

NEW TECHNOLOGY FOR AGRICULTURAL WASTE PYROLYSIS

Dimitar Kolev

Institute of Chemical Engineering, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia 1113, Bulgaria, Acad. G.Bonchev str., bl.103 d.kolev@iche.bas.bg

ABSTRACT. The presence of large quantities of agricultural waste raises the issue of their utilisation. Direct incineration in specialised combustion plants is possible, but only in the vicinity of their reception. The relative weight of the straw is 300-400 kg/m³ and transport is therefore very expensive. The proposed method makes it possible to pyrolyse the straw and process the charcoal into briquettes. 1 kg of charcoal is obtained from 2,5-3 kg of straw. The weight of the resulting briquettes is 700-900 kg/m³. Thus, they can be transported more cheaply and used as energy raw material.

Key words: gasification, energy efficiency, CO₂ reduction

НОВА ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ПИРОЛИЗА НА СЕЛСКОСТОПАНСКИ ОТПАДЪЦИ

Димитър Колев

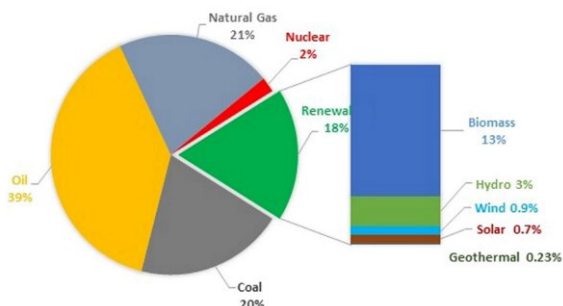
Институт по инженерна химия-БАН София 1113 ул. Акад Г. Бончев бл. 103

РЕЗЮМЕ. Наличието на големи количества селскостопански отпадъци повдига въпроси относно тяхното оползотворяване. Възможно е директно изгаряне в специализирани горивни инсталации, но само в близост до мястото на получаването им. Относителното тегло на сламата е 300-400 кг на м³ и поради това транспортът е много скъп. Предложеният метод дава възможност за пиролизиране на сламата и за преработка на дървените въглища в брикети. От 2,5-3 kg слама се получава 1 kg дървени въглища. Теглото на получените брикети е 700-900 kg/m³. Това дава възможност за по-евтиното им транспортиране и използването им като енергийна суровина.

Ключови думи: газификация, енергийна ефективност, редукция на емисии от CO₂

Въведение

Политиката на Европейския съюз за по-пълно използване на възобновяемите източници е отразена в Директива 2023/2413 на Европейския парламент и на Съвета на Европа (Директива на европейския съюз, 2023/2413) за насърчване използването на възобновяеми източници. Директивата определя целите, които Европа си поставя за намаляване на парниковите емисии с 55% до 2030 г. в сравнение с количествата въглероден диоксид, изхвърлени в атмосферата през 1990 г. Целта е дялът на енергията от възобновяеми източници да достигне 32% от брутното крайно потребление на енергия в Европейския съюз до 2030 г. На фиг. 1 по-долу е показано дяловото разпределение на използваната енергия през 2019 г. в световен мащаб (Global bioenergy statistics, 2019).



Фиг. 1. Дялове на различни източници на енергия в световен мащаб за 2019 г.

От фигурата се вижда, че само 18% от световното потребление се пада на възобновяемата енергия. Става ясно още, че енергията от биомаса е с решаващо място в целия микс. Тя се представя с 13%.

В Таблица 1 е представено разпределението на добива на енергия от различни източници по континенти за 2017г.

Таблица 1. Потребление на енергия в света за 2017 г.

	Total	Coal	Oil	Natural Gas	Nuclear	Renewables	Renewables (%)
Africa	24.5	1.58	7.44	2.08	0.04	13.4	54.5%
Americas	92.1	5.96	44.7	23.7	2.95	14.7	16.0%
Asia	170	58.4	58.7	24.3	1.53	27.1	15.9%
Europe	77.0	8.04	29.4	26.4	3.35	9.81	12.7%
Oceania	3.91	0.63	1.90	0.91	0.00	0.46	11.9%
World	370	75.2	143	77.9	7.93	65.7	17.7%

От таблицата се вижда, че през 2017г. Европа е използвала едва 12.7% (Global bioenergy statistics, 2019) възобновяема енергия.

Настоящата статия има за цел да даде още един метод и технология за превръщане на биомасата в гориво.

История

Има исторически сведения от дълбока древност за използване на дървени въглища както за отопление, така и в металургията - отчалото на цветни метали, а след това и на желязо. Начинът на получаване на дървени въглища е бил следният: изкопава се голяма яма в земята, в нея се подреждат дърва, върху тях се слагат клони и листа, а най-отгоре се затрупва с пръст. Върху тези пластове се палят огньовете в продължение на няколко дни. След угасването на огньовете се изчаква няколко дни за охлаждане и след това ямите се разриват. Готовите дървени въглища се извличат от ямата. За жалост и в момента в доста недотам развити страни все още този метод се практикува.

С годините методите за получаване на дървени въглища се усъвършенстват (Copner, 2011; Wang, 2010), . Използват се камери, в които се нарежда дървен материал. Камерите се затварят и се загряват индиректно.

Обикновено се изграждат няколко камери. Газовете, получени при нагряване на дървесината в отсъствие на кислород се извеждат от камерата и служат за гориво в същата или съседна камера. Процесът се нарича пиролиза. Температурните режими за получаване на дървен въглен са различни. По-долу са дадени фазите на процеса:

- изсушаване 20-150°C
- предварителна карбонизация 50-275°C
- карбонизация 75-400°C
- калциниране 450-500°C

Както се вижда, част от процесите протичат съвместно.

В съвременното дървен въглен и получения от него активен въглен имат значително приложение като например: химическата промишленост, фармацевтиката, хранително-вкусовата промишленост, металургията, отоплението и др.

Суровини

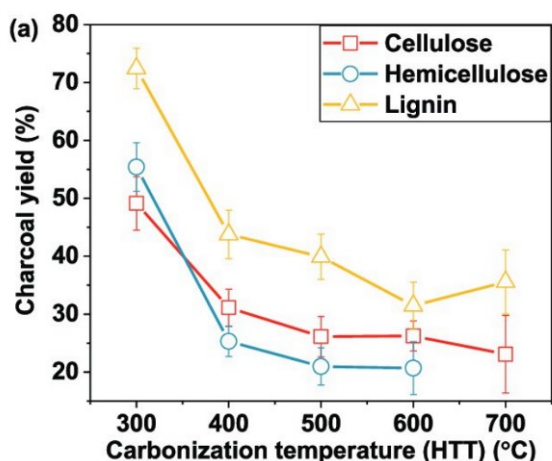
В настоящата статия разглеждаме като суровина за производството на дървен въглен селскостопански отпадъци, както и отпадъци от дървопреработващата промишленост.

Всички тези суровини съдържат в себе си в различно съотношение следните вещества: целулоза, хемицелулоза, лигнин. В таблица 2 са показани елементите, които се съдържат в абсолютно сухи суровини (Йосифов, 2005).

Таблица 2. Съдържание на основни химични елементи в %

Вид биомаса	C	H	O	N	S
Бор с кората	49,5	6,5	42,6	0,12	0,014
Смърч с кората	49,8	6,3	43,2	0,13	0,015
Бук с кората	47,9	6,2	45,2	0,22	0,015
Слама пшеница	45,6	5,8	42,4	0,48	0,082
Слама ръж	46,6	6	42,1	0,55	0,085
Слама просо	47,5	5,8	41,4	0,46	0,089

На фигура 2 е представена диаграма на добива на дървен въглен в зависимост от температурата на процеса на пиролиза и веществата съдържащи се в изходящия материал (Xiao, 2020).

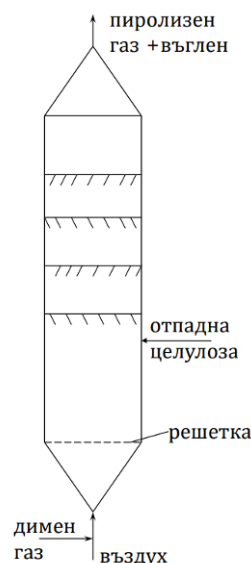


Фиг. 2. Добив на дървен въглен като функция на температурата и съдържанието в изходящия материал.

На фигурата по абцисата е нанесена температурата, а по ординатата – добивът на въглен. Вижда се, че използването на материали с по-високо съдържание на лигнин, ще доведе до по-висок добив на въглен.

Представяне на технологията

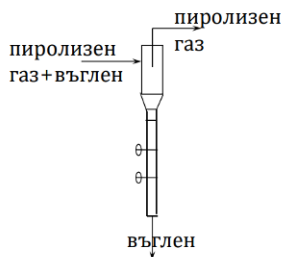
Целта на технологията е да създаде подобрен и по-ефективен метод за получаване на брикети от дървени въглища от средни дървесни или нарязани растителни отпадъци (по-долу ще бъдат наричани целулозни отпадъци). Нарязаните целулозни отпадъци се изсушават и се пиролизират. Полученият въглен се охлажда и се смесва с вода и свързващо вещество, брикетира се и се суши. Характерна особеност за метода е, че сушенето и пиролизирането се извършват в един апарат при директна обработка на продукта със смес от пиролизни и димни газове. Тази смес се получава при подаване на предварително подгрят въздух и горещи димни газове. Заедно с кислорода от въздуха изгаря и част от получените при пиролизата на целулозните отпадъци летливи органични продукти – водород и въглероден оксид. При това се получава необходимата топлина за сушене и пиролиза на целулозните отпадъци. Началната температура на подаване на сместа от въздух и димни газове в апарата за пиролиза е в границите от 350-500°C, а температурата на изход от апарата е за предпочитане 350-450°C. Сместа от пиролизни и димни газове след извършване на пиролизния процес се отделя от частиците на въглена и се изгаря. Част от получените димни газове се използват за подгряване на въздуха, друга част - за сушене на брикетите от дървен въглен, а трета част се смесва с въздуха и се използва при сушенето и пиролизирането на отпадъчната целулоза. Сушенето на брикетите се осъществява преимуществено в поток от димни газове, получени при смесването на горещи димни газове с димни газове охладени в сушилнята.



Фиг. 3. Вертикален пиролизатор

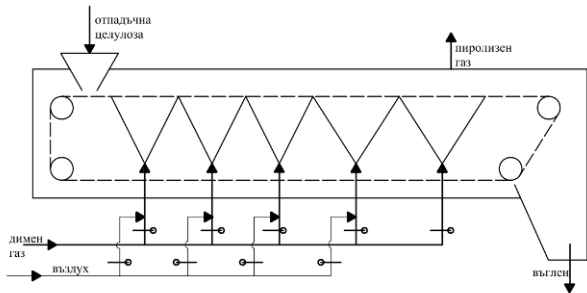
Модификация 1: Една модификация на метода е отпадната целулоза да се подаде в средата на апарата (фиг.3). Частиците, постъпили за сушене и пиролиза в зависимост от тяхната скорост на витаене се разделят на

две части. По-леките частици се изнасят с газовия поток, сушат се и се пиролизират във възходящ правоток. По-тежките частици се спускат надолу, изсушават се и се пиролизират частично в противоток на газовия поток. Пиролизата на тези частици протича основно в долната част на апарата, където се получава подвижен слой. Частиците се олекотяват поради изсушаване и пиролизиране, надробяване поради удари една в друга, както и в стените на апарата. Олекотените частици се отнасят от газовия поток. Основната част от всички частици се отделя от газовия поток посредством циклон или батерия от циклони, след което пиролизните газове се смесват с въздух и изгарят. Отделените в циклона частици престояват в забавителя около 10-60 секунди, за да се завърши пиролизния процес за сметка на топлината от нагриването им.



Фиг. 4. Циклон с времезабавител

Пиролизираните частици се смесват с вода и слепващо вещество, охлаждат се и се формират в брикети. Брикетите се сушат в поток от димни газове, охлаждат се и се изваждат като готов продукт.



Фиг. 5. Хоризонтален пиролизатор

Модификация 2: Съгласно друга модификация на метода, обработеният материал се движи преимуществено хоризонтално (фиг. 5), като се обработва с газови потоци с различна концентрация на въздух. Тази концентрация се регулира чрез подаване на необходимия за извършване на процеса въздух и чрез дебита на циркулиращите димни и пиролизни газове.

Инсталацията за получаване на брикети от дървен въглен, получен при пиролиза на отпадна целулоза, включва следните блокове:

- Блок сушене и пиролиз
- Блок за сепарация на въглена и допълнителен пиролиз
- Блок за охлаждане на въглена
- Блок за смилане на въглена
- Блок за формиране на брикети
- Блок за сушене на брикети
- Блок за подготовка на въздуха
- Блок за първоначално пускане (горелка)



Фиг. 6. Брикети от дървени въглища

Полученият продукт (фиг.6) брикети от дървени въглища има редица преимущества пред самите дървени въглища. Плътноста на брикетите е около 2 пъти по-голяма от тази на дървения въглен, а калоричността в единица обем се увеличава 2 пъти. Скоростта на горене на брикетите е по-малка, което дава възможност за по-добро разпределение на получената от тях топлина.

Представената технология е защитена с патент (Колев, 2008) (фиг.7).

РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ (19) BG (11) 65547 B1 (53) Int. Cl. ОИСАНИЕ КЪМ ПАТЕНТ ЗА ИЗОБРЕТЕНИЕ

ПАТЕНТНО ВЕДОМСТВО

(21) Заявка № 107494 (22) Заявена на 23.01.2003 (24) Начално на действие изобретение от:

Приоритетни данни (31) (32) (33) (41) Публикувано: заявки в Бюлетен № 8 на 31.08.2004 (45) Отпечатано на 28.11.2008 (46) Публикувано в бюлетен № 11 на 28.11.2008 (50) Информационни източници: SU 100100560/04 A; US 4518021 (62) Редовна заявка от заяв. №

(73), (72) Патентпритежател(и) и изобретател(и): ДИМИТЪР НИКОЛАЕВ КОЛЕВ 1000 СОФИЯ, УЛ. "ГУГУЛИТ" 10, АН. 8, ЕТ. 6

(74) Представител по индустриална собственост:

(86) № и дата на РСТ заявка: (87) № и дата на РСТ публикации:

(54) МЕТОД И ИНСТАЛАЦИЯ ЗА ПОЛУЧАВАНЕ НА БРИКЕТИ ОТ ДЪРВЕНИ ВЪГЛИЩА ОТ ДЪРВЕНИ ДЪРВЕТА ИЛИ НАРЪЗНИ РАСТИТЕЛНИ ОТПАДЪЦИ

(57) Изобретението се отнася до метод за получаване на брикети от дървени влакна от дребни дървени частици със различни растителни отпадъци, както и до инсталация за осъществяването му. Метод и инсталацията могат да направят възможно изготвянето на брикети от дървени влакна, от дребни дървени частици и растителни отпадъци, като дървени трици, талпи, слама, селитровежки стъбла и други. По метода дървените влакна и растителните отпадъци се сушат, пиролизират се, а получените влакна се охлаждат и смилат, когато това е необходимо. Влакнният слой се смесва с вода и слепващо вещество, брикетира се и се суши. Пиролизният процес се извършва на два етапа - основен и допълнителен пиролиз. Сушенето на суровината и основния пиролиз се извършват в един нивел, при директна обработка на проточещия се смес от дървени пиролизни и димни газове. Така смес се получава при подаването на проточещо горещо въздух и горещи димни газове. Инсталацията включва блок за основен пиролиз (1), блок за сепарация на въглена (9), горелка за допълнителен пиролиз (11), блок за охлаждане на дървени влакна (13), блок за формование на брикети (15), блок за сушене на брикетите (17) и блок за подготовка на въздуха (7).

13 претинци, 9 фигури

Фиг. 7. Патент на представяната технология (Д. Колев)

Заключение

Представената технология има редица преимущества пред сега използваните технологии, а именно: значително по-малко производствен персонал, тъй като значителна част от процесите са автоматизирани; по-голяма скорост на протичане на процеса на пиролиза; инсталацията е компактна и при нужда може да се транспортира, вместо да се транспортират значително по-големите обеми от отпадъчни суровини. Важно е да се отбележи, че калоричността на дървения въглен и получените брикети за единица вещество са с еднаква калоричност.

Представяната технология превръща нискокалоричната и обемна 300 кг/м³ отпадна целулоза с калоричност около 14,5 MJ/kg в един продукт с високо относително тегло около 900 кг/м³ и голяма калоричност около 28 MJ/kg, който може лесно да се транспортира. Така полученото екологично гориво може да замести въглищата в домашното отопление. То дава още една алтернатива за използване на отпадъчната целулоза като един високоенергиен продукт.

Литература

- Директива на европейския съюз 2023/2413 <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/BG/TXT/?uri=CELEX%3A32023L2413>
- Global bioenergy statistics 2019 https://worldbioenergy.org/uploads/191129%20WBA%20GBS%202019_HQ.pdf
- Xiao, F., Bedane, A., Mallula, S. (2020). *Production of granular activated carbon by thermal oxidation of biomass charcoal/biochar for water treatment in rural communities : A mechanistic in investigation. Chemical Engineering Journal Advances* DOI: 10.1016/j.cej.2020.100035
- Йосифов, Н. (2005). *Брикети и пелети от растителна биомаса*. ISBN 954-07-2209-8
- Колев, Д. (2008). *Метод и инсталация за получаване на брикети от дървени въглища от дребни дървени частици или нарязани растителни отпадъци*. BG 65547 B1
- Conner, G., Baxte,r F. (2011). *Apparatus and method for processing biomass*. патент на Австралия AU 2015246130 B2
- Wang, X., Jing, J., Zhang, S. (2010). *Method and device for carbonization of crop straws* патент на САЩ US 10273412 B2