

Biomassza agglomerálási lehetőségei

Nagy Sándor, előkészítéstechnika-mérnök

Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

1. BEVEZETÉS

A fosszilis energiahordozó-készletek csökkenése, a légkörszennyezés okozta károk enyhítése szükségessé teszik a megújuló energiaforrások minél nagyobb mértékű bevonását az energiatermelésbe. Alternatív energiaforrások keresése Magyarország számára azért is kiemelten fontos, mert hazánk köztudottan szegény ásványi eredetű energiahordozókban. A megújuló energiaforrások tekintetében különösen a geotermikus energia és a biomassza terén Magyarország jelentős potenciállal rendelkezik, ugyanakkor ezeknek az energiahordozóknak a használata számos ok miatt csekély mértékben terjedt el. Mind a nap, a szél és mind a geotermikus energia és a biomassza hasznosítására a jelenleginél nagyobbak a lehetőségek, de Magyarországon a legjelentősebb alternatív energiaforrásként a biomassza jöhet szóba.

Az energetikai hasznosítás legegyszerűbb és energiahatékonyság szempontjából legkedvezőbb változata az eredeti, vagy ahhoz közeli formában lévő energetikai hasznosítás. Az agglomerálás fő célja a sűrűség növelése, amit a nyersanyag kis sűrűsége, valamint a tüzelőberendezések kialakítása indokol. Az agglomerátum forma (bála, pellet, brikett, stb.) által nyújtott előnyös tulajdonságok [1, 4, 5]:

- tárolási helyigény csökken,
- nincs szétosztályozódás (pl. szemcseméret szerint),
- rakodás feltételei javulnak (pl.: átáramlási ellenállás, kiporzás és veszteség csökken),
- tüztérbe jutás és az égés feltételeit előnyösen befolyásolja,
- fajlagos energiasűrűséget növeli (GJ/m^3),
- nedvességtartalomra kedvező hatással bír.

2. ALAPELVEK, KÖTÉSMECHANIZMUSOK

Biobrikett előállítás történhet szárított faanyagot feldolgozó üzemek por- és finomforgács hulladékaiból, szalmaőrleményből, továbbá előkészítést igénylő fűrészpor, fa- és kéreghulladékból, mezőgazdasági melléktermékekből, termesztett energianövényekből. Az agglomerálás során megfelelő szemcseméret-eloszlással rendelkező alapanyagból kell kiindulni, amit az esetek nagy részében aprítással kell biztosítani. Alapvető fontosságú a biomassza nedvességtartalma, melynek optimális értéke a berendezés típusától is függ. Mind a szakirodalmi adatok [1, 3, 6, 8], mind pedig a saját vizsgálatok szerint [9] a kívánatos nedvességtartalom általában 10...15 %, a szemcsefinomság $x_{max} < 10 \text{ mm}$. A biomassza brikettálását legtöbbször kötőanyag hozzáadása nélkül végzik. A présgépekben - megfelelő hatásidőn keresztül - rendszerint 800..1600 bar nyomás lép fel, az alapanyag meghatározott alakú agglomerátummá alakul. Az agglomerátum sűrűsége jellemzően 800...1400 kg/m^3 . A fajlagos préselési munka–brikettsűrűség összefüggés nem lineáris (nagyobb munka nagyobb sűrűséget eredményez, egy határon túl viszont a sűrűség már alig növekszik), azaz meg kell találni az optimális brikettsűrűséget a befektetett munka függvényében.

A tömörítés során fellépő kötésmechanizmusok:

- alaki ill. súrlódásos kapcsolatok: az ébredő nyomások, keletkező ill. bevitt hő (fűtőfej, túlnyomásos vízgőz) és a hatásidő következtében rugalmas és maradandó alakváltozást szenvednek a viszkoelasztikus tulajdonságokkal rendelkező biomasszában jelenlevő lignocellulózok,

- hő hatására (100 °C felett) pirolízises folyamat indul meg, amely bomlástermékei (pl.: glykozánok, terpentin, stb.) a kötést segítik, 200 °C-t meghaladó hőmérsékleten vízzel nem bontható vegyik kötések is kialakulhatnak.

3. AGGLOMERÁLÁS ELJÁRÁSAI

A biomasszák darabosítására különböző módszerek, és berendezések léteznek. A berendezések végtermékei méret vonatkozásában a 4..25 mm-es pelletektől, a rúdbriketteken át a 4 m³-es hengerbáláig terjednek. A legfontosabb berendezések kerülnek ismertetésre ebben a fejezetben.

Bálázás

Ezzel a módszerrel eredetileg a logisztikai tulajdonságok megkönnyítése volt a cél, ma már léteznek olyan speciális tüzelőberendezések ($P > 1 MW$), amelyekben elégethetők. Vékony szálú, kis hajlítószilárdságú anyagok (szalma, repceszár, len, energiafűvek, Miscantus, stb.) bálázhatók, ezeknél nem kell irreális energiaköltségekkel számolni (1. ábra). Alapvetően két módszer létezik:

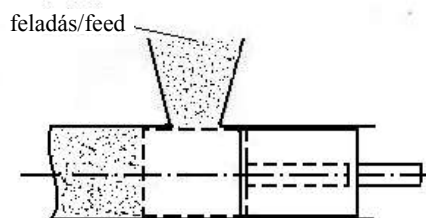
- sodrás (terméke a hengerbála (2,5-3,8 m²; 200-1000 kg)),
- bálaprés (terméke szögletes bála) [1, 2].

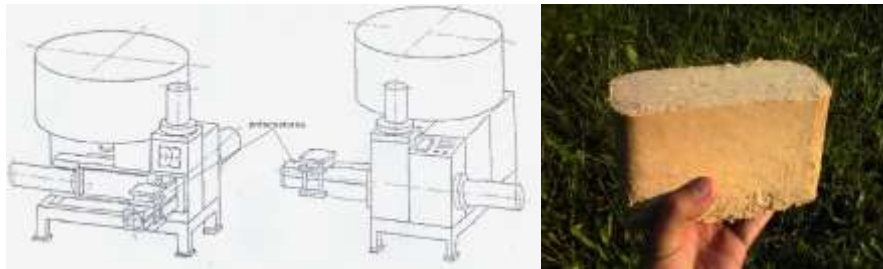


1. ábra: Bálázás, energiafű bála

Brikettálás dugattyús présekkel

Egydugattyús változatában (2. ábra) az anyagot több ütemben tömörítjük, préscsatornába juttatjuk be, ahol a dugattyú hossztengegyével párhuzamos irányú- illetve arra merőleges irányú préserők is felléphetnek. Az agglomerálás során fellépő alakváltozási és súrlódási munka egy része hővé alakul, egyes berendezéseken fűtő fejeket is alkalmaznak. A brikettálás fajlagos energiaszükséglete 40-80 kWh/t. A termék rúdbrikett, mely hajlító igénybevétel hatására a tömörítés irányára merőleges síkok (egy-egy löketkor préselt anyagmennyiségek határai) mentén könnyen törik. Két vagy háromirányú prések valódi brikettet állítanak elő (hasáb alakú). Egy vagy két irányból először előtömörítik, majd préscsatornába nyomják, ahol a végleges méretviszonyok kialakulnak. [1, 6]



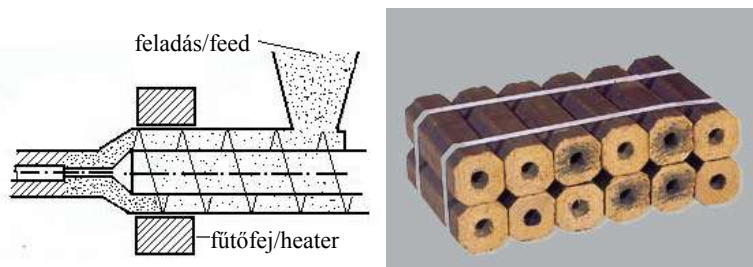


2. ábra: a) Egydugattyús prés és terméke, b) Többdugattyús prés és terméke

Csigás brikettálás

Nyomócsigás berendezés esetén a csiga folyamatos előtolással hozza létre a kompressziót és a kitolást. A csiga végén az előtömörített anyag egy kúpos előtömörítő csatornába, onnan a prés csatornába jut. A csiga prés csatorna felőli megtámasztása kúpos csapot alakítanak ki, amely magában a brikettben támaszkodik meg, így az előállított brikett a csapátmérőnek megfelelő lyukkal készül. A préserők ennél a géptípusnál is csökkenthetők hevítéssel. A brikettálás fajlagos energiaszükséglete $70-90 \text{ kWh/t}$.

Órlócsigás berendezés esetén a párhuzamos tengelyű egymásba illeszkedő csigák az alapanyagot aprítják és előre préselik. A présgép szektorokból épül fel, amelyek egyre kisebb menetemelkedésű csigákból állnak, ezért az őrlés a finomabb tartományokba tolódik el, és a présnyomás is nő a csiga hossz tengelyének mentén. A fellépő nagy hő hatására vízgőz távozik az anyagból, a burkolaton kialakított nyílásokon keresztül. Az utolsó szektorhoz prés csatorna, esetleg matrica csatlakozik. Megállapítható, hogy a berendezésben a betáplált alapanyag nedvessége és átlagos szemcsemérete is csökkenthető, így az átlagosnál jóval magasabb nedvességtartalmú, és szemcseméretű alapanyag is feladható rá. [1, 6]

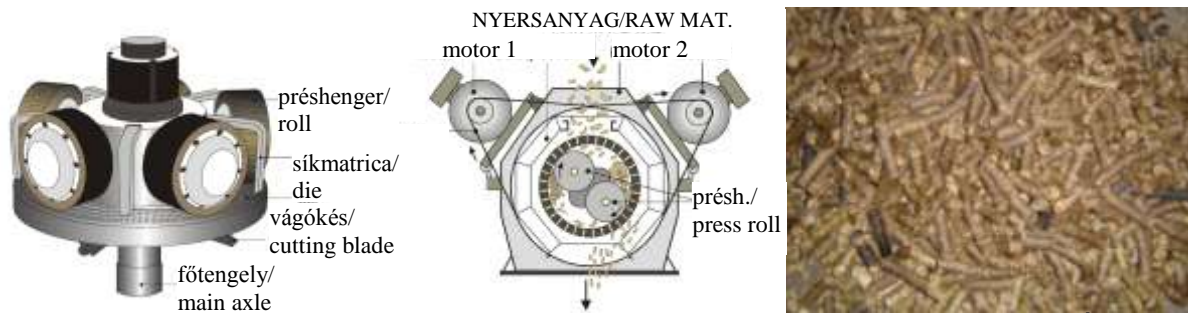


3. ábra: Csigás brikettáló és terméke [7]

Pelletálás

A biopelletgyártás eljárás technikai értelemben nyomással történő agglomerálás, brikettálás. Eredetileg takarmányok készítésére használták az eljárást (pl.: nyúltáp), manapság már a biopelletgyártás is igen elterjedt, de (szilárd települési hulladékokból származó) másodtüzelőanyagok előállítására, filterporok, víztelenített iszapok, papír agglomerálására is használják. Különböző szabványok 10 ill. 25 mm -ben maximálják a pelletek átmérőjét. Nagy előnye, hogy automatikusan adagolható (csigás vagy cellás adagoló) kis hő-teljesítményű berendezésekbe is kedvező mérete miatt és jó hatásfokkal ég el.

Alapvetően két berendezés kialakítás létezik (4. ábra), a síkmatricás és a hengermatricás. A sík matrica vízszintesen helyezkedik el, a henger vagy csonka kúp alakú görgők a matrica felületén haladnak körbe, esetleg a matrica végez forgó mozgást a görgők alatt. Hengermatrica esetén a henger belsejében lévő görgők forogva végzik az anyag préselését.



4. ábra: a) Síkmatricás pelletáló [3], b) Hengermatricás pelletáló [3], c) a VERTIKÁL Zrt. polgárdi telephelyén gyártott biopellet [9]

A működés során az alapanyagot a matricára juttatjuk megfelelő rétegvastagságban. A rétegen áthaladó görgő (járókerék) az anyagot kis mértékben aprítja és matrica furatain átpréseli (nyomással történő agglomerálás). A furaton távozó folytonos pellethengert a szükséges távolságban forgókések vágják el.

A darabosítást alapvetően befolyásolják az anyagi tulajdonságok és a berendezésben kialakuló nyomás kapcsolata, a matrica lyukainak sűrűségi karakterisztikája, lyukhossz és lyukátmérő, a nyersanyagágy vastagsága a matricán, préselés frekvenciája ill. görgők kerületi sebessége, a berendezés anyagának tulajdonságai [3]. A késztermék forgalmazható ömlesztve, big-bagben, vagy kis zsákokban kiszerveelve.

A Miskolci Egyetem NYKE Intézete és a VERTIKÁL Zrt. szilárd települési hulladékok hasznosítására irányuló projektjének keretén belül a Polgárdiban (VERTIKÁL Zrt.) telepített síkmatricás brikettáló géppel szilárd települési, valamint mezőgazdasági hulladékok (4/c ábra) agglomerálásával kapcsolatos kísérleti vizsgálatok folynak, erről e lap egy későbbi számában számolunk be.

4. BRIKETTEK MINŐSÍTÉSE

A kész brikettek, pelletek minősítésére országonként eltérő szabványok léteznek (1. táblázat), egyes szabványok (pl. svéd SS189120 ill. 123) több minőségi kategóriát is felállítanak. A szabványok vizsgálják [8] a termékek geometriai méreteit (átmérő, hossz), mechanikai tulajdonságait (sűrűség, morzsolódás), és tüzeléstechnikai jellemzőit (fűtőérték/égéshő, nedvességtartalom, hamutartalom, kén- nitrogén és klórtartalom). A mechanikai tulajdonságok vizsgálata alapvetően két csoportra bontható, az egyik szerint meghatározott geometriai méretekkel rendelkező forgó dobban, illetve forgó kockában forgatnak meg adott tömegű anyagot (fordulatszám rögzített), a másik szerint zárt csonka gúlában légáram segítségével ütköztetik a pelleteket. A morzsolódás értéke a teszt után adott lyukbőségű szitán (általában 3,15 mm) áthulló termék tömeghányada lesz.

1. táblázat: Szabványok pelletek minősítésére [10]

	Svédország SS189120			Ausztria	Németország	
	Osztály I.	Osztály II.	Osztály III.	Ö-Norm M7135	DIN 51731	DIN Plus
Átmérő (D), mm	≤25	≤25	≤25	4-10	4-10	4-10
Hossz, mm	≤4×D	≤5×D	≤6×D	≤5×D	≤50	≤5×D
Sűrűség, kg/dm ³	≥0,6*	≥0,5*	≥0,5*	≥1,12	≥1-1,4	≥1,12
Nedvességtart., %	≤10	≤10	≤12	≤10	≤12	≤10
Morzsolódás, %	≤0,8	≤1,5	≤1,5	≤2	-	≤2,3
Hamutart., %	≤0,7	≤1,5	≤1,5	≤0,5	≤1,5	≤0,5
Égéshő, MJ/kg	≥16,9	≥16,9	≥15,1	≥18	15,5-19,5	≥18
Kéntartalom, %	≤0,08	≤0,08	-	≤0,04	≤0,08	≤0,04
Nitrogéntart., %	-	-	-	≤0,3	≤0,3	≤0,3

Klórtartalom, %	≤0,02	≤0,02	-	≤0,02	≤0,03	≤0,02
-----------------	-------	-------	---	-------	-------	-------

* - halmazsűrűség

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Bai Attila: A biomassza felhasználása; Szaktudás Kiadó Ház, 2002
- [2] Kacz K.-Neményi M.: Megújuló energiaforrások; Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, 1998
- [3] Technical Research Centre of Finland: Wood pellets in Finland – Technology, economy and market; OPET Report 5, 2002
- [4] Stuessi: Mechanische Verfahrenstechnik 2.; Springer Lehrbuch, 1993
- [5] Dr. Csöke Barnabás: Előkészítéstechnika, Egyetemi jegyzet, ME-NYKE
- [6] Dr. Barótfi István: Energiagazdálkodási kézikönyv 9.; Energia Központ Kht. és a Gazdasági Minisztérium (1998)
- [7] Therm-s Tüzeléstechnikai Kft honlapja: www.therm-s.hu
- [8] M. Temmerman et. al.: Comparative study of durability test methods for pellets and briquettes, Biomass and Bioenergy 30 (2006) p.: 964–972
- [9] Miskolci Egyetem – Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet: Brikettálási Kísérletek, Zárójelentés, 2008
- [10] Ivelics Ramon: Biotömörítvények (brikett, pellet) előállítása, tulajdonságai és nemzetközi szabványosítási rendszerük, Előadás, Gödöllő, 2006.

Agglomeration opportunities of biomass

Sándor Nagy, Preparation Technology Engineer

University of Miskolc, Institute of Raw Material Preparation and Environmental Processes

4. INTRODUCTION

The diminution of fossil energy resource inventories and the mitigation of damages caused by atmospheric pollution require that renewable energy resources are involved in energy generation as much as possible. The search for alternative energy resources is of vital importance for Hungary, also because – as it is generally known – our country is poor in energy resources of mineral origin. Hungary has a significant potential of renewable energy resources with special regard to geothermal energy and biomass; at the same time the utilisation of these energy carriers is negligible for several reasons. There are more opportunities for solar, wind and geothermal energy as well as biomass than presently utilised; however the most significant alternative energy resource that can come into question in Hungary is biomass.

The simplest, and from the point of energy efficiency most favourable alternative for power generation is its utilisation in the original, or close to original form. The main purpose of agglomeration is to increase density which is justified by the small density of the raw material and the design of fuelling equipment. Advantageous properties provided by the shape of the agglomerate (bale, pellet, briquette, etc.) [1, 4, 5]:

- reduced space requirement for storage,
- no self-separation (e.g. by grain size),
- loading conditions improve (e.g. through flow resistance, dusting out and loss decreases),
- positively influences the conditions of getting into the combustion chamber and combustion itself,
- increases specific energy density (GJ/m^3),
- has a favourable effect on moisture content.

5. BASIC PRINCIPLES, BONDING MECHANISMS

Biobriquette can be produced from the dust and fine chips waste of dried wood processing plants, from ground straw, and from sawdust, wood and cortex waste requiring further preparation, from agricultural by-products, and cultivated energy plants. For agglomeration the raw material should have an appropriate grain size distribution which in most cases requires crushing. The moisture content of biomass is crucial; its optimal value depends – among others – also on the type of the equipment. Based both on data of the technical literature [1, 3, 6, 8] and on our own investigations [9] the desired moisture content is generally 10...15%, and grain size $x_{\max} < 10 \text{ mm}$. Biomass briquetting is mostly done without adding binding material. Normally there is a pressure of 800...1600 *bar* in the presses (for an adequate impact period) and the base material is turned into an agglomerate of specified shape. The density of the agglomerate is typically 800...1400 kg/m^3 . The specific pressing work – briquette density correlation is non-linear (more work results in higher density, but density hardly increases further above a certain limit) i.e. the optimum briquette density in function of work performed has to be found.

Binding mechanisms arising during compression:

- form and friction connections: due to pressures arising, heat intake or heat arising (heater, positive pressure water vapour) and the impact period lignocellulose present in biomasses having viscoelastic properties suffer flexible and irreversible deformation,

- upon the effect of heat (above 100°C) a pyrolysis process starts and its decomposition products (e.g. glycosane, turpentine, etc.) help bonding. Chemical bonds that cannot be decomposed with water may be formed on temperatures exceeding 200°C .

6. AGGLOMERATION PROCEDURES

There are different methods and equipment for cutting biomass. The end-products produced by the equipment range from 4...25 mm pellets through briquette rods to cylindrical bales of 4 m^3 . The most important equipments are described in this chapter.

Baling

Originally the purpose of using this method was to facilitate logistic features; special combustion equipment ($P > 1\text{ MW}$) are available these days for burning bales. Materials with thin fibres and low bending strength (straw, rape stem, flax, energy grasses, Miscanthus, etc.) can be baled without unrealistic energy cost consequences (Fig. 1). Basically there are two methods:

- rolling (the product is cylindrical bale ($2.5 - 3.8\text{ m}^2$; 200 - 1000 kg)),
- bale press (the product is rectangular bale) [1, 2].



Fig. 1: Baling, energy grass bales

Briquetting with piston presses

With the single-piston option (Fig. 2) the material is compressed in several phases, and put into a press channel where pressing forces parallel to the longitudinal axis of the piston as well as perpendicular to it can arise. Part of the deformation and friction work arising during agglomeration turns into heat; in some equipment heaters are also applied. The specific energy requirement of briquetting is 40-80 kWh/t. The product is briquette rod that – upon the effect of bending stress – breaks easily along the planes perpendicular to the direction of compression (the boundaries of material quantities pressed at one stroke). Presses with two or three directions produce real briquette (prismatic). The material is first pre-compressed from one or two directions, and then pressed into the press channel, where final dimensions are formed. [1, 6]

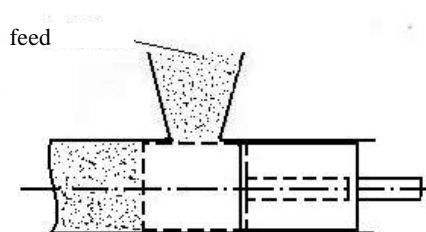




Fig. 2: a) Single-piston press and its product b) Multi-piston press and its product

Screw-press briquetting

In case of a screw-press the screw produces compression and pushing by continuous feed. The pre-compressed material gets into a conical pre-compression channel at the end of the screw, and from there to the press channel. A conical pin is supporting the screw from the pressing channel, resting on the briquette itself, therefore the briquette is produced with a hole equalling the pin diameter. Pressing forces can be reduced at this type of machine by heating. The specific energy requirement of briquetting is 70-90 kWh/t.

In case of crushing screw-presses the parallel shaft engaging screws crush the raw material and pre-compress it. The press is built of sectors consisting of lower and lower pitch screws, therefore crushing is more and more fine and pressing force also increases along the longitudinal axis of the screw. Because of the big heat generated, water vapour is discharged from the material through the openings on the cover. A press channel or an incidental die is connected to the last sector. It can be stated that both the moisture content and the average grain size of the base material fed into the equipment can be reduced, therefore base materials with a much higher than average moisture content and grain size can be used. [1, 6]

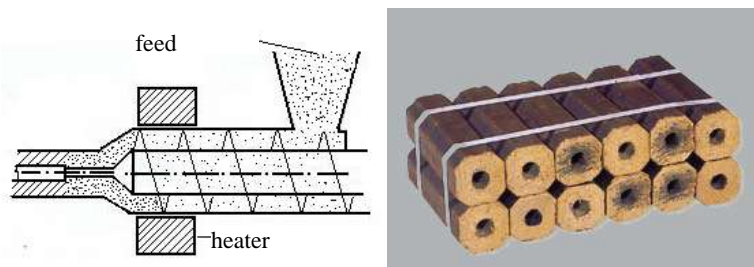


Fig. 3: Screw-type briquetting equipment and its product [7]

Pelleting

From a process point biopellet producing is agglomeration and briquetting under pressure. Originally the process was used to produce fodder/nutrient (e.g. for rabbits). However, producing biopellet is very widespread these days and the process is also used to produce secondary fuels (from municipal solid waste) and to agglomerate filter powders, dehydrated sludge and paper. Pellet diameter is maximised by different standards in 10 or 25 mm. Its big advantage is that – due to its favourable dimensions – it can automatically be fed (screw-type or cell feeder) into equipment with low heat performance and its combustion is highly efficient.

Basically there are two equipment designs (Fig 4): flat die and cylindrical die. The flat die is horizontal and the cylindrical or cone-frustum type rollers move around the surface of the die, or incidentally the die performs a rotary movement underneath the rollers. In case of cylindrical die the rollers inside the cylinder rotate and press the material.

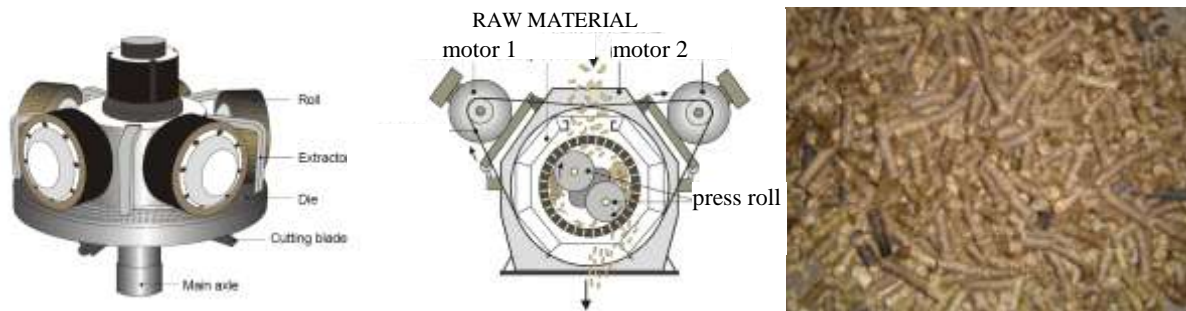


Fig.4: a) Flat die pelleting [3], b) Cylindrical die pelleting [3], c) biopellet produced by VERTIKÁL Zrt. in its site in Polgárdi [9]

During operation the base material is put on the die in an appropriate layer thickness. The roller (impeller) moving through the layer crushes the material to some extent, and presses through the bores of the die (agglomeration by pressing). Rotary blades cut the continuous pellet cylinder discharged through the bore in the required distance.

The relation between material properties and the pressure generated in the equipment, friction characteristics, bore length and diameter, thickness of the raw material bed on the die, the frequency of pressing, peripheral speed and the properties of the material the equipment is made of fundamentally influence crushing [3]. The finished product can be distributed in bulk, in big-bags or in small bags.

Within the frame of the project of the Institute of the University of Miskolc and VERTIKÁL Zrt., aiming the recovery of solid communal waste, experimental investigations are carried out related to the agglomeration of solid communal and agricultural waste (Fig. 4/c) using an installed flat die briquetting machine. We will report on these experiments in a later issue of the journal.

4. CLASSIFICATION OF BRIQUETTES

For the classification of completed briquettes and pellets there are standards different from each other country by country (Table 1). Certain standards even set several quality categories (e.g. Swedish SS189120 and 123). The standards examine [8] the geometric dimensions of the products (diameter, length), mechanical properties (density, crumbling) and combustion technology characteristics (calorific value/combustion heat, moisture content, ash content, sulphur, nitrogen and chlorine content). The investigation of mechanical properties can basically be split into two groups; according to one of them a given weight of material is rotated in a rotary drum or rotary cube with specified geometric dimensions (fixed revolution); according to the other pellets are collided in a closed truncated pyramid by air flow. The rate of crumbling is the weight ratio of products falling through a sieve with given meshes (normally 3.15 mm) after the test.

Table 1: Standards for pellet classification [10]

	Sweden SS189120			Austria	Germany	
	Class I	Class II	Class III	Ö-Norm M7135	DIN 51731	DIN Plus
Diameter (D), mm	≤25	≤25	≤25	4-10	4-10	4-10
Length, mm	≤4×D	≤5×D	≤6×D	≤5×D	≤50	≤5×D
Density, kg/dm ³	≥0.6*	≥0.5*	≥0.5*	≥1.12	≥1-1.4	≥1.12
Moisture content, %	≤10	≤10	≤12	≤10	≤12	≤10
Crumbing, %	≤0.8	≤1.5	≤1.5	≤2	-	≤2.3
Ash content, %	≤0.7	≤1.5	≤1.5	≤0.5	≤1.5	≤0.5
Combustion heat, MJ/kg	≥16.9	≥16.9	≥15.1	≥18	15,5-19,5	≥18
Sulphur content, %	≤0.08	≤0.08	-	≤0.04	≤0.08	≤0.04
Nitrogen content, %	-	-	-	≤0.3	≤0.3	≤0.3
Chlorine content, %	≤0.02	≤0.02	-	≤0.02	≤0.03	≤0.02

* - agglomeration density

REFERENCES

- [1] Dr. Bai, Attila: Use of biomass; Szaktudás Kiadó Ház, 2002
- [2] Kacz, K.-Neményi, M.: Renewable energy resources; Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, 1998
- [3] Technical Research Centre of Finland: Wood pellets in Finland – Technology, economy and market; OPET Report 5, 2002
- [4] Stiess: Mechanische Verfahrenstechnik 2.; Springer Lehrbuch, 1993
- [5] Dr. Csőke, Barnabás: Preparation technology, university lecture note, ME-NYKE
- [6] Dr. Barótfi, István: Power management manual 9.; Energia Központ Kht. and Ministry of Economy (1998)
- [7] Webpage of Therm-s Combustion Technology Ltd.: www.therm-s.hu
- [8] M. Temmerman et. all.: Comparative study of durability test methods for pellets and briquettes, Biomass and Bioenergy 30 (2006) p.: 964–972
- [9] University of Miskolc, Institute of Raw Material Preparation and Environmental Procedures Technologies: Briquetting experiments, Final report, 2008
- [10] Ivelics Ramon: The preparation, properties and international standardisation system of bio-agglomerations (briquette, pellet), Presentation, Gödöllő, 2006