

Фрактални композиции и техните приложения като сепариращи системи

Димитър Георгиев, Богдан Богданов, Янчо Христов,
Ирена Марковска, Николай Зайцев

Abstract: The present scientific study deals with problems related to the possibilities to use fractal systems to solve some scientific and quite important practical problems connected with filtering and separation of aqueous phases from organic ones. The project accomplishment involves solving several interrelated tasks aimed at studies on the relationship between the properties of the fractal systems developed surface with respect to the imparting certain degree of lyophilicity-lyophobicity. This requirement determines the ability of fractal system surface to be wetted or not by aqueous and organic (hydrocarbon) solutions which is crucial for the separation of the two phases.

Key words: fractal systems, lyophilicity-lyophobicity for ceramic systems.

ВЪВЕДЕНИЕ

В настоящата научна разработка се третират въпроси, отнасящи се до използване на свойствата и възможностите на фракталните системи за решаване на нова и актуална научна задача с изразено практическо приложение – филтриране и разделяне на водни и органични фази, намиращи се като емулсии.

Фракталните системи, през последните години представляват особен интерес, поради голямото си разнообразие по типове и методи за синтезиране и най-вече заради развитата си повърхност, която дава изключителни възможности за приложение. Те могат да бъдат на основата на полимери, керамики (корундови, цирконови, силициво карбидни и др.), минерали (зеолити), както и специално за целта синтезирани композиционни материали.

Една от възможностите за използване на фракталните системи (на основа на керамични модули) е селективното филтриране на стабилни емулсии. За тази цел е необходимо да се решат редица взаимосвързани задачи, с оглед придаване на желани свойства на повърхностите на фракталните системи. В частност това се отнася до придаване на повърхността на зададени стойности отнасящи се до степента на лиофилност-лиофобност – т.е. способността за омокряне и неомокряне спрямо различни разтворители, като на първо място са водните и органични (въгледородни) разтворители.

Съществуват много случаи, когато е необходимо да се раздели вода и нефт, при събиране на нефта от нефтени разливи, при неговото транспортиране или при аварийни ситуации (често случващи се напоследък). Освен това, съществуват в техниката родствени задачи, като например очистка на отточни води след измиване на цистерни и други големи съдове замърсени с органични вещества, улавяне на мазнини от животински произход след месокомбинати, кланници и др.

Понастоящем за тази цел съществуват селективни филтри, способни селективно да пропускат или да не пропускат вода или органични масла. Такъв е материала „Стратопор“, който представлява двуслоен полимерен материал, селективно пропускащ въгледороди. Известни са и различни мембрани и металотъкани, пропускащи вода и непр пропускащи въгледороди. При тези материали като неудобство, съществува явлението насищане (отравяне) на повърхността, за което е необходимо допълнително съоръжение или операция за „разтоварване“ на системата.

Ето защо за тази цел е необходимо да се създаде една саморегулираща система, която автоматически да формира разделяне на вода и масло („дебели“ мембрани). Скоростта на това разделяне се определя от съдържанието на водата и маслото в изходната емулсия. Особено внимание в настоящия проект се предава на създаване на среда с градиентна хидрофилност-хидрофобност, като границата на

раздела на хидрофилната и хидрофобна фаза е на обща подложка. Движението на разделящата се емулсия е насочено на границата на раздела на фазите.

Хидродинамиката на двуфазната течна система е описана в монографията на Collins [1]. На границата на раздела на фазите съществува голяма разлика на наситеност. Хидростатичното налягане в омокрящата и неомокрящата фаза е величина, различаваща се от капилярното налягане. При нулева скорост на подаване на емулсия (вода, масло), маслото се концентрира в хидрофобната, а водата в хидрофилната част на фракталната система. Течението на флуида се описва от законите на Darcy в пореста анизотропна среда. Съществуват цял ред математически модели на филтрация, при които като основа се изследва ефектът на омокряне и неомокряне на контактуващите повърхности [2,3]. В класическата хидротермална теория на течение на флуиди е показано, че на границата на твърдото тяло и течността, съществува така наречения „slip effect”, като в тази област се извършват интензивни изследвания [4-6].

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЧАСТ

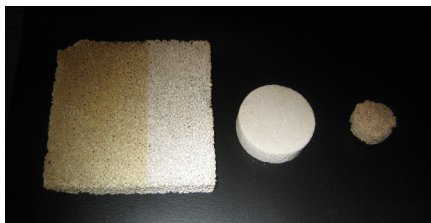
В настоящата работа се извърши експериментално изследване на отнасянето на емулсии на границата на две контактуващи порести среди, доведени чрез съответна химична обработка до премерена степен на хидрофилност и хидрофобност

Първата основна задача на научната задача е да се подберат или синтезират подходящи керамични фрактални модули, с които трябва да е изградена основната част на апарат за филтриране и разделяне на емулсии. Тези керамични модули е необходимо да бъдат с различна степен на открита порестост в зависимост от конкретното приложение на филтриращите елементи. За филтриране и сепарация на вискозни течности и емулсии, порите трябва да са открити, сравнително големи и в достатъчно голямо количество. Познаването на вида на порестостта на керамичните изделия е от съществено значение и за преценка на много други свойства, като механичната якост, топлопроводност, химична устойчивост, мразоустойчивост и др.

Научния колектив на проекта има натрупан значителен опит при синтезиране на подобни керамични материали. В тази връзка са разработени и усвоени технологии за получаване на керамики, разработени от колектива на базата на калциев силикат. Това е керамика която се синтезира при сравнително ниски температури (до 200°C), в автоклав (при налягане до 10-12 atm).

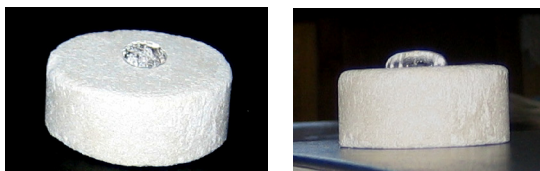
Възможен е и друг принципен метод за изготвяне на керамични филтри, основаващ се на предварителен синтез на керамика във вид на гранули с различен вид и размери с последващо формоване на изделие (плоча с конкретни размери) и термообработка. По този начин много лесно и ефективно могат да се поддържат и корегират вида и количеството на порите. На фиг.1 са показани различни видове керамики, за нашите цели.

Следващия изключително отговорен етап при разработката на фракталните сепариращи системи, е модификацията на техните повърхности. Това се прави с цел повишаване на хидрофобността на системата. За целта могат да се използват флуорепоксидни композиции, които да се нанасят на повърхността на керамиката с подходящи разтворители и последваща полимеризация. Предварителните експерименти в тази насока показват, че по този метод се забелязва устойчивост на такова покритие и същото е ефективно при разлагане на микроемулсиите (т.н. деемулгизация). Друга възможност за хидрофобизация, която е усвоена от нас при предварителните опити, е ковалентната модификация на керамиката с помощта на парите на триметилхлорсилана или негови аналози. Мярка за установяване на хидрофобността служи изследване на ъгълът на омокряне на капка вода на повърхността на керамиката



Фиг. 1. Снимки на керамики, за филтруване на течности и стопилки

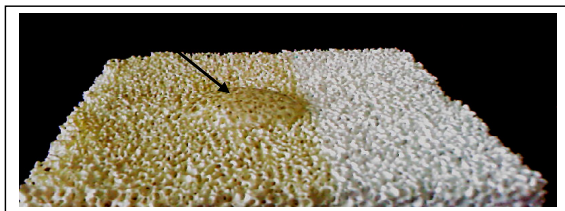
На синтезиран калциевосиликатен продукт бяха предприети предварителни изследвания с цел понижаване на водопогълщаемостта му и повишаване на неговата хидрофобност.



Фиг.2. Фотография на калциевосилициево изделие модифицирано хидрофобно, с лежача на него водна капка

На фиг. 2 е показана фотография на водна капка лежача на обработено изделие от калциевосиликат. Ясно се вижда че водната капка не омокря повърхността на изделието. Това беше постигнато с третиране на повърхността на изделието с триметилхлорсилан. В резултат на това повърхността на материала от силно полярен вид (с основна кристална фаза от воластонитов тип - $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) придоби неполярен вид, поради реакция с органични радикали. Това доказва неомокрящите свойства на водата, която е със силен поляритет.

На фиг.3 е показана фотография на водна капка върху обработена (лиофобна) повърхност на порест корундов материал, използван за филтриране на метали.

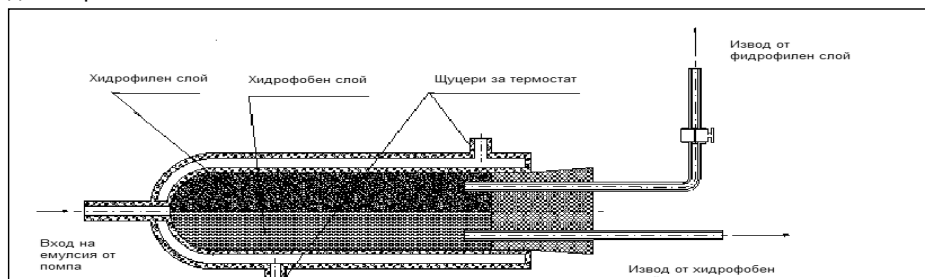


Фиг.3. Фотография на водна капка върху обработена (лиофобна) повърхност на керамичен (корундов) модул.

За експериментално решаване на поставената задача е конструиран и изработен прототипен модел на сепаратор за разделяне на емулсии, показан на фиг. 4. Същият представлява стъклен съд с двойни стени, на който половината от обема е напълнен с керамичен хидрофобен а другата половина с керамичен хидрофилен слой на повърхността. Границата на раздела на двата слоя представлява плоскост преминаваща през оста на цилиндъра. Изходите на сепаратора са два като единия е от хидрофобната част а другия от хидрофилната част.

В качеството на моделна емулсия в експеримента беше използвана смес на хексадекан с вода в равни количества, като преди всяко непосредствено подаване в сепаратора се хомогенизира енергично. Емулсията се подава в сепаратора

посредством перисталтична помпа като входа е разположен на граничната част на двете фази.



Фиг.4. Схема на модел на сепаратор за разделяне на емулсии

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

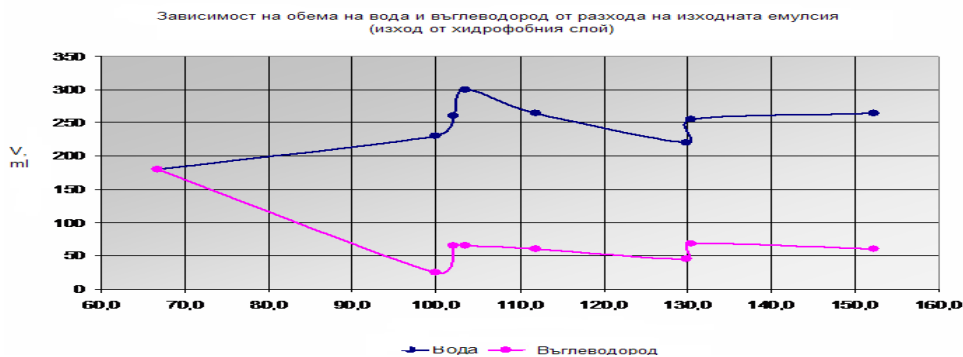
При нулева скорост на движение на сместта въглеродорода се концентрира в хидрофобната част на сепаратора а водата в хидрофилната. При малък напор от помпата на течността, въглерода излиза от хидрофобната част а водата от хидрофилната част на сепаратора. Хидродинамиката на разделяне на емилсията при различна скорост на вход се показва на таблица 1.

Таблица 1

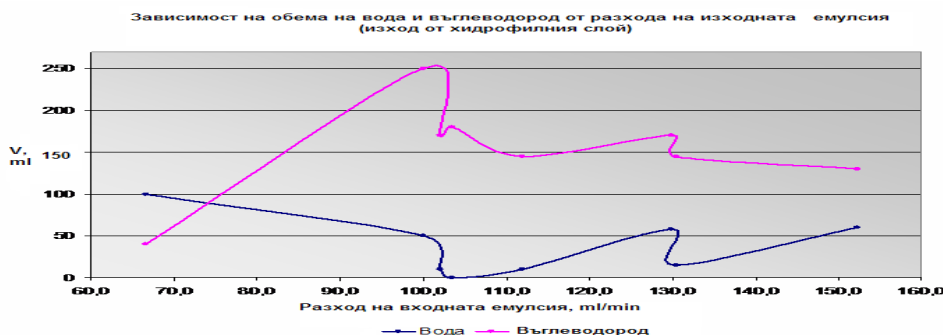
Степен на разделяне при рзличен разход на емулсия						
Обем, V, ml	Време, t, min	Обемна скорост, v, ml/min	Изход от хидрофобния слой, ml		Изход от хидрофилния слой, ml	
			Вода	Въглеродород	Вода	Въглеродород
500	7:30	66,7	180	180	100	40
	5:00	100,0	230	25	50	250
	4:54	102,0	260	65	10	170
	4:50	103,4	300	65	-	180
	4:28	111,9	265	60	10	145
	3:51	129,9	220	45	58	170
	3:50	130,4	255	68	15	145
	3:17	152,3	265	60	60	130

Степента на разделяне добре се вижда на фиг. 5 и фиг. 6.

Експерименталните резултати показват, че обема на водата и въглеродорода от изходите на хидрофобния и хидрофилен слой зависи много от напора на входната емулсия. С увеличаване на напора се получава преразпределение на обемите на чистите количества на вода и въглеродород. Така при ниско налягане на перисталтичната помпа се оказва, че водата излиза от хидрофилния слой а въглеродорода от хидрофобния слой. При висок напор на входната смес се получава изключително интересното явление, че въглеродорода излиза в повече от изхода на хидрофилната част, а водата от изхода на хидрофобната част. Това показва, че при някакви стойности на напора на входната емулсия се получава инверсия на потока. Това до този момент не може да се обясни и такава задача теоретически не може да се реши със съвременната хидродинамика.



Фиг..5. Зависимост на обема на водата и въглеродорода от рзхода на емулсията (изход от хидрофобния слой)



Фиг..6. Зависимост на обема на водата и въглеродорода от рзхода на емулсията (изход от хидрофилния слой)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Използвана е една от основните характеристики на фракталните системи – тяхната високоразвитата повърхност. На основата на придаване на повърхността на зададени стойности, отнасящи се до степен на лиофилност-лиофобност, т.е. способност за омокряне и неомокряне спрямо различни разтворители (водни и органични) се създава възможност за конструиране и изработване на система за сепариране. Изследвани са възможностите на разработения модел на сепаратор като са получени екпериментални резултати за количеството на разделените фази в зависимост от налягането на входящата сепарираща се емулсия.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. E. Collins. Flow of Fluids Through Porous Materials. Reinholds Publ.Corp., N.Y., 1961, 351 p.
2. Ю. М. Молокович. Неравновесная фильтрация и ее применение в нефтепромысловой практике. Москва-Ижевск НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2006, 214 с.
3. В. А. Королев. Очистка грунтов от загрязнений. Москва, МАИК «Наука» 2001 ,с.309
4. O. Reynolds. Phil. Trans. R.Soc. Land. v.177, pp 157-234, 1886

5. C. Neto, D. R. Evans, E. Bonaccorso et al. Rep. Progr. Phys.. v.68, pp 2859-2897, 2005
6. B. Lefevre, A. Saugey, J.-L. Barrat et. Al. J. Chem. Pys. v.120, pp.4927-38, 2004

За контакти:

Доц. д-р Димитър Петров Георгиев, катедра “Технология на материалите и материалознание”, Университет „Проф. д-р А.Златаров” Бургас, тел.: 056-858 230, e-mail: dgeorgiev@btu.bg

Докладът е рецензиран.