

STUDY ON COMPOSITES OF WOODEN AND RUBBER PARTICLES. SETTING UP AN EXPERIMENT¹⁹

Eng. Orlin Antonov, PhD Student

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering
“Angel Kanchev” University of Ruse, Bulgaria
Tel.: +359 82 888 418
E-mail: orantonov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Margaritka Filipova, PhD

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering
“Angel Kanchev” University of Ruse, Bulgaria
Tel.: +395 82 888 418
E-mail: mfilipova@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Ivanka Zheleva, PhD, DSc

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering
“Angel Kanchev” University of Ruse, Bulgaria
Tel.: +359 82 888 585
E-mail: izheleva@uni-ruse.bg

***Abstract:** Wood waste and End-of-life (EOL) tires accumulate in huge quantities and create problems from an environmental point of view, both for people and the environment. They are part of industrial, transport and household waste. They are generated mainly by the timber and wood processing industries, the production of rubber products and the unnecessary car tires. The creation of composite materials using wood and rubber particles provides great opportunities on the one hand to reduce and recover waste and on the other hand for a variety of cost-effective applications in various fields.*

The report discusses possible solutions for the creation of composite materials from waste wood particles and rubber particles obtained by grinding EOL car tires (rubber grinders). The emphasis is on creating an opportunity for experimental research and measurement of different physico-chemical and mechanical properties of composites with different percentages of wood and rubber particles. Several types of matrices for the production of composite materials with a shape and size suitable for the use of measuring equipment are presented. The research is aimed at creating composites with the possibility of applications for floor and insulation coatings.

***Keywords:** composite materials, wood particles, rubber grinders, floor and insulation tiles*

ВЪВЕДЕНИЕ

В резултат на обработката на дървесината в различните дървопреработващи предприятия се натрупват огромни количества дървесни отпадъци, чието по-нататъшно оползотворяване е свързано преди всичко с включването им в производството на пелети, брикети, фазер и различни плоскости, като пресовани дървесни частици (ПДЧ), плоскости от фибри със средна плътност, плоскости от фибри с висока плътност и др.

Проблемите със съхранението и рециклирането на излезлите от употреба гуми (ИУГ) също са изключително сложни, трудоемки и скъпи, не само за България, но и в световен аспект. Преработката на ИУГ и извличането на ценните компоненти от тях е свързана със сериозни екологични рискове.

Директното им изгаряне е свързано с отделяне на канцерогенни вещества като бифенил, антрацен, пирени и други, поради това Европейският съвет на 26 април 1999 г. приема

¹⁹ Докладът е представен на онлайн сесията на секция „Екология и опазване на околната среда“ на 29 октомври 2021 г. с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОМПОЗИТИ ОТ ДЪРВЕСНИ И КАУЧУКОВИ ЧАСТИЦИ. ПОСТАНОВКА НА ЕКСПЕРИМЕНТА

специална Директива 1999/31, според която от 2003 г. се въвежда забрана за изгарянето на ИУАГ въобще. При разлагане в естествена среда или закопани в почвата, те отделят токсични вещества (дифениламин, фенантрен и др.), които чрез дъждовните води се отмиват и замърсяват не само почвата, но и подпочвените води. Следователно и изгарянето, и депонирането на ИУГ са неприемливи методи.

Европейската комисия поставя строги изисквания относно рециклирането на масово разпространени отпадъци (МРО) от дървесина: до 2025 г. те трябва да достигнат 25 %, а до 2030 г. – 30%. За ИУГ е поставено изискване рециклираните количества да са не по-малко от 50 % ежегодно от количеството използвани в България да се рециклират или регенерират (DIRECTIVE (EU) 2018/851, 2018).

Едно възможно решение за постигане на тези цели е обединението на полезните свойства на дървесните частици и гумените мленки за производство на композити, които да се влагат в подови и изолационни покрития (плочки).

ИЗЛОЖЕНИЕ

Според Националния план за управление на отпадъците (НПУО-2021-2028 г.), изготвен от МОСВ, една от стратегическите цели е свързана с предотвратяване на образуването на отпадъците. (НПУО 2021-2028). Управлението на отпадъците трябва да се превърне в устойчиво управление на материалите, с цел опазване на човешкото здраве и опазване на околната среда. В Плана се залага на разумното и ефективно използване на природните ресурси, насърчаването на принципите на кръговата икономика и намаляване на зависимостта на държавите членки на ЕС от внос на ресурси.

За постигането на този екологичен приоритет Директива (ЕС) 2018/851 относно отпадъците, акцентира на политиките по предотвратяване на отпадъците. Основните аспекти, залегнали в нея са:

- Предотвратяването на отпадъците е начин за съхраняване ресурсите и за намаляване вредните въздействия върху околната среда. Важно е да се стимулират иновативни модели на производство, търговия и потребление, предотвратяващи образуването на отпадъци.
- Насърчаване на устойчивостта при производството и потреблението. Ефективност при употребата на ресурси е гаранция за това, че на отпадъците ще се разчита като на ресурс, което ще улесни прехода към устойчиво управление на ресурсите и към модел на кръгова икономика.
- Стимулиране на повторната употреба на продукти, съдържащи ценни суровини, за да не се превърнат тези материали в отпадъци.

Стратегическата цел на настоящата Национална програма за предотвратяване на отпадъците (НППО 2021-2028) е икономическия растеж и благосъстоянието да не се обвързват с нарастване на количеството на отпадъци и вредно им въздействие върху околната среда и хората. Трябва да се постигне намаляване на количествата отпадъци и редуциране на вредни вещества, съдържащи се в тях. Основните мерки са представени в Плана за действие към програмата.

В България до момента няма конкретно проучване за количествата на образуваните дървесни отпадъци. Също така липсва пълна статистика за това, какви обеми от тях са предадени за оползотворяване и рециклиране.

Съществува налична информация за дървесни опаковки (скарри, палети, касети, сандъци и щайги) и произведените от дървесината картон, хартия и композити, както и за излезлите от употреба автомобилни гуми.

В табл. 1 са поместени количествата пуснати на пазара опаковки от дърво, хартия и картон в България за периода 2010 - 2019 г.

От данните става ясно, че количествата на опаковките от дърво имат трайна тенденция за нарастване през годините, докато опаковките от хартия и картон имат неголям ръст или спад през последните години.

Таблица 1. Пуснати на пазара опаковки от дърво и хартия, (t)

година материал	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
хартия/картон, t	138716	110270	122270	134270	129580	135642	148229	153212	168840	138797
дърво, t	18741	21444	20121	24725	48725	45612	51400	59589	65011	79649

Източник: НСИ

За част от този период има данни за опаковките от дърво, които са употребени, рециклирани и изгорени (таблица 2).

Табл. 2. Количества употребени, рециклирани и изгорени опаковки от дърво за България, (t)

година опаковки	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
употребени	18741	21444	20121	24725	48725	45612	51400	59589	65011	79649
рециклирани	10074	8904	10676	14474	18421	14923	20058	19012	-	-
изгорени	148	2482	-	776	21	828	126	68	-	-

От таблицата става ясно, че количествата на употребените опаковки от дърво нарастват с бързи темпове, нивата на рециклиране и изгаряне не спазват същата тенденция и се колебаят през годините, като от 2018 година няма данни за тези количества. Това е тревожна тенденция, като се имат предвид целите на кръговата икономика, към която се стреми Европейския съюз.

Може да се предположи, че количествата на дървесните отпадъци ще нарастват в следващите години, като се има предвид забраната за употреба на някои пластмасови опаковки, прибори и медицински аксесоари. Част от тях (еднократни прибори за хранене, сламки) вече се заменят с изработени от дърво.

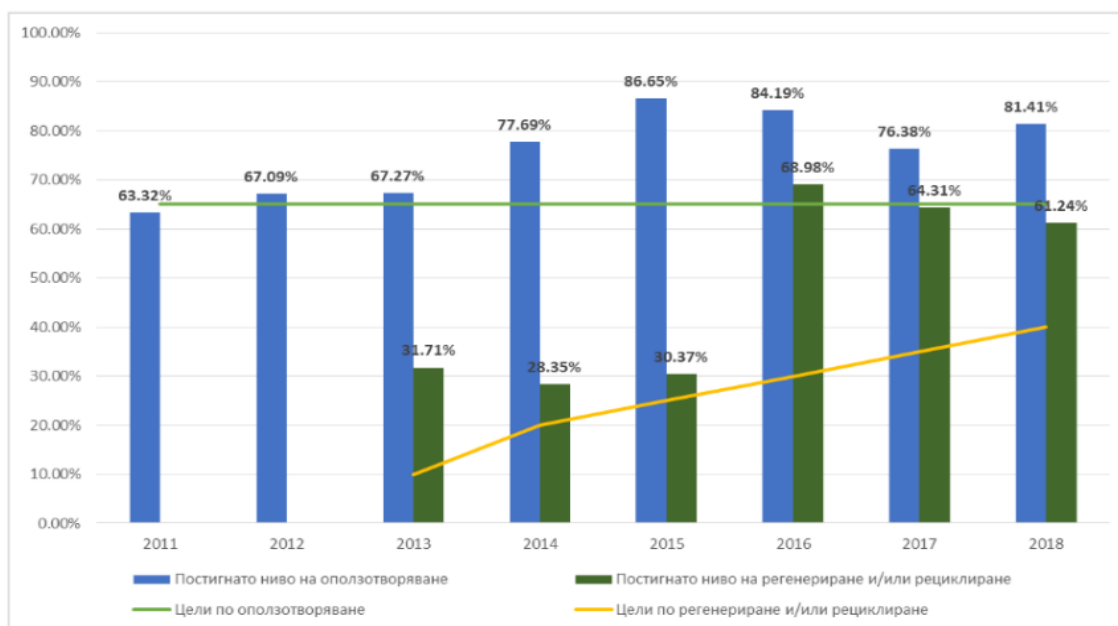
От 2013 г. се наблюдава трайна тенденция за преизпълнение на целите по оползотворяване и рециклиране и/или регенериране на ИУГ. Това обаче не води на практика до трайно намаляване на огромните обеми от този вид отпадък.

В Програмата за достигане на целите за рециклиране и оползотворяване на масово разпространени отпадъци (МРО) са заложили амбициозни цели до 2030 г. (таблица 3).

Таблица 3. Заложените цели за МРО по години (EUROSTAT)

Група МРО Цел	Теглото на рециклирани отпадъци от всички видове опаковки, %	Теглото на рециклирани отпадъци от дърво, %	Теглото на рециклирани отпадъци от хартия и картон, %
Отпадъци от опаковки до 2025г.	65%	25%	75%
Отпадъци от опаковки до 2030г.	70%	30%	85%
Отпадъци от ИУГ 2025-2030г.	Ежегодно не по – малко от 50% от количеството в България да се регенерират или рециклират		

На фигура 1 са представени данните, публикувани от ИАОС до 2018 г. за оползотворяване и рециклиране и/или регенериране на ИУГ на национално ниво (фиг. 1).



Фиг. 1. Изпълнение на целите по оползотворяване и рециклиране на ИУГ
Източник: Доклад от ИАОС, 2019

За да се реализират тези цели е нужно да се намерят нови методи и способности за намаляване на количествата на дървесните отпадъци и ИУГ, чрез влагането им в полезни и икономически изгодни продукти. Такова възможно решение е създаването на композитни материали от отпадъчни дървесни частици и каучукови частици, получени чрез смилане на излезли от употреба автомобилни гуми (гумени мленки), с използването на подходящи полимерни материали. Чрез правилен подбор на суровините, биха се получили композитни материали с добри механични показатели. Това би направило възможно използването им в производството на подови настилки и изолационни материали.

Експериментална част

В тази работа се разглежда експериментално изследване на композитни материали, получени от дървесни частици и гумени мленки, получени от ИУГ. За всеки образец ще се извършват измервания, съгласно Български държавен стандарт за подови покрития.

За целите на експеримента е необходимо изработването на матрици, с които да се произведат подлежащите на изпитване образци. Размерите на матриците трябва да са съобразени с изискванията на стандартите за изпитване на образци от подови настилки (таблица 4).

Таблица 4. Размери на пробните тела за изпитване на образци, съгласно приетите стандарти

№ на стандарта	Метод	Размер на пробните тела, mm
EN 13892-2, EN ISO178	Якост на огъване и натиск	80 x 10 x 4
EN 13893-3	Устойчивост на износване Böhme	71 x 71 x 4
EN ISO 178	Модул на еластичност	80 x 10 x 4
ISO 7619-1	изпитване по Шор	71 x 71 x 4
С индентор тип D	метод за измерване на подови настилки с наличие на каучук	80 x 10 x 4
БДС 5066-81	Изпитване по Викърс м-д за изследване на микротвърдост	71 x 71 x 4 80 x 10 x 4
БДС EN ISO 7438:2005	Метод за изпитване на огъване Instron модел 3384 с възможност за натоварване до 15 тона	71 x 71 x 4 80 x 10 x 4
ISO 22557:2019	Метод на надраскване за определяне коефициента на триене	71 x 71 x 4 80 x 10 x 4

Съществуват различни решения. Матриците се изработват в съответствие със „Стандартите за изпитване на подови замазки” на Българския Институт за Стандартизация:

БДС EN 13892-1 Вземане на проби, изготвяне и отлежаване на пробни тела за изпитване.

БДС EN 13892-2 Определяне на якост на огъване и на натиск.

БДС EN 13892-3 Определяне на устойчивост на износване.

БДС EN 13892-5 Определяне на устойчивост на износване посредством въртящо се колело.

БДС EN 13892-6 Определяне на повърхностна твърдост.

БДС EN 13892-8 Определяне на якост на сцепление.

Изброените в колона 1 на таблица 4 стандарти съответстват на посочените по-горе „Стандартите за изпитване на подови замазки”.

Първият изпробван вариант е създаване на метална матрица от въглеродна стомана по стандарт БДС EN 10111:2009, марка S235JR. От нея се изработват рамка, на която отгоре и отдолу се поставят ограничителни планки (фиг.3).

Леглата на матриците за пробните тела са с размери: 71 mm x 71 mm x 4 mm и 80 mm x 10 mm x 4 mm.

В обема на рамката се поставя метална плочка, успоредна на матрицата и се подвежда плътно към долната ограничителна планка (фиг. 2). Вътрешното свободно пространство трябва да остане с правилни геометрични размери и с точните размери на желаната плочка. Съставките за композита, които се подбират, трябва да бъдат сухи. Работи се с различни съотношения до постигане на желаните показатели. Важен момент е изборът на свързващ полимер (епоксидна смола, полиуретан и др.) за получаване на качествен композит.

От компонентите с точно определени параметри (маса, обем, плътност) се изготвя хомогенна смес, която се излива в матрицата и върху нея се поставя горната планка. При хомогенизирането на сместа е възможно образуването на малки мехурчета, които трябва да бъдат отстранени по механичен път (чрез вибрация, механично разпукване, „изгонване“ с малка шпатула). В противен случай при втвърдяването на образеца се образуват шупли, които влошават физико-механичните качества.



ред 1 - долни планки за голяма и малка матрици;
ред 2 - голяма и малка рамки;
ред 3 - горни планки с оформящи плочки.



лява плочка: 60 % гумени мленки 20 % дървесни частици; размер: 71 mm x 71 mm x 4 mm
дясна плочка: 60 % дървесни частици 20 % гумени мленки; размер: 80 mm x 10 mm x 4 mm

Фиг. 2. Метални матрици

Фиг. 3. Получени плочки от метални матрици

На фиг. 2 са показани образци от металните матрици. Малката плочка е с размери: 71 mm x 71 mm x 4 mm. По-тъмното оцветяване се дължи на високото съдържание на гумени мленки (60 %) спрямо съдържанието на дървесни частици (20 %). Голямата плочка е с размери 80 mm x 10 mm x 4 mm и съдържа дървесни частици (60 %) към гумени мленки (20 %), което определя по-светлия оттенък (фиг. 3).

Недостатъците при използването на този вид матрици са свързани със затрудненото изваждане на детайлите, независимо от отделителя, с който предварително се обмазва матрицата. Като отделител може да се използва вазелин или масла. Друго затруднение при работата с тези матрици е липсата им на еластичност.

При експериментите стана ясно, че ако настъпи нарушаване на целостта на детайла при изваждането му се наблюдава влошаване на якостните му показатели. Освен това се наблюдават трудности при почистване на металната матрицата за следващи експерименти.

Вторият възможен вариант е създаване на полиестерна матрица. Върху равна и нивелирана повърхност се поставя добре изпънато стреч-фолио, върху което се нанася фин слой отделител. Върху тази повърхност се поставят предварително подготвени плочки съгласно стандарта, кои са модели с точни размери (фиг. 4). Моделите също се обработват с отделител и се позиционират върху плота, след което с използването на конструктивни материали и смоли се изгражда матрицата (фиг. 5). Съотношението между гела и втвърдителя, както и между смолата и втвърдителя трябва да се спазват точно, както и температурния режим за работа.

Така подготвената матрица се оставя до пълно втвърдяване, след което внимателно се изваждат оформящите модели и така се получават леглата на матрицата с желаните размери на плочките.

Получената матрица е здрава и в същото време еластична, а това в голяма степен улеснява изваждането на детайлите.

Получаването на образците е аналогично на работата с металната матрица.

За целите на експеримента е използвана система от смола и втвърдител от марка ELANTAS: смола – Elan-tech EC-1150; втвърдител - Elan-tech W 1150.

За постигане на гладки стени и ръбовете на детайла е добре да се използва спрей като отделител.



Фиг. 4. Изграждане леглата на полиестерната матрица



Фиг. 5. Полиестерна матрица

Готовата смес с известни параметри на включените компоненти, (табл. 5) се излива в нивелираната матрица. Експериментът продължава, както при металната матрица. На фиг. 6 са представени получени плочки от голяма и малка полиестерна матрица.



Фиг. 6. Образци от полиестерната матрица: вляво - (пробно тяло № 7 с размери 71 mm x 71 mm x 4 mm ; вдясно – пробно тяло № 10 с размери 80 mm x 10 mm x 4 mm)

В таблица 5 са посочени различни експериментално получени образци с определени характеристики, които се подлагат на физико-механични и химични изпитания, съгласно посочените стандарти. Тези изпитания ще позволят определянето на възможните сфери на приложение на получените композити.

Таблица 5. Характеристика на изпитваните образци

Проба	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Размер, mm	71/71/4	71/71/4	71/71/4	71/71/4	71/71/4	71/71/4	71/71/4	80/10/4	80/10/4	80/10/4
2 Маса, g	33.8	31.5	22	33.2	32.9	28.7	23.8	34.3	37.4	50.3
3 Плътност, g/cm ³	1.67	1.56	1.09	1.64	1.63	1.41	1.18	1.07	1.17	1.57
4 Обем, cm ³	20.164	20.164	20.164	20.164	20.164	20.164	20.164	32	32	32
5 Смола, ml	10	10	10	10	10	10	10	15	15	15
6 Втвърдител на смола, ml	5	5	5	5	5	5	5	7.5	7.5	7.5
7 Дървесни част, g	7.8	11.5	7	10.2	11.9	13.7	8.8	9.5	14.9	14.9
8 Пясък, g	11	5	0	8	6	0	0	2.3	0	12.9

За определянето на коефициент на триене е допустим образец с диаметър 30 mm или с размери 30 mm x 50 mm.

Интерес представляват пробите с високо съдържание на дървесни частици, които наподобяват дървесни плочки с естествен фладер. Дървесните частици и гумените мленки се влагат в различни съотношения, при което се получават композити с полезни качества: физико-механични, изолационни, естетически и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изработени са два вида матрици – метални и полиестерни, за получаване на композитни материали с форма и размери, подходящи за използване на измервателната апаратура съгласно „Стандартите за изпитване на подови замазки” на Българския Институт за Стандартизация.

Посочени са предимствата и недостатъците на получените матрици, които ще бъдат отчетени при изработването на други видове матрици.

Изследванията са насочени към създаване на композити с възможно приложение за подови и изолационни покрития.

REFERENCES

Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste.

DIRECTIVE (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council, 30 May 2018 amending Directive 2008/98 / EC on waste (**Оригинално заглавие:** Директива (ЕС) 2018/851 на Европейския парламенти на съвета, 30 май 2018 година за изменение на Директива 2008/98/ЕО относно отпадъците).

EUROSTAT (**Оригинално заглавие:** EBPOCTAT <https://ec.europa.eu/>).

National Statistical Institute (NSI). (**Оригинално заглавие:** Национален статистически институт (НСИ) <http://www.nsi.bg>).

National waste management plan. (**Оригинално заглавие:** НПУО 202102018, Нациоален план за управление на отпадъците, МОСВ, 2021-2028 г.)

Report from the ENVIRONMENTAL EXECUTIVE AGENCY /Regarding Art. 39 of the Ordinance on the requirements for treatment of used tires Analysis and evaluation of the implemented waste management schemes on the principle of “Manufacturer's responsibility” and

“Pollutant pays” 2019 (**Оригинално заглавие:** Доклад от /ИАОС/ Относно Чл. 39 от Наредбата за изискванията за третиране на излезли от употреба гуми Анализ и оценка на въведените схе-ми за управление на отпадъците на принципа „Отговорност на производителя“ и „Замърси-телят плаща“ 2019 г.)

WMA, (1991). Waste Management Act (**Оригинално заглавие:** ЗУО, 1991. Закон за управление на отпадъците, 1991 г.).