя се определя по следната формула:

$$Q = n \cdot b \cdot d \cdot z \cdot q, \quad [t/h], \quad (1)$$

където:

- n – обороти на вала на раздробяващата камера, min⁻¹;
- b – брой валове;
- d – брой дискове върху един вал;
- z – брой зъби на един диск;
- q – обем материал, откъсван от един зъб, m³.

4. Зърнометричен състав на крайния продукт.

Размерът на частиците е решаващ фактор в голям брой производства. Влиянието на крайния продукт върху избора на шредер се заключава в следното: колкото размерът на крайния продукт е по-малък в сравнение с размера на изходния материал, толкова повече време и усилия трябва да бъдат изразходвани за раздробяване. За особено дребни фракции може да е необходим втори шредер, а понякога и цяла поточна линия, например линия за раздробяване до много фини фракции (прах) на автомобилни гуми. Изходната зърнометрия зависи от разстоянието между раздробяващите дискове (Абаджиев В., Г. Тонков, 2007), (Борщев В.Я., 2004).

Избор на раздробяваща машина

Постановка на задачата

Като илюстрация за прилагане на горепосочените критерии се разглежда пример за избор на шредер, предназначен за раздробяване на бетонни железопътни траверси при следните изходни данни:

- вид на материала – с голяма твърдост, но и с голяма крехкост - бетон;
- допустимо напрежение на натиск на разрушаваните елементи – $\sigma_n = 55 \text{ MPa}$, (Мочев Д., И. Григорова, 2013);
- габаритни размери на траверсите – 2600X200X250mm;
- производителност – 10t/h;
- изходна зърнометрия – (0 – 50)mm.

Решение

Съгласно критерий 1: тъй като материалът е крехък, ще се използват шредери, работещи на удар и натиск.

По критерий 2: приемният бункер и раздробяващата камера са с габаритни размери, съответстващи на габаритните размери на траверсите.

Съгласно критерии 3 и 4: От зададената производителност по формула (1) се пресмятат оборотите на вала (Борщев В., Долгунин В., Кормильцин Г., Плотников А., 2000), (Tavakoli H., Mohtasebi S. and Jafari A., 2008).

$$n_{\text{в}} = \frac{Q}{b \cdot d \cdot z \cdot q}, \quad [\text{min}^{-1}] \quad (2)$$

Конструктивно приемаме:

- брой дискове върху един вал: $d = 16$;
- брой зъби на един диск: $z = 3$;
- обем материал, откъсван от един зъб: $q = 69,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.

За едновалови шредери ($b = 1$):

$$n_{\text{в}} = \frac{10 \cdot 1000}{69,4 \cdot 16 \cdot 3 \cdot 69,4 \cdot 10^{-3}} = 50 \text{ min}^{-1}$$

За двувалови шредери ($b = 2$):

$$n_{\text{в}} = \frac{10 \cdot 1000}{69,4 \cdot 16 \cdot 3 \cdot 69,4 \cdot 10^{-3}} = 25 \text{ min}^{-1}$$

За четиривалови шредери ($b = 4$):

$$n_{\text{в}} = \frac{10 \cdot 1000}{69,4 \cdot 16 \cdot 3 \cdot 69,4 \cdot 10^{-3}} = 12,5 \text{ min}^{-1}$$

След пресмятане оборотите на валовете трябва да се изчисли въртящият момент ($M_{\text{в}}$), за да се установи необходимата мощност на задвижване на валовете (FAG Spherical roller bearings E1, 2011).

$$M_{\text{в}} = \sigma_n \cdot S_{\text{т}} \cdot \frac{D_{\text{т}}}{2} \cdot a, \quad [\text{N.m}], \quad (3)$$

където:

- σ_n – допустимо напрежение на натиск на разрушаваните елементи – $\sigma_n = 55 \text{ MPa}$;
- $S_{\text{т}}$ – максималната контактна площ на всеки разрушаващ зъб $\sim 20 \times 30 \text{ mm}$ или $6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$;
- $D_{\text{т}}$ – диаметър на режещите дискове 300mm (отстояние на зъбите от оста на вала);
- a – брой едновременно работещи зъби. На база на конструкцията на разрушаващите дискове е прието $a = 4$.

Заместваме стойностите във формула (3) и получаваме:

$$M_{\text{в}} = 19 \, 800 \text{ N.m}$$

Необходимата мощност $R_{\text{в}}$ за задвижване на всеки един от раздробяващите валове е определена на база на формулата:

$$R_{\text{в}} = \frac{M_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}}}{9554} \cdot \mu, \quad [\text{kW}], \quad (4)$$

където: μ е коефициент на сигурност: $\mu = (1,5 - 2)$, (FAG Spherical roller bearings E1, 2011).

При избор за $\mu = 2$ са получени следните резултати:

- за едновалов шредер - $R_{\text{в}} = 207,2 \text{ kW}$;
- за двувалов шредер - $R_{\text{в}} = 103,6 \text{ kW}$;
- за четиривалов шредер - $R_{\text{в}} = 49,5 \text{ kW}$.

Извод

Изборът на шредер за раздробяване на бетонни железопътни траверси, съобразно получените от изчисленията резултати, се извършва конструктивно и икономически. Важно значение има типът на използваните редуктори и задвижването им.

За задвижване на едновалов шредер, необходимата мощност трябва да се обезпечи от един редуктор. Той трябва да е с мощност $P_2 = 207,2 \text{ kW}$, което предполага големи размери и сложно задвижване.

За задвижване на всеки един от четирите вала на четиривалов шредер, необходимата мощност трябва да се обезпечи от четири редуктора. Те трябва да са с мощност $P_2 = 49,5 \text{ kW}$. За използваните четири редуктора са необходими четири задвижвания, което предполага сложна и скъпа конструкция.

Оптимално съчетание между конструктивни и икономически параметри е двуваловият шредер. За задвижване на всеки един от двата вала на този тип шредер са необходими два редуктора, всеки с мощност $P_2 = 103,6 \text{ kW}$. По-подробни изчисления за такъв тип шредер ще бъдат представени в следващи публикации. Двуваловите шредери са обект на бъдещи изследвания.

Заклучение

В резултат на извършената работа е направен анализ на принципа на работа, основните параметри на различните типове шредери, техните предимства и недостатъци, както и приложението им.

Предложен е шредер за раздробяване на бетонни железопътни траверси съобразно основните критерии за избор на раздробяваща машина.

Литература

- Абаджиев В., Г. Тонков, *Относно синтеза на технологични зъбни механизми за дезинтеграционни процеси*, С., Индустриален иновационен форум „Машини, технологии, материали '07", 2007, 123с.
- Вацкичева М., Вълков М., *Съществуващи конструкции на многоцелеви шредери и насоки за усъвършенстването им*, С., Годишник на МГУ, 2013, т. 56, св. 2, 55-59с.
- Мочев, Д., И. Григорова. *Зърнометрична подготовка на суровините*. С., Изд. къща МГУ „Св. Иван Рилски", 2013.
- Богданов В.С., Ильин А.С, Семикопенко И.А., *Процессы в производстве строительных материалов и изделий*, М., Машиностроение, 2007, 513с.
- Борщев В.Я., *Оборудование для измельчение материалов*, Тамбовского государственного технического университета, 2004, 75 с.
- Борщев В.Я., Долгуниев В.Н., Кормильцев Г.С., Плотников А.Н., *Техника переработки хрупкий материалов*, Тамбовского государственного технического университета, 2000, 40 с.
- Tavakoli H., Mohtasebi S.S. and Jafari A., *A Comparison of Mechanical Properties of Wheat and Barley Straw*, Engineering International: the CIGR Journal, Manuscript number CE12 002, 2008, Vol.10, pp.1-9.
- FAG Spherical roller bearings E1, Schaeffler Technologies GmbH&Co.KG, 2011.
- http://pragmat.ru/vibrat_sredder.htm, достъпен на 31.07.2015г.
- http://pragmat.ru/typy_srederov.htm, достъпен на 31.07.2015
- http://pragmat.ru/category/dvuhval_nie.htm, достъпен на 31.07.2015 г.

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „Обогатяване и рециклиране на суровини ”.