

## Влияние на някои фактори върху разделянето на емулсия от типа вода-масло. Част II. Разделяне в реактор с пълнеж от целулоза и памук

И. Марковска, Н. Зайтцев, Б. Богданов, Д. Георгиев, Я. Христов

**Influence of some factors on the separation of an emulsion of oil – water type. Part II. Separation in a reactor filled with cellulose and cotton:** In the second part of present investigation was studied an emulsions and their filtration through the reactor filled with cellulose and cotton. The first series of experiments were related to the effectiveness of the separation of the emulsion of cellulose, the second of cotton tissue. It was found that filtration through cotton declines the degree of separation with increasing speed. At a constant speed of filtration the change of the height of the filling layer leads to a change of the contact between the filler and emulsion.

**Key words:** reactor, cellulose, cotton

### ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременния бит и техника се среща в много разнообразни варианти необходимостта от селективно сепариране на водни и органични фази. При филтрирането на течности, намиращи се във вид на емулсии могат да се използват различни материали и среди. Известно е [1-3], че процеса на филтруване включва два едновременни процеса – разделяне на емулсията и изтичане на съставните компоненти: масло и вода. Върху процеса на разделяне оказват едновременно влияние както скоростта на потока, така и дебелината на слоя пълнеж.

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЧАСТ

#### Разделение в реактора

Във връзка с резултатите, показани в първата част на представената работа, беше изследвано влиянието на скоростта на филтруване и височината на филтриращия слой от целулоза върху процеса на разделяне. Филтрирането на емулсията е проведено в цилиндричен реактор, като налягането в реактора се създава с помощта на перисталтична помпа. Схема на установката е показана по-долу.



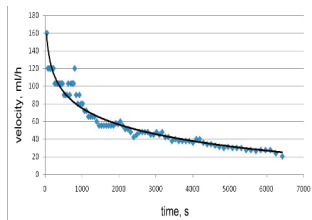
Фиг. 1. Схема на опитната установка

Височината на филтриращия слой се регулира чрез промяна в количеството на слоевете от филтърна хартия. Експериментите са проведени с 2 и 4 слоя хартия. При филтруването на емулсия през 2 слоя хартия със скорост от 7 мл / мин бе установено, че емулсията не се разделя. Сравнявайки тези резултати с по-ранни може да се заключи, че степента на филтриране на емулсията се отразява на

процеса на разделяне. Следващите експерименти са извършени с 4 слоя хартия при различни скорости на подаване. Разделяне протича, но при това скоростта на филтруване намалява (фиг. 2). Установено е, че колкото по-ниска е скоростта, толкова по-добре се разделя емулсията.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

С увеличаване на слоевете пълнеж се увеличава и тяхното съпротивление.

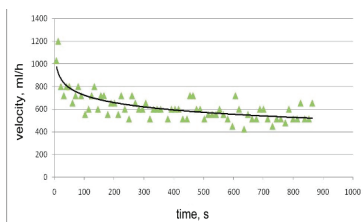


Фиг. 2. Зависимост на скоростта на филтруване от времето при разделяне в реактора през четири пласта филтърна хартия

Колкото по-голямо е съпротивлението, толкова по-ниска е скоростта, толкова по-голямо е хидростатичното налягане, което трябва да се приложи за поддръжка на скоростта, респ. толкова е по-трудно да се създаде стационарен режим. От друга страна, колкото по-малка е скоростта на потока, толкова по – добро е разделянето. Проведените експерименти с филтърна хартия показаха, че поради голямото съпротивление на материала, процесът на разделяне протича при много ниски скорости. За да се създаде режим на филтруване с голяма скорост с цел намаляване на съпротивлението трябва да се избират материали с по - пореста структура. Очевидно е, че в при това за да се запази степента на разделяне е необходимо да се увеличи дебелината на слоя пълнеж.

### **Филтруване с пълнеж от памучна тъкан. Фактори, влияещи на процеса на разделяне**

Бяха проведени втора серия експерименти, чрез които е изследвана ефективността на разделяне на емулсията от памучни тъкани. Този материал е с по-малко хидродинамично съпротивление, което позволява да се повиши скоростта на филтруване. Очевидно е, че при това се намалява качеството на разделяне, поради което разделянето се провежда при 30, 60 и 90 слоя памучен плат. При филтруването на емулсията през 30 слоя със скорост от 10 ml/min, емулсията на практика не се разделя. При увеличаване на количеството слоевете от памук, степента на разделяне нараства. През 60 слоеве при скорост  $W = 15$  мл / мин, емулсията започва да се разделя. Степента на отделяне е  $\varphi = 0,6$ . През 90 слоя при скорост  $W = 10$  мл / мин, степента на отделяне е  $\varphi = 0,8$ . На фиг. 3 е представена зависимостта на изменението на скоростта на филтруване от времето при разделяне в реактора през 90 слоя от памучен плат.



Фиг. 3. Зависимост на скоростта на филтриране от времето при разделяне в реактор, с пълнеж от 90 слоя памучен плат

В таблици 1 и 2 са представени резултатите от влиянието на броя на слоевете върху степента на разделяне при филтриране през памучен плат.

Таблица 1. Степен на разделяне според броя на слоевете пълнеж при филтруване през памучна тъкан със скорост  $W = 10$  мл / мин

Количество слоеве	Дебелина на слоя пълнеж	Влеме на контакт, $t_k$	Степен на разделяне
30	2.25	1.14	0.03
60	4.50	2.29	0.72
90	6.75	3.43	0.90

От таблица 1 е видно, че колкото повече са слоевете от памук, толкова по – добро е разделянето. При това в процеса на разделяне скоростта на филтруване не намалява толкова силно във времето, както при филтруване през филтърна хартия.

Таблица 2. Зависимост на степента на разделяне от скоростта на разделяне през 90 слоя от памучен плат

Скорост, мл/мин	Степен на разделяне	Време на контакт, $t_k$
0.85	0.84	40
1.43	0.75	24
2.05	0.72	17
3.3	0.69	10
4.6	0.43	7

### **Обсъждане на резултатите от филтрирането**

Основният резултат е, че е показана и реализирана възможността за разлагане на стабилна емулсия в непрекъснат режим. Това означава, че в слоя пълнеж се установява стационарна зона за разлагане на емулсията, в която от едната страна е изходната емулсия, а от другата страна – разделените фази вода и масло. Началото на зоната на разлагане съвпада с повърхностния слой на пълнежа. В самата зона по цялата ѝ височина протича постепенно разлагане на емулсията на вода и масло. Важно е, че зоната не се премества по височина на реактора, а размера ѝ е постоянен. Именно това осигурява непрекъснатост на процеса на разлагане.

При изучаване на влиянието на скоростта на подаване на емулсия върху големината на зоната за разлагане е установена зависимост на нейната височина от скоростта на подаване на емулсията. Показано е, че ефективността на разлагане намалява, ако слоя пълнеж е по-малък от височината на разлагане. Анализирани са причините за образуване на стационарна зона на разлагане. Направено е заключение, че причината за разлагане на емулсията е свързана с условията и режима на филтруване на емулсията.

Известно е, че изследвания пълнеж се състои от преплетени влакна целулоза, разделени от пори с микронни размери. Очевидно е, че в обема на този пълнеж формата и обема на всяка отделна пора непрекъснато ще се мени в достатъчно широки предели. Като следствие каналите, по които течността се филтрува през пълнеж, се състоят от съединени помежду си пори с различно сечение. Протежението на отделните пори при това се определя от диаметъра на влакната целулоза или (ако влакната са събрани в сноп), или от няколко диаметър. В резултат, при филтруване на течности с различни вискозитети пътя на тяхното преминаване през слоя ще бъде различен. По-вискозните течности очевидно се движат в основните канали с голяма площ на сечението и е възможно усреднените маршрути на протичане на течностите с различен вискозитет да не съвпадат.

Освен по своите размери, порите в пълнежа от целулоза се различават и по своите повърхности. Като следствие течности с различна степен на полярност ще бъдат предпочитано филтрувани през пори, чиято повърхност съответства на полярността на дадената течност. Може да се твърди, че малките пори с хидрофилна повърхност ще се запълват с вода, а порите с хидрофобна повърхност – с емулсия и масло.

Преизчислените свойства на целулозата създават диференцирани условия за протичане на отделните течности през слоя пълнеж. При едно и също външно налягане емулсията, маслото и водата ще изпитват различно съпротивление на слоя и ще се филтрират през слоя пълнеж с различна скорост. Микронния размер на порите позволява да се предполага, че при някаква дължина на канала (приемаме, че това е височината на зоната на разлагане), целият обем емулсия протичаща по този канал ще встъпи в контакт с целулозните влакна. В зависимост от това хидрофилна или хидрофобна е повърхността на порите възниква допълнителна съставяща, влияеща на профила на течение на течността. В резултат на съвместното влияние на размера и свойствата на повърхността на всяка нова пора върху капката микроемулсия, последната се разлага.

По-детайлно процеса на разлагане, протичащ при филтриране на емулсията през слоя пълнеж от целулоза, може да се обобщи по следния начин. Микрокапката емулсия тип «вода в масло» влиза в контакт с хидрофобната повърхност на целулозата. По-точно, в контакт с повърхността влиза маслото като по-хидрофобния компонент на емулсията. В резултат на контакта на маслото с повърхността протича отслабване на контакта на маслото с водата. При това под въздействието на повърхностната енергия водата образува самостоятелна капка. Ако върху водата допълнително действа хидродинамична сила, създавана от потока течност, то капката започва да се движи самостоятелно по канала. Неравномерното течение в канала дава възможност за сближаване и обединяване на микрокапките вода в по-големи капки и в крайна сметка до образуването на водна фаза.

Както е показано в експерименталната част на работата, емулсията се явява по-хидрофобна течност от маслото. Поради това, емулсията измества маслото от повърхността на целулоза. При това маслото, също както водата образува капка и по-нататък по аналогия с водната фаза масло. На свой ред, емулсията, измествайки маслото от повърхността по описаният по-горе механизъм могат да се разделят на масло и вода.

Въз основа на извършените изследвания са направени някои констатации и заключения за разделителните свойства на целулозата и причините за тези свойства.

### **ИЗВОДИ**

Въз основа на резултатите, получени при експериментите са направени следните заключения:

1) Експериментите показват, че при филтруване през памук степента на разделяне се влошава с увеличаване на скоростта. Беше известно, че размера на порите непосредствено влияе върху процеса на разделяне. Той не трябва да надвишава някакъв максимален диаметър и не трябва да бъде по-малък от определения минимален диаметър (среден диаметър на порите на филтърна хартия,  $d = 10 \mu\text{m}$ ). Ако диаметърът е по-голям от пределния, в този случай голяма част от емулсията просто да не влиза в контакт с пълнежа и съответно, не се разлага. Ако диаметърът е по-малко от пределния, то съпротивлението на слоя става твърде голямо, което е неудобно от конструктурска гледна точка.

2) При постоянна скорост на филтруване изменението на височината на слоя пълнеж води до изменение на контакта между пълнежа и емулсията. Колкото повече е времето за контакт, толкова по-добро е разделянето. Поради това, при промяна в количеството на слоевете пълнеж, степента на разделяне се изменя. Ако размерът на зоната, в която протича разлагането на емулсията е постоянна величина, то височината на слоя пълнеж не трябва да по-малка от този размер.

### **Благодарност**

Авторите изказват своята искрена благодарност на фонд „Научни изследвания“ към Министерство на образованието младежта и науката за финансовата подкрепа на настоящата разработка (проект ДДВУ-02-106/2010).

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Patent №WO1992019349A1
- [2] USA Patent № 5,286,383
- [3] P Uhlmann, F Varnik, P Truman, G Zikos, J-F Moulin, P Müller-Buschbaum and M Stamm, Microfluidic emulsion separation—simultaneous separation and sensing by multilayer nanofilm structures, P Uhlmann *et al.*, *J. Phys.: Condens. Matter* 23, 184123 – 28, 2011.

### **За контакти:**

Доц. Д-р Ирена Марковска, Университет Проф. Д-р Асен Златаров, 8010 гр. Бургас, ул. проф.. Якимов №1, e-mail: imarkovska@btu.bg

### **Докладът е рецензиран**