ERDŐGAZDASÁGI-FAIPARI HULLADÉKOK BRIKETTÁLÁSÁNAK MŰSZAKI-ENERGETIKAI PROBLÉMÁI

DR. MAROSVÖLGYI BÉLA—DR. HORVÁTH BÉLA

A hazai energiaracionalizálási programban újabban fontos szerepet szánnak az alternatív energiahordozóknak, melyek között a fa is megtalálható. A fában kémiailag kötött energia

— közvetlen eltüzeléssel,
— aprítéktüzeléssel,
— vegyi transzormációkat követő és
— pirolízises gázosítással,
— brikettálást követő tüzeléssel

hasznosítható. A felsoroltak közül még hosszú ideig a közvetlen eltüzelés lesz a meghatározó, bár terjedőben vannak az aprítéktüzelő fűtőművek, és az új, de nem olcsó, és meglehetősen energiaigényes eljárás, a fabrikettálás.

A fa brikettálásának vizsgálatát az indokolja, hogy a VII. ötéves tervben — annak végén — a tervek szerint évente 500 000 t/év biobrikett előállításával számol a népgazdaság, amelyből 140 000 t/év a fagazdasági ágazat hulladékaiból kerül ki (l. táblázat). A téma problémái három fő csoportba sorolhatók, melyek a következők:

1. az alapanyagbázis mennyiségi és minőségi jellemzői, annak területi eloszlása, a termelésbe vonhatóság erdészettechnikai és -technológiai jellemzői;
2. a brikett-termelés, az értékesítés és a felhasználás teljes folyamatának mikro- és makroökonómiai jellemzői;
3. a fabrikett-termelés műszaki—technológiai—energetikai problémái.

A felsoroltak közül itt a műszaki—energetikai problémákkal és az azokkal összefüggő kérdésekkel foglalkozunk. A témát csak a termék — présgép— alapanyag kapcsolatrendszerben lehet érdemben vizsgálni. A termék a fabrikett, amely akkor megfelelő, ha

Fabázisú energiahordozók felhasználása Magyarországon
(tény- és tervadatok)

Megnevezés		1980 m3 x10³	1980 t	1990 m3 x10³	1990 t
Energiacélú apríték		—	—	—	550
Egységes tüzifa		2153	1507	2060	1442
Vékony tüzifa		323	226	390	273
Fafeldolgozási hulladék	lakossági	273	191	310	297
	üzemi	—	x	—	100
Tuskó, gyökér		—	—	—	72
Fabrikett		—	—	—	140
Számított értékek	összesen	2749	1924	x	2749
	arány %	x	100	x	145,2
	olaj-egyenérték (kt)	x	641,3		928,0

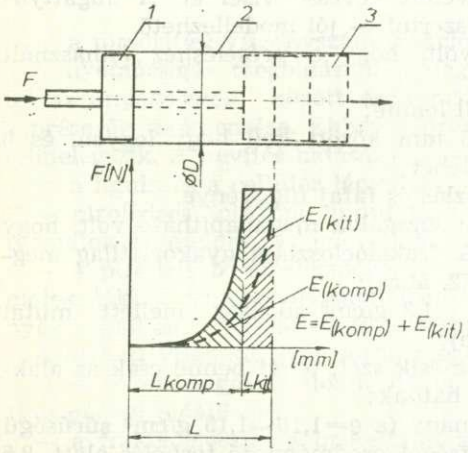
— nagy fűtőértékű (18 . . . 18,5 MJ/kg),
— kis nedvességtartalmú (8 . . . 14 %),
— kis hamutartalmú (0,8 . . .7,5 %),
— nagy energiasűrűségű (22 . . .24 MJ/dm³),
— közepes árfekvésű (70 . . . 75 Ft/GJ) és
— lakossági igényeket kielégítő

tüzelőanyag. A fabrikett előállítása az egyéb anyagok brikettálására használt gépekkel történhet. A gyártás alapelve, hogy

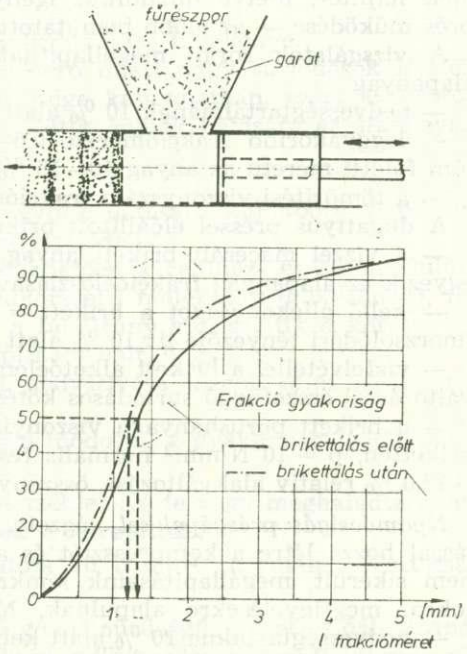
— a brikettálandó alapanyagot mechanikai úton apró részekre bontják;
— a présgépben fellépő 800 . . .1600 bar nyomás, a hő, és a túlnyomásos vízgőz hatására megfelelő hatásidő alatt a farészecskék kapcsolatba kerülnek egymással, miközben
— az alapanyag térfogata jelentősen csökken (tömörítési viszonyszám 1:4 . . . 1:8);
— a térfogati sűrűség jelentősen nő, meghaladja a természetes fa térfogati sűrűségét (ϱ=1.00 . . . 1,50 [g/cm³] és
— az alapanyag — lehetőleg kötőanyag nélkül — a kívánt idomú briketté alakul.

A fa préselési folyamata számos tényezőtől függ, ezek között igen fontosak az alapanyag jellemzői. Vizsgálatainkat a folyamat modellezésével kezdtük. Ehhez anyagvizsgáló (nyomó) gépre megfelelő adaptert készítettünk, és vele különböző szemcseeloszlású fűrészporokat préseltünk (1. ábra).

A vizsgálatok számos következtetésre adnak lehetőséget, ezek közül a legfontosabb a brikettálás energiaigénye. Fűrészpor préselése közben pl megállapítható volt, hogy a fajlagos energiaigény, fafaj, valamint brikettsűrűség függvénye és jellemző értéke



1. ábra. Fűrészpor brikettálásának modellezése. 1. dugattyú, 2. préshenger, 3. brikett (F: nyomóerő, L: kökethossz, D: hengerátmérő, $E_{(komp)}$): a komprimálás energiaigénye, $E_{(kit)}$: a kitolás energiaigénye, E: a brikettálás energiaigénye



2. ábra. Dugattyús brikettprés elve, és az anyag brikettálás előtti és utáni frakcióeloszlása.

A fafaj esetében

$$E^{(A)}_{br} = 137 + \Delta\varrho \cdot 157{,}50 \text{ [MJ/t]},$$

EF fafaj esetében

$$E^{(EF)}_{br} = 117 + \Delta\varrho \cdot 157{,}50 \text{ [MJ/t]},$$

ahol $\Delta\varrho = \varrho - 1$, és

ϱ [g/cm^3] a brikett sűrűsége

A mérési eredmények szerint kevert fűrészpor esetében $\varrho = 1$ g/cm^3 értéknél és 1 t/h anyagáram mellett 32,5 ... 38,05 kW hajtóteljesítmény szükséges. Ez a számított érték jól egybeesett a dugattyús présgépeknél műszeresen mért hatásos teljesítményfelvétellel, és a kötőanyag nélküli brikettálás minimális energiaigényének tekinthető.

A továbbiakban üzemi présgépekkel végeztünk vizsgálatokat. A biobrikett üzemi előállítására többek között görgős (Koller stb.), dugattyús és csigás présgépeket fejlesztettek ki. Hazánkban dugattyús és csigás présgépek használatosak. Ezek vizsgálata közben megállapítottuk, hogy a csigás megoldások között a működési elvet és a hatásmechanizmust tekintve egyaránt alapvető különbségek vannak, azért mi dugattyús, nyomócsigás és örlőcsigás présgépeket különböztetünk meg. Az ezekkel végzett vizsgálatok főbb megállapításai a következők.

A dugattyús brikettprések viszonylag egyszerű berendezések. Az alternáló mozgást végző dugattyú a munkaütemben kompressziót hoz létre, illetve elvégzi a brikett kitolását a préscsatornából. Működése tehát szakaszos, ami azt eredményezi, hogy a brikettben változó sűrűségű szakaszok találhatók, a termék hajlító-, illetve dinamikus igénybevételt kevéssé visel el. A dugattyús prés működése — az előbb bemutatottak szerint — jól modellezhető.

A vizsgálatok során megállapítható volt, hogy a préseléshez felhasznált alapanyag

— nedvességtartalmának 10 % alatt kell lennie;

— leggyakoribb frakciómérete 0,5—1,5 mm között kell hogy legyen, és 6 mm fölötti méretű az anyag 10—15 %-a lehet;

— a tömörítési viszonyszám frakcióeloszlás és fafaj függvénye.

A dugattyús préssel előállított brikettet vizsgálva megállapítható volt, hogy

— a vízzel macerált brikett anyagának frakcióeloszlása gyakorlatilag megegyezik az alapanyag frakcióeloszlásával (2. ábra);

— kellő állékonyságot a brikett = 1,2 ... 1,3 g/cm^3 sűrűség mellett mutat (morzsolódási tényezője itt 10 % alatt van);

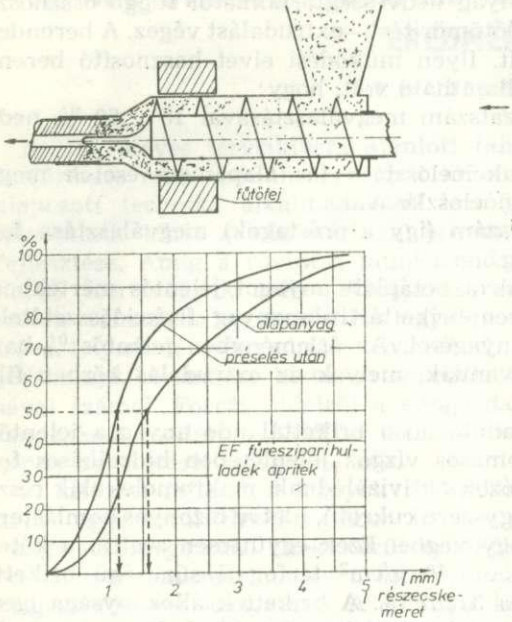
— vízfelvétellel a brikett alkotóelemeire esik szét, tehát benne csak az alakváltozással összefüggő surlódásos kötések hatnak;

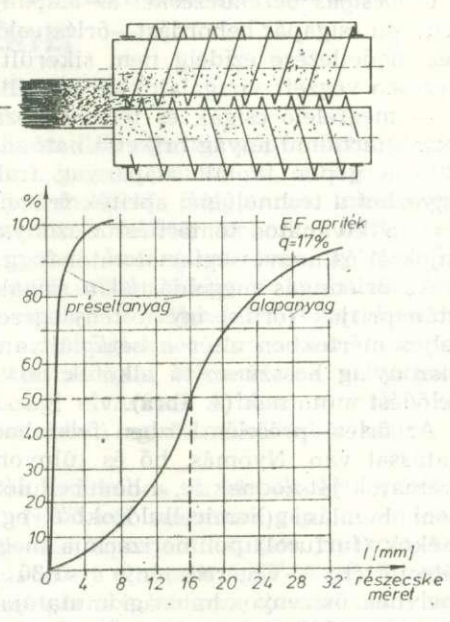
— a brikett pórushányada viszonylag nagy (a $\varrho = 1{,}10$—$1{,}15$ g/cm^3 sűrűségű briketten, p = 10 N/mm^2 normális feszültséget eredményező terhelés alatt, 8,5—12,0 % relatív alakváltozást, összenyomódást mértünk).

Nyomócsigás présgépekkel végzett brikettálásnál a csiga folyamatos előtolással hozza létre a kompressziót és a kitolást. A folyamat modellezése eddig nem sikerült, megállapításaink konkrét gépen és terméken végzett vizsgálatokra, megfigyelésekre alapulnak. Megállapítható volt, hogy az alapanyag

— nedvességtartalma 10 % alatt kell hogy legyen;

— leggyakoribb frakcióméret 1—2,5 mm között legyen, 8 mm fölötti méretet ne tartalmazzon;





3. ábra. Nyomócsigás brikettálás elve, és az anyag brikettálás előtti és utáni frakcióeloszlása.

4. ábra. Őrlőcsigás brikettprés elve, és az anyag brikettálás előtti és utáni frakcióeloszlása.

— a tömörítési viszonyszám frakcióeloszlás és fafaj függvénye.

A nyomócsigás megoldásnál a nagy préserő miatt nagy surlódások lépnek fel az anyagrészek között és a brikett—csiga kapcsolatban, ezért kívánatos a préserők csökkentése. Ehhez a présfejet fűtik, minek hatására az alapanyag felmelegszik. A hevítés hatására

— a lignin és a cellulóz lágyul;

— pirolízises folyamat indul meg, amelynek hatására különböző vegyi folyamatok kezdődnek, a hemicellulózok aktivizálódnak;

— a pirolízis bomlástermékei közül feltehetően a cellulóz- és hemicellulózmolekulákból feldarabolással létrejövő cukorszerű molekulák (glikozánok), fenyők esetében a felszabaduló terpentin, a fakátrány stb. segítik a kötést.

A brikett vizes kezelése során megállapítható volt, hogy

— a nyomócsigával előállított brikett nedvszívása kisebb mint a dugatytyús géppel előállított;

— a frakcióeloszlás a brikettálás közben módosul, a gyakorisági görbe eltolódik a kisebb méretek felé (3. ábra);

— a brikett azon részében, ahol a hőmérséklet elérte vagy meghaladta a 200 °C-t, vízzel nem bontható vegyi kötődések is létrejöttek;

— a brikett összenyomhatósági mutatója 10 N/mm^2 normális feszültség mellett 3...5 %;

— a hatásos energiafelvétel ϱ = 1,26 g/cm^3 sűrűségű brikett előállításánál hevítés nélkül 73,89 kWh/t, hevítéssel 90,56 kWh/t, illetve ϱ=1,0 [g/cm^3] sűrűségre redukálva 58,64/71,87 kWh/t.

Örlőcsigás berendezésnél az alapanyag nedvességtartalmától függő összhoszszúságú csigapár behordást—őrlést, előtömörítést—extrudálást végez. A berendezés modellezése ezideig nem sikerült. Ilyen működési elvet hasznosító berendezésen végzett vizsgálatokkal megállapítható volt, hogy:

— megfelelő csigák és termofokozatszám megválasztásával 15...60 % nedvességtartalmú anyag brikettálható;

— a gépbe táplált alapanyag frakcióeloszlása fás alapanyag esetén megegyezhet a technológiai apríték frakcióeloszlásával;

— a kívánatos tömörítési viszonyszám (így a préstagok) megválasztása fafajoktól és nedvességtartalomtól függ.

Az örlőcsigás megoldásnál a csigák a betáplált anyagot jelentős mértékben utánaprítják (őrlik) így a ténylegesen brikettált alapanyag frakcióösszetétele teljes mértékben eltér a betáplált anyagétól. Az őrleményben jelentős %-ban viszonylag hosszú rostú alkotók is vannak, melyek az extrudálás közben filcelődést mutatnak (4. ábra).

Az őrlés—préselés közben felszabaduló hő a brikettálandó anyagra jelentős hatással van. Nyomás, hő és túlnyomásos vízgőz jelenlétében hidrolízises folyamatok játszódnak le, a hemicellulózok aktivizálódnak, makromolekulák részbeni bomlása (hemicellulózokból egyszerű cukrok), illetve bizonyos bomlástermékek (furfurol) polimerizációja megy végbe. Ezek együttesen segítik a kötés létrejöttét. A végeredmény ϱ=1,30...1,40 g/cm^3 térfogati sűrűségű brikett, melynek összenyomhatósági mutatója 3...7 %. A brikettek állékonysága igen jó (morzsolódási mutató 3 % alatt), nedvszívóképessége kicsi. Nagy hemicellulóz tartalmú KTT, illetve nagy hemicellulóz- és gyantatartalmú akác anyagok brikettálásánál a brikett vízzel alig macerálható.

Az őrlőcsigás prés működésének jellegéből következően nagy energiákat igényel. A hatásos energiafelvétel pl. NNY-apríték brikettálása esetében, 15 % nedvességtartalomnál: 159,78 kWh/t, 40 % nedvességtartalomnál: 476,82 kWh/t, azaz a vízelvonás igényel igen nagy energiát. Ezt hulladéktüzelésű szárítóval, illetve előszárítóval végzett szárítással kell megtakarítani.

×

A fahulladékok brikettálásának elvi lehetőségei adottak, de a hulladékok igen változatos megjelenési formája, valamint a hazai erdők sokfajúsága (a lombos fafajok nagy hányada) miatt a brikettálás elterjesztése előtt még alapos kutatómunkára van szükség, mert megfelelően tervezett technológiák, brikettálási receptúrák hiányában, valamint a műszakilag kellően nem alapozott gépválasztás folytán a fás hulladékok brikettálása ökonómiai — vagy energetikai (esetleg mindkét) — szempontból a vártnál kedvezőtlenebb eredményeket is hozhat.

A lapban megjelent tanulmányok szerzői: ***Faragó Sándor*** ny. tud. főmunkatárs, ERTI, Kerekegyháza; ***dr. Herpay Imre*** ny. egyetemi tanár, EFE, Sopron; ***dr. Horváth Béla*** egyetemi docens, EFE, Sopron; ***Huszárné Székely Gizella*** tud. főmunkatárs, ERTI, Budapest; ***Jászi Gábor*** osztályvezető, Mátrai EFAG, Eger; ***Kántor Sámuel*** HNF főmunkatárs, Budapest; ***Kovács István*** tervező mérnök, Mátrai EFAG, Eger; ***dr. Kovács Jenő*** vezérigazgató, Mátrai EFAG, Eger; ***dr. Kovács Lóránt*** tud. főmunkatárs, ERTI, Budapest; ***dr. Marosvölgyi Béla*** egy. adjunktus, EFE, Sopron; ***Silló Ferenc*** tud. munkatárs, ERTI, Budapest; ***dr. Szőke Miklós*** üzemigazgató, Mátrai EFAG, Eger; ***dr. Walter Ferenc*** ERTI Kísérleti Állomás igazgatója, Kecskemét; ***Zsolczai Sándor*** tud. munkatárs, ERTI, Budapest.