

CHƯƠNG 2:

PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO VẬT LIỆU TỪ PHA LỎNG

4 PHƯƠNG PHÁP TIÊU BIỂU

- **PHƯƠNG PHÁP SOL-GEL**
- **PHƯƠNG PHÁP THỦY NHIỆT – NHIỆT DUNG MÔI**
- **PHƯƠNG PHÁP ĐỒNG KẾT TỬA**
- **PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN HÓA**

PHƯƠNG PHÁP SOL-GEL

- 1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN**
- 2. PHẢN ỨNG VÀ CÁC GIAI ĐOẠN TRONG QUÁ TRÌNH SOL GEL**
- 3. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG**
- 4. ỨNG DỤNG**
- 5. ƯU VÀ NHƯỢC ĐIỂM**

1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Precursor:

- Là những phần tử ban đầu để tạo những hạt keo (sol).
- Được tạo thành từ các thành tố kim loại hay á kim.
- Được bao quanh bởi những ligand khác nhau.
- Precursor có thể là chất vô cơ kim loại hay hữu cơ kim loại.

Công thức chung của precursor : $M(OR)_x$

với **M** là kim loại và

R là nhóm alkyl có công thức : C_nH_{2n+1} .

Một số precursor phổ biến: ➡ Tetramethoxysilan (TMOS)

➡ Tetraethoxysilan (TEOS)

➡ Alkoxy Aluminate

➡ Alkoxy Titanate

➡ Alkoxy Borate

...

Sol:

- Mô tả sự phân tán của các hạt keo trong chất lỏng.
- Là những phần tử rắn có kích thước từ 1 - 10 nm.
- Kích thước nhỏ nên lực tương tác giữa chúng là lực Val der Waals.
- Các phân tử trong dung dịch va chạm lẫn nhau làm các hạt chuyển động ngẫu nhiên Brown.
- Các hạt sol đến một thời điểm nhất định thì hút lẫn nhau để trở thành những phần tử lớn hơn, đến kích thước cỡ 1 - 100 nm và tùy theo xúc tác có mặt trong dung dịch mà phát triển theo những hướng khác nhau.

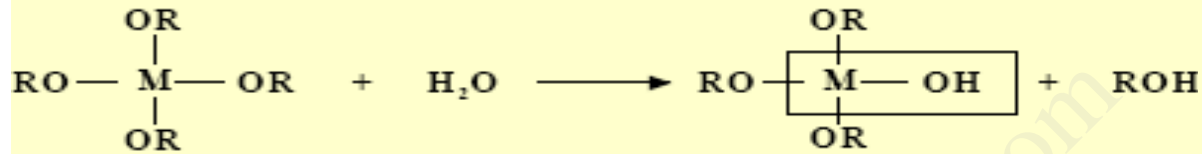
Gel:

- Hạt keo Sol kết tụ lại + kết cấu thành phần rắn và lỏng trong dung dịch liên kết chặt chẽ hơn \Rightarrow chất kết dính: **Gel**.
- Sự ngưng tụ (tăng số liên kết Kim loại-Oxide-Kim loại) \Rightarrow các hạt trong dung dịch phát triển tạo thành mạng lưới.
- Tăng nồng độ dung dịch, thay đổi độ pH hoặc tăng nhiệt độ: \Rightarrow hạ rào cản tĩnh điện cho các hạt tương tác
 \Rightarrow các hạt kết tụ với nhau
 \Rightarrow tạo được Gel
- Nung ở điều kiện bình thường: sản phẩm là gel khô (xerogel).
- Nung ở điều kiện siêu tới hạn: sản phẩm là gel khí (aerogel).

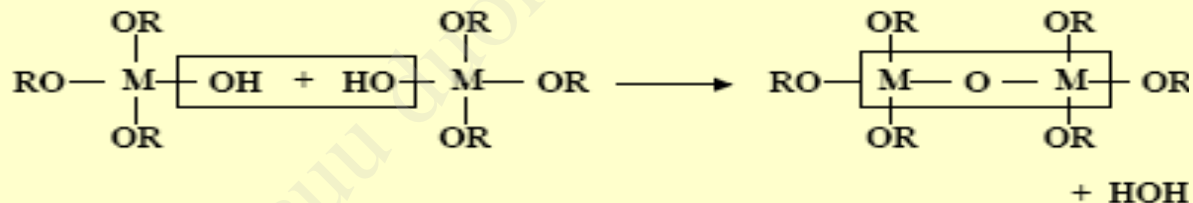
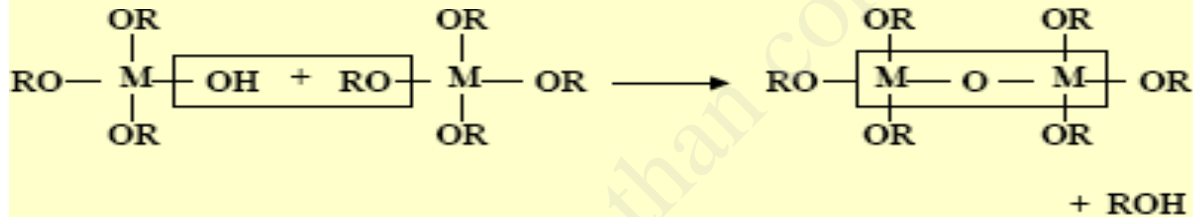
Sol \Rightarrow Gel: Tồn tại các quá trình thủy phân và ngưng tụ

2. PHẢN ỨNG VÀ CÁC GIAI ĐOẠN TRONG QUÁ TRÌNH SOL GEL

1. THỦY PHÂN



2. NGƯNG TỤ



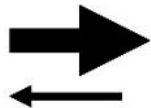
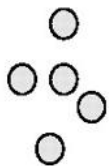
Khi các phản ứng thủy phân tiếp diễn, các liên kết siloxane tăng lên và các sản phẩm ngưng tụ sẽ phát triển thành các tiểu polyme, polyme và các hạt, dẫn đến sự gel hóa.

Có 3 loại phát triển cấu trúc :

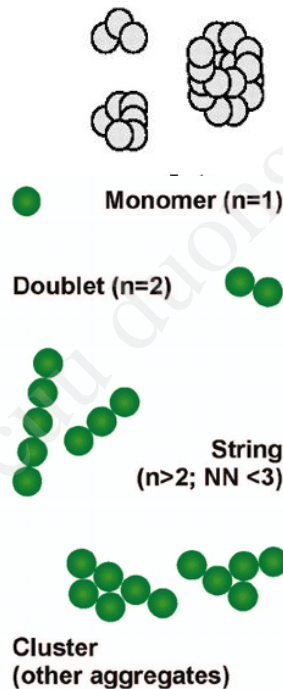
- a. Monomer - Cluster.
- b. Cluster - Cluster.
- c. Monomer- Monomer (không đáng kể).

a. Sự phát triển monomer – cluster(oligomer):

Monomers



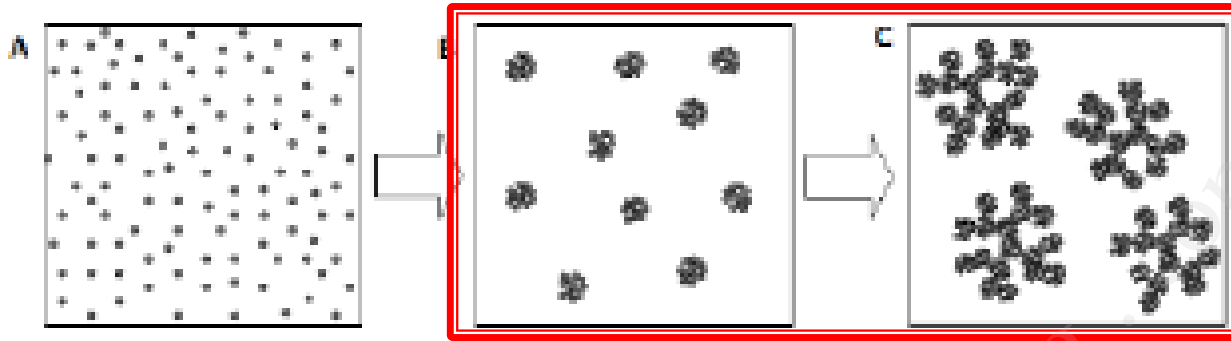
Oligomers



Các oligomer cản trở sự liên kết tiếp tục của các monomer khác vào chúng \Rightarrow phản ứng tạo liên kết ngừng lại \Rightarrow Điều kiện giới hạn phản ứng (hay khả năng khuếch tán monomer để lấp đầy lỗ trống trong mạng, làm cho cấu trúc màng kết chặt hơn)

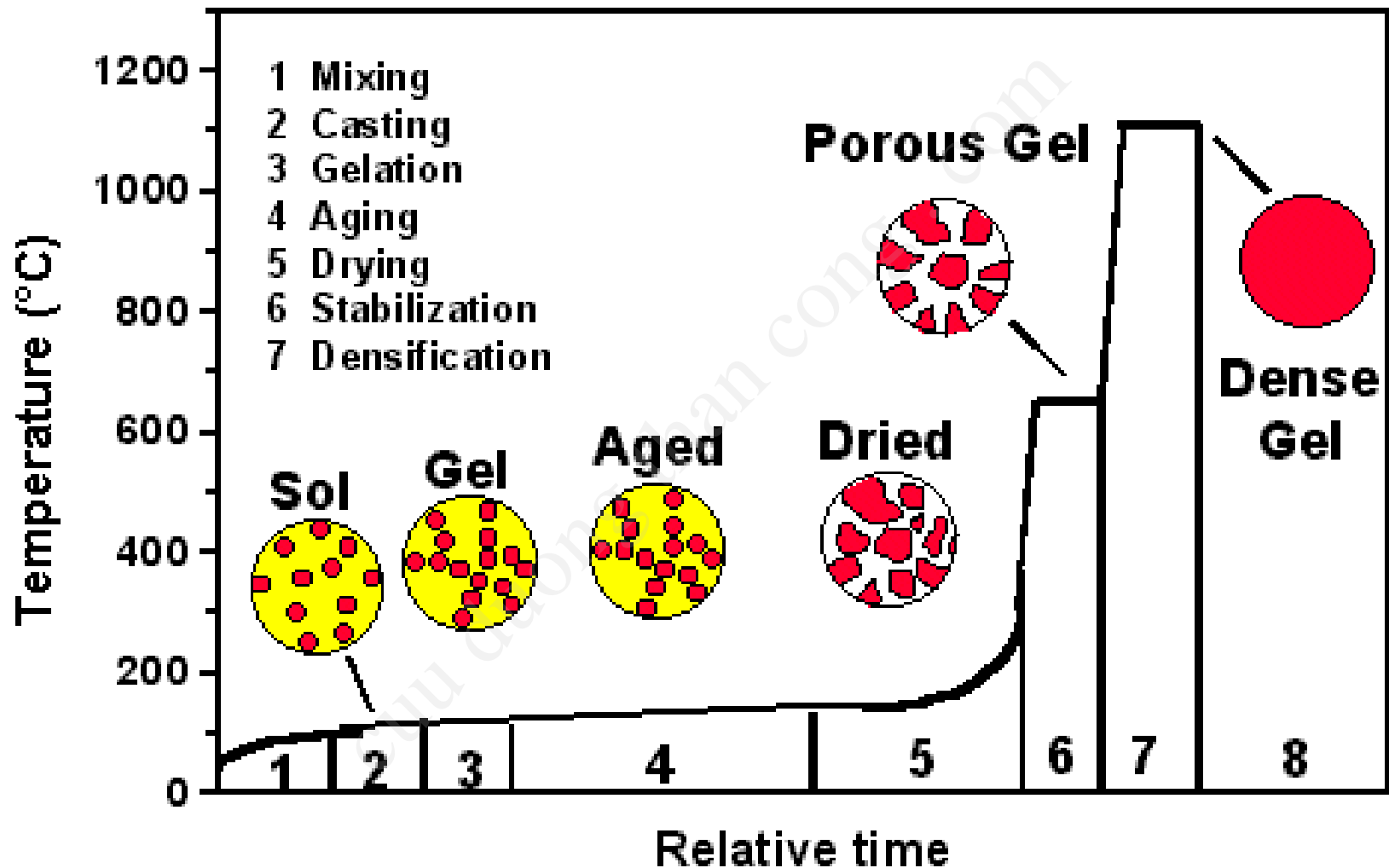
Tuy nhiên vẫn còn những vị trí alkoxide không bị thủy phân hay thủy phân không hoàn toàn nên không thể ngưng tụ.

b. Sự phát triển cluster - cluster



- Với xúc tác axit và tỉ số r ($\text{H}_2\text{O}:\text{M}$) thấp ($r < 2$), phản ứng thủy phân chưa hoàn toàn thì xảy ra ngưng tụ. Các monomer vừa bị thủy phân từng phần vừa ngưng tụ để phát triển cấu trúc, tạo ra oligomer có khối lượng phân tử thấp cho đến khi hết nước và $\text{M}(\text{OH})_x$ thì ngừng lại. Khi thêm nước, những vị trí alkoxide còn lại tiếp tục thủy phân và ngưng tụ xảy ra liên tiếp giữa những oligomer vừa tạo thành.
- Với xúc tác axit và tỉ số r lớn, giai đoạn đầu phản ứng thủy phân xảy ra hoàn toàn, các monomer nhanh chóng liên kết thành các dimer và oligomer (cluster) làm phát triển cấu trúc cluster - cluster.

CÁC GIAI ĐOẠN CỦA QUÁ TRÌNH SOL-GEL

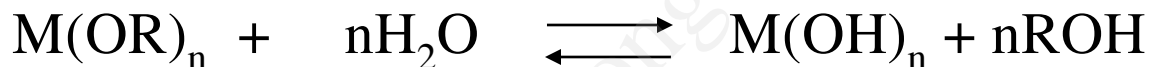


1.Trộn lẫn:

Đặc tính hấp dẫn của quá trình sol-gel là khả năng thực hiện tính đồng nhất của vật liệu, đặc biệt là bằng quá trình polymer hoá các hợp chất hữu cơ kim loại để tạo thành gel có tính polymer.

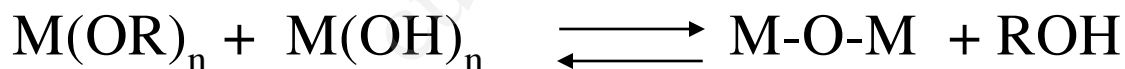
Điều quan trọng trong giai đoạn này là tạo ra cấu trúc M-O-M. Các hợp chất hữu cơ kim loại $M(OR)_n$ (M : KL , R : gốc alkyl) đáp ứng được các yêu cầu này. Precursor hữu cơ kim loại $M(OR)_n$ phản ứng với nước, trải qua phản ứng thuỷ phân và ngưng tụ theo giản đồ dưới, trong điều kiện dung môi thích hợp..

Thuỷ phân :

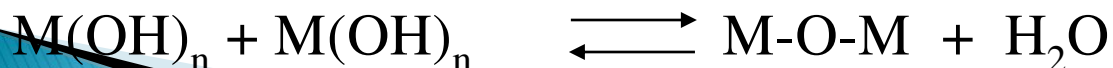


Ngưng tụ :

Ngưng tụ rượu



Ngưng tụ nước



1. Trộn lẫn:

Những phản ứng này xảy ra đồng thời và thường không hoàn toàn, nhưng oxit cuối cùng vẫn hoàn thành. Kết quả của những phản ứng trên là dạng chất keo huyền phù của những phần tử cực kì nhỏ (1-10 nm) và sau cùng tạo ra dạng liên kết 3 chiều của những oxit vô cơ tương ứng.

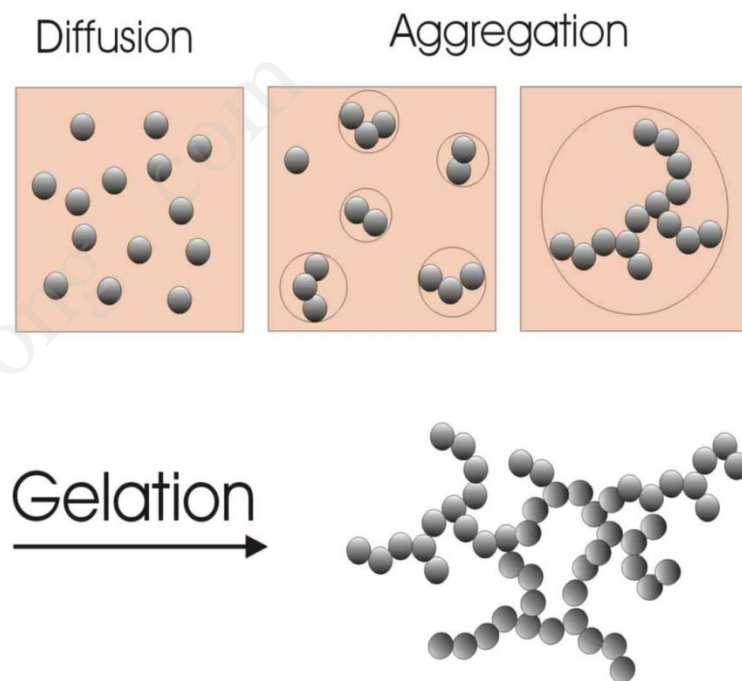
Phản ứng thủy phân và ngưng tụ có thể được tăng hay giảm tốc độ bằng cách thêm vào các chất xúc tác axit hay bazơ thích hợp. Tại điểm pH thấp (axit), các phần tử nhỏ tích tụ thành cấu trúc polimer (tăng chiều dài), trong khi tại pH cao (bazơ), các phần tử tăng kích thước làm chậm quá trình thủy phân. Tùy vào số lượng nước có mặt, phản ứng thủy phân sẽ tiến tới hoàn toàn hay dừng lại.

Sau một chuỗi trùng hợp phức tạp, sự tạo thành sol và gel hoá, thì những phần tử nhỏ ($\approx 2\text{nm}$) tạo thành từ gel có những lỗ xộp cực bé trên bề mặt được hình thành. Gốc $-\text{OH}$ và $-\text{OR}$ gây ra những phản ứng tạo sản phẩm phụ nhưng những sản phẩm này dễ dàng bị loại bỏ, và tạo thành một mạng lưới oxit 3 chiều phức tạp, định xứ đầu tiên trên bề mặt để thủy tinh.

2. Gel hóa:

❖ Khi chất gel sệt được hình thành, gel sẽ duy trì tình trạng có mật độ thấp và bề mặt riêng. Sự thay đổi mạnh mẽ trong hoạt động lưu biến học (rheological behavior) của sol được dùng để nhận dạng điểm hoá gel.

❖ Theo hướng này, Saks và Sheu đã tính toán được thời gian gel hoá. Thực nghiệm cho thấy, mỗi chất có cấu trúc tại điểm gel rất khác nhau, các nhân tố ảnh hưởng gồm : độ hoà tan, pH và nhiệt độ ...



3. *Quá trình định hình:*

- ❖ Sau quá trình gel hoá, cấu trúc mạng rắn với những lỗ xốp còn chứa dung môi tiếp tục phát triển qua 3 giai đoạn gồm :tiếp tục ngưng tụ, đông đặc và hóa thô (coarsening). Sự trùng hợp của những nhóm hydroxyl không phản ứng, làm tăng thêm sự kết nối của mạng gel, quá trình này xảy ra song song với hiện tượng co rút. Đông đặc là hiện tượng co rút tự phát và không thể đảo ngược của mạng gel, đạt được từ sự tổng đẩy chất lỏng trong lỗ xốp, lực điều khiển dòng chất lưu tạo ra lực nén, kéo mạng rắn vào trong chất lỏng. Chất lỏng chảy xuyên qua môi trường lỗ xốp tuân theo định luật Darcy:

$$\mathbf{J} = -\frac{\mathbf{D}}{\eta_L} \nabla P_L$$

Với η_L : độ nhớt của chất lỏng

D : độ thấm (thấm thấu) của chất lỏng

- ❖ Thông lượng J tỉ lệ với gradien của áp suất chất lỏng. Quá trình này phụ thuộc rất lớn vào chất xúc tác, và đạt cực tiểu tại điểm đẳng điện là nơi mà các phần tử không tích điện. (VD : đối với Si là tại điểm $\text{pH} = 1,7$)
- ❖ Sau cùng, sự hoá thô (coarsening) có liên quan tới quá trình của sự hòa tan và tiền lắng tụ, được điều khiển bởi sự chênh lệch của tính tan được giữa những bề mặt với bán kính khác nhau của độ cong (mặt khum). Quá trình này không tạo ra sự co của cấu trúc mạng nhưng có ảnh hưởng đến độ bền của gel và phụ thuộc vào các nhân tố ảnh hưởng đến sự hoà tan như : nhiệt độ , độ pH , nồng độ và loại dung môi.

4. Quá trình hoá rắn:

❖ Để tạo vật liệu khối cần phải tránh sự đứt gãy của mạng gel trong quá trình nung, bởi vì sức căng xảy ra là do lực mao dẫn tại bề mặt chung của khí lỏng. Khe nứt được tạo ra nếu những sự chênh lệch của sức căng này lớn hơn sức căng của vật liệu. Theo công thức Laplace cho lực mao dẫn của mặt cầu bán kính r và chất lỏng với góc làm ướt θ (wetting angle), áp suất mao dẫn p được định nghĩa là:

$$\Delta p = \frac{2\gamma \cos \theta}{r}$$

❖ Áp suất này tỉ lệ với năng lượng bề mặt tại tiếp diện lỏng - khí. Tất cả các tác động trên các thông số này (có xu hướng làm giảm đến mức thấp nhất gradient áp suất mao dẫn và tăng lực cơ học của mạng) có thể tăng cường khả năng tạo thành gel khối. Dung dịch phải trực tiếp cho chất lỏng bay hơi tại vận tốc rất thấp. Đó là những nguyên lý lý thuyết, nhưng trên thực tế lại không khả thi vì thời gian nung sấy quá dài. Có thể mất hàng tuần, thậm chí hàng tháng để tạo thành gel rắn.

4. Quá trình hoá rắn:

- ❖ Một hướng khác để kích thích quá trình nung sấy là thêm vào chất phụ gia hoá học điều khiển quá trình nung khô (DCCAs) làm giảm bớt sức căng bề mặt của những chất lỏng có kẽ hở, cho phép loại trừ nhanh chóng những chất dư không mong muốn.

Ví dụ: Formamide (HCONH_2) là 1 trong những DCCAs phổ biến nhất để hoá rắn gel silica. Hoạt động này của formamide trong quá trình gel hoá bắt đầu ở trạng thái dung dịch, dưới điều kiện xúc tác axit.

Phản ứng thủy phân thông thường xảy ra nhanh và hoàn toàn hơn dưới điều kiện xúc tác axit, và vận tốc ngưng tụ bình quân cao nhất là tại điểm pH gần 4.

⇒ Sự cộng thêm formamide vào hệ thống xúc tác axit có thể cho phép sự thủy phân có hiệu quả, và hiện tượng ngưng tụ nhanh xảy ra khi formamide thủy phân, vì formamide kích thích sự tăng pH dung dịch.

Vì thế, việc thêm vào formamide có thể làm gel bền hơn.

4. Quá trình hoá rắn:

- ❖ Việc thêm vào formamide (chất phụ gia) sẽ làm giảm thiểu kích thước trung bình của cluster tại điểm chuyển tiếp gel, chú ý rằng chất phụ gia làm tăng cường sự phát triển kết tụ của cấu trúc hạt nhân. Tác động này luôn phù hợp với thực tế, rằng formamide tăng độ cứng tế vi của gel ướt và cũng tương tự với kích thước lỗ xốp của gel khô, trong khi duy trì sự phân bố kích thước lỗ xốp hẹp. Mặt khác, độ nhớt cao của formamide dẫn đến sự hình thành lớp formamide trên bề mặt gel. Chính điều này đã làm giảm áp suất mao dẫn theo 2 cách:

1. Giảm góc tiếp xúc
2. Do có áp suất hơi thấp, nó bốc hơi rất chậm, làm giảm đến mức tối thiểu sự tạo thành nếp rạn nứt.

❖ Một hướng khác, cách thức hiệu quả nhất để làm vô hiệu tác động không mong đợi của sức căng bề mặt, là ngăn cản bề mặt tiếp xúc lỏng- hơi.

Điều này đạt được bằng cách xử lý gel trong nồi hấp dưới điều kiện siêu tới hạn đối với dung môi. Công nghệ này duy trì gel dẫn xuất từ hợp chất hữu cơ kim loại.

Montpellier đã tìm ra những điều kiện chiết tách (hút) siêu tới hạn tối ưu để chế tạo khối gel khí.

- ❖ Hai cách khác được sử dụng để tránh điểm tới hạn là:
1. Thêm vào thặng dư thể tích của chất lỏng trong nồi hấp và xử lý nhiệt.
 2. Đặt vào áp suất khí trơ trước khi xử lý nhiệt. Sản phẩm tạo ra là loại gel với những lỗ xốp đầy khí (được gọi là gel khí). Gel khí là một loại gel rất xốp và giòn. Nó là loại sản phẩm rất lý thú vì cấu trúc đặc biệt mà trong vài trường hợp có thể được mô tả dưới dạng của hình học fractal. Chúng rất nhẹ, mật độ thấp cỡ 0.01g/cm^3 và có khả năng tự sắp xếp hình dạng (autosimilarity).

5. Thiêu kết:

❖ Đây là tiến trình kết chặt khối mạng, được điều khiển bởi năng lượng phân giới. Mạng rắn dịch chuyển nhờ lưu lượng nhớt hay sự khuếch tán để loại trừ lỗ xốp. Trong những gel có bề mặt xốp cao, lực điều khiển đủ mạnh để tiến hành thiêu kết tại một nhiệt độ thấp, nơi quá trình chuyển dời tương đối chậm. Thực ra, động học của quá trình kết chặt khối mạng trong Gel khá phức tạp vì hiện tượng loại hydro và sự giãn nở cấu trúc xảy ra đồng thời.

❖ Ở nhiệt độ dưới 700°C , sự thiêu kết chiếm chỗ trống bằng quá trình khuếch tán nhờ vào những phản ứng hoá học. Ngược lại, khi trên 750°C cơ chế dòng nhớt bắt đầu, và năng lượng kích thích của quá trình này có liên quan đến hàm lượng nhóm $-\text{OH}$.

3. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG

a. Ảnh hưởng của precursors

Tốc độ phản ứng thủy phân của alkoxide silic càng giảm khi nhóm alkoxy càng trở nên phức tạp:



Phản ứng thủy phân đối với mạch thẳng thì dễ dàng hơn đối với mạch nhánh, do mạch nhánh gây ra sự trở ngại không gian lớn hơn:



Alkoxide kim loại chuyển tiếp

Các alkoxide này có hoạt tính rất mạnh, nhanh chóng bị thủy phân và dễ dàng kết tủa.

Ví dụ: tốc độ thủy phân của $\text{Ti}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ lớn hơn hàng ngàn lần so với $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$

Vì vậy, các alkoxide kim loại chuyển tiếp thường được xử lý trước khi, hoặc trong khi phản ứng thủy phân. Chẳng hạn, để giảm tốc độ phản ứng thủy phân và ngưng tụ, chúng ta có thể sử dụng một số chất điều biến như 2-methoxyethanol $\text{HOC}_2\text{H}_4\text{OCH}_3$, diethanolamine $(\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_2\text{NH}$, hoặc triethanolamine $(\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_3\text{N}$.

Các alkoxide đa kim loại và oxit tương ứng được tổng hợp

Oxit được tổng hợp	Tiền chất Alkoxide đa kim loại
BaTiO_3	$\text{BaTiO}(\text{O}^i\text{C}_3\text{H}_7)_4(\text{ROH})_x$
BaZrO_3	$\text{BaZr}(\text{OH})(\text{O}^i\text{C}_3\text{H}_7)_5.3\text{ROH}$
MgAl_2O_4	$\text{MgAl}((\text{CH}_2\text{CO})_2\text{CH}_3)(\text{O}^i\text{C}_3\text{H}_7)_2$
Na_xWO_3	$\text{NaW}(\text{OR})_6$, $\text{R}=\text{CH}_3$, C_2H_5 , $^i\text{C}_3\text{H}_7$, $^i\text{C}_4\text{H}_9$
$\text{SrBi}_2\text{Nb}_2\text{O}_6$	$\text{SrNb}_2(\text{O}^i\text{C}_3\text{H}_7)_{12}.2\text{ROH}$
$\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_6$	$\text{SrTa}_2(\text{O}^i\text{Pr})_{12}.2\text{ROH}$

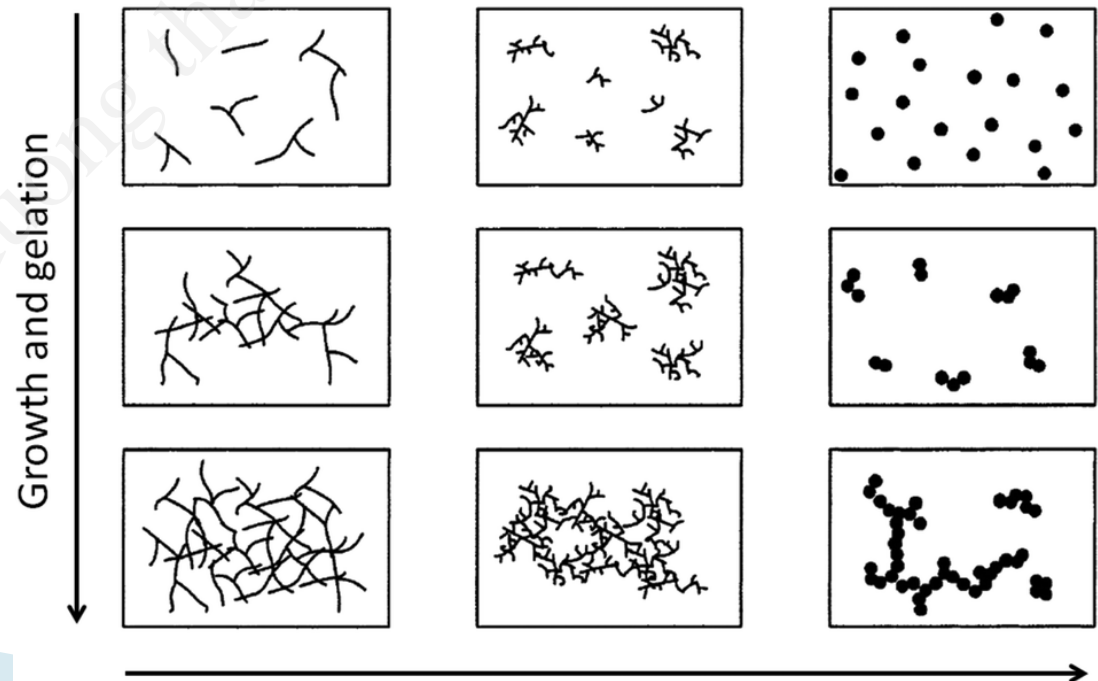
b. Ảnh hưởng của xúc tác:

Xúc tác axit làm tăng tốc độ thủy phân hơn xúc tác bazơ

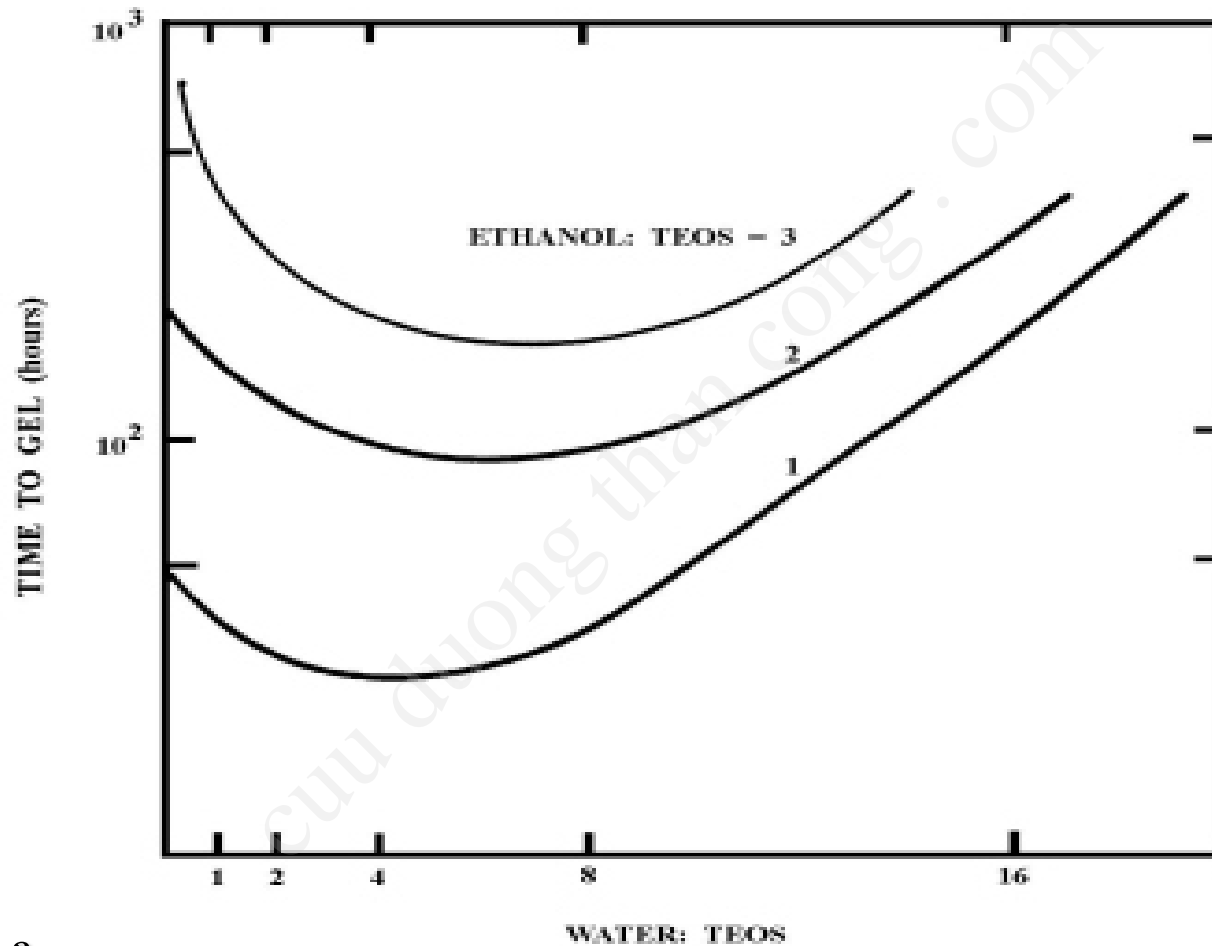
Axit mạnh \Leftrightarrow thời gian phản ứng nhanh

Xúc tác axit thông dụng: **HCl**, **CH₃COOH**, **HF**, **HNO₃** ...

Ở giai đoạn thủy phân, nhóm alkoxide bị proton hoá nhanh nên dễ hấp thu nước và tách rượu.



c. Ảnh hưởng của tỉ số r : $1 < r < 25$: Phản ứng thủy phân



Ảnh hưởng của tỉ số r đến thời gian hoá Gel của Silica

d. Ảnh hưởng của dung môi

- Đồng nhất hỗn hợp của các chất tham gia phản ứng.
- Bản chất của dung môi phân cực và không phân cực ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng do đó ảnh hưởng đến cấu trúc của vật liệu chế tạo.

Dung môi phân cực (Protic): H_2O , *rượu của các alkal* (CH_3OH , $C_2H_5OH...$), *formamide...*

Hoà tan những chất phân cực, tái este hoá, phản ứng thủy phân và rượu phân vì nó tác động tạo ra H^+ .

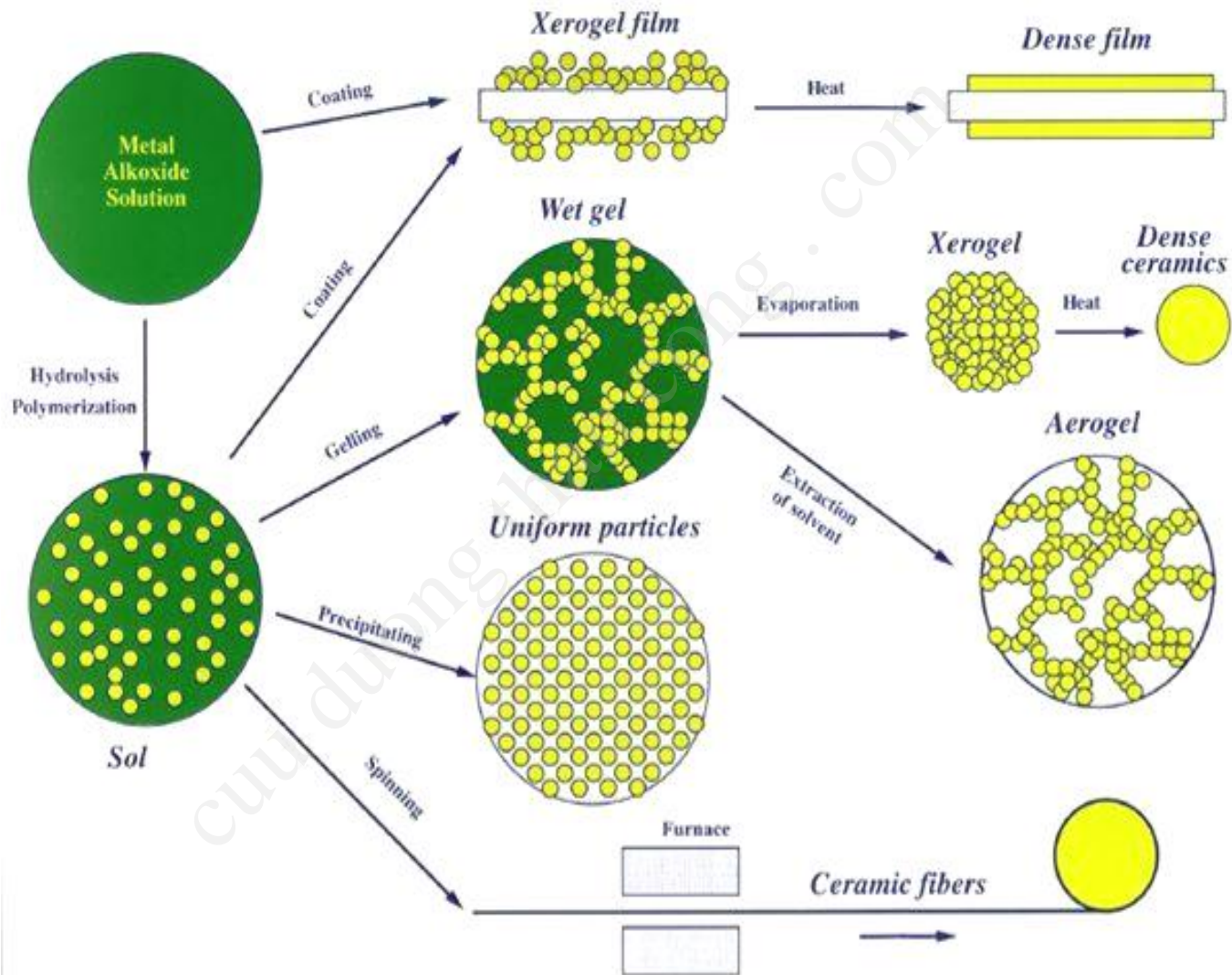
Dung môi không phân cực (Aprotic).

Thay thế alkyl không thủy phân hoàn toàn do nó tác động tạo ra OH^- . Loại dung môi này không tham gia vào phản ứng nghịch.

***d.* Ảnh hưởng của nhiệt độ:**

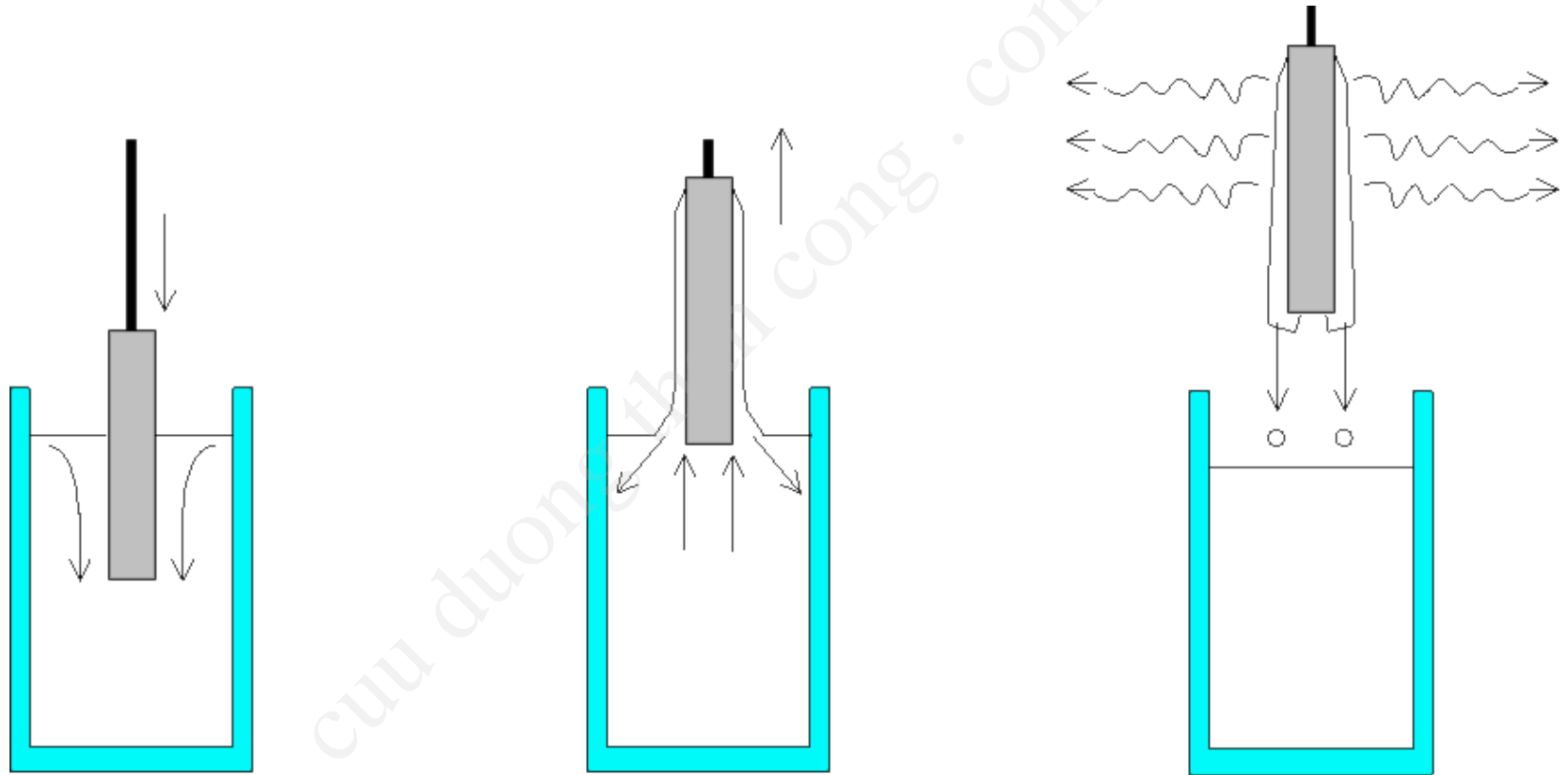
Giúp giải phóng nước và dung môi còn lại trong mẫu sau quá trình gel hóa \Rightarrow mẫu co lại và tạo ra ứng suất, nếu ứng suất này quá lớn sẽ dẫn đến mẫu bị nứt, vỡ đặc biệt là mẫu dạng khối

4. ỨNG DỤNG



Các phương pháp tạo màng

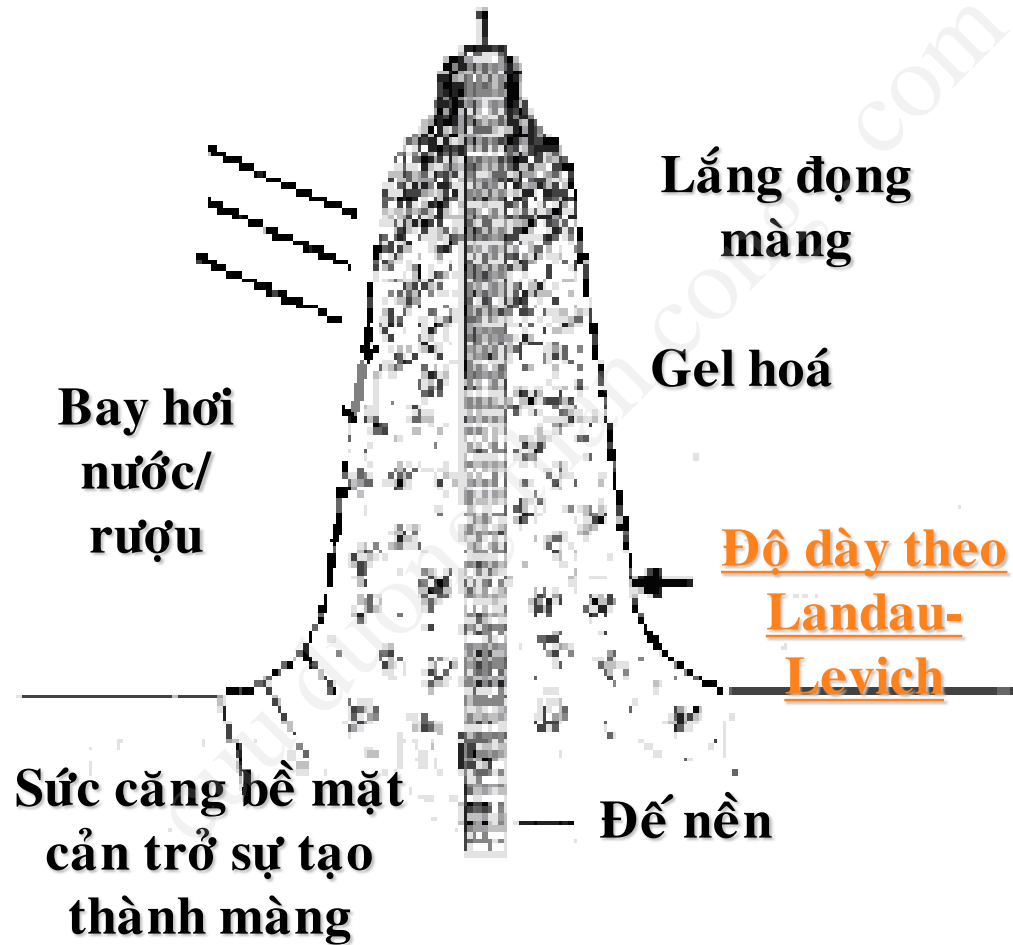
1. Phương pháp nhúng (dip coating)



Mô hình cơ bản tạo màng bằng phương pháp nhúng.

Các phương pháp tạo màng

1. Phương pháp nhúng (dip coating)



Hình ảnh dung dịch di chuyển khi kéo đế

Công thức của Landau-levich :

- ▶ Độ dày màng phủ phụ thuộc chủ yếu vào độ nhớt của dung dịch và tốc độ kéo màng. Độ dày màng có thể được tính bằng công thức của Landau-levich :

$$h = 0.94 \cdot \frac{(\eta \cdot v)^{2/3}}{\gamma_{LV}^{1/6} (\rho \cdot g)^{1/2}}$$

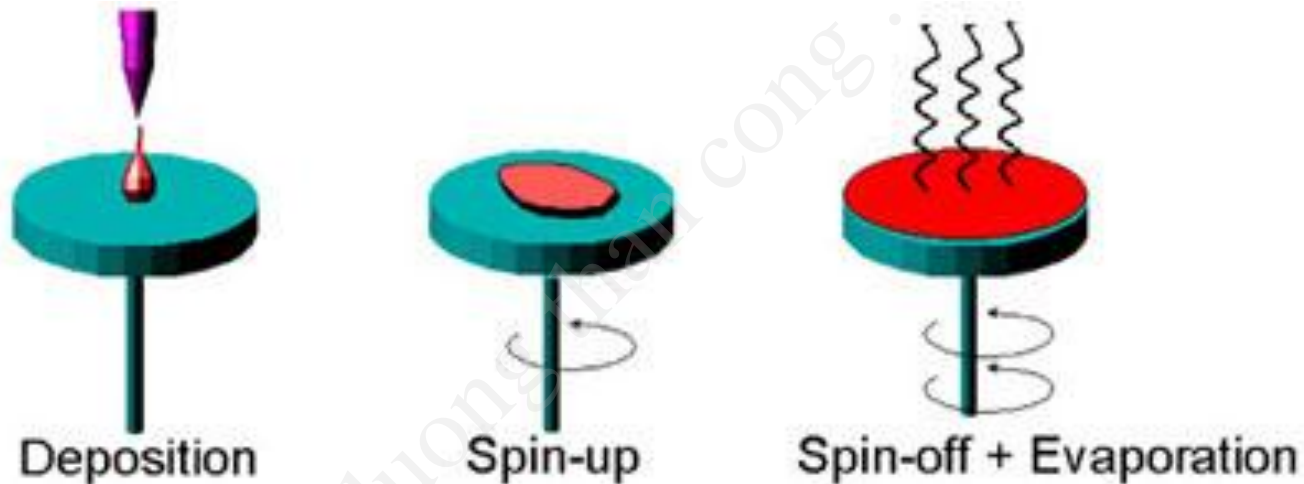
Với

h	: độ dày màng phủ
η	: độ nhớt
γ_{LV}	: sức căng bề mặt của chất lỏng
ρ	: tỉ trọng (mật độ chất)
g	: lực hấp dẫn



I.4 Các phương pháp tạo màng

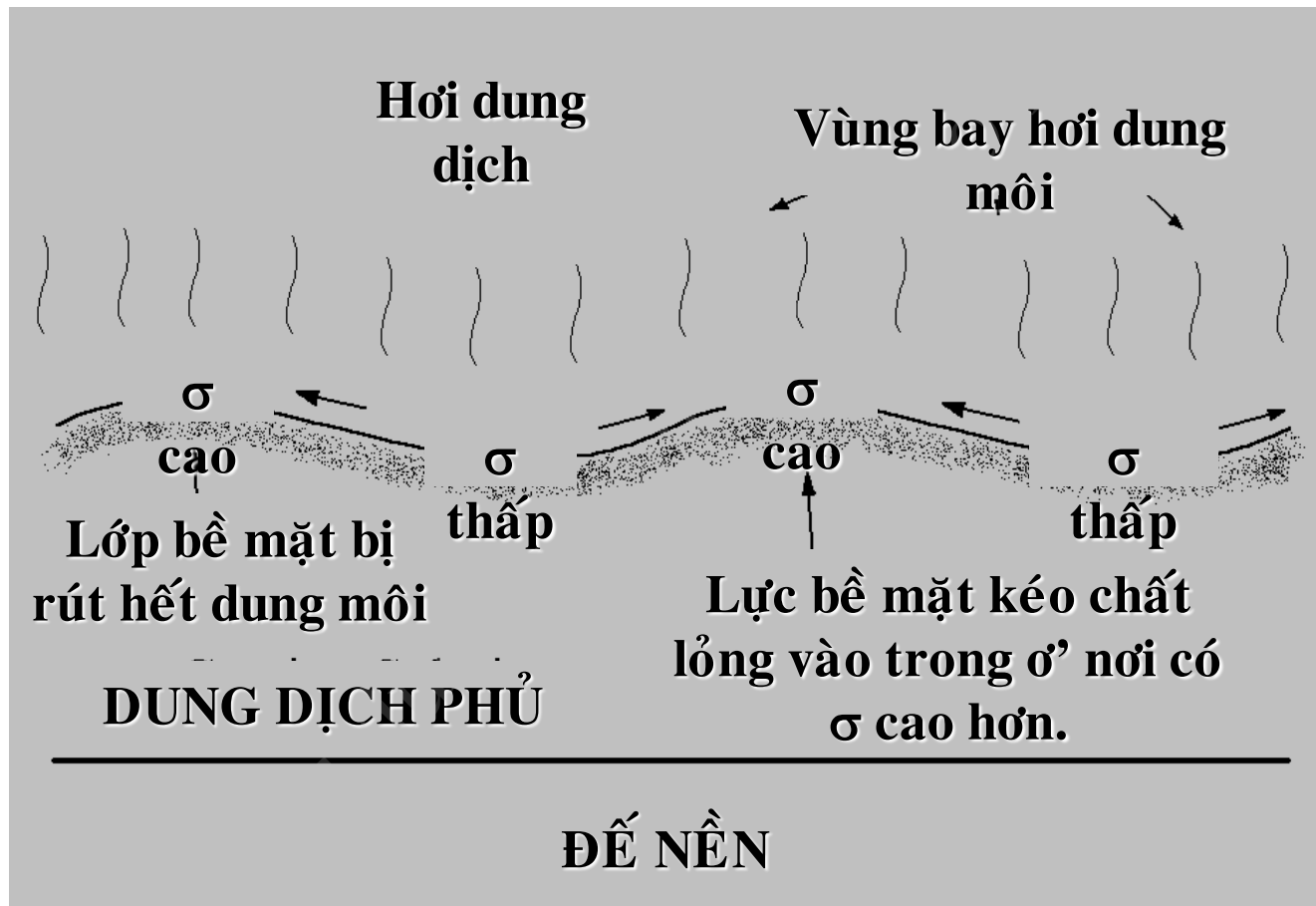
2. Phương pháp phủ quay (spin coating)



Mô hình cơ bản tạo màng bằng phương pháp phủ quay.

4 Các phương pháp tạo màng

2. Phương pháp phủ quay (spin coating)

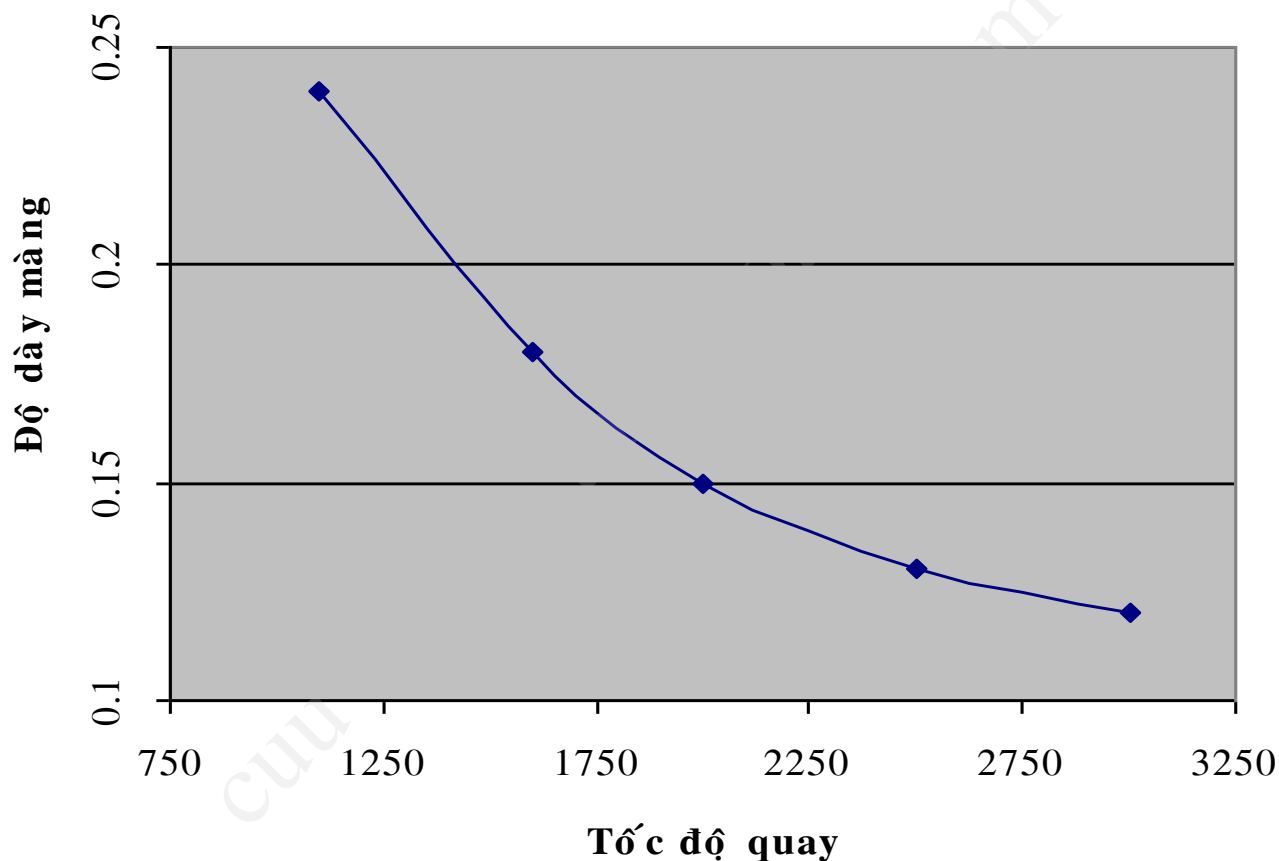


Hình ảnh mô tả sức căng bề mặt tạo nên ở quá trình bay hơi dung môi trong phương pháp phủ quay.

Ảnh hưởng của dòng lưu đến độ dày màng trong quá trình phủ quay

Thời gian quay: 30s;

Độ nhớt: 3.080 mPa.s



Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của độ dày màng vào vận tốc quay

Quá trình xử lý nhiệt

Tăng nhiệt: cung cấp nhiệt lượng để loại bỏ dung môi còn sót lại trong màng vừa tạo thành.

Chất lượng sản phẩm phụ thuộc:

- ✓ **Tăng nhiệt**
- ✓ **Xử lý nhiệt trong những môi trường khác nhau**

Nung khô bằng cách bay hơi ở điều kiện bình thường, ta thu được sản phẩm gọi là gel khô (xerogel).

Nung ở điều kiện siêu tới hạn thì sản phẩm nhận được ít bị co hơn và gọi là gel khí

Một số ứng dụng cụ thể của phương pháp sol-gel.

- ✓ Tạo màng bảo vệ và màng có tính chất quang học.
- ✓ Tạo màng chống phản xạ.
- ✓ Màng đa lớp tạo vi điện tử.
- ✓ Tạo kính giao thoa.
- ✓ Tạo hạt oxit nano (TiO_2 , SiO_2 , ...)
- ✓ Tạo oxit kim loại dạng khối (thủy tinh, gốm thủy tinh)

5. ƯU VÀ NHƯỢC ĐIỂM

Ưu điểm

1. Tạo màng có độ tinh khiết và tính đồng nhất cao từ vật liệu ban đầu.
2. Cần nhiệt độ chế tạo thấp.
3. Khả năng tạo hình tốt.
4. Phương pháp mới tạo màng kính.

Nhược điểm.

1. Chi phí (hao phí) cao đối với các loại vật liệu thô.
2. Hao hụt nhiều trong quá trình tạo thành màng.
3. Độ xốp cao
4. Dễ bị rạn nứt trong quá trình nung sấy.

cuu duong than cong . com

Tên Alkyl	Công thức	Tên Alkoxy	Công thức
Metyl Etyl n-propyl iso-propyl n-butyl sec-butyl iso-butyl tert-butyl	-CH₃ -CH₂CH₃ -CH₂C₂H₅ H₃C(-C)HCH₃ -CH₂C₃H₇ H₃C(-C)HC₂H₅ -CH₂CH(CH₃)₂ -C(CH₃)₃	Methoxy Ethoxyl n-propoxy iso-propoxy n-butoxy sec-butoxy iso-butoxy tert-butoxy	-OCH₃ -OCH₂CH₃ -OCH₂C₂H₅ H₃C(-O)CHCH₃ -OCH₂C₃H₇ H₃C(-O)CHC₂H₅ -OCH₂CH(CH₃)₂ -OC(CH₃)₃

Một số gốc ligand thường gặp



Chuyển động ngẫu nhiên Brown:

- Là sự chuyển động hỗn loạn của các hạt keo có kích thước nhỏ ($\approx \text{nm}$) trong dung dịch và cường độ chuyển động không bị suy giảm theo thời gian.
- Là tổng hợp kết quả của số va chạm theo các hướng của các phân tử môi trường phân tán với hạt keo.
- Có các tính chất động học như : thẩm thấu, khuếch tán ...
- Hạt có kích thước tương đối lớn ($> 5\mu\text{m}$), hạt coi như đứng im.
- Hạt có kích thước nhỏ ($< 5\mu\text{m}$), hạt bị đẩy về 1 hướng và hướng này luôn thay đổi
 \Rightarrow Chuyển động ngẫu nhiên Brown.

