

XIV. Съоръжения за сушене

1. Сушене – същност и апаратурно оформление

Най-често под сушене се разбира намаляване на влагата, която се съдържа в даден твърд или течен материал. Това може да се постигне чрез механичен натиск(при пресуване) или чрез нагряване на материала. От двата случая само при нагряването е налице сушилен процес. За това се приема следното определение за сушилен процес: **сушенето е топло и масообменен технологичен процес за частично или пълно отстраняване на влага от даден материал, който може да се намира в твърдо или течено състояние.**

2. Влажни материали - те се състоят от: твърд скелет и влага(обикновено вода). Според вида на сухия скелет те се делят на:

2.1. Непорести материали

2.2. Капилярно-порести материали

2.3. Колоидни капилярно-порести материали

3. Видове влага

3.1. Химически свързана влага

3.2. Физико-химически свързана влага

3.3. Физико-механично свързана влага

3.4. Механично свързана влага

4. Конструкции сушилни инсталации

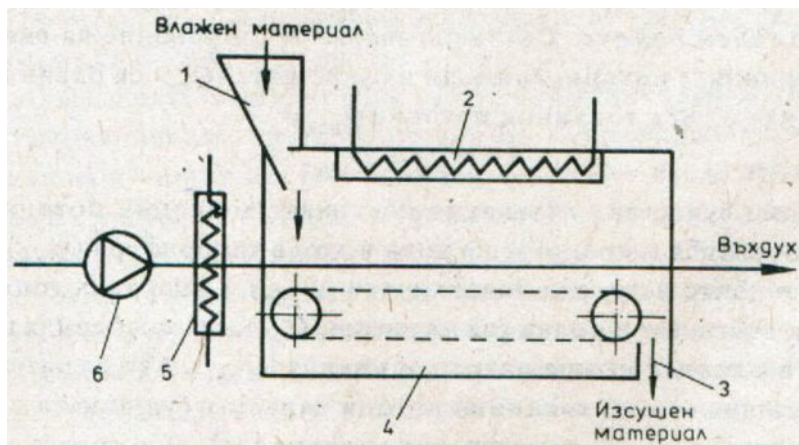
4.1. В зависимост от подаването на топлината към материала

4.1.1. Конвективни сушилни инсталации

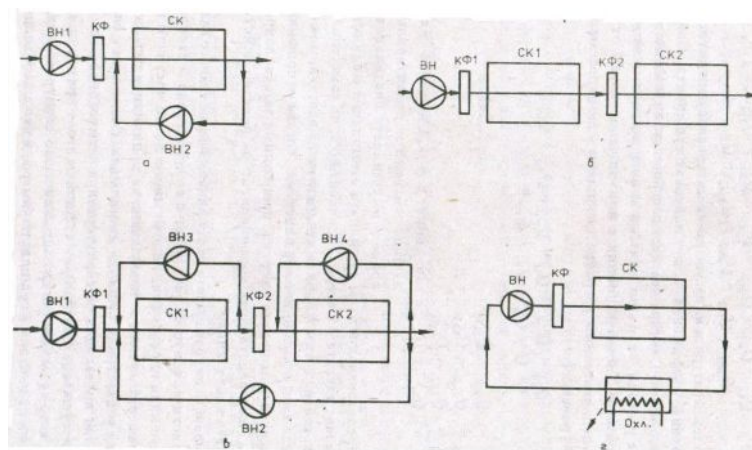
Конвективни сушилни инсталации - сушилният агент се загрява преди да постъпи в сушилната камера и по конвективен път пренася топлинната енергия до влажния материал. Следователно сушилният агент е същевременно и енергоносител. Ето защо тези сушилни са получили най-голямо разпространение.

Основното за този тип сушилни инсталации е едноходовото преминаване на изсушавания материал и сушилният агент през сушилната камера. Сушилният агент задължително се загрява в калорифер, преди да постъпи в сушилната камера и ако е необходимо се загрява допълнително в самата камера. Такава схема невинаги осигурява най-добри условия за протичане на сушилният процес.

Загряването на въздуха е възможно да се осъществи главно по два начина: с рекуперативен топлообменник – калорифер(фиг.214 и фиг.215) или чрез смесване на атмосферен въздух с димни газове(фиг.216). Вторият начин има определени предимства: възможност за постигане на високи температури, висока използваемост на топлината от горивния процес, проста конструкция на горивното устройство и др.

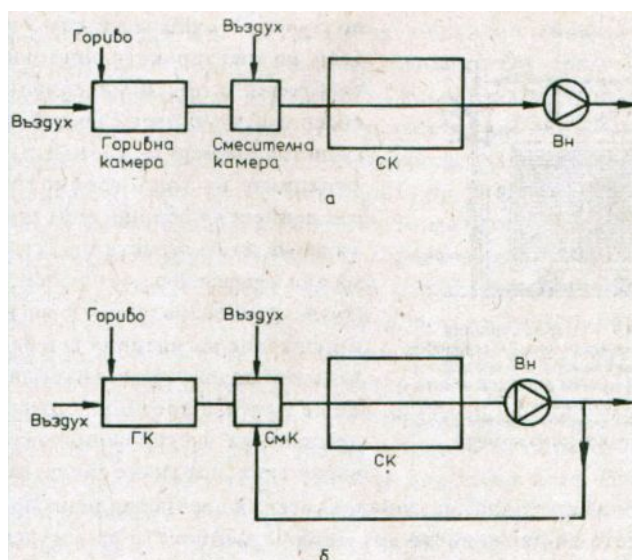


Фиг.214. Схема на основна сушилня



Фиг.215. Схеми на сушилни с калорифери

а - сушилня с частична рециркулация на сушилният агент; б - сушилня с междинно загряване на сушилният агент; в - сушилня с частична рециркулация и междинно загряване; г - сушилня със затворена циркулация; ВН - вентилатор; КФ - калорифер; СК - сушилна камера



Фиг.216. Схеми на сушилни с димни газове

а – схема на основна сушилня; б – схема на сушилня с частична рециркулация

4.1.2. Контактни сушилни инсталации

Контактни сушилни инсталации - топлинната енергия се предава на материала посредством нагрятата повърхност, с която той контактува. Явно е, че по този начин могат да се изсушават само материали, които имат удобни контактни повърхности - хартия, платове и др. или течни материали, които полепват по контактната повърхност.

4.1.3. Радиационни сушилни инсталации

Радиационни сушилни инсталации - топлинната енергия се пренася до материала чрез лъчист поток. За целта определени повърхности в сушилната камера, наречени излъчватели, се нагряват до висока температура и облъчват влажния материал.

4.1.4. Високочестотни сушилни инсталации

Високочестотни сушилни инсталации - съществуват и други начини за пренасяне на топлината до влажния материал. Например при високочестотните сушилни той се поставя в електрическо поле с висока или свръхвисока честота; при акустичните сушилни около материала се създава мощно акустично(звуково) поле и т.н.

4.1.5. Акустични сушилни инсталации

4.2. В зависимост от налягането на сушилния агент

4.2.1. Сушилни с атмосферно налягане

4.2.2. Вакуумсушилни

4.3. В зависимост от състоянието на влажния материал

4.3.1. За сушене на твърди материали

4.3.2. За сушене на разтвори, пасти и суспензии

4.4. В зависимост от формата на твърдия материал

4.4.1. За прахообразни материали

4.4.2. За зърнести материали

4.4.3. За късови материали

4.4.4. За листови материали

4.5. В зависимост от начина на сушилния процес

4.5.1. С непрекъснато действие

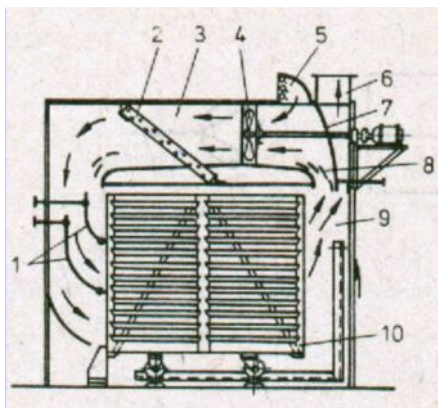
4.5.2. С прекъснато(периодично) действие

5. Конструкции сушилни инсталации за късови материали

5.1. Камерни сушилни инсталации

Камерни сушилни инсталации - камерните сушилни инсталации са периодично действащи. При тях от началото до края на процеса материалът е разположен неподвижно в камерата върху транспортни устройства(колички, стелажи и др.). Могат да се използват за сушене не само на късови но и на зърнести, листови, пастообразни и други материали. Основен конструктивен елемент на тези сушилни е камерата, която изпълнява функциите на топлоизолирано заграждение и на носеща конструкция. Тя може да бъде метална(сглобяема или неразглобяема) или неметална (тухлена, панелна и др.). Равномерно изсушаване на материала в камерата е показател за работата на сушилнята. То се постига чрез подходящо подреждане на изсушавания материал върху

транспортните средства, чрез равномерна циркулация на сушилният агент и чрез периодична промяна на посоката на движението му. Неравномерността на изсушаването понякога е толкова голяма, че може да доведе до брак на повече от 50% от изделията. Камерните сушилни се използват за сушене на неголеми количества влажен материал и могат да реализират сложни режими на сушене, изискващи честа промяна на температурата, скоростта и влагосъдържанието на сушилният агент. Тези съоръжения се прилагат широко в малотонажните химични производства, например при производството на бои, реактиви, фармацевтични препарати и др.



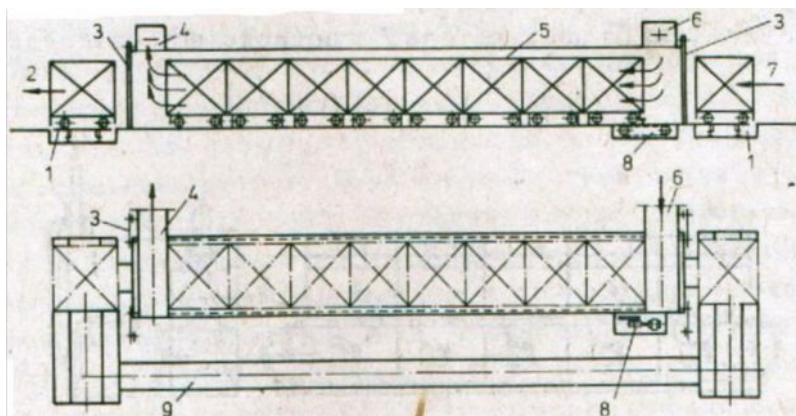
Фиг.217. Камерна сушилна

1 - разпределителен канал; 2 - калорифер; 3 - смесителна камера; 4 - вентилатор; 5 - канал за пресен въздух; 6 - канал за отработен сушилен агент; 7 - регулираща клапа; 8 - клапа; 9 - сушилна камера; 10 – транспортна количка

Камерната сушилна, показана на фиг.217 работи по следния начин: през канала 5 се засмуква пресен въздух, който в смесителната камера 3 се смесва с част от отработения въздух. С вентилатора 4 полученият сушилен агент се отправя в калорифера 2, където се загрева до необходимата температура, след което през разпределителните канали 1 се подава в сушилното пространство и обтича надлъжно изсушавания материал, поставен върху транспортната количка 10. Отработеният сушилен агент напуска сушилната камера 9 през канала 6, но преди това част от него се отделя през разпределителната клапа 8 и се въвежда в смесителната камера 3. Вижда се, че разгледаната конструкция се отнася към сушилни с частична рециркулация на сушилният агент.

5.2. Тунелни сушилни инсталации

Тунелни сушилни инсталации - главна особеност на тунелните сушилни инсталации е удълженото сушилно пространство (тунел), в което изсушаваният материал чрез транспортиращи устройства се премества с периодически прекъсвания. Тунелните сушилни се използват предимно за сушене на късови материали. Възможно е също така да бъдат изсушавани зърнести, листови и пастообразни материали, като за целта се използват специални конструкции транспортиращи устройства.



Фиг.218. Тунелна сушилна

1 - траверсна (обръщателна) количка; 2 - транспортна количка; 3 - врати; 4 - изход на сушилният агент; 5 - вагонетки; 6 - вход на сушилният агент; 7 - вход на влажния материал; 8 - механизъм за придвижване; 9 - релсов път за връщане на вагонетките

Показаната на фиг.218 тунелна сушилня работи по следния начин - когато материалът на най-близката до изхода вагонетка е изсушен, изходната и входната врата 3 в двата края на тунела се отварят(ръчно или автоматично) и в тунела се вкарва количката 7 с влажен материал. С помощта на придвижващия механизъм 8 цялата композиция се премества напред, докато количката 2 с вече изсушения материал излезе извън тунела. След това вратите 3 на тунела се затварят. Този цикъл се повтаря през определени интервали от време, така че всички вагонетки, преминаващи през тунела, имат еднакъв престой в него. Пресният въздух постъпва в сушилня през входа 9, а отработеният напуска през изхода 4, като се движи в правоток на материала.

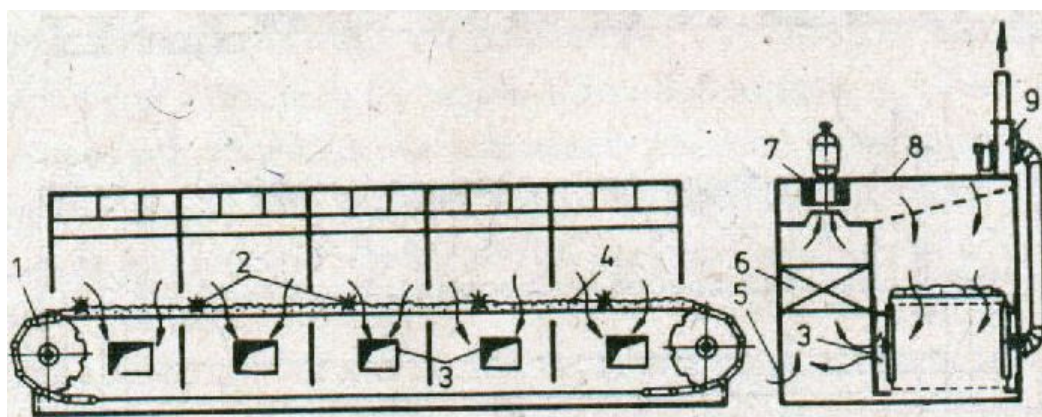
Обикновено тунелите се изграждат с монолитна конструкция. Дължината им достига 100m, като за намаляване на топлинните загуби при многотонажните производства се оформят в блокове с общи междинни стени.

В зависимост от схемата на циркулацията на сушилния агент тунелните сушилни биват: с надлъжна циркулация(правоток или противоток), смесена надлъжна циркулация(в едната част от тунела правоток, в другата - противоток) и с напречна циркулация.

6. Стандартни и специфични сушилни за насипни материали

6.1. Лентови сушилни инсталации

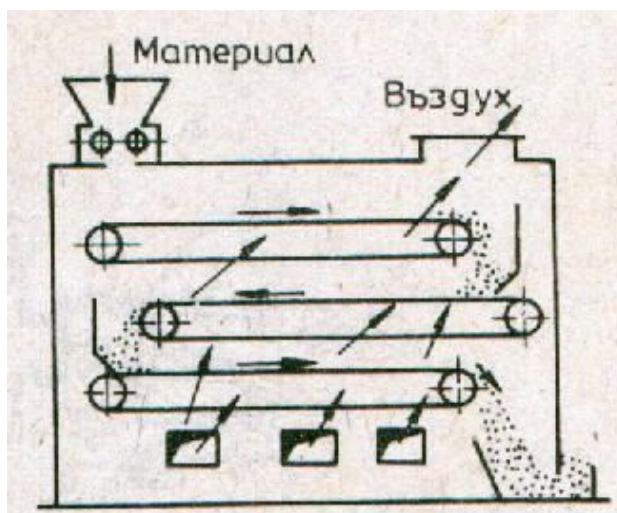
Лентови сушилни инсталации - те са еднолентови и многолентови. При еднолентовите сушилни сушилното пространство представлява коридор, в който е разположен лентов транспортър. Обикновено в тези инсталации са обособени различни зони, разположени по направление на движението на материала. Например за осигуряване на по-голяма равномерност на изсушаването въздухът отначало се подава под слоя от материал(под лентата), а след това се пропуска над слоя. Зоните могат да се различават не само в зависимост от посоката на движение на въздуха, но и в зависимост от температурата, влажността и скоростта му. При еднолентовата сушилня, показана на фиг.219, материалът 4 се придвижва върху пластинчатия транспортър 1. Във всяка зона е възможно самостоятелно да се променят зададените параметри на въздуха. Въздухът, загряван в калорифера 6, се подава чрез вентилатора 7 в разпределителния канал 5 и преминава през слоя от материал отгоре надолу. През отворите 3 въздухът се връща и се смесва с атмосферния въздух, постъпил през отвора 5. Сместа се нагрява от калорифера 6 и се засмуква от вентилатора 7, а посредством разпределителния канал 8 се подава отново в сушилното пространство. Част от отработения въздух се отвежда в атмосферата с вентилатора 9.



Фиг.219. Еднолентава сушилня

- 1 - транспортър; 2 - разрохвач; 3 - отвор за рециркулиращ въздух; 4 - слой от влажен въздух;
5 - отвор за атмосферен въздух; 6 - калорифер; 7 - циркуляционен вентилатор;
8 - разпределителен канал; 9 - вентилатор за отработен въздух

При определени случаи, за да се намали дължината на сушилното пространство, в него се разполагат две и повече ленти една над друга. Такива сушилни се наричат многолентови. Принципова схема на трилентова сушилня е показана на фиг.220. Лентовите сушилни може да се използват едновременно както за сушене, така и за други технологични процеси(изпичане, охлаждане и др.). Времето за обработка може да бъде коригирано посредством изменение на скоростта на лентата.

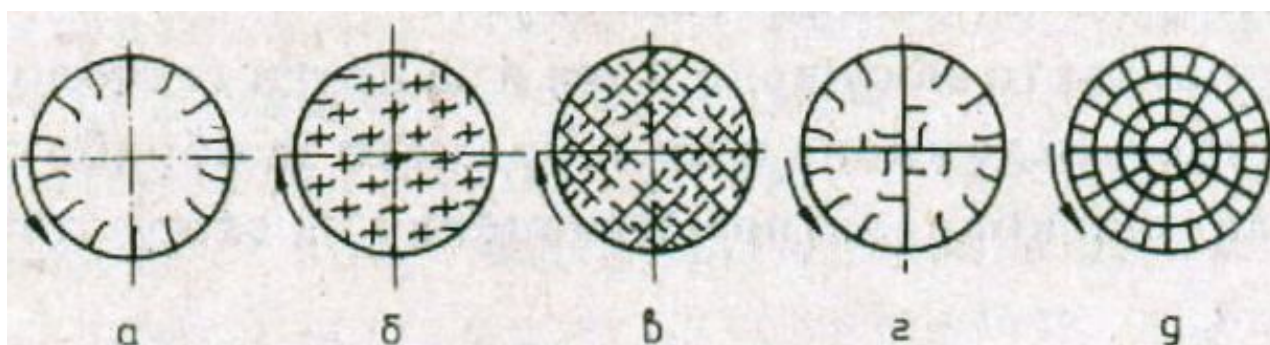


Фиг.220. Многолентова сушилня

6.2. Барабани сушилни инсталации

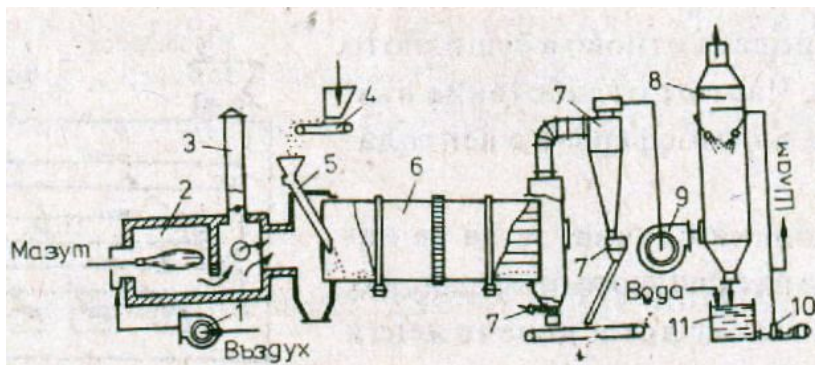
Барабани сушилни инсталации - основната конструктивна особеност на тези сушилни инсталации е, че сушилното пространство представлява въртящ се барабан. Те са широко разпространени в химическата промишленост и се използва също за сушене на дребно и едрозърнести, пастообразни и други материали - например прости и сложни изкуствени торове, натриев бикарбонат, суперфосфат, полимерни материали и др. Барабанните сушилни се отличават с висока производителност и икономичност поради възможността да се постигат високи температури (до 1000°C) при паралелно движение (в правоток или противоток) на материала и сушилният агент. Като сушилен агент се използват както горещ въздух, така и димни газове. Барабанните сушилни се разполагат в началото на технологичната линия за сушене на суровината или в края за сушене на готовия продукт. Барабаните се строят с диаметър до 3,5м и дължина до 28 ÷ 30м. В отделни случаи диаметърът им достига до 5м, а дължината им - до 40м. За да се осъществи интензивен сушилен процес във въртящия се барабан, изсушаваният материал се размесва непрекъснато чрез лопатъчна система, чиято конструкция зависи от свойствата му.

Няколко типа лопатъчни системи са показани на фиг.221. Например за сушене на едрозърнести и склонни към слепване материали се препоръчва тип **а**, за насипни дребнозърнести материали - типове **б**, **в** или **г**, а за материали, склонни към образуване на прах, се препоръчва тип **д**. В отделни случаи в един и същи барабан се разполагат различни типове лопатъчни системи.



Фиг.221. Лопатъчни системи

Сушилнята, показана на фиг.222 работи по следния начин: влажният материал постъпва през питател-дозатора 4. Газовете, които са получени при изгарянето на течно гориво в пещта 2, се подават в камерата, а след това в барабана 6. Тъй като сушилнята работи в правоток; изсушеният материал и отработеният сушилен агент напускат барабана от една и съща страна, след което през мигалката 12 изсушеният материал се изпраща за следваща обработка по транспортната лента 13. Прахът, отнесен с отработения сушилен агент, се отделя в циклона 7, откъдето, засмукан от вентилатора 9, се подава за окончателно пречистване в скрубера 8 и се изхвърля в атмосферата.

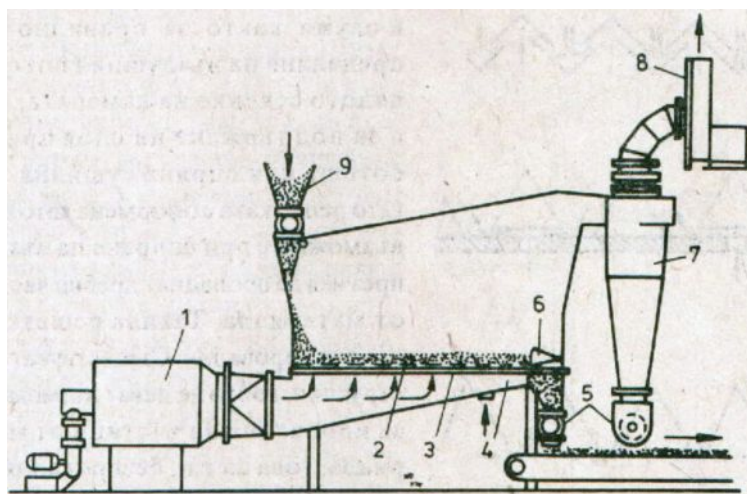


Фиг.222. Барабанна сушилна

1 - вентилатор; 2 - пещ; 3 - комин за разпалване; 4 - питател-дозатор; 5 - бункер и питател за материал; 6 - барабан; 7 - циклон; 8 - скрубер; 9 - вентилатор; 10 - помпа; 11 - резервоар

6.3. Флуидизационни сушилни инсталации

Флуидизационни сушилни инсталации - флуидизацията е особено състояние на слой от зърнест материал, което се постига, ако през него отдолу се подава въздушен поток. Когато въздушният поток достигне определена скорост, в слоя започва раздвижване на частиците, което предизвиква неговото интензивно разбъркване. Външно движението на частиците и на самия слой наподобява кипене на течност. Ето защо слой в такова състояние се нарича флуидизиран, псевдотечен, псевдокипящ или кипящ слой. Флуидизираният слой има редица предимства и се използва за интензивна обработка на зърнести (а в някои случаи и на течни) материали. В него може да се извършва не само сушене, но и загряване, охлаждане, замразяване, гранулиране и др.

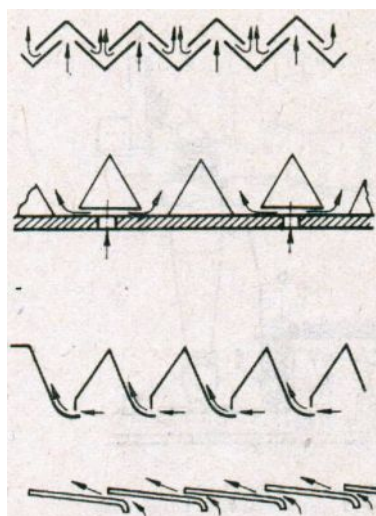


Фиг.223. Флуидизационна сушилна

1 - топлогенератор; 2 - флуидизиран слой; 3 - решетка; 4 - охладителна зона; 5 - дозатори; 6 - преграда; 7 - циклон; 8 - вентилатор; 9 - захранващ бункер

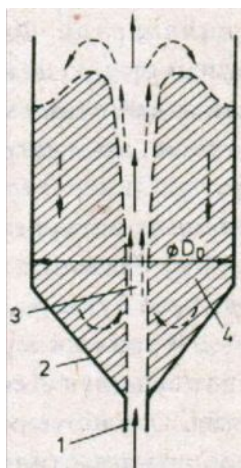
Флуидизационните сушилни се срещат в различни конструктивни изпълнения, едно от които е показано на фиг.223. Начинът им на работа е следният: влажният материал постъпва през бункера 9 и се дозира чрез питател върху флуидизирания слой 2. В топлогенератора 1 димни газове се смесват с въздух и полученият сушилен агент, минавайки през решетката 3, се продухва през слоя. Отработеният сушилен агент се пречиства от увлечените прахообразни частици в циклона 7 и чрез вентилатора 8 се изхвърля в атмосферата. Ако е необходимо изсушеният материал да се охлади, в края на решетката 3 (в зоната 4) се подава студен въздух. Преградата 6 поддържа определено ниво в слоя, т.е. работи като преливник. Чрез дозаторите 5 и транспортната лента готовият продукт се изпраща за пакетиране. Сушилното пространство при тези инсталации се оформя от камера, в долната част на която има решетка. Решетката е много важен елемент и служи както за правилно разпределяне на въздушния поток по цялото сечение на камерата, така и за поддържане на слоя при работеща или спряна сушилна. Когато решетката е оформена като сито, възможно е при спиране на

въздуха през нея да пропаднат дребни частици от материала. Такива решетки се наричат провални. Съществуват конструкции, които не дават възможност за пропадане на частици от материала, това са т.н. безпровални решетки (фиг.224). Когато се изсушават материали, склонни към слепване, върху решетката се разполага механична бъркачка за разбиване на агломерати.



Фиг.224. Видове безпровални решетки

Слой от зърнести частици може да бъде доведен до флуидизирано състояние и когато газовият поток се подава в една струя, както е показано на фиг.225. Такъв слой се нарича фонтаниращ.

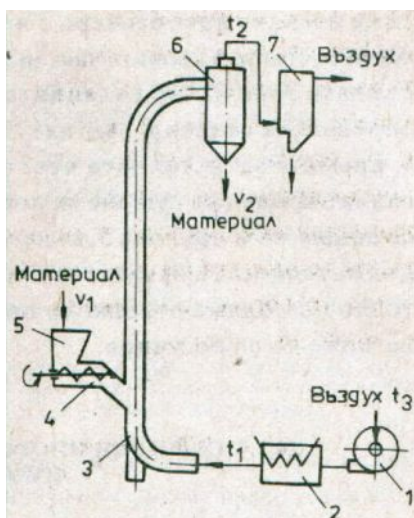


Фиг.225. Схема на получаване на фонтаниращ слой
1 - дюза; 2 - корпус на апарата; 3 - фонтан; 4 - обработваем материал

6.4. Пневмотранспортни сушилни инсталации

Пневмотранспортни сушилни инсталации - тези инсталации се използват в химичните технологии за сушене на прахообразни, дребнозърнести, кристални, влакнести и други подобни материали. Те не са подходящи за едрозърнести материали и материали с ниска крайна влажност, които изискват по-голяма продължителност на сушенето. В пневмотранспортните сушилни изсушаваният материал се подава във вертикална тръба, през която преминава поток от горещ сушилнен агент. Потокът подема материала и го пренася през тръбата, като едновременно с това го изсушава. Тръбата, която оформя сушилното пространство, се нарича също сушилна тръба или тръбо-сушилня. Показаната на фиг.226 пневмотранспортна сушилня се състои от сушилната тръба 3, в която вентилаторът 1 нагнетява въздух. Въздухът се нагрява в калорифера 2 (при сушене с димни газове към сушилната тръба се присъединява горивна камера). Влажният материал от бункера 5 се подава чрез питателя 4 в долната част на тръбата. Изсушеният материал се отвежда от горната част на тръбата в сепариращите устройства 6 и 7 (утаителна камера, циклон, филтър или скрубър). Обикновено сушилната тръба е с дължина до 20м и диаметър до 1м. Скоростта на газа в

тръбата зависи от едрината и масата на частиците и достига 35м/сек, а процесът продължава няколко секунди.

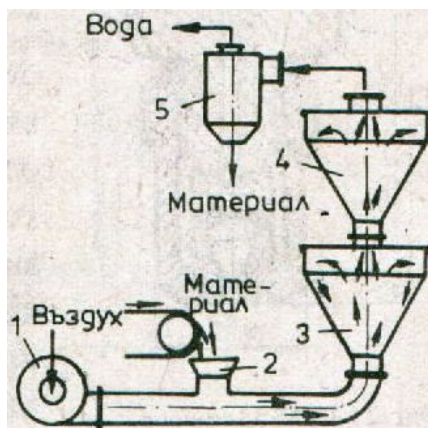


Фиг.226. Пневмотранспортна сушилня

1 - вентилатор; 2 - калорифер; 3 - сушилна тръба; 4 - питател; 5 - бункер; 6,7 - сепариращи устройства

6.5. Аерофонтанни сушилни инсталации

Аерофонтанни сушилни инсталации - когато материалът, който се подлага на сушене, съдържа частици с различна едрина, пневмотранспортните сушилни не могат да осигурят еднаква крайна влажност на отделните частици, тъй като времето за обработката им е еднакво. Този недостатък е премахнат при аерофонтанните сушилни, чието сушилно пространство е оформено като конус и скоростта на въздуха намалява от входа към изхода. По този начин по-едрите и по-влажните частици, които са и по-тежки, не могат веднага да напуснат пространството. Това е осъществимо едва тогава, когато те изсъхнат и масата им стане достатъчно малка. С движението си частиците наподобяват фонтан и затова тези сушилни се наричат аерофонтанни.



Фиг.227. Аерофонтанна сушилня

1 - вентилатор; 2 - бункер; 3,4 - конусни камери; 5 - циклон

Сушилнята, показана на фиг.227, се състои от една или две конусни камери(поз.3, 4), в които се подава сушилен агент чрез вентилатора 1. Влажният материал се изсипва през бункера 2 и се смесва със сушилният агент, след което постъпва в долната част на конусната камера 3, където е обособена първата зона на инсталацията. Частиците, които са изсушени до определена степен и "витаят" в горната част на конусната камера 5, преминават в долната част на конусната камера 4, където описаният процес на сушене се повтаря. Напълно изсушеният продукт се подава към циклона 5, където се отделя от сушилният агент. Продължителността на сушене при аерофонтанните сушилни е значително по-голяма отколкото при пневмосушилните и практически не може да се регулира.

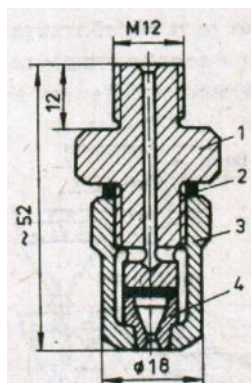
7. Сушилни инсталации за разтвори, пасти и суспензии – специфика на конструкциите

7.1. Разпръсквателни сушилни инсталации

Разпръсквателни сушилни инсталации - сушенето чрез разпръскване се използва широко в химическата промишленост за обезводняване на концентрирани разтвори, пасти и суспензии, в резултат на което готовият продукт се получава на прах или на гранули. За целта материалът, предназначен за сушене, се разпръсква чрез специални устройства(разпръскватели), вследствие на което се образуват фини капчици. Контактната повърхност на капчиците е многократно по-голяма от тази на изходния продукт, което е предпоставка за интензивен процес. За разпръскване се използват три вида разпръсквателни устройства - **механични, пневматични и центробежни**.

7.1.1. Механични разпръскватели

Механичните разпръскватели(фиг.228) действуват по следния начин: течността под високо налягане се пропуска през дюза с малък отвор ($0,5 \div 1,5\text{мм}$), благодарение на което на изхода на дюзата се получава струя с висока скорост, която се разпада на фини капчици. Финността на разпръскване се увеличава, когато на струята се придава въртливо движение. Механичните разпръскватели са подходящи за разпръскване на течности с малък вискозитет при малка производителност.

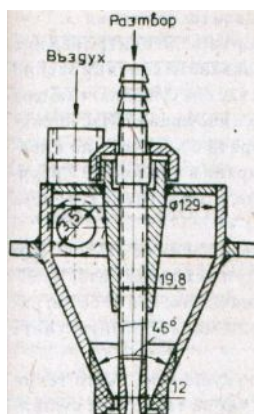


Фиг.228. Механичен разпръсквател

1 - корпус; 2 - уплътнение; 3 - капачка; 4 - дюзово тяло

7.1.2. Пневматични разпръскватели

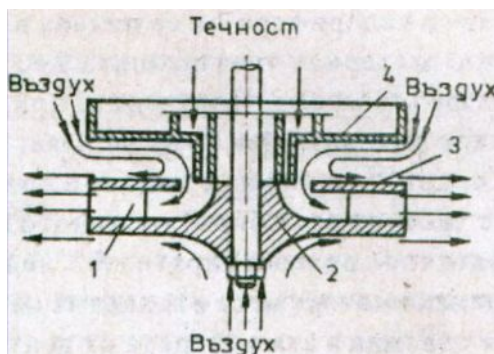
Пневматичните разпръскватели(фиг.229) осигуряват разпръскването чрез допълнителна струя газ или пара, която съпътства течната струя, но се движи с много по-голяма скорост от нея. Пневматичните разпръскватели се използват за разтвори и суспензии независимо от вискозитета им.



Фиг.229. Пневматичен разпръсквател

7.1.3. Центробежни разпръскватели

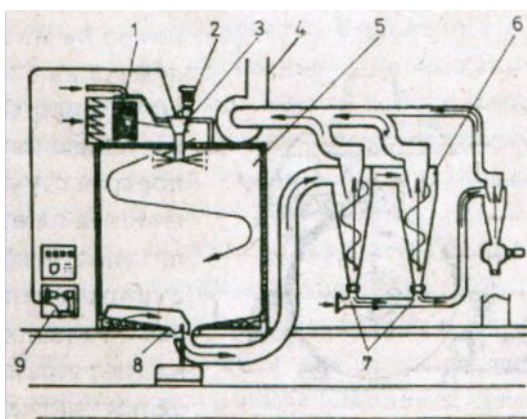
Центробежните разпръскватели(фиг.230) разпръскват течността, като осигуряват подаването ѝ в центъра на диск, който се върти с голяма скорост(до 20 000об/мин). Благодарение на центробежните сили течността се придвижва към периферията на диска, изхвърля се в околното пространство с голяма скорост и се разпръсква на капчици. Центробежните разпръскватели се използват както за разтвори, така и за суспензии и пасты с голям вискозитет.



Фиг.230. Центробежен разпръсквател

1 – лопатка; 2 – корпус на диска; 3 – капак на диска; 4 - тарелка

На фиг.231 е показана разпръсквателна сушилна, която работи по следния начин. Въздухът, необходим за сушенето, се загрява в калорифера 1 и се подава в разпределителния канал 3. Течният материал чрез помпата 9 се транспортира до центробежния разпръсквател 2. Получените при разпръскването капчици заедно с потока от сушилен агент запълват горната част на сушилната камера 5 и, придвижвайки се надолу в правоток, се изсушават. Изсушените частици се събират от дъното на камерата с помощта на пневматичния прахосъбирател 8. След сепарирание в циклоните 7 изсушеният материал се отправя за пакетиране, а отработеният въздух се отвежда в атмосферата от вентилатора 4.



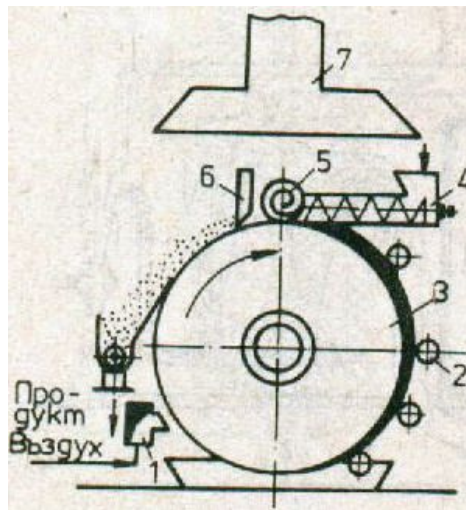
Фиг.231. Разпръсквателна сушилна

1 - калорифер; 2 - центробежен разпръсквател; 3 - разпределителен канал; 4 - вентилатор; 5 – сушилна камера; 6 - циклони; 7 - питатели; 8 – пневматичен прахосъбирател; 9 – помпа

7.2. Валцови сушилни инсталации

Валцови сушилни инсталации - тези инсталации се отнасят към контактните сушилни инсталации. При тях топлината, необходима за сушене, се предава през метална стена, която се нагрява от топлоносител (пара, гореща вода или масло). Контактната повърхност е цилиндрична или плоска.

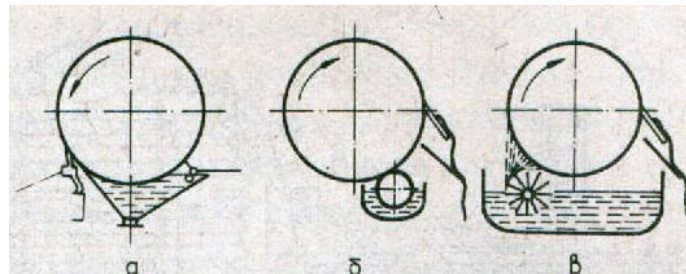
Контактните сушилни се използват за сушене на гъсти течни продукти. Най-разпространеният тип от тях са валцовите сушилни, които може да бъдат едновалцови и двувалцови, атмосферни и вакуумни. Инсталацията, представена на фиг.232, е предназначена за сушене на пастообразни материали.



Фиг.232. Едновалцова сушилня

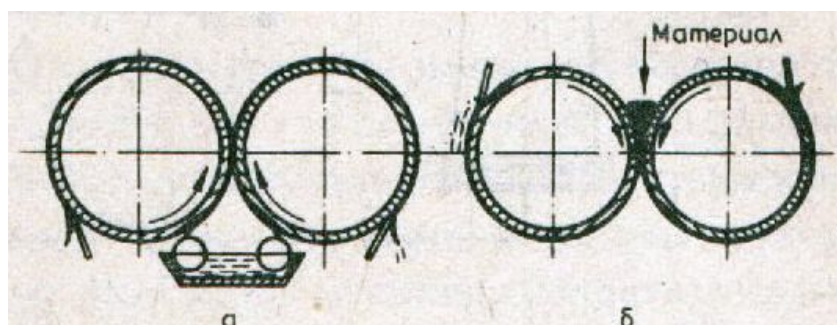
1 – въздуховод; 2 – валячета; 3 – сушилен цилиндър; 4 – шнеков питател; 5 – винтов транспортър; 6 – нож; 7 - смукател

Пастообразният материал се подава чрез шнековия питател 4 по разпределителния винтов транспортър 5 в средата на сушилния цилиндър 3 и се разпределя равномерно по цялата му дължина. В частта от цилиндъра, отговаряща на първия етап от сушенето, са разположени валчетата 2. С първото валче(по посоката на движението на материала) се регулира дебелината на слоя от материал върху греещата повърхност. С течение на времето изсушаваният материал придобива едро-пореста структура. Между него и повърхността на цилиндъра се образуват неплътности, които увеличават термичното съпротивление. Останалите три валчета го уплътняват и ако е необходимо, намаляват дебелината му. Изсушеният материал се изстъргва с ножа 6, монтиран в горната част на цилиндъра. Наситеният с влага въздух се отвежда през смукателя. Подаването и отвеждането на топлоносителя(грееща пара или вода) се осъществява през една от осите на цилиндъра.



Фиг.233. Нанасяне на материал при едновалцовите сушилни

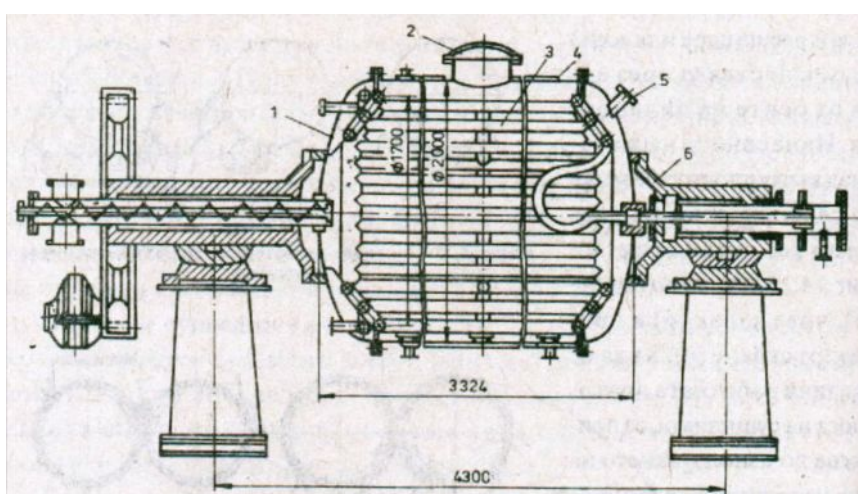
Нанасянето на материал върху цилиндъра може да се осъществи и по начините, показани на фиг.233 – чрез потапяне(а), чрез валяк(б) и чрез разпръскване(в). За да се увеличи работната повърхност на сушилнята, се прибегва до използването на два насрещно въртящи се цилиндъра. В този случай материалът също се подава отгоре или отдолу, както е показано на фиг.234. Дебелината на слоя при двувалцовите сушилни се регулира чрез разстоянието между двата цилиндъра. Валцовите сушилни са икономични, но имат малка производителност.



Фиг.234. Нанасяне на материал.при двувалцовите сушилни

7.3. Вакуумбарабанни сушилни инсталации

Вакуумбарабанни сушилни инсталации - тези инсталации се отнасят също към контактните сушилни и се използват за сушене на гранули полиамид, поликапролактан и др. Сушилнята с периодично действие, показана на фиг.235, дава възможност за едновременната термообработка и размесване на гранулите, в резултат на което се постига голяма равномерност на сушенето. Сушенето се извършва във вакуум при остатъчно налягане от 800 до 1350Pa. Това спомага за отделянето на кислорода и намалява окисляването на обработвания материал. В барабана 1 се зарежда материал през люка 2. Той се нагрява при контакта си с тръбните нагреватели 3, в които се подава гореща пара. Пара със същото налягане се подава и в парната риза 4. Към дъната на барабана са закрепени двете чугунени цапфи 6, които се въртят в плъзгащи лагери. За определянето на влагосъдържанието на материала през отвора 5 се взимат проби. Подаването на парата и отвеждането на кондензата се осъществява през дясната цапфа, а парите от влагата на материала се засмукват през лявата цапфа, в която е разположен и шнек за отделянето на прах, образуван се при размесването на гранулите. Сушенето в тези инсталации е много продължително. Например полиамидната смола се изсушава за около 30h.



Фиг.235. Вакуумбарабанна сушилня

1 - барабан; 2 - люк; 3 - тръбни нагреватели; 4 - парна риза; 5 - отвор за взимане на проби; 6 - чугунена цапфа

7.4. Конструкции радиационни сушилни инсталации

Радиационни сушилни инсталации - сушенето на влажни материали посредством пренасяне на топлинни потоци от нагreti повърхности чрез излъчване се нарича радиационно сушене. Обикновено в сушилната техника се използват инфрачервени лъчи с дължина на вълната 10-76nm, тъй като енергията на излъчване на лъчите във видимия спектър е незначителна. Основното предимство на радиационното сушене в сравнение с конвективното е възможността за получаване на топлинни потоци с много голяма плътност. Например при температура на излъчващата повърхност 600°C плътността на топлинния поток е 26000W/m², докато при конвективно тонлоотдаване при температура на газа 600°C и скорост около 2m/s плътността на топлинния поток е само 9000W/m². В процеса на облъчване инфрачервените лъчи проникват в материала, като го нагряват "отвътре". Колкото е по-голяма дължината на вълната на лъчите, толкова е по-дълбоко проникването им. От друга страна, високите плътности на топлинните потоци водят до появата на големи разлики в температурата между вътрешността и повърхността на облъчвания материал, което невинаги е допустимо. Ето защо най-често радиационното сушене се прилага при обработване на тънки листови материали, лакови покрития, емайлови покрития и др. Много често се използват комбинации между радиационно и конвективно или радиационно и кондуктивно сушене, при което се избягват недостатъците на чистото радиационно сушене.

Най-същественният елемент на една радиационна сушилня е излъчвателят. В сушилната техника се използват два типа излъчватели – светли и тъмни.

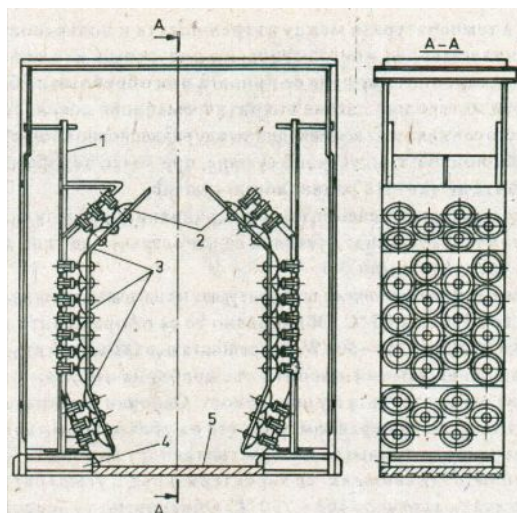
7.4.1. Светли(с температура на нагревната повърхност до $2400 \div 2600^{\circ}\text{C}$)

При **светлите излъчватели** температурата на нагреващата повърхност достига до $2400 \div 2600^{\circ}\text{C}$. Обикновено те се оформят като лампи с единична мощност $250 \div 500\text{W}$. Вътрешната повърхност на стъкления балон на такива лампи е покрита със сребърна амалгама, което подобрява отражателната му способност. Основни недостатъци на тези излъчватели са неравномерността на облъчване на нагреваната повърхност и голямата им чувствителност към цвета и.

7.4.2. Тъмни(с температура на нагревната повърхност до $400 \div 750^{\circ}\text{C}$)

Тъмните излъчватели се характеризират с температура на нагреващата повърхност $400 \div 750^{\circ}\text{C}$. Обикновено те представляват тръбни електросъпротивителни нагреватели(каквито се използват в електродомакинските уреди), разположени в медни тръби с диаметър $8-10\text{mm}$ и дължина до 2m при единична мощност до $1 \div 1,5\text{kW/m}$. Тъмните излъчватели осигуряват по-голяма равномерност на облъчване и се характеризират с по-голяма дълбочина на проникване на лъчите (до 10mm) от ламповите излъчватели. В страните, които разполагат с газово гориво, тъмни излъчватели се изработват във вид на горелки, оформени специално за целите на сушенето.

На фиг.236 е показан модул на радиационна сушилня с лампови излъчватели, предназначена за изсушаване на боядисани метални кутии.

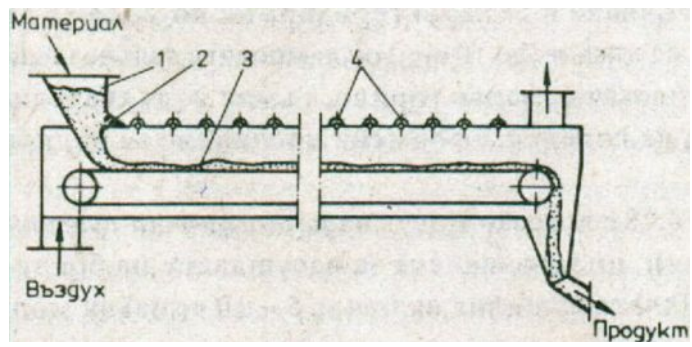


Фиг.236. Радиационна сушилня с лампови излъчватели

1 - подвижен панел; 2 - рефлектори; 3 - отражателен лист; 4 - въздушен канал; 5 - топлоизолация

Цялата сушилня включва $5 \div 10$ еднакви модула, свързани последователно и включени в технологична линия за непрекъсната обработка. Основните елементи на модула са: подвижен панел 1, чието положение се мени в зависимост от големината и формата на обработваните детайли; рефлектори 2, предназначени за насочване на лъчистия поток на ламповите нагреватели; отражателен лист 3, който оформя основния лъчист поток така, че той да попада върху всички повърхности на обработваните детайли. През канала 4 се подава въздух, който охлажда цоклите на ламповите излъчватели и същевременно отвежда извън сушилното пространство парите на разтворителя на лаковото покритие. За намаляване на топлинните загуби подът на модула е покрит с топлоизолационните плочи 5.

На фиг.237 е показана конвейерна радиационна сушилня с тръбни излъчватели за сипкави материали, която работи по следния начин. Материалът от бункера 1 попада върху конвейера 3. За регулиране на подаването и равномерното разпределение на материала по широчината на конвейера се използва заслонката 2. В горната част на сушилното пространство са разположени тръбните електронагреватели с отражателите 4. С такива сушилни се обработва ванадиев катализатор. Подобна конструкция е реализирана с лампови излъчватели и се използва за сушене на листови материали (например кабелна изолация).



Фиг.237. Радиационна сушилия с тръбни излъчватели
1 - бункер; 2 - заслонка; 3 - конвейер; 4 - тръбен нагревател с отражател

