



## (12) Patentskrift

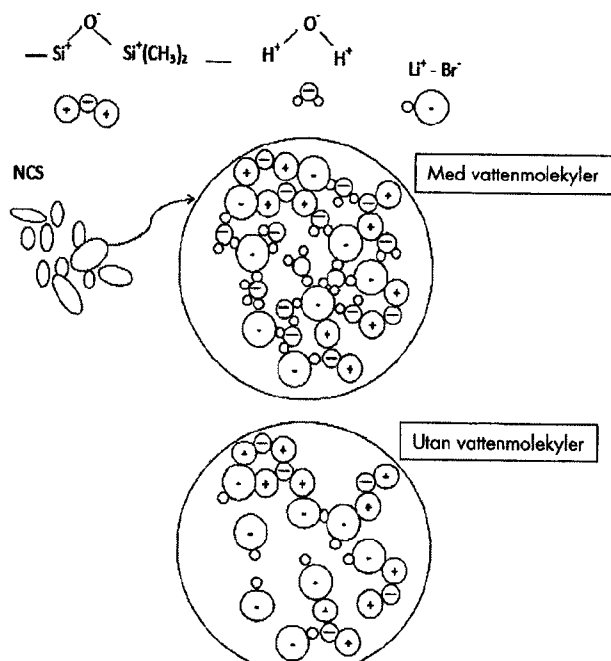
(10) SE 535 301 C2

(21) Patentansökningsnummer: 1150190-5  
(45) Patent meddelat: 2012-06-19  
(41) Ansökan allmänt tillgänglig: 2012-06-19  
(22) Patentansökan inkom: 2011-03-02  
(24) Löpdag: 2011-03-02  
(83) Deposition av mikroorganism: ---  
(30) Prioritetsuppgifter: ---

(51) Internationell klass:  
**F25B 17/08** (2006.01)  
**B01D 53/26** (2006.01)  
**B01D 53/28** (2006.01)  
**F25B 17/12** (2006.01)  
**C09K 5/00** (2006.01)

- (73) Patenthavare: CLIMATEWELL AB (PUBL), Instrumentvägen 20, 126 53 Hägersten SE  
(72) Uppfinnare: Göran Bolin, Täby SE  
(74) Ombud: BERGENSTRÅHLE & LINDVALL AB, Box 17704, 118 93 Stockholm SE  
(54) Benämning: Salt överdraget med nanopartiklar  
(56) Anförda publikationer: ---  
(47) Sammandrag:

Salt överdraget med nanopartiklar karakteriseras av dess förmåga att till fullo släppa sitt flytande innehåll utan att kollapsa, därefter kan man återfå vätskan. Denna återvinningsförmåga gör nya applikationer möjliga. Saltet överdraget med nanopartiklar består av en inre del och ett yttre skikt och bildar en cell med ett membran som håller vätska och låter gas passera. Inre delen består av ett salt och det yttre skiktet består av nanopartiklar. Kända maskiner och processer kan få utökad funktionalitet genom cellerna innefattande salt och nanopartiklar. För maskiner arbetande enligt matris- och hybrid-principen kan cellerna fungera som en matris, och därmed ersätta dyra matrismaterial. En enhet är anpassad för att utföra en absorption processen, anordningen består av minst en cell. Fördelarna är bland annat att korrosion reduceras eller tom elimineras. Den långsiktiga stabiliteten i absorption maskiner ökar och migration av salt i vätske- och gasfas undviks.



## Sammandrag

Salt överdraget med nanopartiklar karakteriseras av dess förmåga att till fullo släppa sitt flytande innehåll utan att kollapsa, därefter kan man återfå vätskan. Denna återvinningsförmåga gör nya applikationer möjliga. Saltet överdraget med nanopartiklar består av en inre del och ett yttre skikt och bildar en cell med ett membran som håller vätska och låter gas passera. Inre delen består av ett salt och det yttre skiktet består av nanopartiklar. Kända maskiner och processer kan få utökad funktionalitet genom cellerna innefattande salt och nanopartiklar. För maskiner arbetande enligt matris- och hybrid-principen kan cellerna fungera som en matris, och därmed ersätta dyra matrismaterial. En enhet är anpassad för att utföra en absorption processen, anordningen består av minst en cell. Fördelarna är bland annat att korrosion reduceras eller tom elimineras. Den långsiktiga stabiliteten i absorption maskiner ökar och migration av salt i vätske- och gasfas undviks.

(Fig 2)

## SALT ÖVERDRAGET MED NANOPARTIKLAR

### Tekniskt område

[0001] Föreliggande uppfinning avser en cell innefattande en inre del och ett yttre skikt och det också handlar om en anordning som innefattande en cell. Den inre delen innefattande ett salt och det yttre skiktet innefattande nanopartiklar. Anordningen är lämplig för att utföra en absorptionsprocess. Exempel på sådana anordningar innefattar, men är inte begränsade till en absorption kemisk värmepump.

### Bakgrund

[0002] Salter i samband med andra ämnen, inklusive kisel är kända. US: 5.753.345 visar en absorbent för fukt och luktande gas. En kiseldioxid-sol är belagd på ett ark för att erhålla en adsorberande kropp. Kiseldioxid-partiklarna har en diameter  $< 120 \text{ \AA}$  och en mångfald av stabila silanol radikaler på ytan, vilket ger ett starkt bindande förmåga. Kiseldioxid-solen innefattar eventuellt ett luftfuktighetsabsorberande medel som till exempel litiumsalter, magnesiumsalter och kalciumsalter. Beläggning innefattande kiseldioxid-sol appliceras på ett ark eller ett laminat och torkas för att det skall stelna och är sedan fast förankrat på nämnda ark eller laminat.

[0003] Tabletter av salter tillsammans med bindemedel är också kända. US 2006/0097223 visar en anordning för styrning av relativ luftfuktighet med ett stelnad fuktighetsbevarande sammansättning. Den stelnade fuktighetsbevarande sammansättningen är gjord av ett fuktighetsbevarande salt, vatten och en bärare. Det stelnade fuktighetsbevarande medlet kan formas till en tablett med hjälp av bindemedel, eller det kan vara innesluten i ett värmeformat filt-material, en påse eller en vattengenomsläpplig behållare. Exempel på salter inkluderar

CaCl<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, LiCl<sub>2</sub>, NaCl, och K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Exempel på bärare inkluderar kiseloxid-gel.

[0004] Principen för kemiska värmepumpar är känd, se till exempel US 5,440,889, 5,056,591 US 4,993,239 US 4,754,805 samt US 6,634,183. Många kemiska värmepumpar innefattar minst ett salt som en aktiv substans och minst en vätska. I US 6,634,183 beskrivs en fast fas av en aktiv substans primärt inuti ett nät, medan en lösningsfas kan passera nätet. Det finns ytterligare en distribuerande anordning, t.ex. en pump för att få den aktiva substansen i flytande form eller lösningsfas passera i kontakt med en värmeväxlare och den aktiva substansen i fast form.

[0005] En nackdel vid användning av saltlösningar i absorptionprocesser är att korrosion lätt sker. Korrosion leder typiskt till bildandet av icke kondenserbara gaser, främst vätgas (H<sub>2</sub>), eller till brott i material i en maskin som arbetar enligt absorptionsprocessen. Effekterna av korrosionsgaser minskar eller stoppar absorptionsprocessen. Ett problem i samband med korrosion är att vätgas måste rensas ur systemet.

[0006] I kända absorptionprocesser är problemet med korrosion svårt att lösa eftersom korrosion endast delvis kan hämmas av till exempel tillsatser av olika korrosionsinhibitorer, justering av pH eller genom att välja ett korrosionsbeständigt material från gruppen av ädla, och därmed dyra, metaller.

[0007] US 2002/0043649 beskriver ett försök att kontrollera korrosion i värmepumpar genom att lägga till en sällsynt salt jordartsmetaller till värmepumpens ammoniak/vatten-arbetsvätska. I föredragna utföringsformer innefattar det sällsynta jordartsmetallsaltet cerium och stålytor är ceriumbehandlade för att förstärka de korrosionsskyddande effekterna.

[0008] Även om kemiska värmepumpar arbetande i enlighet med hybridprincipen och med en matris används med framgång idag, se till exempel PCT-ansökningar WO 2007/139476 och WO/2009/102271, kan den långsiktiga stabiliteten fortfarande förbättras. Ibland kan vätskemigration av salt inuti matrisen ske över lång tid. Denna saltmigration medför en ojämn saltkoncentration i matrisen, vilket resulterar i en försämrad prestanda för maskinen. I en sådan maskin kan dessutom salt migrera i flytande droppar med gasflödet och därmed långsamt förorena kondensorn/evaporatorn. Detta påverkar värmepumpens prestanda negativt. För den långsiktiga stabiliteten finns det således utrymme för förbättringar.

[0009] Ännu ett problem med kemiska värmepumpar arbetande i enlighet med hybridprincipen innefattande en matris är att matrismaterialet i sig kan vara ett korrosionskänsligt material. Korrosion av matrisen kan resultera i allmänna korrosionsrelaterade problem som t.ex. utsläpp av korrosionsgaser men det kan också resultera i nedbrytning av matrisen, en oönskad bieffekt.

[0010] I kemiska värmepumpar arbetande i enlighet med hybridprincipen med en matris, hämmas transporten av gas vid laddning och urladdning av att saltvattenlösning blockerar gaskanaler i matrisen. Det är önskvärt att minska eller eliminera detta problem.

[0011] I kemiska värmepumpar arbetande i enlighet med hybridprincipen med en matris, varierar volymen av gaskanalerna i matrisen beroende på mängden vätska absorberad i matrisen, denna variation kan leda till oönskade effekter. Det är önskvärt att minska eller tom eliminera detta problem.

[0012] I kemiska värmepumpar arbetande i enlighet med hybridprincipen med en matris eller arbetande enligt fallfilmsprincipen är det alltid fördelaktigt för bra prestanda för att ha en stor kontaktyta mellan gasfasen och saltet. Detta gäller

både vid laddning och urladdning. Därför är det önskvärt att öka kontaktytan mellan en gasfas och ett salt i en kemisk värmepump arbetande enligt hybridprincipen. I det aktuella kemiska värmepumparna arbetande i enlighet med hybridprincipen finns utrymme för förbättringar när det gäller ytarean.

[0013] "Torrt vatten" är ett känt material innefattande vatten och nanopartiklar. Materialet är ett friflytande pulver som bereds genom att blanda vatten, nanopartiklar, t.ex. kiseldioxid-derivat såsom kiseldioxiddimetylsilylat och luft i höga hastigheter. Blandning i höga hastigheter ger en vatten-i-luft emulsion, och skapar små celler där nanopartiklar innesluter små vattendroppar, och fungerar som en barriär mellan omgivningen och vatten. Vattendroppar separeras och hindras från att slås samman. Emulsionen som bildas är torr och kan hållas som ett friflytande pulver. Begreppet torrt vatten och hur den är gjord har varit känt sedan 1960-talet, se till exempel US 3,393,155 och US 4,008,170, under de senaste åren har torrt vatten återfått intresset. Användningsområden för torrt vatten har till exempel nämnts att vara en ingrediens i kosmetika, för lagring av gaser eller för att påskynda katalytiska reaktioner. Ett problem med strukturer av torrt vatten är att de tenderar att kollapsa när de värms upp så att vattnet avdunstar. Därför är det svårt att få en helt reversibel process.

[0014] Enligt teknikens ståndpunkt finns ytterligare behov av en energibärare som är lätt, enkel och ekonomiskt att transportera.

### Sammanfattning

[0015] Det är ett föremål för uppfinningen att i någon mån lösa åtminstone en del av problemen enligt teknikens ståndpunkt och tillhandahålla en förbättrad cell, en förbättrad anordning och ett förfarande för att tillverka cellen.

[0016] I en första aspekt tillhandahålls en cell innefattande en inre del och ett yttre skikt, nämnda inre del innefattar ett salt och nämnda yttre skikt innefattar nanopartiklar, där cellen har en genomsnittlig storlek från 1 till 1000  $\mu\text{m}$ .

[0017] I en andra aspekt tillhandahålls en anordning anpassad för att utföra en absorptionsprocess, nämnda anordning innefattar åtminstone en cell, där nämnda cell innefattar en inre del och ett yttre skikt, vari nämnda inre del innefattar ett salt och där nämnda yttre skikt innefattar hydrofoba nanopartiklar, och där nämnda cell har en genomsnittlig storlek från 1 till 1000  $\mu\text{m}$ .

[0018] Det tillhandahålls dessutom användning av salt överdraget med nanopartiklar i en absorptionsprocess.

[0019] Det tillhandahålls vidare ett förfarande för tillverkning av en cell innefattande ett salt överdraget med nanopartiklar.

[0020] Fördelar med uppfinningen inkluderar att korrosion reduceras eller tom elimineras eftersom korrosivt salt är inneslutet i nanopartiklar. Den långsiktiga stabiliteten i absorptionsmaskiner ökar, eftersom salt är inneslutet med nanopartiklar som bildar celler av överdraget salt, en så kallad nanobelagd eller nanoöverdragen saltcell eller NCS-cell. Bildandet av en NCS-cell stoppar eller stoppar väsentligen saltmigration i både gas och flytande fas. Saltvattnet är inneslutet och kan inte hindra gasflödet mellan NCS-celler.

[0021] Ytan ökar på grund av den begränsade storleken på NCS-celler. I en utföringsform uppnås en kontaktyta 100 gånger högre än i jämförbara maskiner enligt teknikens ståndpunkt genom att använda NCS-cellen.

[0022] En annan fördel för absorptionsmaskiner innefattande NCS-cellen i denna uppfinning är att föreliggande NCS-celler inte behöver dyra cirkulationspumpar och dyra värmeväxlare som korroderar med tiden och kräver

ständig service exempelvis för att fylla på pH-buffert och korrosionsinhibitorer och vakuum pumpning/rensning av vätgas som är ett resultat av korrosion av metall.

[0023] Ytterligare en fördel med NCS-celler är att de i vissa avseenden beter sig som ett fast ämne och därför stoppas varje migrering av vätska som orsakas av gravitation och/eller temperaturgradienter och problemet med ojämna saltkoncentrationen i en matris kan därför övervinnas. Även om de utsätts för fuktig luft, varken migrerar eller bildar NCS-cellerna klumpar, men förblir som ett friflytande pulver på grund av de stabila egenskaperna hos NCS-cellen. Eftersom saltet är inneslutet i NCS-cellen, är problemet med eventuell korrosion i matrisen löst eftersom saltet i praktiken inte kommer i kontakt med matrismaterialet.

[0024] Saltet överdraget med nanopartiklar ger en ny möjlighet för maskiner arbetande enligt matris och hybridprinciperna (se till exempel WO/2007/139476 och WO/2009/102271), eftersom materialet i sig kan fungera som en matris, kan NCS-cellen därmed ersätta dyra matrismaterial. Saltet överdraget med nanopartiklar innefattande en inre del och ett yttre skikt bildar en cell med ett genomsläppligt membran som håller vätska inuti och låter gas passera in eller ut. Således behövs ingen extra matris i absorptionsmaskiner arbetande med en matris enligt hybridprincipen.

[0025] Ännu en annan fördel är att i en absorptionsmaskin förblir kanalstrukturen mellan de nuvarande NCS-cellerna konstant jämfört med teknikens ståndpunkt där kanalstrukturen beror av flytande innehåll och ger flytande filmbildning och avbrott i processen trots eventuell förekomst av torrt salt i bulken. Föreliggande partiklar håller också i stort sett samma volym oavsett om de är fulla av vätska eller helt torra och därmed blockerar de aldrig eller i

princip aldrig gaskanalerna i matrisen. NCS-cell (I en utföringsform med en storlek på 45-100  $\mu\text{m}$ ) ger alltid 40% ledigt utrymme på grund av geometrin.

[0026] Ytterligare en fördel är att saltet överdraget med nanopartiklar karakteriseras av dess förmåga att till fullo släppa sitt flytande innehåll genom påverkan av värme upp till en hög temperatur (upp till 400°C i en utföringsform), utan att kollapsa. Därefter kan den återfå vätska om ånga och kyla finns tillgängligt. Denna återhämtningsförmåga gör, i motsats till "torra vatten" nya applikationer möjliga och förbättrad funktionalitet erhålls för kända maskiner och processer,. "Torrt vatten" kollapsar när vattnet tas bort från strukturen.

[0027] Med hänsyn till fördelarna ovan, avses det att absorptionsmaskiner är mycket väl lämpade för användning med föreliggande NCS-celler.

[0028] Saltet överdraget med nanopartiklar materialet kan lätt transporteras i plastpåsar, papperspåsar, trummor och kräver inte dyra och korrosionsbeständiga plast/metall-behållare.

#### Kort beskrivning av ritningarna

[0029] Uppfinningen beskrivs nu, som exempel, med hänvisning till tillhörande ritningar, där:

[0030] FIG. 1 visar ett mikroskopfotografi som visar de vita öppna ytorna mellan svarta NCS-celler.

[0031] FIG. 2 visar en schematisk bild av NCS-celler med och utan vattenmolekyler.

### Detaljerad beskrivning

[0032] Innan uppfinningen redovisas och beskrivs i detalj, är det underförstått att denna uppfinning inte är begränsad till vissa föreningar, konfigurationer, steg metod, substrat och material som visas här, eftersom sådana föreningar, konfigurationer, förfarande steg, substrat, och material kan variera något. Det är också nödvändigt att inse att den terminologi som används häri används för att beskriva särskilda utföringsformer och är inte avsedd att begränsa uppfinningen eftersom omfattningen av den aktuella uppfinningen endast begränsas av de bifogade patentkraven och ekvivalenter därav.

[0033] Det skall noteras att i denna beskrivning och i de bifogade patentkraven inkluderar singularformerna "en", "ett", "det" och "den" pluralmotsvarigheter såvida inte sammanhanget tydligt anger något annat.

[0034] Om inget annat anges, är alla termer och vetenskaplig terminologi som används här är avsedda att ha den innebörd som uppfattas av en fackman inom området som denna uppfinning avser.

[0035] Termen "omkring" som används i samband med ett numeriskt värde i beskrivningen och patentkraven betecknar ett intervall på noggrannhet, välbekant och acceptabelt för en fackman på området. Said intervallet är  $\pm 10\%$ .

[0036] "Medelstorlek" används i samband med en partikel eller en cell för att beteckna den genomsnittliga storleken för en partikel. Definitionen bygger på att ersätta en viss oregelbundet formade partikel med en tänkt sfär som har volymen identisk med de oregelbundet formade partiklarna. Denna volymbaserade partikelstorlek motsvarar diametern av sfären som har samma volym som en given oregelbundet formad partikel.

- [0037] "Hygroskopisk" används här för att beteckna möjligheten för ett ämne att attrahera vattenmolekyler eller molekyler med liknande egenskaper som vatten från den omgivande miljön antingen genom absorption eller adsorption.
- [0038] "Hydrofob" används här för att beteckna egenskapen att vara vattenavvisande, tendera att stöta bort och inte absorbera vatten.
- [0039] "Nanopartiklar" används här för att beteckna ett lokaliserat objekt med en volym och en massa. I synnerhet betecknar "nanopartiklar" partiklar som utgör ett skikt på NCS-cellen. "Nanopartiklar" är alltså mindre än NCS-cellen.
- [0040] "NCS-cell" används här för att beteckna ett lokaliserat objekt med en volym och en massa. I synnerhet "cell" och/eller "NCS-cell" betecknar ett föremål bestående av ett salt som är överdraget med partiklar som kallas nanopartiklar. Således kan ordet "cell" hänvisa till ett objekt som innefattar en inre del och en yttre skikt, där det yttersta skiktet innefattar nanopartiklar, vilka nanopartiklar är mindre än cellen. NCS är en förkortning av nano överdraget salt.
- [0041] I föreliggande uppfinning är ett salt överdraget med nanopartiklar, för att erhålla en NCS-cell.
- [0042] I en första aspekt tillhandahålls en cell innefattande en inre del och ett yttre skikt, nämnda inre del innefattar ett salt och nämnda yttre skikt innefattar nanopartiklar, där partikeln har en genomsnittlig storlek från 1 till 1000  $\mu\text{m}$ .
- [0043] Det avses att cellen innefattar minst en beläggning. Således cellen kan cellen innefatta flera beläggningar. Den inre delen av cellen kan i sin tur innefatta flera olika delar.

[0044] I en utföringsform, är saltet hygroskopiskt. I en utföringsform är saltet valt från klorider, klorater, perklorater, bromider, jodider och nitrater av litium, magnesium, kalcium, strontium, barium, kobolt, nickel, järn, zink, mangan och aluminium samt sulfider och hydroxider av litium, natrium och kalium. I en annan utföringsform är saltet valt från LiBr, LiCl, CaCl<sub>2</sub> och CaBr<sub>2</sub>. I en utföringsform väljs saltet från gruppen bestående av magnesiumklorid, zinkklorid, kaliumkarbonat, kaliumhydroxid och natriumhydroxid.

[0045] I en utföringsform är nanopartiklarna hydrofoba. I en utföringsform innefattar nanopartiklarna minst ett material valt från kiseldioxid-derivat och kol-material. I en utföringsform innefattar nanopartiklarna åtminstone ett material valt från gruppen bestående av kiseldioxid-derivat och kol-material. Kiseldioxid-derivat inkluderar men är inte begränsat till kiseldioxiddimetylsilylat. Termen kolmaterial innefattar material baserade på kol. Exempel på kol-material inkluderar, men begränsas inte till, grafit och grafen. Partiklar av kol har fördelen av bättre värmeledningsförmåga än kisel. I en utföringsform är den genomsnittliga storleken för nanopartiklar ca 10 nm. I en utföringsform är den genomsnittliga storleken för nanopartiklar från 1 till 50 nm. I en annan utföringsform är den genomsnittliga storleken av nanopartiklar från 1 till 20 nm.

[0046] NCS-celler har i en utföringsform en genomsnittlig storlek i intervallet 20-100µm, inklusive det yttre skiktet. I en alternativ utföringsform har NCS-cellerna en genomsnittlig storlek från 5 till 500 µm. Den genomsnittliga storleken på NCS-cellerna innefattar alltid beläggningen.

[0047] I en utföringsform innefattar cellen ytterligare minst en vätska. I en utföringsform innefattar den inre delen av cellen minst en vätska. I en utföringsform innefattar cellen vidare vatten.

[0048] I en andra aspekt tillhandahålls en anordning anpassad för att utföra en absorptionsprocess, nämnda anordning innefattar åtminstone en cell, där nämnda cell innefattar en inre del och ett yttre skikt, vari nämnda inre del innefattar ett salt och där nämnda yttre skikt innefattar nanopartiklar, och där nämnda cell har en genomsnittlig storlek från 1 till 1000  $\mu\text{m}$ .

[0049] I en utföringsform är anordningen en kemisk värmepump verkande enligt absorptionsprincipen. I en utföringsform är anordningen en apparat för kylning anpassad att använda en absorptionsprocess. I en utföringsform är anordningen en maskin för att samla in överskottsvärme anpassad att utnyttja en absorptionsprocess. I en utföringsform är anordningen en anordning för lagring av energi anpassad att använda en absorptionsprocess. I en utföringsform är anordningen en termisk solfångare anpassad att utnyttja en absorptionsprocess. I en utföringsform anordningen är ett taktegel eller en takpanel för produktion av kyla och värme anpassade för att utnyttja en absorptionsprocess.

[0050] Det tillhandahålls vidare användning av en cell som beskrivs ovan i en absorptionsprocess. I en utföringsform sker absorptionsprocessen i en kemisk värmepump.

[0051] Det tillhandahålls vidare ett förfarande för tillverkning av en cell innefattande en inre del och en yttre skikt, nämnda inre delen innefattande ett salt och nämnda yttre skikt innefattande nanopartiklar, nämnda förfarande innefattande stegen att: a) blanda ett salt med nanopartiklar och b) blanda med tillräcklig energi för att få celler som innefattar ett salt överdraget med nanopartiklar.

[0052] I en utföringsform blandas minst en vätska med salt och nanopartiklar i steg a). I en utföringsform är nämnda vätska vatten.

[0053] NCS-cellen har flera användningsområden. Ett icke begränsande exempel är användning i en anordning anpassad för att utföra en absorptionsprocess, nämnda anordning innefattande ett salt överdraget med nanopartiklar.

[0054] I en utföringsform innefattar cellen minst en vätska. I en utföringsform innefattar vätskan vatten. I en utföringsform är vätskan vatten. Det mesta av vätskan finns i den inre delen av partikeln. Beläggningen släpper igenom vätskan. Möjliga lösningsmedel förutom vatten inkluderar, men är inte begränsade till metanol, etanol, ammoniak, metylamin och etylamin.

[0055] Utan att vilja vara bunden av någon särskild vetenskaplig teori menar uppfinnaren att nanopartiklarna dras till den inre delen av cellen genom en attraktiv kraft (Debye kraft) mellan en dipol och en inducerad dipol. Saltet med eller utan vatten uppvisar en dipol, medan nanopartiklar har en polariserbarhet. Således är nanopartiklarna företrädesvis valda av material som är polariserbara.

[0056] NCS-cellen är ett intressant material för många användningsområden, särskilt för absorptionsprocesser.

[0057] Med NCS-cellen enligt denna uppfinning är korrosion kraftigt reducerad och även mycket korrosionskänsliga material som aluminium kan komma ifråga för att användas som material för en maskin som arbetar enligt absorptionsprocessen. Anledningen till detta är att saltet i huvudsak håller sig innanför barriären av nanopartiklar på grund av stark ytspänning, beläggningen av nanopartiklar är bara genomsläpplig för gasfasen av lösningsmedlet. Saltet kan därmed aldrig eller endast i mycket begränsad utsträckning komma i kontakt med korrosionskänsligt material.

[0058] Med minskade korrosionsegenskaper för NCS-cellen i denna uppfinning, kan en absorptionsprocess även utföras i atmosfärstryck i motsats till ett vakuum. Om saltet inte var överdraget med nanopartiklar skulle syrehalten i atmosfärisk luft minska livslängden på absorptionsprocessen på grund av kraftig korrosion. NCS-cellen i denna uppfinning öppnar därför upp många nya användningsområden för absorptionprocesser som innefattar ett salt.

[0059] I dagens absorptionprocesser behövs stora värmeväxlande ytor, gärna innefattande en metall, för att skapa stora kontaktytor mellan salt och gasfasen av lösningsmedel samt att skapa en effektiv värmetransport till och från lösningsmedlet. Dessutom används rörliga delar i en absorptionsmaskin såsom pumpar för att skapa en fallande film, för att öka kontaktytorna. Genom att separera och innesluta saltet i ett lager av nanopartiklar ökas kontaktytan mellan salt och lösningsmedel i gasfas automatiskt. Därigenom kan överföring av värme till och från lösningsmedlet ske genom direkt kontakt mellan salt och gasfasen av lösningsmedel, utan någon ytterligare värme värmeväxlande yta. Dessutom minskas eller till och med elimineras behovet av att använda pumpar och fallande filmen tekniken.

[0060] Genom att framställa ett överdraget salt, förvärvar saltet nya egenskaper. De nya egenskaperna för NCS-cellen enligt uppfinningen resulterar i nya användningsområden för salter i absorptionprocesser. Till exempel kan NCS-cellerna pumpas på samma sätt som en ren vätska eller ett friflytande pulver och kan med andra ord distribueras på samma sätt som fjärrvärme och fjärrkyla, där rent vatten normalt används. Ett icke överdraget salt skulle vara omöjligt att använda i fjärrvärme eller fjärrkyla, men det överdragna saltet minskar korrosionen i processen avsevärt, har 10 gånger högre energitäthet än rent vatten och orsakar ingen kristallisering av saltpartiklar i pumpningsprocessen. NCS-cellerna kan lagra kemiskt bunden energi som kan

frigöras när det behövs, skapa värme eller kyla. Eftersom NCS-cellen har en hög energitäthet och i huvudsak inte förlorar sin energi över tiden om de lagras på rätt sätt, kan materialet transporteras långa sträckor. NCS-celler kan till exempel laddas (värmas) där det finns överskott energi, t ex industri, långt från slutanvändaren, och senare transporteras och laddas där energi behövs.

[0061] Till skillnad från konventionell fjärrvärme och fjärrkyla, behövs bara 1/10 av en normal rördiameter för att distribuera en bestämd mängd energi med NCS-cellen jämfört med rent vatten i vätskeform. Detta beror på att den överdragna partikeln har 10 gånger högre energitäthet jämfört med rent flytande vatten på grund av värmepumpsförmågan hos NCS-cellen. Dessutom kan fördelningsrören för fjärrvärme eller fjärrkyla kan när man använder NCS-cellen enligt denna uppfinning framställas i billiga plastmaterial och behöver inte någon isolering eftersom NCS-cellmaterialet innehåller latent energi i motsats till känslig energi. Eftersom ett rör med ett distributionssystem som använder NCS-celler inte behöver placeras i en frost skyddad miljö, kan rören istället placeras i marken på samma sätt som en fiberkabel. Inga särskilda rör för värme eller kyla behövs och eftersom värme och kyla inte används samtidigt, kan fördelningen av röret dimensioneras enbart baserat på det genomsnittliga behovet av uppvärmning.

[0062] Användningsområden för NCS-cellen inkluderar, men är inte begränsade till:

- Kemiska värmepumpar verkande enligt absorptionsprincipen för kylning och uppvärmning,
- Kemiska värmepumpar verkande enligt hybridprincipen (se till exempel WO 2007/139476 och WO/2009/102271) för kylning, uppvärmning och energilagring,
- Maskiner som använder absorptionprocesser för torkande kylning och kontroll

av luftfuktighet för bra inomhusklimat,

- Torkmedelsanläggningar och fuktreglering för god inomhusmiljö,
- Insamling och lagring av överskottsvärme eller spillvärme från till exempel industri eller fordon som skall användas för uppvärmning eller kylning för slutanvändare såsom industri, sjukhus, kontor eller privata hem,
- NCS-cellerna kan användas istället för vatten som energibärare, i ett fjärrvärmenät, för även ge fjärrkyla. I ett sådant nät med föreliggande NCS-celler som energibärare rören kan reduceras till följd av betydligt högre energitäthet jämfört med vatten.
- För att använda föreliggande NCS-celler som energilagring eller säsongslagring av solenergi eller spillvärme från industrin, som ska användas av industri, sjukhus, kontor eller privata hem,
- Sanering eller lagring av farliga gaser såsom metan, väte, koldioxid, koloxid och andra gaser från förbränningsmotorer i fordon, industri eller andra källor till växthusgaser. Genom en efterföljande regenerering av föreliggande NCS-celler där farliga gaser förs bort från områden där de kan orsaka skada exempelvis från tätbebyggda områden till en plats där dessa gaser på ett säkert sätt kan tas om hand,
- Konvertera termiska solfångare från endast uppvärmning, till både uppvärmning och kylning,
- Taktegel och takpaneler kan med nuvarande NCS-celler få utökad funktionalitet och detta byggmaterial kan användas för produktion av kyla och värme till byggnaden,
- Dricksvattenproduktion från fuktig luft genom konverterade termiska solfångare, taktegel och takpaneler med föreliggande NCS-celler,
- Upprätthållande av exakt luftfuktighet i arkiv, museer och andra relevanta platser,

- Släckning av bränder, särskilt i elektronisk utrustning, där föreliggande NCS-celler kan regenereras av fukt och användas igen.

[0063] Ett gemensamt drag för många applikationsområden är att NCS-cellen används i en absorptionsprocess. En flyktig vätska i gasfas absorberas av det överdragna saltet i en exoterm reaktion. När det överdragna saltet innehållande den flyktiga vätskan värms upp, frigörs vätskan som gas i en endoterm reaktion.

[0064] Andra särdrag och användningar av uppfinningen och tillhörande fördelar kommer att bli uppenbara för en fackman på området vid läsning av beskrivningen och exemplen.

[0065] Det avses att denna uppfinning inte är begränsad till de särskilda utföringsformer visas här. Följande exempel ges som illustration och är inte avsedda att begränsa omfattningen av uppfinningen eftersom omfattningen av den aktuella uppfinningen endast begränsas av de bifogade patentkraven och ekvivalenter därav.

### Exempel

#### Exempel 1

[0066] I ett experiment hölls 95 delar av en vattenlösning av LiBr (32 wt%) i en mixer av typen OBH Nordica 1,5 L och 5 delar av ett hydrofobt kiseldioxid-derivat sattes till saltlösningen. Blandning utfördes vid > 10 000 varv per minut under tre intervaller, varje intervall varade ca 30 s. Det resulterande materialet var ett torrt och friflytande vitt pulver. Saltet överdraget med nanopartiklar värmebehandlades därefter.

## Exempel 2 - Korrosionsegenskaper för ett salt överdraget med nanopartiklar på koppar, stål och aluminium

[0067] Saltet överdraget med nanopartiklar framställdes i enlighet med exempel 1 ovan. Det ursprungliga LiBr-innehållet i vattenlösningen var 32 vikt%.

[0068] En tesked salt överdraget med nanopartiklar lades på tre olika metaller:

- koppar
- stål
- aluminium

[0069] Metallerna värmdes i atmosfärsmiljö i en ugn vid 300°C i ca 1 timme.

[0070] För jämförelse, hölls en vattenlösning av 32 vikt% LiBr på en kopparplåt och värmdes upp på en värmeplatta i ca 15 minuter (mindre än 300 °C).

[0071] Korrosionen gick snabbt på kopparplåten när saltlösningen användes. En blå/grön färg av oxidationsprodukter blev mycket tydlig och ett hål bildades i plåten. Den kopparplåt som utsattes för salt överdraget med nanopartiklar visade inte några tecken på korrosion.

[0072] Inte heller plåtar av stål och aluminium visade några tecken på korrosion när de utsattes för salt överdraget med nanopartiklar.

## Exempel 3 - reversibilitet för salt överdraget med nanopartiklar när det används i en absorptionsprocess

[0073] Saltet överdraget med nanopartiklar framställdes i enlighet med exempel 1 ovan. Den ursprungliga LiBr innehåll i vattenlösning var 32 vikt%. En reaktor i en småskalig absorptionsmaskin var fylld med 50 gram av saltet överdraget med nanopartiklar. Saltet överdraget med nanopartiklar innehöll

därmed 34 gram vatten. Reaktorn var ansluten till en kondensor/evaporator via en gastransportskanal. Kondensorn/evaporatorn var fylld med 100 gram vatten.

- [0074] Absorptionsmaskinen laddades genom att värma reaktorn till 120-150°C under 4-12 timmar med en värmesänka på kondensor/evaporator-sidan som höll omkring 6°C.
- [0075] Absorptionsmaskinen urladdades genom uppvärmning av kondensorn/evaporatorn till 17°C och genom att ha en värmesänka på omkring 25-30°C kopplad till reaktorn.
- [0076] Under laddning avdunstar vattnet från saltet överdraget med nanopartiklar och transporteras som vattenånga till kondensorn/evaporatorn där ångan kondenseras och bildar rent flytande vatten. Laddningen kan fortsätta tills det inte finns något vatten kvar i saltet överdraget med nanopartiklar. Det verkar som om saltet överdraget med nanopartiklar inte ändrar sitt utseende eller bryts ned i separata saltpartiklar och nanopartiklar. Under urladdningen kan det "torra" saltet överdraget med nanopartiklar återigen ta upp vattenånga som kommer från kondensorn/evaporatorn utan att ändra dess utseende och medan det fortfarande är ett torrt pulver.
- [0077] Mätningar av reversibilitet av saltet överdraget med nanopartiklar gjordes under absorptionsprocessen som beskrivs ovan. Efter laddningen vägdes reaktorn på en noggrann våg för att undersöka hur mycket vatten som hade lämnat saltet överdraget med nanopartiklar. Efter urladdning vägdes en gång för att undersöka hur mycket vatten som hade återvänt till saltet överdraget med nanopartiklar i reaktorn. Två parallella moduler kördes på samma gång.

[0078] De förändringar som visas i tabellen nedan beror på variationer i omgivande förhållanden. Men över tiden visar testerna i båda modulerna att samma eller mera innehåll av vatten så småningom kommer tillbaka till reaktorn.

Dag	Mätning #	Vatten tillbaka till reaktorn (gram)
1	1	32,3
2	2	27,0
2	3	30,9
3	4	29,5
3	5	32,5
4	6	32,8
4	7	34,5
5	8	37,2
5	9	32,4
6	10	37,1
6	11	37,4
7	12	34,5
7	13	35,8
8	14	37,0
8	15	38,7

[0079] Ovanstående resultat bekräftar reversibilitet avseende absorption och desorption av vatten för salt överdraget med nanopartiklar.

[0080] Försöket genomfördes också med så hög laddningstemperatur som 190°C för att visa stabilitet för salt överdraget med nanopartiklar vid höga temperaturer.

#### Exempel 4 - kontamination genom migration av salt droppar till kondensorn/evaporatorn

[0081] Saltet överdraget med nanopartiklar framställdes i enlighet med exempel 1 ovan. En reaktor i en småskalig absorptionsmaskin fylldes med salt överdraget med nanopartiklar. Reaktorn var ansluten till en

kondensor/evaporator via en gastransportkanal. Som en barriär mellan reaktorn och kondensorn/evaporatorn, placerades ett filter med tillräckligt stora porer för att förhindra att saltet överdraget med nanopartiklar från att nå kondensorn/evaporatorn placerades.

[0082] Absorptionesmaskinen laddades genom att värma reaktorn till 120-150°C under 4-12 timmar med en värmesänka på kondensor/evaporator-sidan på omkring 6°C.

[0083] Under laddning avdunstar vattnet från salt överdraget med nanopartiklar och transporteras till kondensorn/evaporatorn via gastransportkanalen. I kondensorn/evaporatorn kondenserar vattenången till flytande vatten.

[0084] Efter att laddningen var klar, öppnades kondensorn/evaporatorn och flytande vatten analyserades med avseende på eventuella saltjoner för att undersöka om något av saltet hade transporterats med vattenången till kondensorn/evaporatorn.

[0085] Tre flytande prover bereddes i tre bägare: a) förorenat vatten - ett prov från en maskin enligt känd teknik, b) kondensor/evaporator-vatten från en maskin med salt överdragna med nanopartiklar, c) destillerat vatten - referens. Förekomsten av saltspår (litiumbromid i detta exempel) kan bestämmas med hjälp av ett silvernitratreagens. Silvernitratlösningen bildar icke löslig silverbromid som ger en mjölkig/ogenomskinlig färg.  $\text{LiBr} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgBr} \downarrow + \text{LiNO}_3$ .

[0086] Silvernitratreagenset sattes till alla tre bägare. Prov a) visade förekomst av bromjoner i vätskan. Proverna b) och c) visade avsaknad av bromidjoner i vätskan, dvs vatten från kondensorn/evaporatorn i föreliggande exempel var

helt rent och fritt från några saltjoner, dvs saltet stannar inom nätet av nanopartiklar i NCS-cellen.

[0087] Migrering av mikro-droppar av saltlösning inuti maskinen kan därmed stoppas med hjälp av NCS-materialet, på grund av bindningskrafterna för saltet inuti salt överdraget med nanopartiklar.

#### Exempel 5 - Öppna kanaler för gas penetration

[0088] Öppna kanaler säkerställer att gasen får tillgång och interaktion med salt överdraget med nanopartiklar - se Fig 1. Storleken av kanalerna är densamma och ändras inte med tiden. Stor kontaktyta ( $700-1000 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ ) säkerställer en effektiv samverkan mellan saltet överdraget med nanopartiklar, material och gas.

## Patentkrav

1. Partikel innefattande en inre del och ett yttre skikt, nämnda inre del innefattar ett salt och nämnda yttre skikt innefattar hydrofoba nanopartiklar, där partikeln har en genomsnittlig storlek från 1 till 1000  $\mu\text{m}$  och där nanopartiklarna innefattar åtminstone ett polariserbart material.
2. Partikel enligt krav 1, vari nämnda salt är hygroskopiskt.
3. Partikel enligt något av kraven 1-2, vari nämnda salt är valt från gruppen bestående av klorider, klorater, perklorater, bromider, jodider och nitrater av litium, magnesium, kalcium, strontium, barium, kobolt, nickel, järn, zink, mangan och aluminium samt sulfider och hydroxider av litium, natrium och kalium.
4. Partikel enligt något av kraven 1-3, vari nämnda salt är valt från gruppen bestående av LiBr, LiCl, CaCl<sub>2</sub> och CaBr<sub>2</sub>.
- ~~5. Partikel enligt något av kraven 1-4, vari nämnda nanopartiklar är hydrofoba.~~
- ~~6. Partikel enligt något av kraven 1-5, vari nämnda nanopartiklar innefattar åtminstone ett material valt från gruppen bestående av kiseldioxid-derivat och kol-material.~~
- ~~7. Partikel enligt något av kraven 1-6, vari nämnda partikel vidare innefattar minst en vätska.~~
- ~~8. Partikel enligt något av kraven 1-7, vari nämnda partikel vidare innefattar vatten.~~
- ~~9. Anordning anpassad för att utföra en absorptionsprocess, nämnda anordning innefattar åtminstone en partikel, där nämnda partikel innefattar en inre~~

del och ett yttre skikt, vari nämnda inre del innefattar ett salt och där nämnda yttre skikt innefattar hydrofoba nanopartiklar, där nämnda partikel har en genomsnittlig storlek från 1 till 1000  $\mu\text{m}$  och där nanopartiklarna innefattar åtminstone ett polariserbart material.

~~10.~~—9.\_\_\_\_\_ Anordning enligt krav 97, vari nämnda saltet är hygroskopiskt.

~~11.~~—10.\_\_\_\_\_ Anordning enligt något av kraven 9-108-9, vari nämnda salt är minst ett salt valt från gruppen bestående av klorider, klorater, perklorater, bromider, jodider och nitrater av litium, magnesium, kalcium, strontium, barium, kobolt, nickel, järn, zink, mangan och aluminium, samt sulfider och hydroxider av litium, natrium och kalium.

~~12.~~—11.\_\_\_\_\_ Anordning enligt något av kraven 9-118-10, vari nämnda salt är valt från gruppen bestående av LiBr, LiCl, CaCl<sub>2</sub> och CaBr<sub>2</sub>.

~~13.~~—\_\_\_\_\_ Anordning enligt något av kraven 9-128-11, vari nämnda nanopartiklar är hydrofoba.

~~14.~~—12.\_\_\_\_\_ Anordning enligt något av kraven 9-138-121, vari nämnda nanopartiklar innefattar åtminstone ett material valt från gruppen bestående av kiseldioxid-derivat och kol-material.

~~15.~~—13.\_\_\_\_\_ Anordning enligt något av kraven 9-148-132, vari nämnda partikel vidare innefattar minst en vätska.

~~16.~~—14.\_\_\_\_\_ Anordning enligt något av kraven 9-158-143, vari nämnda partikel vidare innefattar vatten.

17.—15. \_\_\_\_\_ Anordning enligt något av kraven 9-168-154, vari nämnda anordning är en kemisk värmepump arbetande enligt absorptionsprincipen.

18.—16. \_\_\_\_\_ Anordning enligt något av kraven 9-178-165, vari nämnda enhet är en apparat för kylning anpassad att använda en absorptionsprocess.

19.—17. \_\_\_\_\_ Anordning enligt något av kraven 9-188-176, vari nämnda enhet är en maskin för att samla in överskottsvärme anpassad att utnyttja en absorptionsprocess.

20.—18. \_\_\_\_\_ Anordning enligt något av kraven 9-198-187, vari nämnda enhet är en enhet för lagring av energi anpassad att använda en absorptionsprocess.

21.—19. \_\_\_\_\_ Anordning enligt något av kraven 9-208-198, vari nämnda enhet är en termisk solfångare anpassad att använda en absorptionsprocess.

22.—20. \_\_\_\_\_ Anordning enligt något av kraven 9-218-2019, vari nämnda enhet är ett taktegel eller en takpanel för produktion av kyla och värme anpassad att använda en absorptionsprocess.

23.—21. \_\_\_\_\_ Användning av en partikel enligt något av kraven 1-8-7 i en absorptionsprocess.

24.—22. \_\_\_\_\_ Användning enligt krav 2231, vari nämnda absorptionsprocess sker i en kemisk värmepump.

25.—23. \_\_\_\_\_ Förfarande för tillverkning av en partikel innefattande en inre del och ett yttre skikt, nämnda inre del innefattar ett salt och nämnda yttre skikt

innefattar hydrofoba nanopartiklar, nämnda förfarande innefattar stegen att: a) blanda ett salt med hydrofoba nanopartiklar, och b) blanda med tillräcklig energi för att erhålla partiklar innefattande salt överdragna med nanopartiklar, ~~varvid nanopartiklarna innefattar åtminstone ett polariserbart material.~~

~~26.~~—24.\_\_\_\_\_ Förfarande enligt krav 2453, i vilken minst en vätska blandas med salt och nanopartiklar i steg a).

~~27.~~—25.\_\_\_\_\_ Förfarande enligt krav 2564, vari nämnda vätska är vatten.

Ritningar

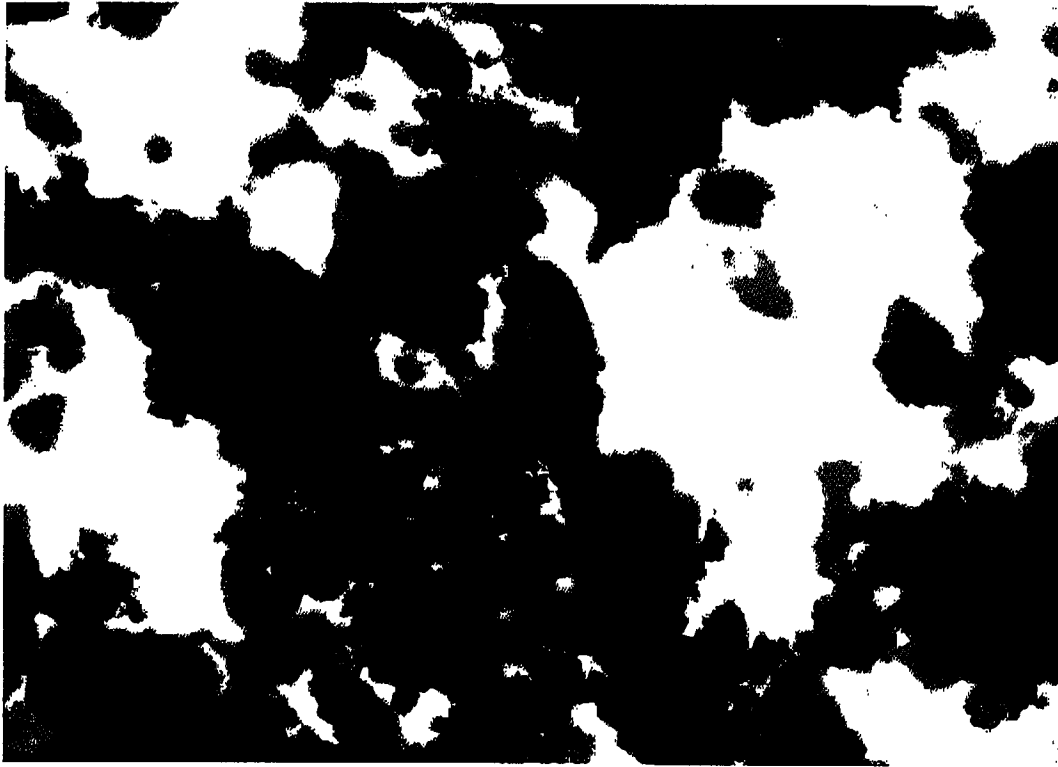


Fig 1

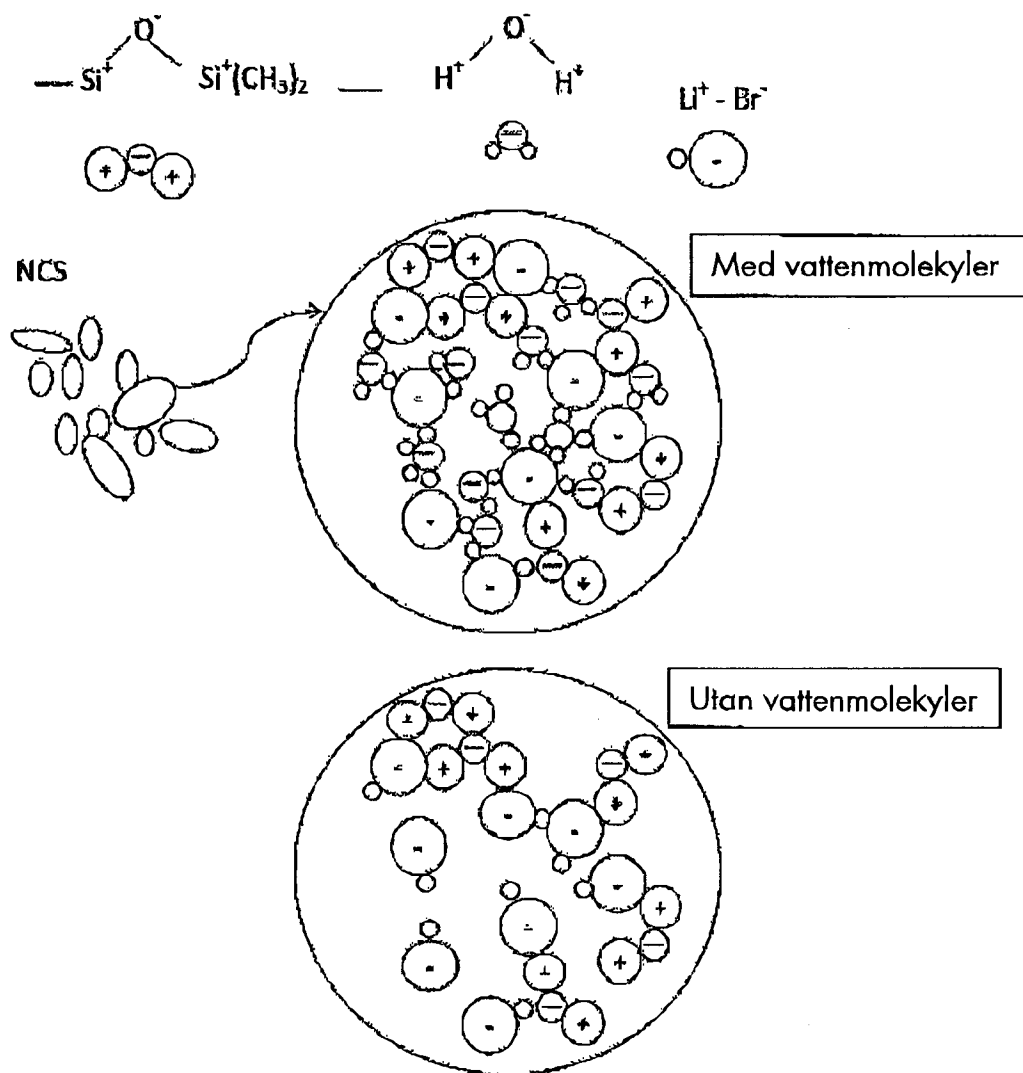


Fig 2