



Трета национална конференция с международно участие "Металознание, хидро- и аеродинамика, национална сигурност '2013"

Институт по металознание, съоръжения и технологии "Акад.



А. Балевски" с Център по хидро и аеродинамика – БАН



ОБЗОР НА ТЕХНОЛОГИИ И СЪОРЪЖЕНИЯ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ПЕНОГРАНУЛИ

Марин Маринов, Любен Лаков, Красимира Тончева

Институт по металознание, съоръжения и технологии "Академик Ангел Балевски" с Център по хидро- и аеродинамика –БАН, 1574 София, ул. "Шипченски проход" 67, krasiton4@abv.bg

Резюме: Докладът е обзорно изследване на технологии, съоръжения и методи за производство на пеногранули. Добиването на пеностъкло, като основен материал е представено чрез главните методи за производство. Направено е проучване на водещите производители на пеностъкло, пеногранули и приложението им за конструктивни материали и изделия със специфично приложение. Оценено е състоянието на развитието на тези технологии в България.

Ключови думи: гранулирано пеностъкло, продукти от пеностъкло отпадъчно стъкло

Abstract: The report is a detailed study of technologies, equipment and production methods of granulated foam glass. Extraction of foam glass as basic material is represented by the main production methods. Is given research of the leading manufacturers of foam glass, granulated foam glass and their application to structural materials and products for a specific application. Assessed the status of developments in these technologies in Bulgaria.

Key words: granulated foam glass, foam glass products, use of waste glass

Пеностъкло е лек порест материал, подобен на сгънатата пяна, размера на клетките на пяната варира от микроми до сантиметър. Като всяко стъкло пеностъклото не е разтворимо във вода, устойчиво е на повечето киселини и органични разтворители и издържа на високи температури. Основните свойства на пеностъклото в сравнение с традиционните изолационни материали са ниска топлопроводимост, висока якост, лекота за работа с него, екологична безопасност и дълготрайност.

Паропронепускащото пеностъкло позволява да се създават заграждения, осигурява комфортен микроклимат в помещението. Паропронепускащото пеностъкло осигурява паро и хидроизолация за всякакви повърхности. Клетъчната структура на пеностъклото го прави твърд и несиваем материал. От друга страна лесно се обработва, което позволява да се създават продукти с произволна форма. Пеностъкло е с 0.95 коефициент на водонепроницаемост, съответстваща по характера на граната.

Пеностъклото, наречено още клетъчно стъкло, се появява като търговски продукт от 1930 г. Първоначално се произвежда само от необработено стъкло. Понастоящем има много заводи за производство на пеностъкло, в които използват стъклени отпадъци - до 98 % от тегловия продукт. Основният принцип за получаване на пеностъкло е нагреването на газ в стъкло при температура между 700 и 900 °С. Газът се разширява, като по този начин се създава клетъчна структура, която формира порестото тяло. Пеностъкло се изработва от монолитно стъкло или от спечени стъклени частици. Последният процес изисква матовото стъкло да се смеси с разпенващ агент, след което чрез нагряване пенообразувателя произвежда газ и се получава лята стълена маса. Основните производители на пеностъкло в Европа и Северна Америка използват висок процент преработено стъкло в техните продукти. В момента има три основни вида пеностъкло, (фигура 1):

- Свободно агрегатно пеностъкло - непрекъснато производство на листове от пеностъкло, което се „поврежда“ в свободно агрегатно пеностъкло;
- Блокове и форми- обикновено непрекъснато производство на блокове и форми, които се нарязват на отделни елементи- серийно производство;
- Гранулирано- непрекъснато производство на сферично пеностъкло на топки, които след това се използват за производството на блокове, панели и плочи

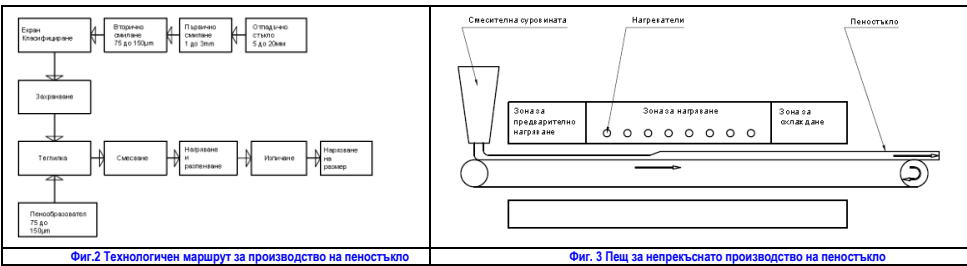


Фиг. 1. Три основни разновидности за производство на пеностъкло.

Поради търговска конфиденциалност и ограничена информация в публичното пространство има малко информация за производствените процеси касаещи пеностъклото. Непрекъснат процес се описва, [1], като смес от фино шлифовано стъкло и формиращ агент поставени на транспортна лента, която ги движи в пещ, където се нагряват до температурата на разпенване между 700 и 900 °С. Размерът на частиците, [2] трябва да е между 100 и 700 микрометра. Следващото стъкло се намалява до 100 микрометра чрез двуфазов процес, който включва чукова мелница (до 1-2 мм) и топова мелницата (до 100 микрометра). Фигура 2 показва обработката на отпадъчно стъкло до получаване на пеностъкло [2].

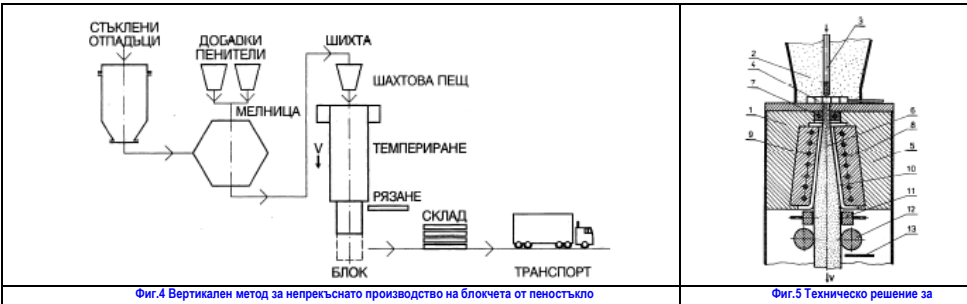
Непрекъснат процес за производство на пеностъкло на листове

При непрекъснато производство, суровината се подава на транспортна лента, която минава през пещ [4], (фигура 3). Пътят е през разпенващата зона, където температурата е от 800 до 1100 °С. В тази зона е необходимо бързо повишаване на топлина, за да се активират разпенването на суровината в зависимост от вискозитета на стъкло. Излъчената топлина от охладителната зона може да се използва повторно в зоната за отопление, като по този начин топлината се съхранява. Пеностъклото, като продукт представлява лист с ширината до 2 м, в зависимост от размера на пещта и дебелина до 100 мм. След охлаждане плочите от пеностъкло могат да бъдат разкроени на части от агрегатно производство. Продуктът може да се подобрява в зависимост от приложението.

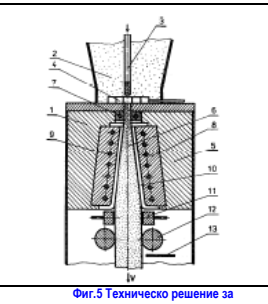


Фиг.2 Технологичен маршрут за производство на пеностъкло

Непрекъснат процес за производство на блокчета и форми от пеностъкло
Технологията за производство на големи блокове с размери 1200 x 600 x 160 мм може да включва различни процеси. Процесът за непрекъснато производство на блокове е описан в US патенти, [3,4], цитираният метод, по който матрицата съдържа пенообразуваща изходна суровина, преминава през пещта. Това е много подобна концепция на описания по-горе метод, различно е, че разпенването става в отделни блокове а не в излъчената пещ. Това изисква да има зоната на излъчване след образуването на пяната. Зоната на отравяне позволява да се намали и управлява вътрешното напрежение, така се образува стабилен стъклопродукт.



Фиг.4 Вертикален метод за непрекъснато производство на блокчета от пеностъкло



Фиг.5 Техническо решение за вертикална шахтова пещ

При производството на пеностъкло на големи блокове възникват проблем с преноса на топлина. Това се получава защото суровините, продуктите и изолацията с голям корпус имат потенциално много ядро, до което никога няма да достигне температурата на излъчване преди възниква част да започне да излиза от строя. Разпенващото стъкло, оформено в матрица може да се намаля и при необходимост да се обработва на машина с определена форма. Pittsburgh Corning има патентован процес [6], при който пеностъклото се произвежда посредством „течно“ легло. Газът се пропуска през стъклени прах при калцирането с да се произведе пеностъкло, така дават решение на горния проблем. В България е имало няколко опита за лабораторно получаване на пеностъкло колектив от РТУ – Русе преминава успешно през лабораторно, полупромишлено и опитно-промишлено производство с нов метод и пещи [7]. До работата с последния успешно действатия прототип ПС-7 се стигна след изпитване на шест последователно и продължително изпитвани и усъвършенствани прототипа и разработана нова идея на разпенване [8].

Авторският колектив с ръководител проф. Д. Велев предлага ново техническо решение (фиг. 4) на процеса на разпенване извършвано в нова конструкция вертикална шахтова пещ (фиг. 5), където се извършва и темпериратето.

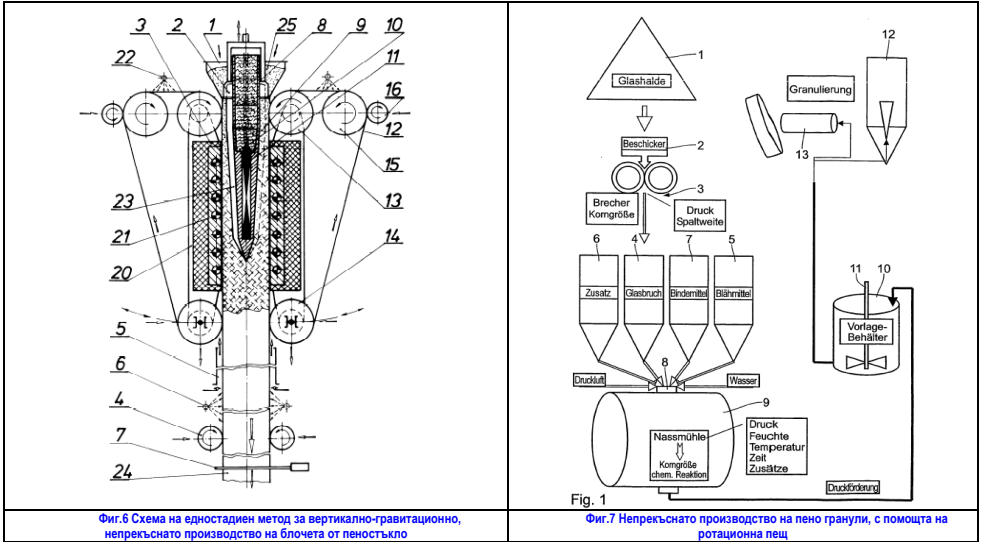
Преимствата на този метод е, че специфичният разход на енергия (енергия спрямо 1 kg продукт) е в 10 пъти по-малък от класическия метод (средно с 3700 kJ/kg, срещу 26 900 kJ/kg при конвейерно-тунелната пещ). Производственият процес е напълно автоматизиран, поради което брак и отпадъци почти няма (до 1-2 %).

Производството е екологически чисто - нагряването е с електрическа енергия. Максималните размери на произвежданите плочи са 2 до 4 пъти по-големи в сравнение с класическия метод. В крайна сметка себестойността на пеностъклото се получава значително по-ниска. Усъвършенстването на принципната вертикална технологична и конструктивна схема от колектива на ИМЦЦХ "Акад. А. Балевски" –БАН, секция Неметални материали [8] и [9] се реализира с 2 патента [10] за създаване на уреда, при който се използва едностайния метод за работа на проф. Велев и колектив: вертикално – гравитационно непрекъснато получаване на слитък разпенен и стабилизирания материал от прахообразна шихта на гранули, основно чрез нагряване в средата на слитъка в работната зона, без загуба на енергия, с последващо темперирание. Тази схема на патентите е показана на фиг. 6 - надлъжен разрез на съоръжението на изобретението. Предимство на предлаганата идея за едностайно производство на пеностъкло е възможността за получаване на слитък с по-голяма дължина и с качествена външна повърхност, поради факта, че няма прилипване между разпенвателната шихта, респективно слитъка и формата, в която е ограничен. Тази повърхност се оформя от непрекъснатите подвижни лентки, които се движат със скоростта на изтеглянето му.

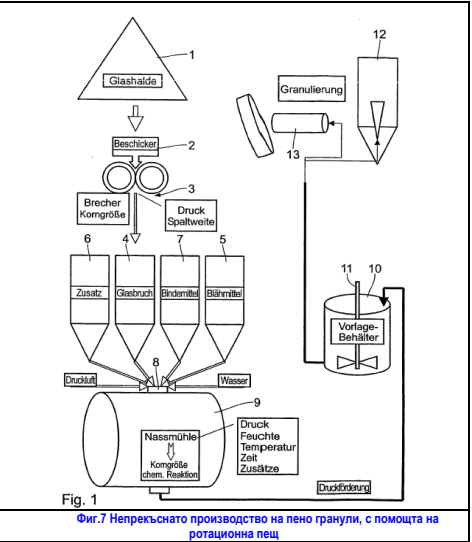
Гранулирано пеностъкло

Производството на гранулирано пеностъкло се различава от споменатите по-горе методи [11], фиг.7: Подготвя се рецептурно суровината от предварително натрошено и силно отпадъчно стъкло, водно стъкло и разпенващ агент; Мокро смилане на сместа за няколко часа за да се формира каша; Гранулиране на суспензията до образуване на гранулат; Гранулата преминава в ротационна пещ, където гранулитите се сушат; Образуван се гранули от пеностъкло; Накрая гранулитите се темперират и охлаждат.

Методите за производство на гранулирано пеностъкло попадат в категорията производството на леки наситни строителни материали въ основа на стъкло, които са топло-изолационни и огнеупорни материали и може да се използват, за противопожарна защита на превозни средства, сгради и оборудване, като агрегат да се добавят в бетонни конструкции имат и други технологични приложения. Пеностъклото може да бъде получено по различни начини с помощта на стъклени композиции и разпенващи агенти. Стъкленият пращец се добива от специално разтопена стълена маса или смилане на различни по състав отпадъчни стъкла.



Фиг.6 Схема на едностайния метод за вертикално-гравитационно, непрекъснато производство на блокчета от пеностъкло



Фиг.7 Непрекъснато производство на пено гранули, с помощта на ротационна пещ

Класическата технология за производство на пеностъкло включва разтопяване на стъкло със специален състав, смиланетом му, заедно с газообразователи до получаването на ситна дисперсна шихта, разпенване на формованата шихта в процеса на отравяне при температура не по-малко от 700 °С [12,13]. Използването на тази технология позволява да се получи пеностъкло с високо качество, хомогенна структура, гарантирана оперативна стабилност, но с висока цена поради сложността на получаването му. В [14] се решава проблема с развитието на технологията за калибрирани гранули от пеностъкло , което позволява да се получат гранули с форма, близка до сферичната и със зададен размер. Налице е необходимостта от разширяване на материалната база и разработването на такива технологии, които ще позволят да се получи изравняване на физико- химична структура, размера и формата на гранулитите на пеностъклото, независимо от химическия състав на стъклени трошки, т.е. от несортирани трошки. Необходимо е да се разработят технологии с ниска консумация на енергия при производството. Освен това, е необходимо да се реши проблема с увеличаването на възпроизводимостта на гранулираното пеностъкло с хомогенна, ситно-пореста структура, съдържаща пори със затворена форма. Целта се постига чрез метод за производство на калибрирани гранули от пеностъкло, [14], включващ смесване при температура над 70 °С и прабвяне на въглероден компонент, термообработка на получената при разбъркване вискозна смес при температура 450-550 °С за да се получи декарбонизирана композиция, последващо смилане и охлаждане на композицията на прах, приготвяне на водна дисперсия на прахта с добавки на пластификатор, сушене на дисперсията при температура от 450-500 °С, пелетизиране на получения продукт, сушене и нагряването до образуване на гранулирано пеностъкло при температура 800-850 °С, темперирание на получените пеногранули при температурата на разпенване и охлаждане до температурата на околната среда.

Разработена е технологична система за производство на гранулирано пеностъкло, фиг.8, [15]. Изобретеното попада в категорията производството на леки наситни строителни материали от стъкло, по-специално средство за производство на пеностъкло или пеноизолация на търговска марка PENOSTEK™, които са топло изолационни и огнеупорни материали и може да се използват, за топлоизолация, противопожарна защита на превозни средства, сгради и оборудване, като агрегат да добавя в бетонни конструкции и в други технологични области. Производството на пеностъкло е свързано с проблемите на стъклени отпадъци използване и е насочено към решаване на проблемите на околната среда. Системата за производство на гранулирано пеностъкло е линия за обработка, функционални устройства и оборудване, включващо и съхранение на трошките от отпадъчно стъкло, водачи и мелници за усъвършенстване и фино смилане на стъклото на прах; Контейнери и смесители за съхранение и смесване на стъклени прах, водно стъкло, трошки и съставки на разпенващ агент; Дозатори; Гранулятор за партидата пеностъкло за производство на гранули; Барабани сушилни за сушене на стъклени трошки.

Линията за преработка се състои от свързващи тръби, транспортъри и помпи за съхранение на функционалните устройства,закхранване, материали и съставки.Системата е различна за отделните процес-ветове излиза от линията са разположени в най-малко в четири отделни модула, фиг.9, [15].Системата съдържа миксер с спланетарни шепи последователно свързани към листов гранулятор; различни сита; грануло-разделител, машина за пудрене на гранулитите, пещ за разпенване, затворена система за обработка достъпа на вода с помпи, резервоари за вода, филтри. Всички модули имат солидни бази, запечатани наклонени етажи под формата на перфорирани ваии за дренаж, свързани с обратната водоснабдителната система. Свързващи тръбопроводи между контейнерите са инсталирани с възможност за натрупване и отделен един от друг по време на транспортиране. Предложената версия представлява затворена система за обратна водоснабдяване състояща се от два кръга, всеки от тях има най-малко един контейнер за съхранение на дренажните води и най-малко един контейнер за съхранение за съхранение на вода за миещноструйност с резервоар и филтър и устройство за измиване. Това позволява повторно използване на водата и отделяне на отпадъците, които се натрупват от производството, по-бързо почистване и измиване на оборудването и съоръженията. Спецификата на системата е свързано с пеногранули и изграждане на пещ за синтерване, която се намира в отделен разширен модул с възможност да се движи с помощта на кривоко, което позволява подвижане, спускане и наклоняване на модула. Това осигурява на системата мобилност, и набор от нови функции, както и бързо променяща се линейна конфигурация за въвеждане на нови технологии, промяна в производството или неговите обеми, нови производствени зони. Споменатите функции определят значителна разлика между предложената новата система и вече създадените такива.

Световното развитие за производството на пеностъкло бележи своето начало със създадената технологична система на фирмата: Pittsburgh Corning, Великобритания: Pittsburgh Corning произвежда пеностъкло и има добре изградена пазарна ниша в САЩ и континентална Европа. Техникът продукт известен като FOAMGLAS™ се произвежда в Европа: Tessenderlo, Белгия; Schmeldefeld, Германия; и Klastes MAD Ohi, Чехката република, а също и в САЩ. Те произвеждат редица продукти като изолационни блокове с размери 600 x 1200 мм, дебелина между 40 и 160 мм. Всички продукти, произведени от Pittsburgh Corning са предварително оформената.

Тяжното пеностъкло има много приложения, в това число над земята и подземните тръбопроводи, съдове, структури и фундаменти на цистерни. При най-тежки условия на влажност блоковете от пеностъкло не абсорбират вода и не губят изолационна ефективност. Също така те са инертни, негорими, леки, лесни за рязане, и имат стабилност в температурен диапазон от -260 °C до 485 °C.

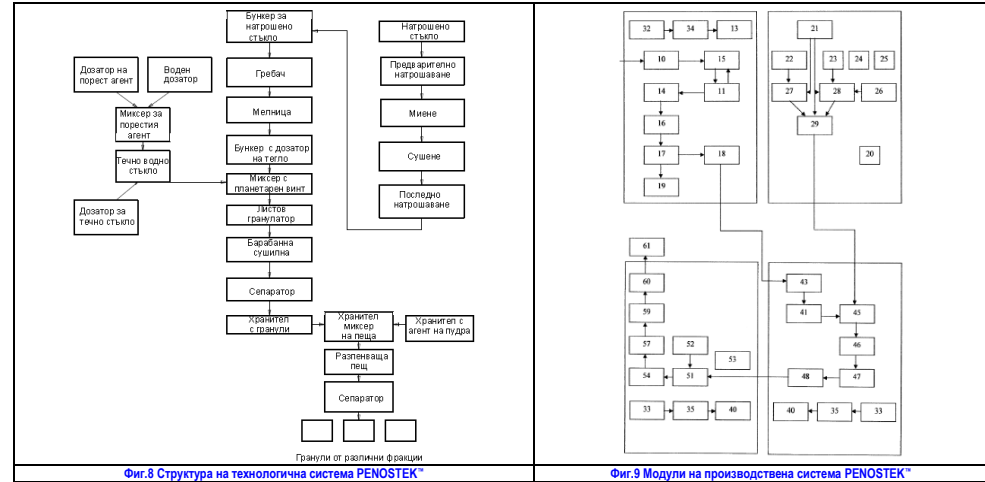
Cell-u-Foam, САЩ; Cell-U-Foam Corporation, САЩ е дъщерно дружество на ACS Industries Inc., които произвеждат оформено изолационно пеностъкло, по лицето на Pittsburgh Corning, следователно техните асортименти от продукти и продуктови спецификации са много сходни. Cell-U-Foam произвежда продукт, известен като "Ultra-CUF", което марката на техния продукт.

Те произвеждат редица продукти, които имат широк спектър от изолационни приложения, фиг.10 като: Водопровод и съдове за химикали и рафинирани; стени за резервоари; Охладителни водни системи; Пожизни; Търговски и промишлени сгради; Подземни тръбопроводи.

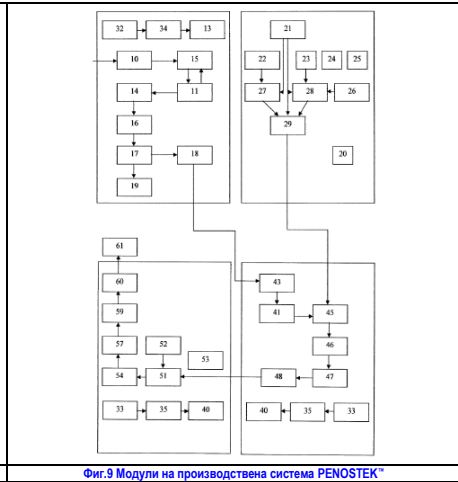
Misarog AG, Швейцария: Misarog AG, със седалище в Швейцария е основана през 1986 г. произвежда пено- стъкло за строителната промишленост. Тяхната централа в Сургава обработва 10 000 тона годишно отпадъчно стъкло. Misarog има обширен план за използването на произведеното наситно агрегат пеностъкло.Разработиха са структура на лек бетон, [16,17], известен като "Alwas". Използват подобро пеностъкло (размер на частиците между 5-10 mm), за да заместят напълно естествения агрегат в бетона. На фигура 10 са показани два размера на чакъл от пеностъкло, които се използват от Misarog в лекия изолационен бетон.

Geoff, Унгария

Geoff произвеждат пелети (Geoffi-мехурчета) от различни видове стъклени отпадъци, включително значителни количества замърсители, като например етикети и бутлици върхове на бутлици. В голем завод Geoffi провеждат поредица от тестове за променливост в размера и характера на пелетите създали са над 80 вида пелети за редица приложения. Резултатите от лабораторните изпитвания на повърхдане са показали за някои от продуктите-якост на натиск до 38 N/mm². Geoffi провеждат успешно



Фиг.8 Структура на технологична система PENOSTEK™



Фиг.9 Модули на производствена система PENOSTEK™

редица проучвания на продукти (тестови продукти за промишлено производство) в своя експериментален завод, като източник за суровината използват отпадъчно промишлено стъкло, съдържащо органични и неорганични замърсители. Тези продукти включват блокове, пана, плочи, мазилки и бетон (фигура 12). Продуктите са конструирани с помощта на Geoffi-мехурчета, газообразуващи агент, редуктор на точката на топене и променящи вискозитета средства за образуване на лек изкуствен чакъл с диаметър 2-25 мм.

Misarog AG, Норвегия
Misarog има лицензирана технология закупена от Nasorog AG (част от Nasgroup), които имат инсталации за производство на пеностъкло в Норвегия (40 000 m³ годишно) и Германия (80 000 m³ годишно). Nasorog в момента изграждат втори завод за пеностъкло в южната част на Норвегия. В Nasgroup основна дейност се развива



Фиг.10 Средни и малки размери наситно агрегатно пеностъкло.

Фиг.11 Продукти разработени от Geoffi

чрез технология за рециклиране на няколко различни потоци от отпадъчно стъкло. Nasorog е в състояние да рециклира 99% от продуктите OSRAM чрез включването им в тази програма.

Millicell AG, Швейцария: Millicell AG е компания, базирана в Швейцария, която произвежда пеностъкло от подобен вид на Misarog, пеностъкло подменя агрегата с различни размери на частиците в зависимост от приложението. Millicell произвежда между 40000 до 60000 m³ годишно пеностъкло, използвайки стъклени отпадъци предимно от амбалажно стъкло. При фазата на разпенване на суровината Millicell използва хоризонтална пещ с транспортна лента показана на фигура 3, и дробилни на зададените размери след излизане от пещта.

Liever, Германия: Liever се част от групата на Liarog, произвеждат глинени пеногранули от края на 1960-те години за строителната промишленост, също така произвеждат и гранули от пеностъкло. Те използват стъклени отпадъци, които се смесват със свързващо вещество за образуване на пелети (гранули) и след синтерване в ротационна пещ между 750 и 900 °С, получават пеногранули със затворена структура на повърхността. Продуктът от стъклени пеногранули са подложени на многоредови тестове в университетите по архитектура и градоустройство в Ханوفر и Ваймар на; Алкално стабилност и алкално-силициеве реактивност; Използване в лек разтвор DIN 4226-2; Топлопроводност на гранули и хоросан на DIN 52612; Liever стъклени гранули се използват за производство на повърхностно, изолационни продукти с различно предназначение контрол на шума - шумо абсорбиращи панели (REAPOR™); Термична защита - допълнителна изолация; Противопожарна защита - пожарозастойна защита; Високо, температурна изолация - горещ газ; Биомедицински изолация (реабрируеми импланти).

Всички споменати по-горе приложения заменят традиционните продукти от влакна-предимството е в повишената устойчивост на натиск и огъване. PENOSTEK™, Русия: Фирмата PENOSTEK е създадена през 2008 г. Тя разполага с патентована технология за производство на пеностъкло [15], има силно развито промишлено производство на пеностъкло. PENOSTEK създава нови предприняти, които произвеждат пеностъкло под марката PENOSTEK™, формира и развива пазара на пеностъкло в Русия, страните от ОНД, Балтийските републики и Източна Европа. PENOSTEK произвежда гранулирано пеностъкло, което се продава с разнообразие на обемната плътност и фракции. Технологията за производство на гранулираното пеностъкло се състои от следните етапи : раздробяване и смилане на стъклени трошки от отпадъчно стъкло-получава се стъкло на прах с размер на частиците от около 50 μm, смесва се с пенообразувател, формират се гранули, които се теемообработват при температура над 800 °С, в ротационни или тунелни пещи, след темперирание и охлаждане се получава гранулирано или пеностъкло на блокове, [15].

България има специално производство на пеностъкло. Правени са опити за лабораторно и полупромишлено производство с нов метод и пещи [7, 8]. В ИМЦЦХ"Акад. А. Балевски" – БАН, секция Неметални материали е създадена вертикална уредба работеща на гравитационен принцип за непрекъснато получаване на слитък от разпенен и стабилизирания материал, който се получава чрез нагряване в средата на слитъка, в работната зона, без загуба на енергия, с последващо темперирание. Захранващата суровина е прахообразна шихта на гранули, [9, 10]. Провеждащите се експерименти са опит за разработване и усъвършенстване на метод за получаване на блокчета от пеностъкло.

Като се има в предвид изложеното проучване за многостранното приложение на този материал като суровина, компонент и възможност за непосредственото му приложение в конструктивни разработки и технологични решения, ИМЦЦХ-БАН реши да участва в проект на ИСУН на ЕС в България за създаване и изследване на нова технология и разработката на хоризонтален модел за получаване на късове пеностъкло под форма на едри гранули от стъклени отпадъци, [18]. Целта на работата е да се даде тласък в научно-приложната дейност за усъояване на знания, придобиване на умения и решаване на технологични и конструктивни въпроси за развитието на българската промишленост в производството на гранулирано пеностъкло. Да се решават екологични проблеми свързани с използването на отпадъчно стъкло, като основна суровина за това производство.

Литература:

1. S. Kraemer & L. Streib. Apparatus and process for the continuous production of foamed glass and foamed ceramic // US Patent 3,473, 904, October 1969;
2. D. Solomon & M. Ros. Foamed Glass Manufacture //US Patent 5,516,351, May 1996;
3. D. E'ustachio & H. Johnson. Process for making cellular materials // US Patent 3,441,396, Apr 1969;
4. K. Schymura. Apparatus for producing a foamed-glass or foamed-ceramic strip // US Patent 4,289,521, Sep 1981;
5. С. Smolenski. Process for making cellular glass nodules by the means of a fluidised bed // EP Patent 0,294,046, May 1988;
6. И.И.Китайгородский, Т. Н. Кеушиши. Пористое стекло – изолационный и плавающий материал // Журн. "Стекольная и керамическая промышленности", №6, 1944;
7. Я.Д. Георгиев. Някои изследвания по усъвършенстване на метода за производство на пеностъкло в шахтови пещи // Автореферат на дисертация, ВИММЕС Русе, 1975 г;
8. Кр. Тончева. Организиране на производство на пеностъкло // Вестник "Арх - арт", Бр. 2, стр 2, 16.01.1996 г
9. Кр. Тончева. ИДЕЕН ТЕХНИЧЕСКИ ПРОЕКТ НА ТЕХНОЛОГИЧНА ЛИНИЯ НА ЗАВОД ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ПЛОЧИ ОТ ПЕНОСТЪКЛО // Институт по металознание - БАН Н, София, 2004 г;
10. Я.Арсов, Ил. Чурбов, Кр. Тончева, Л. Лаков. Устройство за получаване на пеностъкло // Патент № 65718,24.11.2004 г. и Патент № 65745, 26.05.2006 г ;
11. Hans-Veit Denner. Verfahren zur herstellung von schaumglasgranulat // EP1723087 B1, Nov 2008;
12. Joshi, Shridhar, Pittsburgh, PA. Method of making a cellular body from a high silica borosilicate composition //US 492664, Mar 11, 1990;
13. Ernst Otto Schulz. Process for making foam glass // US 3403990 A, 1 Oct 1968;
14. Andrei Adolfovich, Mikhail Petrovich, Valentin Znovievich. METHOD FOR PRODUCING CALIBRATED GRANULATED FOAM GLASS // EP 1 803 693 A1, July 2007;
15. Vladimir Jevorion, Semion Podin. GRANULATED FOAM GLASS PRODUCTION SYSTEM // WO201061569 A1, May 2011;
16. D. Basura & D. Enng. Lightweight Concrete // WO 00/63132, October 2000;
17. D. Basura & D. Enng. Castable composition for paving slabs etc // EP 1,044,938, October 2000;
18. ИМЦЦХ"Акад. А. Балевски"-БАН. Създаване и изследване на нова технология и хоризонтален модел за производство на композитни топлоизолационни материали под форма на късове (едри гранули) пеностъкло от стъклени отпадъци - Проект по програма Конкурентноспособност на ЕС в България, № BG16PO003-1.1.06-0094-C0001.