



ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛТЕТ ПО ХИМИЧНИ ТЕХНОЛОГИИ

КАТЕДРА ПОЛИМЕРНО ИНЖЕНЕРСТВО

инж. Петранка Лазарова Найденова – Маринова

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЛИЯНИЕТО НА СЪСТАВА, ТЕХНОЛОГИЧНИЯ РЕЖИМ
И КОНСТРУКЦИЯТА ВЪРХУ ЕКСПЛОАТАЦИОННИТЕ СВОЙСТВА НА
ПРОФИЛИ ОТ ТВЪРД ПОЛИВИНИЛХЛОРИД**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация

за придобиване на образователната и научна степен „доктор”

по научна специалност 5.10 Химични технологии (Технология и преработка на
пластмаси и стъклопласти)

Научен ръководител: доц. д-р Петър Велев

Научно жури:

1. проф. д-тн инж. Николай Дишовски - председател, рецензент
2. проф. д-р Веселин Брезин - рецензент
3. проф. д-н Румяна Величкова
4. доц. д-р инж. Петър Велев
5. доц. д-р инж. Валентин Диков

София, 2015

Дисертационният труд е написан на 116 страници, съдържа 61 фигури и 12 таблици.

Цитирани са 98 източника.

Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертацията.

Представеният дисертационен труд е обсъден и приет за защита на заседание на разширен научен съвет на научното звено на катедра „Полимерно Инженерство”, състояло се на 17 .02.2015 г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се проведе на 01 юни 2015г. от 9.00 часа в зала 424, етаж 4, сграда „А” на ХТМУ.

Материалите са на разположение на интересувашите се на интернет страницата на ХТМУ и в отдел „Научни дейности”, стая 406, етаж 4, сграда „А” на ХТМУ.

Бих искала да се възползвам от възможността и да благодаря на всички, които ми оказаха съдействие при реализирането на този научен труд.

Сърдечно благодаря на проф. д-тн инж. Николай Дишовски за оказаното доверие, съветите и конструктивните забележки при разработването на дисертационната работа.

Най-искрени благодарности на научния ми ръководител доц. д-р инж. Петър Велев за търпението, компетентната помощ и ценните напътствия при разработването и оформянето на дисертационния труд.

Специални благодарности на съпругът и родителите ми за куража и неоценимата помощ без които нямаше да съм в състояние да завърша тази работа.

И не на последно място благодарности на колегите ми от „Вайс Профил“ ООД и „Солар Проджект“ ООД за помоща при реализиране на тестовете и производствените образци.

ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ

PVC-U	Твърд поливинилхлорид
PVC	Поливинилхлорид
XE- източник	Ксенонов източник на светлина
SEM	Сканираща Електронна Микроскопия
MIT	Масачузетския технологичен институт
SCF	Свърхкритична течност
CBA	Химични разпенващи агенти
STP	Стандартна температура и налягане
PBA	Физични разпенващи агенти
TSS	<i>p</i> -Толуенсулфонилсемикарбазид
ADC/ AZO	Азодикарбонамид
BAS	Системи разпенващи агенти
EVA	Етилен-винил ацетат
ПАВ	Повърхностно активни вещества
(CFC)	Хлорфлуоровъглеродороди
SBC	Натриев бикарбонат
ANN	Изкуствена невронна мрежа
XPS	Рентгенова фотоелектронна спектроскопия
UV-B	Ултравиолетово излъчване с пик около 313 nm

УВОД

Историята на PVC дограмата започва две десетилетия след патентоването на поливинилхлорида (през 1913 г).

Производството на профили за врати и прозорци от твърд поли (винилхлорид) PVC-U стартира в Европа с германската марка Salamander през 1945 г. За 67 години то се превръща в един от най-динамично развиващите се отрасли в строителната индустрия.

Употребата на продукти от поливинилхлорид за външни приложения, зависи от способността им да запазват физикомеханичните и естетически качества по време на дълги периоди на експозиция. Това е постижимо само с помощта на внимателно подбиране на влаганите суровини, отговарящи на изискванията за качество и опазване на околната среда.

Постепенно започва развитие в посока подобряване на дизайна на PVC прозорците. Възникването на нови решения бързо ги превръща в реални модели.

В много европейските страни, PVC прозорците се появяват сравнително наскоро. През последните години те стават достъпни за голяма част потребители. Тяхната популярност нараства бързо.

Днес PVC е втората най-продавана пластмаса в света и в тази индустрия работят повече от 100 000 души само в Съединените щати. Твърд или еластичен поливинилхлоридът е един от най-използваните материали на 21 век.

Годишният производствен капацитет на някои водещи европейски производители е между 250 и 300 хиляди тона.

В България годишното производство е приблизително 11 хиляди тона, като от тях 60% се реализират на вътрешните и 40% на външните пазари. Производството на PVC се очаква да надхвърли 40 милиона тона до 2016 г.

II. ТЕЗА ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННАТА РАБОТА

Чрез промени в състава, технологичния режим на екструдирание, плътността и конструкцията на профилни системи (дограма) е възможно подобряване на техните експлоатационни свойства.

Целта на дисертационния труд е да се изследва влиянието на плътността, състава и технологичния режим на производството на профили от твърд поливинилхлорид върху тяхната дълготрайност.

За изпълнението на целта са поставени следните **задачи**:

1. Да се изготви и оптимизира състав за производство на PVC профили с понижена плътност.
2. Да се оптимизира технологичния режим и състава на драйбленда за различни производствени линии.
3. Да се изследва влиянието на новите състави върху промяната на физикомеханичните свойства на изделия, подложени на ускорено стареене под действието на ултравиолетов и ксенонов източник на светлина.
4. Да се прогнозира дълготрайността на изделия от твърд поливинилхлорид с различна плътност.

III. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЧАСТ

В изпълнение на горепосочените задачи експерименталната част на дисертацията е проведена в няколко етапа:

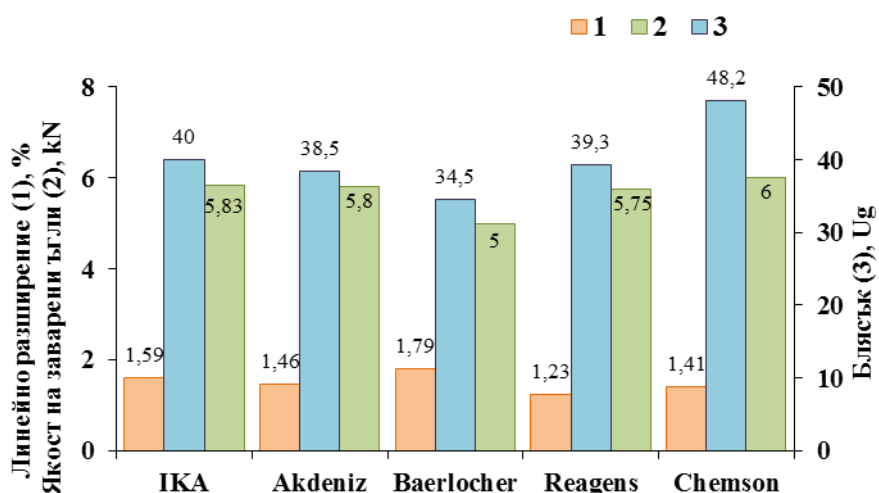
- ✓ Оптимизиране състава на драйбленд за екструдирание на профили за врати и прозорци;
- ✓ Въвеждане на рециклиран материал във формулата на оптимизирания драйбленд;
- ✓ Въвеждане на разпенващи агенти в състава на драйбленда, получен от фино смлян вторичен PVC и свеж материал;
- ✓ Въвеждане на различни по състав и количества химични разпенващи агенти в състава на свежия драйбленд, използван за екструдирание на PVC профили за врати и прозорци. Оптимизиране на технологичните режими на екструзия;
- ✓ Изпитване на дограма, изработена от свеж, свеж и рециклиран и олекотен PVC профил;
- ✓ Прогнозиране на дълготрайността на PVC профили за врати и прозорци.

1. Оптимизиране състава на драйбленд за екструдирание на профили за врати и прозорци

Създаването на оптимален състав за екструдирание на PVC профили безусловно изисква обстойно обследване на наличното екструдерно оборудване - параметри на машините, температура, налягане, обороти, скорост на изтегляне и др., предварителни задълбочени изследвания на влиянието на различните добавки върху реологията и термостабилността на композитните състави, както и установяване на връзката между технологичния режим, съставът на преработвания материал и експлоатационните свойства на готовите PVC профили.

Изготвени бяха профили от непластифициран поливинилхлорид с различни марки стабилизатори.

Определянето на физикомеханичните свойства на получените профили показва, че марката на използвания стабилизатор влияе върху качеството на полученото изделие. Показателите, които се променят съществено са представени на фигура 20.



Фиг. 20. Влияние на марката стабилизатор върху физикомеханичните показатели на композита

Марката на стабилизатора оказва влияние върху линейното разширение на изследваните състави. Най-добри резултати се получават при използването на стабилизатор с марка Reagens-1,23 % , а най-ниски с Baerlocher- 1,79 %.

Якостта на удар с падаща тежест не се влияе съществено от марката стабилизатор.

Огледалното отражение (блясък) варира от 34.5 за Baerlocher до 48.2 на Chemson.

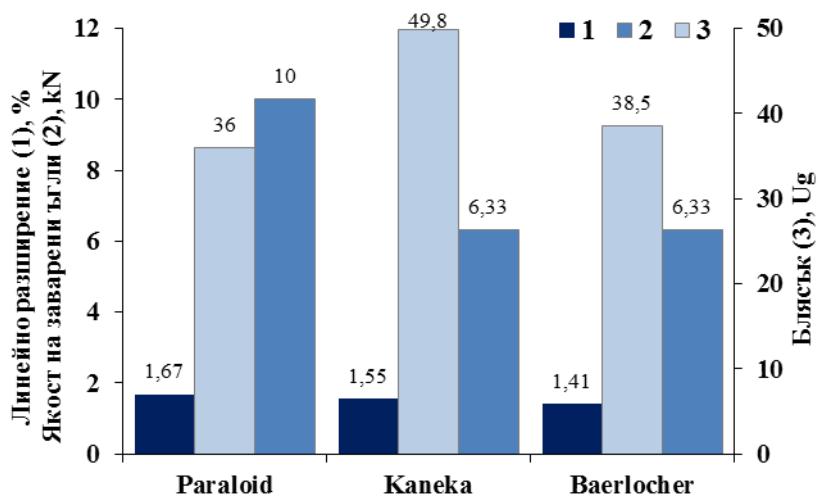
Сила на разцепване на заварени съединения (якост на заварен ъгъл) също се влияе от вида на стабилизатора, като най-нисък е резултат на Baerlocher – 5.00 kN, най-висок на стабилизатора Chemson 6.00 kN.

При Спектралният анализ (белота) – резултатите варират от L с-ст 93.9 на фирма Akdeniz Кумія до L с-ст 97.1 на фирма IKA. Образците отговарят на стандартните изисквания, но най-добри резултати се получават при използването на Chemson (b=0.88).

Въз основа на проведените изследвания и не на последно място имайки предвид цената на суровините като най-подходящ за следващите изследвания бе избран стабилизатора на Chemson.

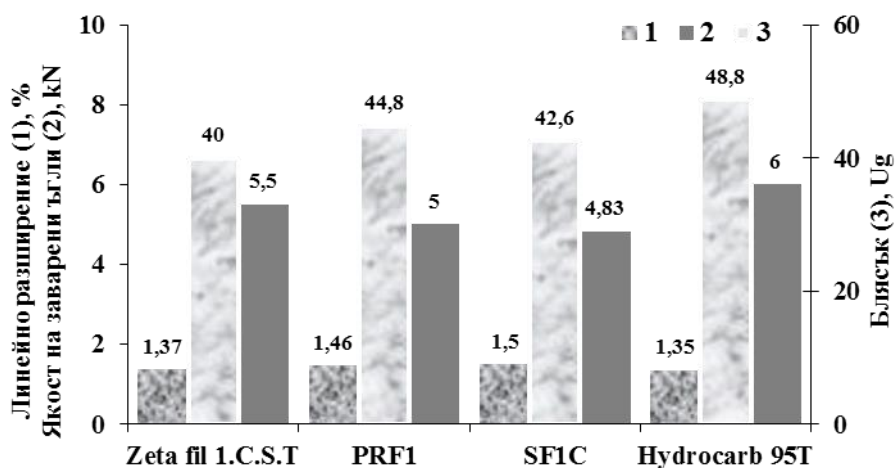
Изследвано бе влиянието на три вида модификатори върху свойствата на профилите от PVC-U. Анализът на свойствата (Фиг. 21) показва, че най-добри показатели се получават при използването на модификаторът FM 50 на фирма Канека.

Например, определянето на студоустойчивостта показва, че най-високи показатели се получават при използването на модификатор Kaneka (0 счупени образци), а най - лоши са показателите за студоустойчивост при използване на Baerlocher (80 % счупени образци).



Фиг.21. Влияние на марката модификатор върху физикомеханичните показатели на композита

Следващата стъпка от оптимизиране на състава, беше изследване влиянието на четири марки калциев карбонат, като режима на екструдирание остава същият. Резултатите от анализа на свойствата (представени на фигура 22) показват съществено влияние на вида калциев карбонат върху линейното разширение на профилите, както и върху блясъка.

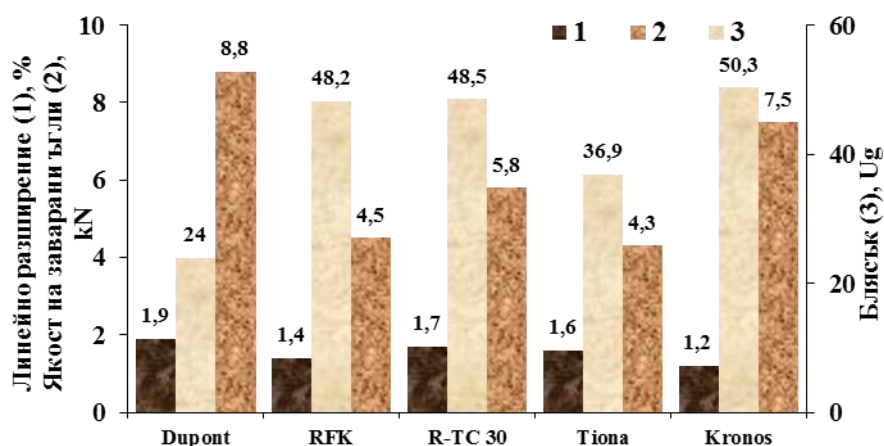


Фиг.22. Влияние на марката калциев карбонат върху физикомеханичните показатели на композита

Анализът на свойствата (Фиг. 22) показва, че най-добри показатели се получават при използването на калциев карбонат Hydrocarb 95T.

Несъществени са измененията при показател – „студоустойчивост”

С одобреният състав – качествен и количествен, беше пристъпено към избор на подходящ титанов диоксид и изследване на влиянието на петте марки върху свойствата на профилите от PVC-U. Резултатите от анализа на линейното разширение (1), якостта на заварени ъгли (2) и блясъкът (3) на профилите, в зависимост от използваната марка титанов диоксид, представени на фигура 23 показват същественото влияние на марката пигмент върху всички показатели.



Фиг.23. Влияние на марката титанов диоксид върху физикомеханичните показатели на композита

Въз основа на получените резултати беше избран за работа титан диоксид марка Kronos.

След като бяха избрани подходящите стабилизатор, модификатор, пълнител и пигмент, беше изследвано влиянието на различни режими на екструдирание върху физикомеханичните показатели на профилите.

Избраните режими на екструдирание, в зависимост от температурата на дюзата бяха обозначени като „Технологичен режим 1” – средна температура; „Технологичен режим 2” – висока температура и „Технологичен режим 3” – ниска температура. По-ниската температура, налягане и респективно по-малкото натоварване способстват за увеличаване на блясъка и якостта на заварените ъгли, което бе постигнато при трети режим.

Обобщение

1.Изследвано е влиянието на различни марки стабилизатори, модификатори, пълнители, както и технологичния режим на екструдирание върху физикомеханичните свойства на профири от твърд поливинилхлорид. Въз основа на това е избран най-подходящия състав на драйбленд, както и оптимален режим на екструдирание.

2. Въвеждане на рециклиран материал във формулата на оптимизирания драйбленд

Един от начините за намаляване себестойността на произвежданата продукция и намиране на най-икономичен модел за производство на профили от непластифициран поливинилхлорид е влагането на рециклиран материал или разпенващи агенти на база цени на драйбленд, цени на разпенващи агенти, рециклиран материал за тон суровина. За целта към оптимизираният по състав и технологичен режим драйбленд бяха вложени различни количества рециклиран материал, с който бяха екструдирани профили.

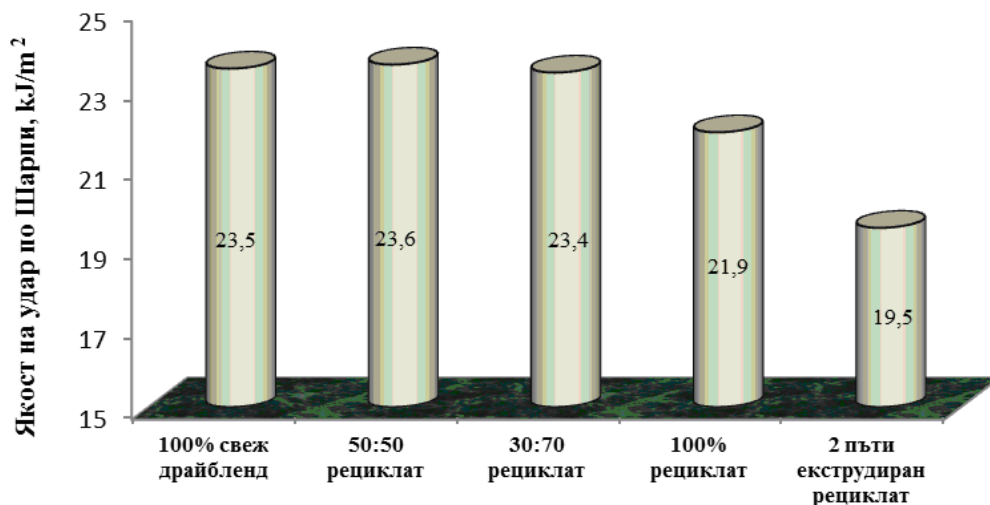
За да бъде определено влиянието на рециклирания материал върху студоустойчивостта на профилите, от всяка една проба бяха тествани по 10 образци. При проба 1 (100 % свеж материал) и 2 (50 % рециклиран материал и 50 % свеж драйбленд) всички проби са здрави. При проба 3 (70 % рециклиран материал и 30 % свеж драйбленд) студоустойчивостта намалява с 30%, а при проби 4 и 5 средно (100 % рециклиран материал и два пъти рециклиран материал) с 45%. От тези резултати следва, че с увеличаване съдържанието на рециклиран материал, удароустойчивостта на студено намалява.

Таблица 10. Блясък и белота на проби с различно съдържание на рециклиран материал

Проби	Блясък, $U_g \geq 40$	Белота, $L \geq 95,0$
1. Свеж драйбленд	43	97,8
2. 50:50 свеж драйбленд +рециклиран материал	41	96,4
3. 30:70 свеж драйбленд +рециклиран материал	37	95,7
4. 100 % рециклиран материал	32	94,8
5. 2 пъти екструдиран рециклат	29	93,6

На Таблица 10 са представени резултатите от измерен блясък и белота на пробите. Най-висок блясък има пробата, съдържаща 100 % свеж материал. Тези

характеристики намаляват с увеличаване съдържанието на рециклиран материал. Това се дължи най-вероятно на нееднородния състав на рециклирания материал.



Фиг. 29. Влияние на количеството рециклиран материал върху якостните показатели на профилите

Анализът на резултатите получени от енергията, необходима за разрушаване на образците показват, че с увеличаване на количеството рециклиран материал механичните характеристики се понижават. Най-вероятно изделието е получено от не достатъчно добре хомогенизиран материал или при щадяща температура на преработка. Изделията от двукратно екструдирани материал имат по-ниска якост от тези произведени при еднократно екструдиране.

За изчисляване на оптималната цена за производство ще използваме съотношението на материал в проба 3, защото тя дава най-близки показатели до тези на свежия материал. Средната цена на 1 тон драйбленд е 4 000 лв., а на 1 тон рециклиран материал е 1 080 лв. За получаване на 1 тон суха смес от 50 % рециклиран материал и 50 % свеж материал са необходими 2 540 лв. От това следва, че при използване на тази рецептура за производство на профили една фирма би намалила разходите си заменяйки 50% от свежия драйбленд с рециклиран материал с 36,5%.

Обобщение

1. Изследвана е възможността за влагане на вторичен материал към свеж драйбленд в количества 0 %, 50 %, 70 % и 100 %. Установено е че:

- влагането на вторичен материал до 50 % не се отразява съществено върху производителността на машините и експлоатационните свойства на изделията;

- понижава себестойността на продукцията с 36,5 % за тон.

3. Въвеждане на разпенващи агенти в състава на драйбленда, получен от фино смлян вторичен PVC и свеж материал

Оптимизиране на цената на профили за врати и прозорци и подобряване на топло- и звуко- изолационните им свойства може да се постигне чрез понижаване на тяхната плътност.

В драйбленд и фино смлян вторичен материал от PVC профили в съотношение 1:1бяха въведени различни по състав и количества химични разпенващи агенти.

Използваните химични разпенващи агенти на база азодикарбонамид, UPAC Carbamoyliminourea- $C_2H_4N_4O_2$ [с други наименования: Azodicarboxamide; Azobisformamide; C,C'-Azodi(formamide); Diazenedicarboxamide] в количество 2,5 % - 25%:

- ❖ NAFTOFOAM BA 12 – Производител Chemson –Германия; Обем на газа: 220 ml/g, Температура на разлагане: 200-205°C;
- ❖ CELLCOM –AC 9000 F – Производител Kumyang Co., Ltd. - Корея.Температура на разлагане:155 – 165, Обем на газа: 120 -130 ml/g
- ❖ CELLCOM - EX 101– Производител Kumyang Co., Ltd. - Корея. Температура на разлагане:175 -185, Обем на газа 210 - 255 ml/g
- ❖ $NaHCO_3$.

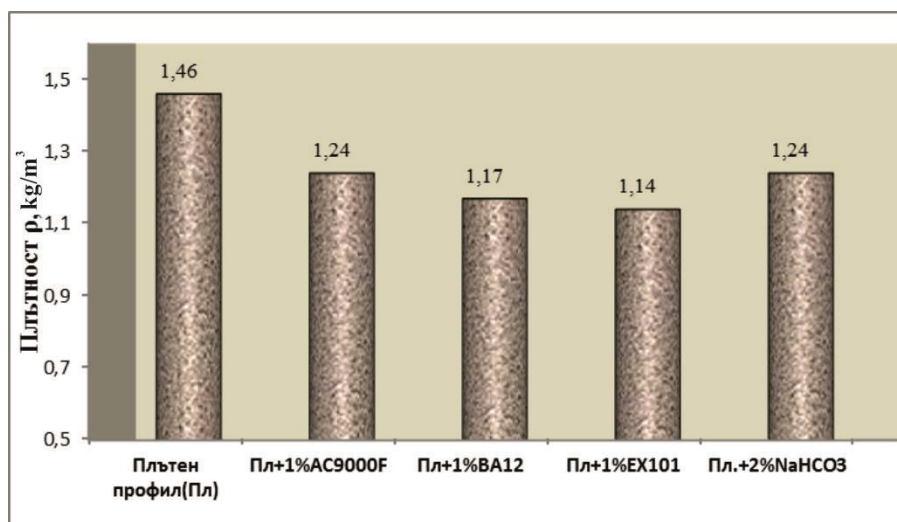
Изготвени и екструдирани са четири смеси от вторичен поливинилхлорид съдържащи различен по вид и количество разпенващ агент.

Видът и количествата разпенващи агенти, вложени в състава на драйбленда са представени в таблица 11.

Таблица 11. Вид и количество на разпенващ агент в състава на рециклирания PVC

№	Разпенващ агент	Рециклат, g	Разпенващ агент, g	Разпенващ агент, %
1.	NAFTOFOAM BA 12	300	3	1
2.	CELLCOM–AC 9000 F	300	3	1
3.	CELLCOM–EX 101	300	3	1
4.	$NaHCO_3$	300	6	2

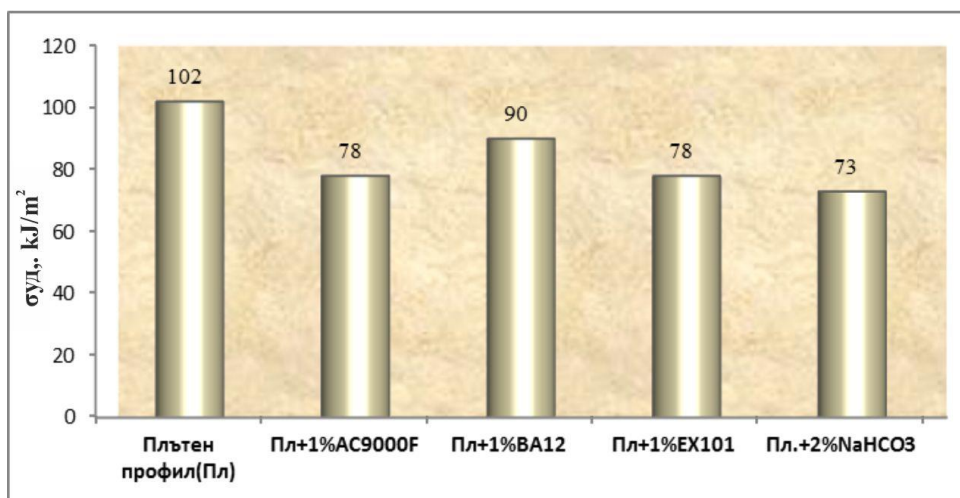
Определена е плътността на изготвените състави. Получените резултати са показани на фигура 30.



Фиг. 30. Плътност на екструдираните образци в зависимост от вида на разпенващите агенти

Анализът на данните показва, че всеки от използваните разпенващи агенти в избраните количества води до понижение на плътността на екструдатите. Най-висока ефективност се получава при използване на 1 % Naftofoam ВА 12 и Cellcom–ЕХ 101. Плътността на драйбленда се понижава с 20% в сравнение с показателите на плътните профили. С другите разпенващи агенти АС 9000F и NaHCO₃ намаляването на плътността е 15%.

От всички изследвани състави с понижена плътност, съставът с 1 % Naftofoam ВА 12 има и най-голяма удароустойчивост (фиг. 33).

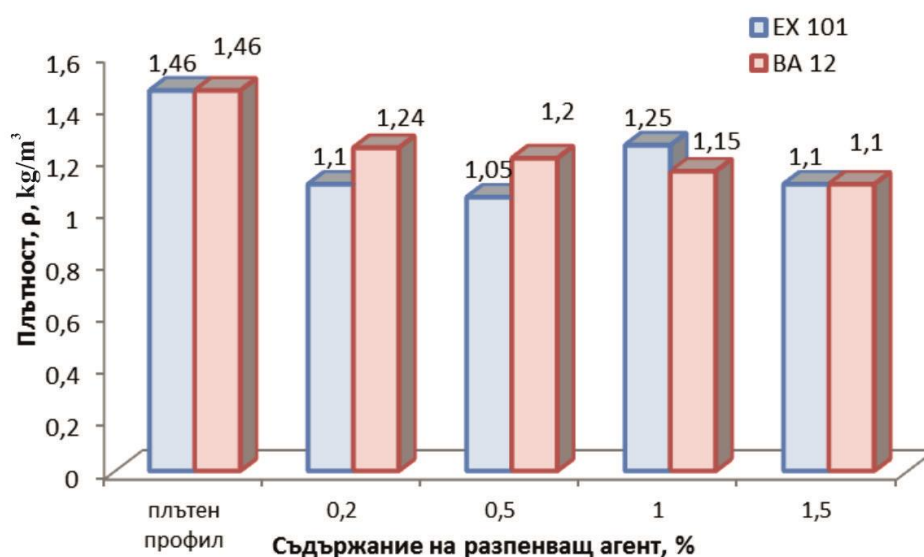


Фиг. 33. Изменение на якостта на удар в зависимост от състава на изследваните композити

Използването на NaHCO_3 , като разпенващ агент води до най-съществено понижаване якостта на удар (от $106,3 \text{ kJ/m}^2$ за плътен рециклат до $79,4 \text{ kJ/m}^2$). По ниската удароустойчивост на композитите разпенени с 2 % NaHCO_3 и 1 % Naftofoam BA 12, Cellcom–EX 101 се обяснява с тяхната по-висока твърдост и с изменението на якостта на опън представено на фиг. 32. Известно е, че тези показатели често са взаимно свързани.

От получените резултати не може еднозначно да се определи кой от трите разпенващи агента на база азодикарбонамид е по-подходящ за получаване на изделия от вторичен поливирилхлорид с понижена плътност. Поради това е изследвано влиянието на количеството и на двата от разпенващите агенти (Cellcom–EX 101 , Naftofoam BA 12) върху физикомеханичните свойства на получените композити.

Влиянието на количеството и вида на разпенващия агент върху плътността на получените композити е представена на фиг. 35.



Фиг. 35. Изменение на плътността на изследваните композити в зависимост от количеството разпенващия агент

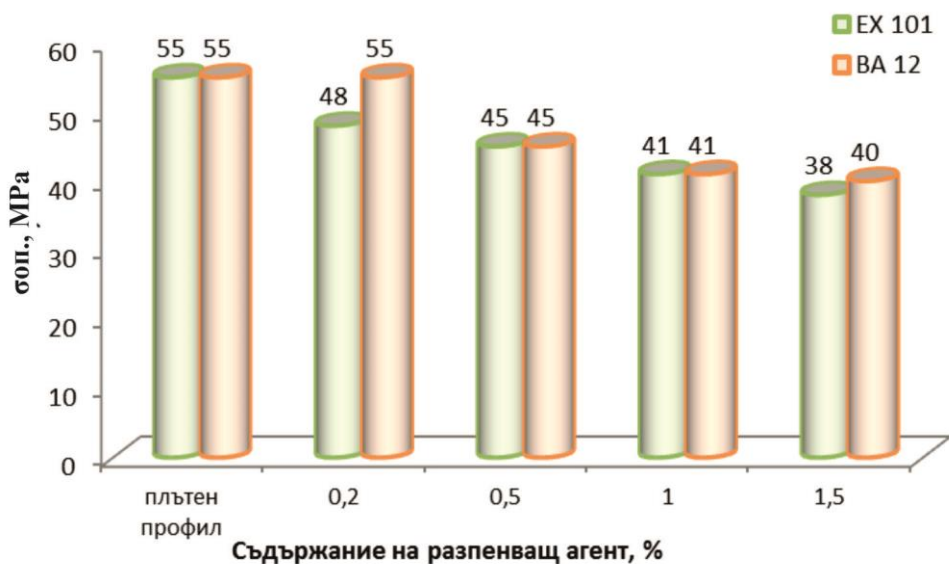
Разликата между плътния образец и олекотения (с 1,5% разпенващ агент и от двата вида) е 25%.

Намаляването на количеството Cellcom–EX 101 от 1,5 % до 0,2 % не води до допълнително понижаване на плътността на композита.

Такава закономерност не се наблюдава при използването на Naftofoam BA 12. Най-ниска плътност се получава с 1,5 % разпенващ агент - $1,1 \text{ g/cm}^3$. Възможно е това

да се дължи на недоброто хомогенизиране на разпенващия агент с полимерната матрица, което в случая е смесвано ръчно.

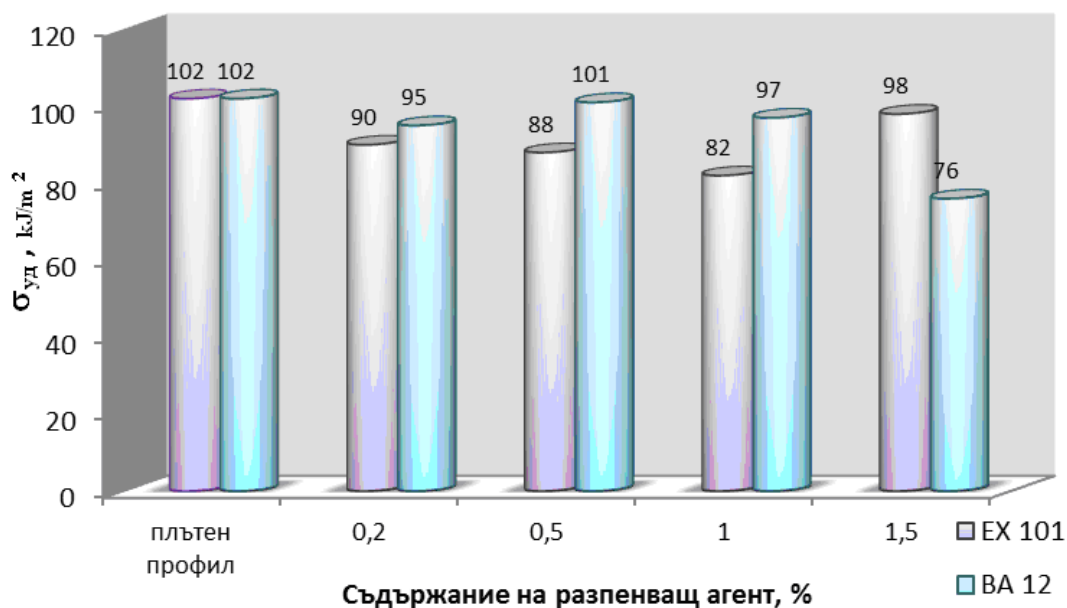
Изменението на якостта на опън в зависимост от вида и количеството разпенващ агент е представено на фиг. 37.



Фиг. 37. Влияние на количеството разпенващ агент върху якостта на опън в изследваните композити.

Резултатите от фиг.37 показват, че при влагане на 0,2% разпенващ агент Cellcom–EX 101, якостта на опън намалява с 13%. Същото количество разпенващ агент BA 12 не променя якостните показатели на образците. С увеличаване на количеството и на двата вида разпенител до 1,5% якостта на опън намалява право пропорционално до 29% в сравнение с плътния образец от рециклиран материал.

На фиг. 38 е показано влиянието на вида и количеството разпенващ агент върху якостта на удар.



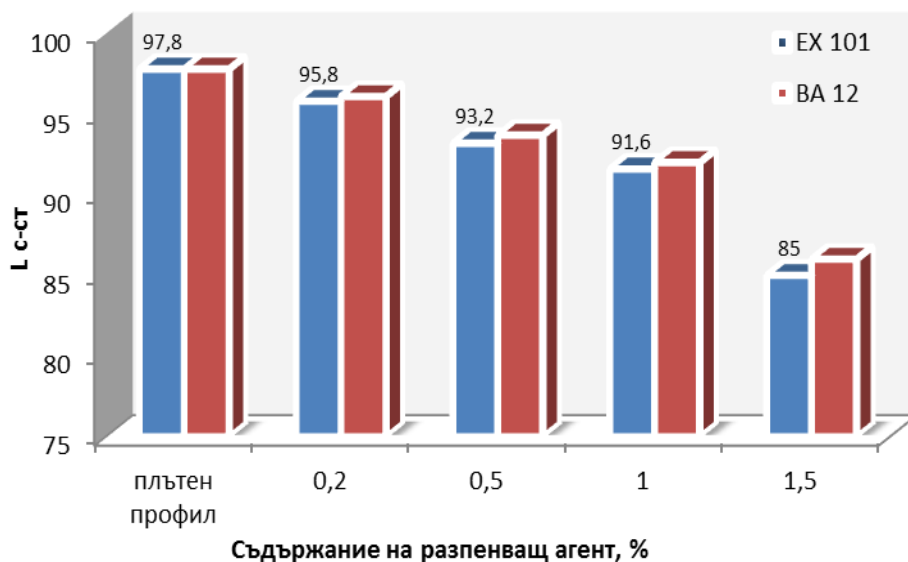
Фиг. 38. Изменение на якостта на удар в зависимост от количеството на разпенващия агент в изследваните композити

С увеличаване количеството разпенващ агент якостта на удар намалява. Забелязват се аномалии в тази тенденция за съставите съдържащи 1,5 % EX 101 и 0,2 % Naftofoam BA 12.

По-ниската удароустойчивост на композита съдържащ 1,5 % Naftofoam BA 12 вероятно се дължи на по-големи пори получени в резултат на по-високите концентрации и нехомогенизиран разпенващ агент.

От факта, че композита съдържащ 0,2 % BA 12 притежава най-ниската твърдост от всички изследвани, както и от аномалията в неговата удароустойчивост, може да се предположи, че се това се дължи на примеси в рециклата.

Изменението на L-стойността (белота) на изследваните състави е представено на фиг.39.



Фиг. 39. Изменение на L-стойността (белота) в зависимост от състава на изследваните композити

Известно е, че изделията, получени от вторичен поливинилхлорид не се характеризират с постоянност на L стойността (белота). Въпреки това, от резултатите представени на фиг.39 може да се направи извод, че разпенващите агенти Naftofoam BA 12 и Cellcom EX 101 в количество над 1 %, чувствително (с 14%) понижават белотата на получените изделия.

Обобщение

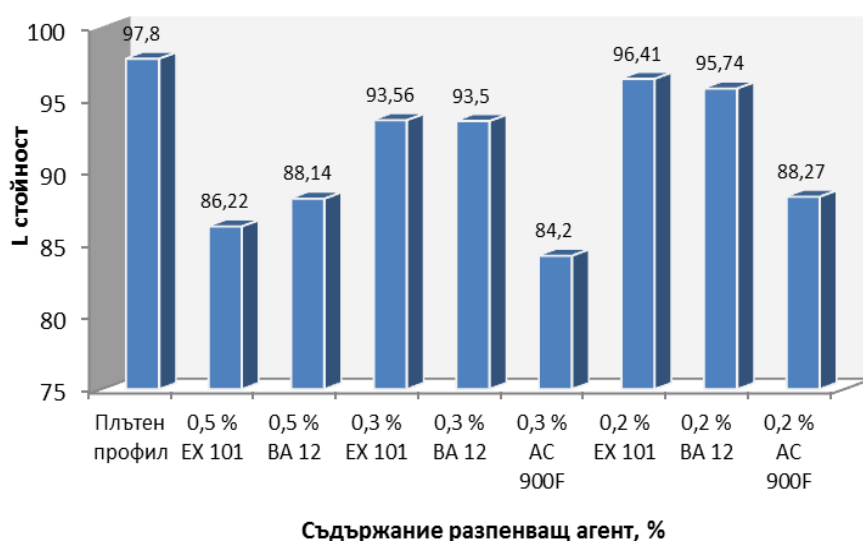
1. Изследвана е възможността за понижаване на плътността на профили, в чийто състав има вторичен материал и свеж драйбленд в съотношение 1:1. Установено е, че Cellcom EX 101 и Naftofoam BA 12 са подходящи за разпенване на драйбленд от свеж и вторичен поливинилхлорид.

2. Изследвано е влиянието на различни количества от двата разпенващи агента върху свойствата на полимерните екструдати. Установено е, че влагането към рециклата на 0,5 % Cellcom EX 101 води до понижаване на плътността на екструдата с около 26 %, без това да намалява значително другите физикомеханичните свойства на екструдата, като якост на опън, якост на удар и белота.

4. Въвеждане на различни по състав и количества химични разпенващи агенти в състава на свежия драйбленд, използван за екструдирание на PVC профили за врати и прозорци. Оптимизиране на технологичните режими на екструзия.

Изследвано бе влиянието на различните видове разпенващи агенти върху физикомеханичните показатели на екструдатите. Определени бяха подходящите разпенващи агенти. Следващата стъпка бе изработка на профили за врати и прозорци с понижена плътност и оптимизиране технологичните режими на екструдерите за различните видове профили.

На следващите графики са представени физикомеханичните показатели на екструдираните 5 камерни олекотени профили .



Фиг. 40. Изменение на L-стойността (белота) в зависимост от вида и количеството разпенващ агент

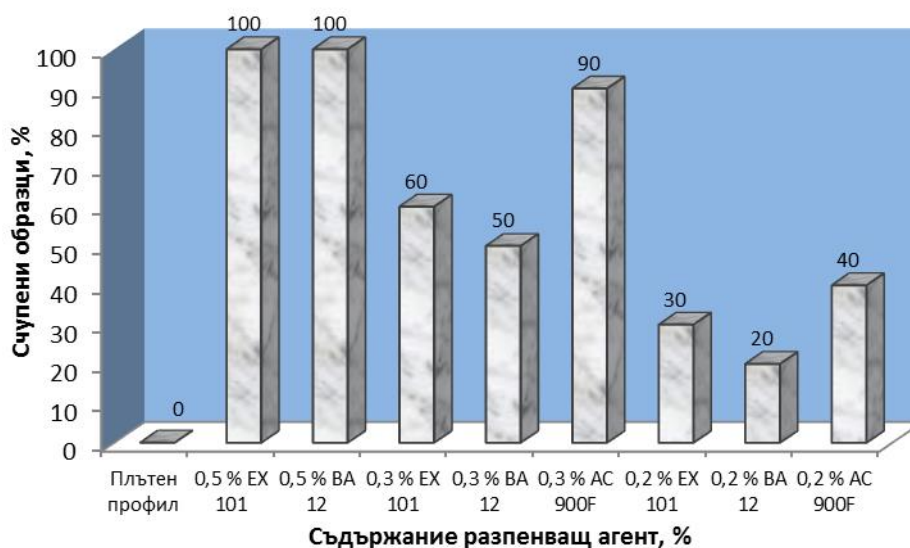
От фиг. 40 се вижда, че добавянето на 0,5% разпенващ агент съществено понижава белотата на профилите. При разпенващ агент EX 101 белотата се понижава с 12%, при BA 12 с 10%. Най-значително (с 14 %) е понижението при добавяне на 0,3% AC 9000F, което се дължи най-вероятно на наситения жълт цвят на пудрата, респективно на състава на разпенителя.

При 0,3% разпенващи агенти BA 12 и EX 101, L стойността се понижава с 4%. Намаляването на разпенващата добавка до 0,2% доведе до промяна в цвета с 1,5%, което е в допускателния диапазон на стандарта. Изключение прави цвета на профила с добавка AC 9000F. Белотата е с показател, близък до тези на профили с 0,5% разпенващ агент.



Фиг.41 Изменение на теглото на профилите в зависимост от вида и количеството разпенващ агент

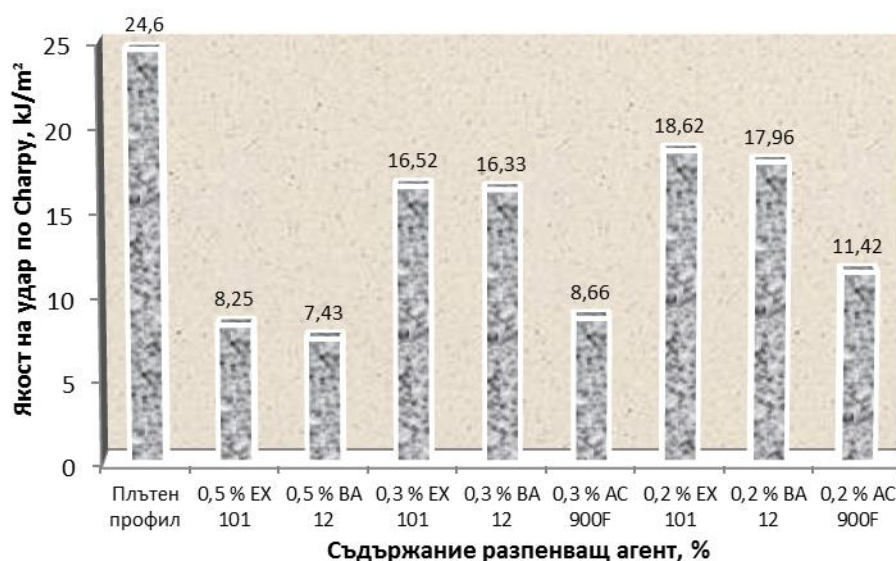
На фиг. 41 са представени резултатите от измерване теглата на профилите в зависимост от вида и количеството разпенващ агент. При добавяне на 0,5% разпенваща добавка EX 101 и BA 12, профилите намаляват теглото си в сравнение с плътния профил до 10%, което показва значително набъбване на газа в стопилката. Добавянето на 0,3% разпенител от трите вида в екструдираната смес, води до понижаване на плътността на профилите с 4%. Най-незначително е олекотяването на профилите при 0,2% разпенващ агент (средно с 1,7%).



Фиг.42. Изменение на якостта на удар с падаща тежест в зависимост от състава на изпитваните профили.

Какво е влиянието на различните по състав и количество разпенващи агенти може да се види на фиг.42.

От графиката се вижда, че с увеличаване количеството на разпенващите агенти якостните показатели намаляват значително. При добавяне на 0,2% разпенващ агент (от всички видове), якостта намалява средно с 30%. Увеличаване на количеството разпенваща добавка на 0,3% води до намаляване на якостта до 50%, като при добавката AC 9000F чупливостта е почти 100%, каквато е при профилите с 0,5% разпенващ агент (от BA 12 и EX 101).



Фиг.45. Изменение на якостта на удар по Charpy в зависимост от вложения в профилите вид и количество химичен разпенващ агент.

На фиг. 45 са представени резултатите от изменението на якостта на удар в зависимост от вида и количеството разпенващ агент.

Методът се използва за изследване поведението на посочените типове пробни тела при определени условия на удар и за оценяване крехкостта или здравината на пробните тела при условията на изпитване. Той също може да бъде използван за получаване на сравними данни от подобни видове материали.

Резултатите показват, че с добавяне на 0,5% разпенващ агент якостта намалява (с 67%) от 24,6 kJ/m² до 8 kJ/m². При 0,3% разпенител в профилите, якостните показатели се запазват значително по-високи – до 16,52 kJ/m². При това количество отново се наблюдават по-ниски стойности с разпенител AC 9000F. При количество от 0,2% EX 101 и BA 12, якостта на удар около 18 kJ/m², което е най-близко по стойност до плътния профил. Това се дължи на по-слабото разпенване на полимерната матрица.

Обобщение

1. Проследено е влиянието на количеството и вида разпенващ агент в състава а профили от PVC-U върху експлоатационните характеристики на тестваните образци. Установено е, че при влагане на разпенващи агенти EX 101 и BA 12 в количество 0,2 % якостните показатели на профилите са близки до стандартовите допуски.
2. Имайки предвид по-високата L стойността при профилите с разпенващ агент EX 101, както и параметрите на екструдерната линия, за следващите изследвания е определен състав с 0,2 % разпенващ агент EX 101.

5. Изпитване на дограма, изработена от свеж, свеж и рециклиран и олекотен PVC профил.

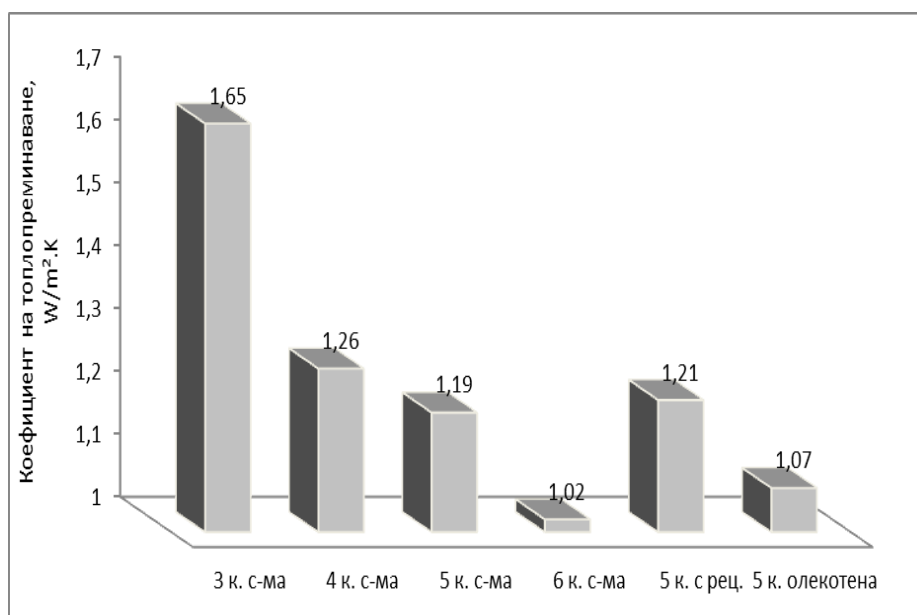
Изследвани са експлоатационните свойства на изделия, изработени от PVC профили с различен състав и конструкция.

Охарактеризирано е поведението на три-, четири-, пет- и шесткамерни профили от поливинилхлорид, профили с понижена плътност и такива, изработени от свеж и рециклиран материал в съотношение 1:1 чрез тестове за якост на заварени ъгли и топлопреминаване.

Изготвени са многокамерни профили от непластифициран поливинилхлорид, профили с понижена плътност и профили с рециклиран и свеж материал в съотношение 1:1. Изследвани са физикомеханичните им свойства.

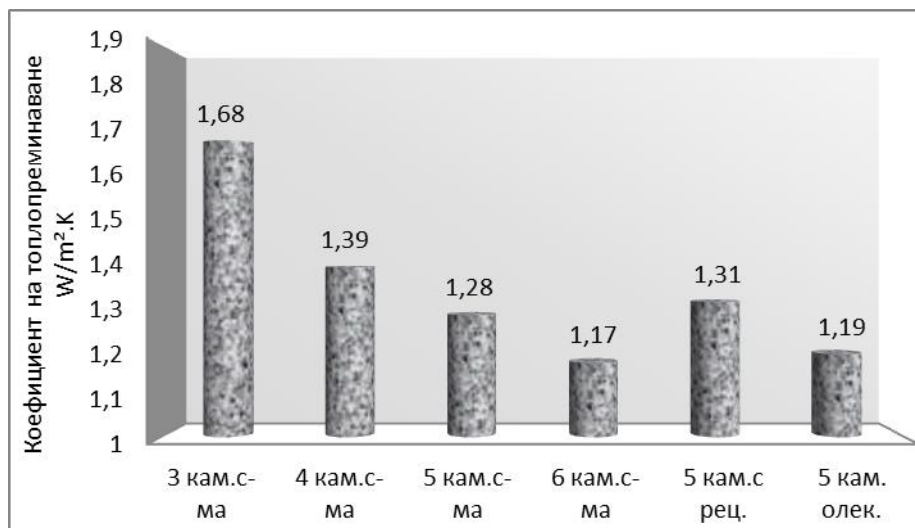
Проследено е поведението на прозорци, изработени от тези профили на топлопреминаване, въздухопроницаемост и изолация на въздушен шум.

На фиг.46 са представени резултатите от измерване на коефициента на топлопреминаване на PVC профили.



Фиг. 46. Коефициент на топлопреминаване на различни по състав и конструкция PVC профили

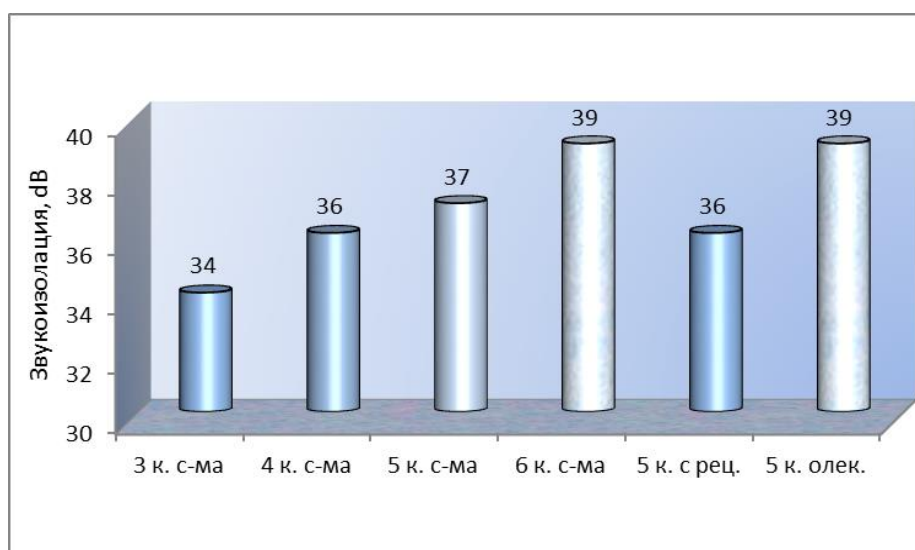
На фиг. 46 са представени резултатите от изпитване на профилите на топлопроводност. Най-значителни са загубите на топлина при трикамерната система, което е обяснимо с конструкцията на профилите. Близки по стойност са резултатите при петкамерните профили, петкамерните профили изработени от свеж и рециклиран и четирикамерната PVC система. Разликите в коефициентите им са от порядъка на 2 % между петкамерните системи, изработени от свеж и свеж и рециклиран материал и 4 % между четири- и петкамерната системи. Петкамерната система с понижена плътност има значително по - ниска топлопроводност от четири- и петкамерните системи и с 4,6 % по- висока стойност от шесткамерната система, чийто топлообмен е минимизиран. Това се дължи на по-големия брой камери в изделието и съответно по-голяма строителна ширина.



Фиг. 48. Коефициент на топлопреминаване на PVC прозорци, изработени от различни по състав и конструкция многокамерни профили

На фиг. 48 са представени резултатите от изпитване на прозоречни системи, изработени от профили с различна конструкция и състав на топлопреминаване.

Броят на въздушните камери при прозорците, изработени с шесткамерни профили, както и напълването с въздух (понижаване на плътността) на профилите води до значително понижаване на коефициента на топлопреминаване. Сравнен с другите петкамерни системи, този показател е с 9 % по-нисък. Разликата му с четирикамерната система е 16 %. Най-значителен е преноса на топлина при трикамерната система, което е с 30 % увеличаване на разходите на енергията, необходима за поддържане на постоянен топлинен поток в камерата за изпитване в сравнение с 6 камерната система прозорци.



Фиг.49 Звукоизолация на PVC прозорци, изработени от плътни профили, профили с рециклиран материал и профили с понижена плътност

Стойностите на измерената звукоизолация (индекс на изолация от въздушен шум R_w) показват, че с увеличаване броя на камерите индекса расте, т.е намалява интензитета на звука преминал през тези елементи от строителната конструкция. При шесткамерната и прозоречна система с понижена плътност изолацията от въздушен шум достига 39 dB. С 8 % по-ниско ниво на изолация има при прозорците, изработени с четири- и петкамерни профили. Трикамерната готова система е с 13 % по-нисък показател от шесткамерната и 5,5 % от петкамерните прозорци.

Обобщение

Изпитани са профилни системи, изработени от PVC профили със свеж драйбленд, свеж и рециклиран материали и олекотен PVC профили. Установено е, че:

1. С увеличаване на броя на камерите на PVC профилите, коефициента на топлопреминаване намалява, увеличава се изолацията от въздушен шум.
2. Икономическият ефект от замяната на стара дървена дограма с PVC дограма е намаляване разходите за енергия средно:
 - с трикамерна прозоречна система до 340 лв. годишно;
 - с четирикамерна система до 368 лв. годишно;
 - с петкамерна система до 375 лв. годишно;
 - с петкамерна система с понижена плътност до 390 лв. годишно.
3. PVC профилите с понижена плътност имат с 14, 5 % по-ниски якостни показатели в сравнение с плътните петкамерни профили. Коефициентът топлопреминаване се понижава с 10 %, което води до намаляване на годишните разходи за климатизация на помещение с обем 208 m³ допълнително с още 4 %. Себестойността на олекотените профили намалява със 7 %.

6. Прогнозиране на дълготрайността на PVC профили за врати и прозорци

За окачествяване на профилите е необходимо е да се направят задълбочени изследвания за влиянието на различните източници на светлина (UV, IR и Xe),

използвани за изкуствено стареене, върху физикомеханичните свойства и термостабилността на поливинилхлоридни състави, както и установяване на връзката между свойствата на изкуствено състарени композитни състави и физикомеханичните показатели на PVC профили, изложени на атмосферно стареене.

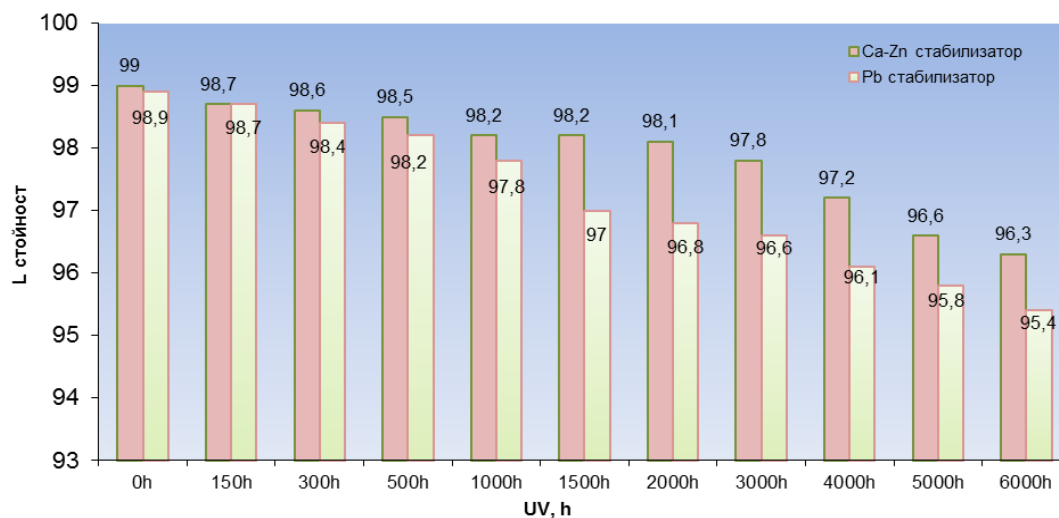
Изкуственото стареене е проведено паралелно в ксенонова камера Q-SUN Lab Xe1 с условия на стареене в съответствие с EN 4892-1 и климатична камера ILKA Feutron 3001 под действието на ултравиолетово и комбинация от ултравиолетово и инфрачервено излъчване в продължение на 6000 часа.

Изследвано е влиянието на UV, UV/IR и Хе източници на светлина върху физикомеханичните показатели на PVC профили, изработени с оловен, калциево-цинков стабилизатор, калциево-цинков стабилизатор и разпенващ агент в състава.

Основните следени параметри са промяна на цвета (L с-ст) и якостта на удар (Charpy) на образци преди и след подлагане на изкуствено стареене.

Направена е апроксимация на резултатите, получени от подлагани на изкуствено стареене с различни светлинни източници профили и такива, старели при атмосферни условия.

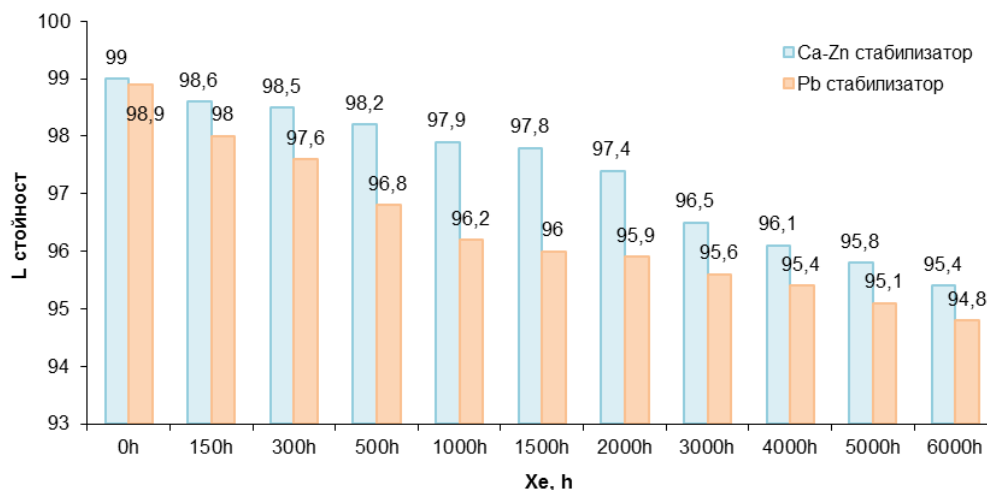
Резултатите са представени на следващите фигури:



Фиг. 51. Влияние на вида стабилизатор върху основния цвят на профили (L), изработени с калциево-цинков или оловен стабилизатор и подложени на изкуствено стареене с UV източник на светлина

От графиката се вижда, че разликата в първоначалните стойности на основния цвят на профили, изработен с калциево-цинков стабилизатор и с оловен стабилизатор

е пренебрежимо малка. При 1000 часа изкуствено стареене с UV източник на светлина, L стойността намалява с 1% при профилите с калциево-цинков стабилизатор. При образците с оловен стабилизатор в рецептурата промяната на цвета е с 2%. При 3000 часа облъчване тези данни се променят несъществено (с 0,2%) и при двата вида образци. Значително намалява белия цвят при 6000 часа изкуствено стареене. При профилите с безоловен стабилизатор с 3%, а при профилите с оловен стабилизатор с 3,5%.



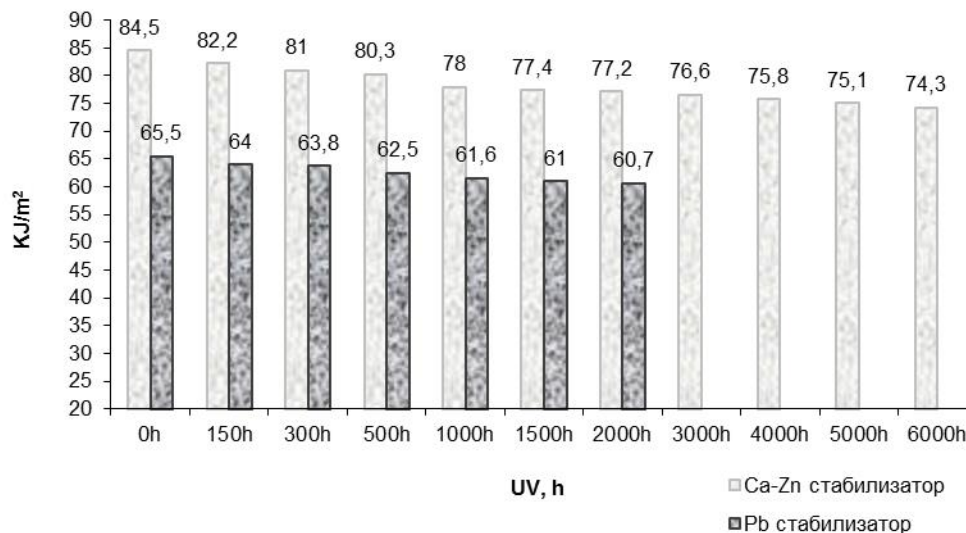
Фиг. 52. Влияние на Хе източник на светлина на върху основния цвят на профили, изработени с калциево-цинков или оловен стабилизатор

При състаряване на PVC профили с ксенонов източник на светлина се наблюдава по-интензивно намаляване на L стойността има още през първите 500 часа на състава с оловен стабилизатор.

Съставът, изработен с оловен стабилизатор, променя основния си цвят с 2%, а този изработен с безоловен стабилизатор с 0,8 %. В интервала от 1500 часа до 3000 часа L стойността намалява незначително и при двата състава (до 3% за образците с оловен стабилизатор и с 2,5% за смесите с калциево-цинков стабилизатор). Тази тенденция се наблюдава и при състаряване на пробите с ултравиолетов източник на светлина. При 6000 часа експозиция белотата намалява с 3,6 % в сравнение с първоначалната стойност на пробите с калциевоцинков стабилизатор и с 4,2 % при смесите с оловен стабилизатор.

От резултатите за промяната на цвета на PVC профили, подложени на ускорено изкуствено стареене с различни светлинни източници се вижда, че и при двата източника на светлина по-интензивно променят цвета си профилите, изработени с оловен стабилизатор.

При експозицията с ксенонов източник белотата намалява по-интензивно за всички състави. Най-вероятно това се дължи както на факта, че профилите са изработени от поливинилхлорид съдържащ UV стабилизатори, така и на спектъра на източника на светлина[88,89].



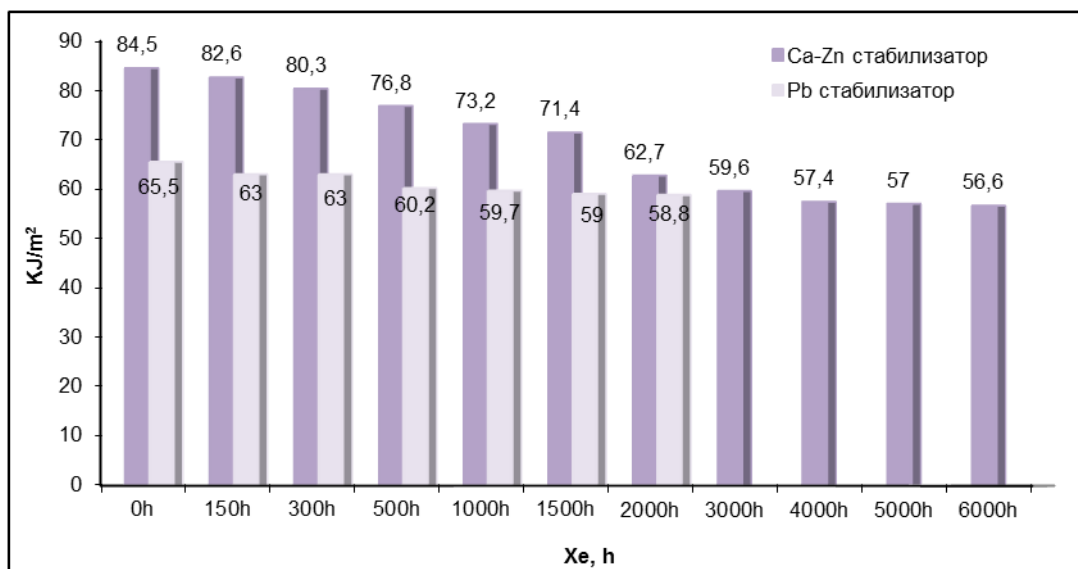
Фиг. 53. Промяна на якостта на удар (Charpy) на профили, изработени с калциево-цинков или с оловен стабилизатор, подложени на изкуствено стареене с UV източник на светлина

На фиг. 53 са представени резултатите от изменението на якостта на удар (по Charpy) при профили, изработени с двата вида стабилизатори и подложени на стареене с UV източник на светлина.

От графиката се вижда, че образците с безоловен стабилизатор понижават удароустойчивостта си по-чувствително. От първоначална стойност 84.5 KJ/m², при 2000 часа облъчване достигат 77.2 KJ/m². Това е намаляване на якостта с 8.6%. При 6000 часа експозиция якостта намалява с 12%.

При образците, изработени с оловен стабилизатор се наблюдава понижаване на якостта със 7.3%. (65,5 – 60,7) KJ/m² за 2000 часа.

Якостните показатели на двете смеси, подложени под въздействието на ксенонов източник на светлина са представени на следващата графика.

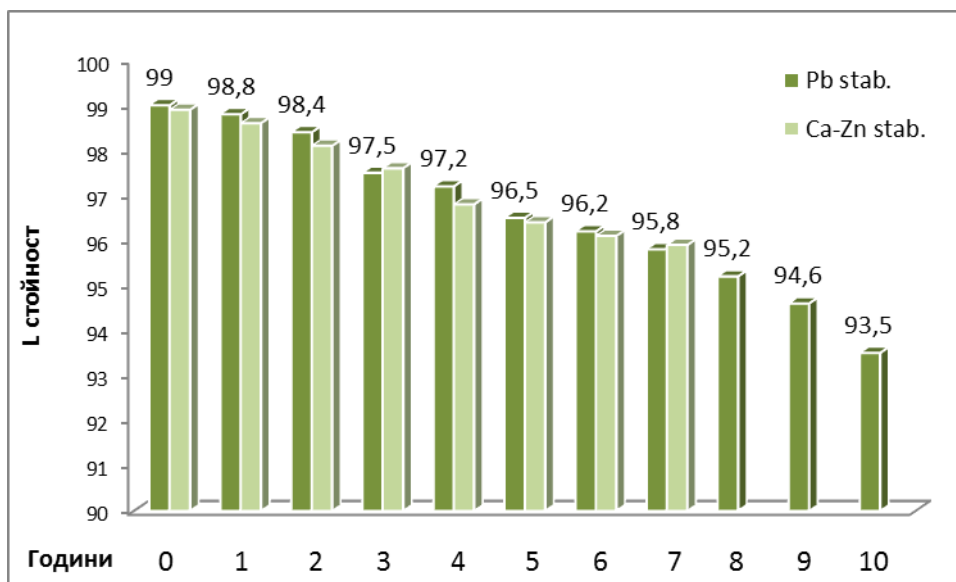


Фиг. 54. Промяна на якостта на удар (Charpy) на профили, изработени с оловен или с калциево-цинков стабилизатор, подложени на изкуствено стареене Хе източник на светлина

От представените резултати се вижда, че образците, изработени с безоловен стабилизатор под въздействието на ксенонов източник на светлина намаляват якостта си с 25.8% (от 84.5 KJ/m² на 62.7 KJ/m²) след 2000 часа. За 6000 часа удароустойчивостта намалява с 33%, което показва, че Хе източник на светлина въздейства значително по-неблагоприятно върху якостните характеристики на профилите. Въпреки това, резултатът е в стандартовия допуск за намаляване на якостта на удар по Шарпи след изкуствено стареене от 40%. Тази стойност е опитно установена и зависи от резултатите от провежданите изследвания.

Смесите, изработени с оловен стабилизатор понижават якостните си показатели 10.2% (от 65.5 KJ/m² на 58.8 KJ/m²) за 2000 часа.

Ежегодно е измервана белотата на дограма, подложена на атмосферно стареене по време на нейната реална експлоатация в промишлената зона на гр. София за период от 10 години за профили с оловен стабилизатор и 7 години за PVC дограма, изработена с калциево-цинков стабилизатор. Получените резултати са представени на фиг. 55:



Фиг. 55 Промяна на основния цвят L при образци, подложени на атмосферно стареене

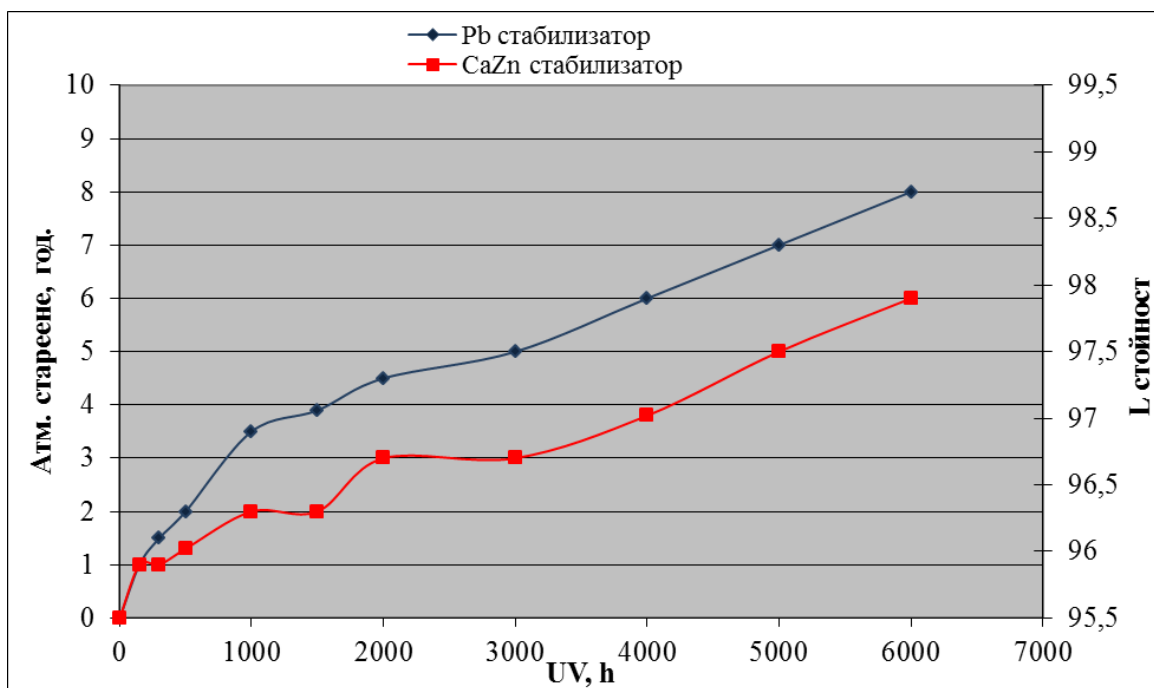
Резултатите от графиката показват, че основния цвят на профилите, изработени с оловен стабилизатор за 5 години атмосферно стареене намалява с 2,5 % (96,5) от първоначалната стойност (99), което отговаря на 3000 часа изкуствено стареене с ултравиолетов източник на светлина и 750 часа с ксенонов източник на светлина. За десет години L стойността на същите профили достига до 93,5, което е с 5,6 % промяна от първоначалния цвят. Тази промяна най-вероятно се дължи на факта, че когато е изложен за дълго време на атмосферни условия и е обект на различни влияния, поливинилхлорида променя своята химична структура, което се изразява в загуба на добавки, намаляване на механичната якост и увеличаване на крехкостта. Много изследвания сочат като причина за тези изменения термичното разлагане и фото окисление на PVC [90-93].

При профилите, изработени с калциево-цинков стабилизатор, след 5 години атмосферна експозиция се наблюдава промяна на основния цвят с 2,5 % от първоначалния. Тази стойност се доближава до стойността при изкуствена експозиция с UV източник за 5000 часа и 3000 часа с ксенонов източник на светлина. За седем години естествено стареене белотата на профилите с калциево-цинков стабилизатор се понижава с 3%, което за същия период от време е 3,2% за профилите с оловен стабилизатор.

От анализа на тези данни може да се допусне, че 10 годишен период на атмосферно стареене, за профилите с безоловен стабилизатор ще отговаря на около

7000 часа изкуствено състаряване с Хе източник и над 8000 часа UV източник на светлина.

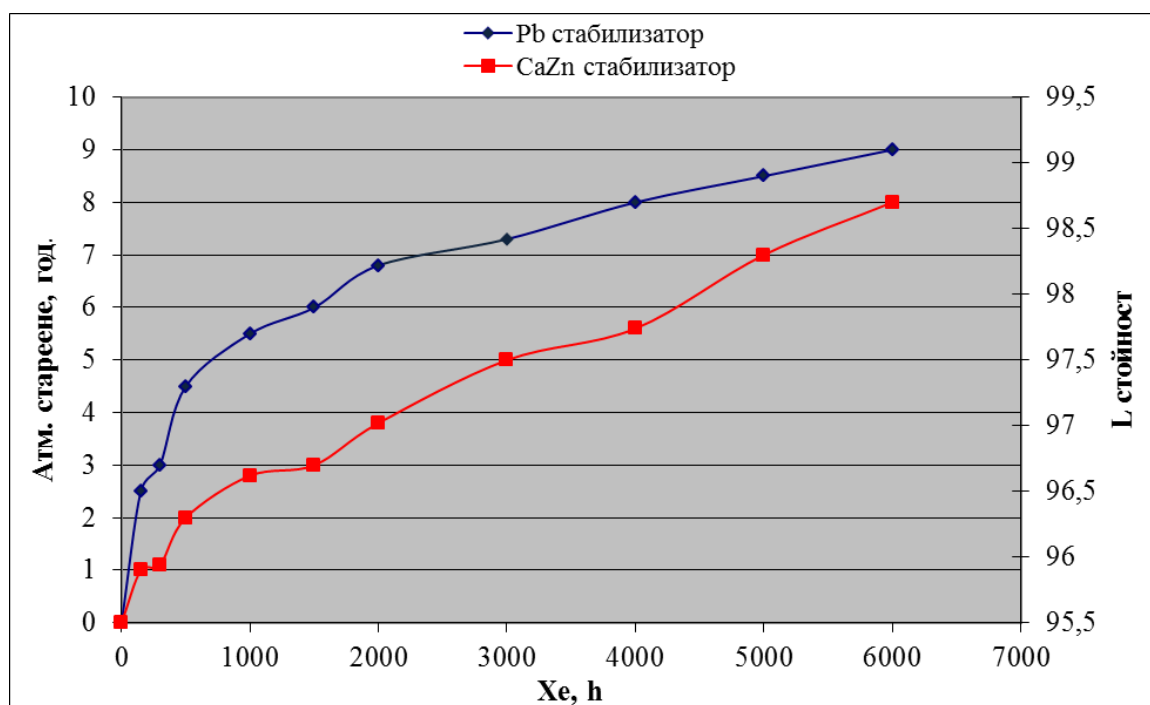
На следващите графики е изследвана зависимостта между атмосферното стареене на смесите с двата вида стабилизатор и изкуственото състаряване с UV (фиг.56) и Хе (фиг.57) източници на светлина на профилите.



Фиг. 56. Зависимост между атмосферно стареене и стареене под въздействие на ултравиолетов източник на светлина на профили, изработени с оловен или с калциево-цинков стабилизатор, изразена чрез белотата

Резултатите от състаряване на профилите с двата вида стабилизатор под въздействието на UV източник на светлина показват, че смесите с оловен стабилизатор при 3000 часа облъчване, имат белота, каквато профилите при 5 години атмосферно стареене. Смесите с калциево-цинков стабилизатор, за същия период на експозиция имат L стойност, каквато профилите за 3 години естествено стареене. При 6000 часа изкуствена експозиция мострите със съдържание на олово в рецептурата намаляват белотата си до 95,4. Тази стойност се равнява на 8 години атмосферно стареене. Профилите с безоловен стабилизатор за същия период от време променят цвета си до стойност, която се равнява на 6 години естествено стареене.

По литературни данни този период (6000 часа) на изкуствена експозиция отговаря на 5 години естествено стареене. Имайки това предвид, по-близо до прогнозираната дълготрайност е профилът с калциево-цинков стабилизатор.



Фиг. 57. Зависимост между атмосферно стареене и стареене под въздействие на ксенонов източник на светлина на профили, изработени с оловен или с калциево-цинков стабилизатор, изразена чрез белотата

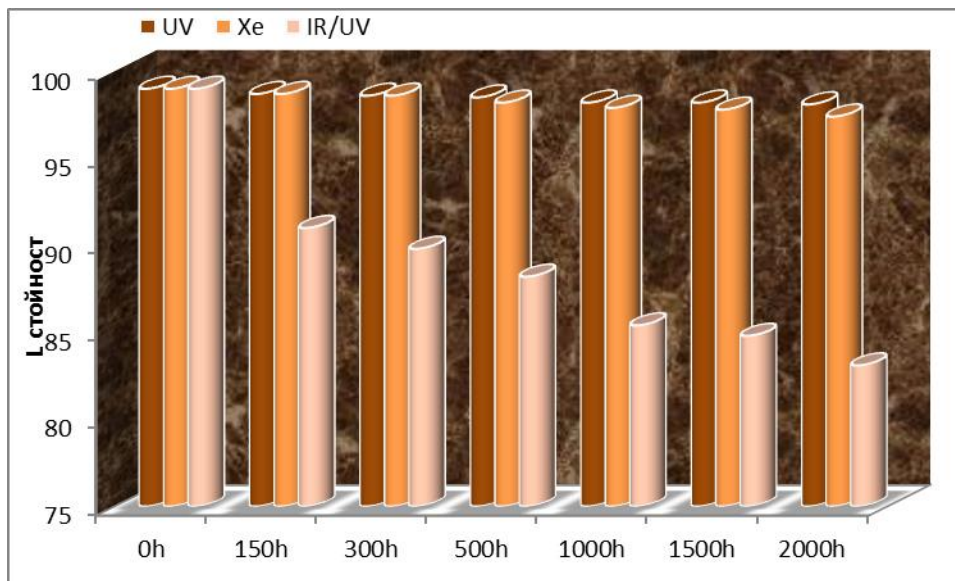
Резултатите от графиката сочат, че белотата при три хиляди часа ксеноново облъчване на смеси с оловен стабилизатор, отговаря на белотата на 7,3 години атмосферно стареене. Същите профили, при 6000 часа имат стойност, равняваща се на 9 години естествена експозиция.

При смесите с калциево-цинков стабилизатор, след 3000 часа, смесите имат цвят, какъвто при 5 години естествено стареене. При 6000 часа белотата намалява до стойност 95,8, каквато е при профилите за 8 години естествено стареене.

Анализът на данните от двете графики показва, че профилите, изработени с оловен стабилизатор променят цвета си по-интензивно и по двата използвани метода за изкуствено стареене.

Получените резултати позволяват да се прогнозира дълготрайността на поливинилхлоридни профили за врати и прозорци дори и след промяна в техния състав. Тези прогнози могат да бъдат само приблизителни. Въпреки това те имат логична основа, защото и естественото стареене в атмосферни условия е със значителни колебания, дължащи се на фактори като местоположение, посока (север, юг) и ъгъл на монтаж, конкретни метеорологични условия и т.н. [94,95].

Влиянието на различни светлинни източници на изкуствено стареене върху цвета на PVC профили, изработени с калциево-цинков стабилизатор е представено на фигура 58:



Фиг. 58. Влияние на различни светлинни източници на изкуствено стареене върху L стойност на PVC профили с калциево-цинков стабилизатор

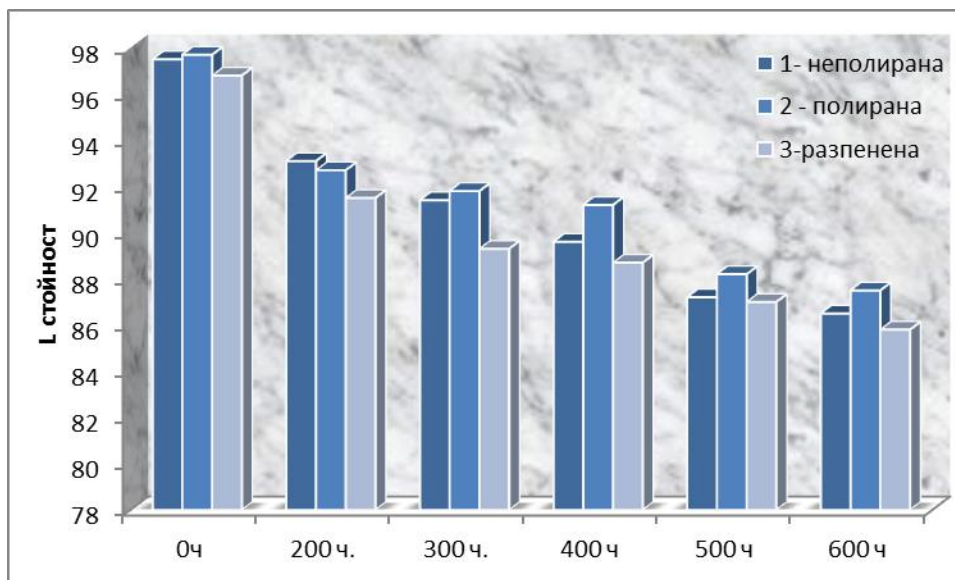
От графиката се вижда, че профилите несъществено понижават L стойността си за 2000 часа под въздействието на ултравиолетов и ксенонов източник на светлина. При комбинирано лъчение на инфрачервен и ултравиолетов източник, белотата значително се понижава. След първите 150 часа основния цвят се понижава с 8 %. За 1000 часа с 14% в сравнение с първоначалната стойност, а при 2000 часа облъчване с 16%.

Поради интензитета на стареене с комбиниран светлинен източник за нуждите на следващите три изпитвания беше използвана само лампа с излъчване в IR и UV области.

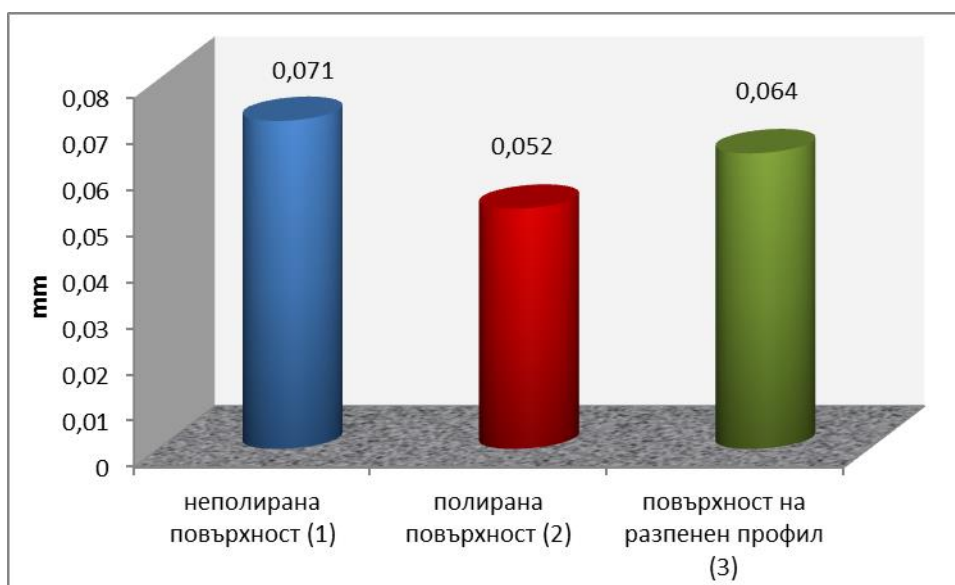
Следваща стъпка от тестовите за стареене беше да се изследва на влиянието на IR/UV светлинен източник върху различни повърхности на профили – полирана, неполирана и повърхност на профил с понижена плътност.

На фиг.59 са представени резултатите от изследване на влиянието на комбиниран източник на изкуствено стареене върху различни профилни повърхности. Образците са подложени на 600 часа стареене. От графиката се вижда, че профилите имат близки първоначални стойности. Значително намаляване на основния цвят се забелязва още след първите 200 часа и при трите образци. От 300 до 600 часа

образците намаляват белотата си с до 2% на всеки 100 часа, като тенденцията за запазване на цвета остава при полираната повърхност. За 600 часа стареене L стойността при неполираната повърхност и разпенена структура намалява с 11 %, при полираната с 10 %.



Фиг. 59. Промяната на цвета на профили с неполирана, полирана повърхности и такива, с 0,2% разпенващи агенти в състава под въздействието на IR/UV светлинен източник.



Фиг. 60. Зависимост на дълбочината на проникване на лъчите (IR/UV светлинен източник) от вида на повърхността на профила

На фигура 60 е онагледено изследването на дебелината на стените на образци с неполирана повърхност (1), образци с полирана повърхност (2) и образци с неполирана повърхност и разпенващ агент в състава. Мострите са старели под действие на IR/UV светлинен източник в продължение на 600 часа. Първоначално измерената стойност на дебелината на стената при полирана повърхност е 2,713 mm. Повърхността е обработвана до отстраняване на пожълтения повърхностен слой и отново е измерена (получената стойност е 2,679 mm).

При неполирана повърхност разликата между двете измерени стойности е 0,052 mm (от 2,731 mm на 2,642 mm), а при профила с разпенващ агент е 0,064 (от 3,087 mm до 3,023mm).

Резултатите показват, че лъчите проникват на най-малка дълбочина при полираната повърхност на 52 μm , следвана от повърхността на профила с разпенващ агент в състава (64 μm) и повърхността на неполирания профил (71 μm), което е с 27 % по-голяма дълбочина от образец 2 и с 10 % по-дълбоко от образец 3.

От фигури 59 и 60 може да се допусне, че старее повърхностния слой, който е подложен на окисление и в него преобладава голямо количество разкъсани макромолекулни вериги. Променя се цвета на профилите, но физикомеханичните показатели се запазват, което е в съответствие и с литературните данни. Отразяването на светлината от гланцираната повърхност също не позволява допълнително окисление на повърхностния слой и разкъсване на макромолекулните вериги [96-98].

На фиг.61 са представени резултатите от изследване на влиянието на количеството разпенващ агент върху промяната на цвета на профили, подложени на изкуствено стареене с под въздействието на IR/UV източник на светлина.

Обобщение

1. Изследвани са експлоатационните характеристики на профилите, изработени с калциево-цинкови и оловни стабилизатори за 10 годишен период на стареене при атмосферни условия и 6000 часа изкуствена експозиция с различни светлинни източници. Установено е, че:

- Замянаната на оловния стабилизатор с калциево-цинков води до по-атмосфероустойчив повърхностен слой на профилите, но и до по-ускорено стареене в дълбочина.

- Ускореното стареене на профили от твърд поливинилхлорид под действие на Хе източник на светлина протича по-интензивно от това под действие на UV светлинен източник.

2. За първи път е изследвана зависимостта между атмосферно и изкуственото стареене с UV и Хе източници на светлина на PVC профили, изработени с с оловен или калциево-цинков стабилизатор. Получените резултати позволяват да се прогнозира дълготрайността на поливинилхлоридни профили за врати и прозорци дори и след промяна в техния състав.

3. За първи път са изследвани:

- Промяната в цвета на профилите, в резултат на изкуствено стареене по действие на UV, Хе и IR/UV лъчи, в зависимост от вида на тяхната повърхност;
- Зависимостта между вида на повърхността на PVC профили и дълбочината на проникване на UV, Хе и IR/UV лъчите в профили, подложени на изкуствено стареене;
- Влиянието на количеството разпенващ агент върху промяната на цвета на профилите, подложени на изкуствено стареене.

Установено е ,че лъчите проникват на най-малка дълбочина при полираната повърхност на 52 μm , следвана от повърхността на профила с понижена плътност на 64 μm и матова (идентична с тази на профила с понижена плътност) повърхност 71 μm .

Променя се цвета на профилите, но физикомеханичните показатели се запазват, което е в съответствие и с литературните данни [68].

С увеличаване на количеството разпенващ агент в състава на профилите, основния цвят намалява по-интензивно. Най-вероятно олекотеният състав, съдържащ 0,2 % разпенващ агент EX 101 има идентична повърхност с тази на неполирания профил, но по-малка топлопроводност. В резултат IR компонента на ускореното изкуствено стареене е с по-малка ефективност. При увеличаване на количеството разпенващ агент, тъй като екструзията се провежда на конвенционална глава за плътни профили, по-голямата степен на разпенване води до по-неравна повърхност (с увеличена площ), което е предпоставка за по-интензивно стареене на повърхността на изделиято.

IV. Изводи

1. След оптимизиране на състава на драйбленда и на технологичния режим на екструдирание е изследвана възможността за влагане на вторичен материал към свеж драйбленд в различни количества до 100 %. Установено е, че влагането на вторичен материал до 50 % не се отразява съществено върху производителността на машините и експлоатационните свойства на изделията и понижава себестойността на продукцията с 36,5 % за тон.

2. С помощта на малък екструдер марка “SG – 35 ” е изследвана възможността за понижаване на плътността на профили, в чийто състав има вторичен материал и свеж драйбленд в съотношение 1:1. Най-добри резултати са получени при използването на 0,5 % Cellcom EX 101, което води до понижаване на плътността на екструдата с около 26 %, без това да намалява значително другите физикомеханични свойства на екструдата, като якост на опън, якост на удар и белота.

3. На промишлена екструдерна линия е проследено влиянието на количеството и вида разпенващ агент, вложен в състава на профили от PVC-U, върху експлоатационните характеристики на изделията. За следващите изследвания е определен състав, съдържащ 0,2 % разпенващ агент EX 101.

4. Изпитани са профилни системи (прозорци), изработени с профили от свеж драйбленд, смес от свеж и рециклиран материал и от олекотени профили. Установено е, че: с увеличаване на броя на камерите на PVC профилите, коефициента на топлопреминаване намалява и се увеличава изолацията от въздушен шум.

Икономическият ефект от замяната на стара дървена дограма с PVC дограма е намаляване разходите за енергия с до 390 лв годишно за помещение с обем 208 m³, при използване на петкамерна система с понижена плътност. Освен това, себестойността на олекотените профили е по-малка със 7 %.

5. Изследвани са експлоатационните характеристики на профилите, изработени с калциево-цинкови и оловни стабилизатори за 10 годишен период на стареене при атмосферни условия, както и при 6000 часа изкуствена експозиция с различни светлинни източници. Установено е, че:

- Замяната на оловния стабилизатор с калциево-цинков води до по-атмосфероустойчив повърхностен слой на профилите, но и до по-ускорено стареене в дълбочина.

- Ускореното стареене на профили от твърд поливинилхлорид под действие на Хе източник на светлина протича по-интензивно от това под действие на UV светлинен източник.

V. ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. За първи път е изследвана зависимостта между атмосферно и изкуственото стареене с UV и Хе източници на светлина на PVC профили, изработени с оловен или калциево-цинков стабилизатор. Получените резултати позволяват да се прогнозира дълготрайността на поливинилхлоридни профили за врати и прозорци дори и след промяна в техния състав.

2. За първи път са изследвани:

- Промяната в цвета на профилите, в резултат на изкуствено стареене по действие на UV, Хе и IR/UV лъчи, в зависимост от вида на тяхната повърхност;

- Зависимостта между вида на повърхността на PVC профили и дълбочината на проникване на UV, Хе и IR/UV лъчите в профили, подложени на изкуствено стареене;

- Влиянието на количеството разпенващ агент върху промяната на цвета на профилите, подложени на изкуствено стареене.

3. За първи път в България е разработена и внедрена е технология за производството на профили за врати и прозорци с вложен рециклиран материал в състава.

4. Създадена е рецептура и е оптимизиран технологичен режим за производство на профили с понижена плътност, без да се използва метода „коекструзия“;

ПУБЛИКАЦИИ, СВЪРЗАНИ С ТЕМЕТА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

1. P. Naydenova, P. Velev, Optimizing the composition and technological mode for the production of pvc profiles for doors and windows, Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, 46, 2, 121-126, 2011;
2. P. Naydenova, P. Velev, Study of a dependence between atmospheric and artificial aging of polyvinyl chloride profiles for doors and windows, Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, 47, 5, 513-517, 2012;
3. P. Naydenova, P. Velev, A study of the influence of the composition and the design of polyvinyl chloride profiles for doors and windows on energy efficiency, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 49, 4, p. 356-362, 2014;
4. Велев П., П. Найденова, С. Ковачева, Сравнителен анализ на експлоатационните свойства на дограма произведена от дървесина и поливинилхлорид, Управление и устойчиво развитие, 34, 3, 118-123, 2012;
5. P. Naydenova , P. Velev, St. Kovacheva, Comparative analysis on the performance properties of difference types of joinery – за печат 2015;

ИЗНЕСЕНИ ДОКЛАДИ:

1. Петър Велев, Петранка Найденова, Станислава Ковачева, Възможности за подобряване на енергийната ефективност на pvc дограма, XIV-та Международна научна конференция, 23 - 25 март, Юндола, 2012;
2. Петранка Найденова, Петър Велев, Доклад на IX научна постерна сесия за студенти, докторанти и млади учени, ХТМУ-София, 18 май 2012;
3. P. Naydenova , P. Velev, St. Kovacheva, Comparative analysis on the performance properties of difference types of joinery – Доклад на VII-ма международна научно-техническа конференция “Иновации в горската промишленост и инженерния дизайн“13-15.11.2014;

Забелязан 1 цитат:

1. Naydenova P., P. Velev, (2011), Optimizing the composition and technological mode for the production of pvc profiles for doors and windows, Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, 46, 2, 121-126.

1.1. Валентин Диков (2012), Якост на опън на заварени пвх-профили за прозоречна дограма, VIII конференция „Машинознание и Машинни Елементи” р 162-169.