

شکل دادن پیشرفته سرامیکها

جلد اول

سرفصل درس

- (1) افزودنی های مختلف در سوسپانسیون های سرامیکی
- (2) پرس ایزواستاتیک سرد
- (3) ریخته گری فشاری
- (4) ریخته گری نواری
- (5) ریخته گری ژله ای
- (6) تراسب الکترو فورتیک
- (7) فرم دهی تزریقی
- (8) پرس گرم
- (9) پرس اسزواستاتیک گرم
- (10) ذوب و ریخته گری
- (11) ماشینکاری سرامیک ها

جلسه اول

- ✘ 1-S.J.Schneider et al, Engineered Materials Handbook,Vol.4.Ceramics and Glasses ,ASM International.1991.
- ✘ 2-M.N.Rahaman,Ceramic Processing ,Taylor and Francis Group,2007.
- ✘ 3-P.Boch and ceramic Materials ,Antony Rowe Ltd,2007.
- ✘ 4-J.S.Reed,Introduction to the Principles of Ceramic Processing , Johan Wiley & Sons, New York ,1988.
- ✘ 5-K.Schwartzwalder & F . H. Norton, Ceramic Processing, Johan Wiley & Sons, New York ,1978.
- ✘ 6-G.Y.Onoda & L .L . Hench, Ceramic Processing before Firing, A Wiely Interscience Publication,1978.

شکل دادن پیشرفته سرامیکها

جلسه دوم

مقدمه

برخی از روشهای مختلف شکل دهی در سرامیکها

TABLE 7.1
Feed Materials and Green Body Shapes for the Common Ceramic Forming Methods

Forming Method	Feed Material	Shape of Green Body
Dry or Semidry Pressing		
Die compaction	Powder or free-flowing granules	Small, simple shapes
Isostatic pressing	Powder or fragile granules	Larger, more intricate shapes
Casting of a Slurry		
Slip casting	Free-flowing slurry with low binder content	Thin, intricate shapes
Tape casting	Free-flowing slurry with high binder content	Thin, sheets
Deformation of a Plastic Mass		
Extrusion	Moist mixture of powder and binder solution	Elongated shapes with uniform cross section
Injection molding	Granulated mixture of powder and solid binder	Small, intricate shapes

✓ عوامل موثر در انتخاب روش شکل دهی

❖ شکل قطعه یا محصول

❖ اندازه یا حجم قطعه

❖ قیمت محصول

❖ نوع محصول (از دیدگاه ریز ساختار و کیفیت)

-تکنیکهای کلوئیدی نقش به سزایی در روشهای ریخته گری دارند
مانند: تراسب الکتروفورتیک، ریخته گری ژله ای و ریخته گری نواری
-روش پرس بعضا ممدودیتهایی دارند
-روش تزریقی ۲۰-۳۰ سال است در مقیاس آزمایشگاهی و پایلوت اهمیت یافته اند
توجه: افزودنی های آلی در اغلب تکنیکهای مرسوم در یکنواختی تغذیه مواد
اولیه و فشردگی بدنه خام سرامیکی، از اهمیت ویژه ای برخوردارند

افزودنی ها در شکل دهی سرامیکها

✓ انواع افزودنی ها از دیدگاه **ترکیب شیمیایی**:

1. آلی
2. معدنی

✓ انواع افزودنی ها از دیدگاه **عملکرد**:

1. حلالها
2. پراکنده سازها
3. چسبها
4. پلاستی سایزرها
5. روانسازها
6. دلمه کننده ها
7. ترک کننده ها

نکته:

بدلیل محدوده وسیع ترکیب شیمیایی، دانش نا کافی از سافتار شیمیایی، پیچیدگی سازو کار و عملکرد افزودنی ها از روش سعی و فطا برای بهینه کردن شرایط استفاده میشود

حلالها

انواع: آلی و آبی

انواع از دیدگاه ملکولهای قطبی: ۱- پلار ۲- غیر پلار ۳- پیوند هیدروژنی

توجه:

در مایع غیر پلار نیروهای بین مولکولی ضعیف مولکولهای قطبی تمایل به جهت گیری دارند (تابع هندسه مولکولی و حرکت ناشی از حرارت) برهمکنش قطبی ها با سطح نسبت به سایر غیر قطبی ها با شدت بیشتری انجام میشود

نقش واسطها

۱- آماده سازی برای جریان پذیری مناسب پودر در مخلوط سازی و شکل دهی

۲- انحلال افزودنی ها

توجه: ملالهای آلی از فشار بخار بالاتر، گرمای نهان تبخیر کمتر، نقطه جوش پایینتر و کشش سطح کمتری نسبت به آب برخوردارند.

شرایط انتخاب حلال مناسب

۱- توانایی برای انحلال افزودنی ها

۲- سرعت تبخیر مناسب

۳- تر کردن سطح پودر

۴- گر انرژی مناسب

۵- مسال زیست محیطی و آلایندگی

۶- قیمت

مشخصات فیزیکی برخی از واسطهای مرسوم

TABLE 7.2
Physical Properties of Some Liquids (at 20°C where Applicable)

Liquid	Density (g/cm ³)	Dielectric Constant	Surface Tension (10 ⁻³ N/m)	Viscosity (10 ⁻³ Pa sec)	Latent Heat of Vaporization (kJ/g)	Boiling Point (°C)	Flash Point (°C)
Nonpolar or Weakly Polar							
Hexane	0.659	1.9	18	0.3	0.35	68.7	-23
Toluene	0.867	2.4	29	0.6	0.35	111	3
Xylene (<i>ortho</i>)	0.881	2	28	0.7	0.33	140	32
Benzene	0.879	2.3	24	0.65	—	80.1	-11
Trichloroethylene	1.456	3	25	0.4	0.24	87	None
Carbon tetrachloride	1.59	2.2	26	1.0	—	76.5	None
Polar							
Acetone	0.781	21	25	0.3	0.55	56.0	-17
2-Butanone (MEK)	0.805	18	25	0.4	0.44	80	-1
Cyclohexanone	0.947	18	35	0.8	0.43	155	46
Diethyl ether	0.714	4.3	17	0.24	—	34.5	-40
Ethyl acetate	0.900	6	24	0.45	0.36	77	-3
Hydrogen Bonding							
Water	0.998	80	73	1.0	2.26	100.0	None
Methanol	0.789	33	23	0.6	1.10	64.6	18
Ethanol	0.789	24	23	1.2	0.86	78.4	20
Isopropanol	0.785	18	22	2.4	0.58	82.3	21
Ethylene glycol	1.113	37	48	20.0	0.80	198	111

توجه: در برخی فرآیندها مانند ریخته گری نواری سرعت تبخیر بالا بسیار با اهمیت و تری است بنابراین از حلالهایی مانند تولوئن، ۲-بوتانول (متیل اتیل کتون MEK) کلرو اتیلن استفاده می شود

- حلالهای آلی بعنوان عوامل تر کننده کشش سطحی مایع-گاز را کاهش میدهد
- عدم تر شوندگی منجر به ایجاد کف و افزایش گر انرژی دوغاب میشود
- در پودرهایی مانند: Si_3N_4 و AlN ، BaTiO_3 به دلیل اثر مخرب آب بر سطح پودر و تغییر ترکیب شیمیایی از حلالهای آلی استفاده میشود
- در برخی موارد با پوشش دهی با لایه سیلیکانی بر روی AlN و استفاده از آب منجر به تولید ترکیبات سطحی Si-Al-O-N می شود که بعضا مفید است

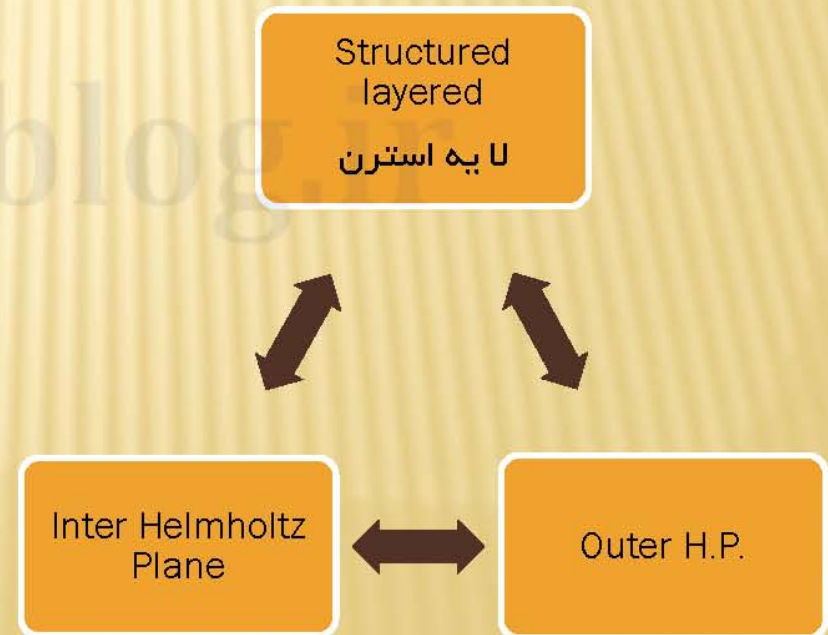
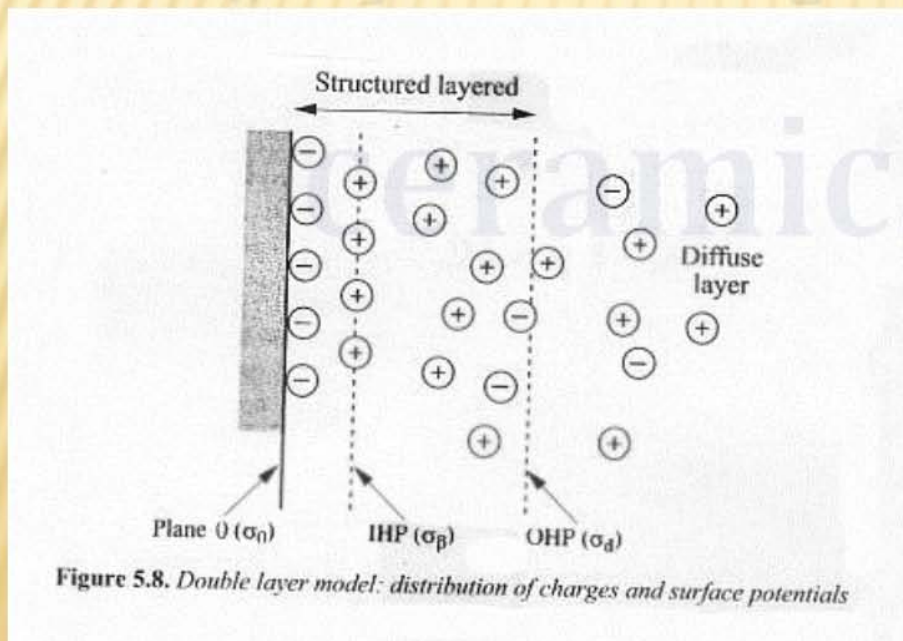
شکل دادن پیشرفته سرامیکها

جلد سوم

بررسی رفتار ذرات در واسطها

فصل مشترک اکسید - محلول

در مدل دو لایه ای برهم کنش الکترو استاتیکی سطح ذرات-یونهای با بار مخالف و ارتعاشات حرارتی منجر به توزیع این بارها در محیط و برهم زدن نظم حاصل از نیروهای الکترواستاتیکی میشود لایه دو گانه الکتریکی در فصل مشترک بین فاز پراکنده و محیط اطراف کنترل کننده رفتار آنهاست



-گروههای $M-OH_2^+$ و MO^- در میانگین فاصله ای از صفحه O به سطح چسپیده اند(با میانگین بار 6_0

یونهای جذب شده در اولین لایه فشرده قرار گرفته اند با عنوان صفحه β با دانسیته بار 6_β (فاصله بین O و IHP (Inner Helmholtz Plane) در حد شعاع یونی و متشکل از یونهای حلال توزیع شده تحت برهم کنشهای الکترواستاتیکی و اغتشاشات حرارتی)
 -OHP محدوده لایه استرن است
 بعد از OHP لایه نفوذ جایکه Slipping رخ میدهد

تعریف پتانسیل:

پتانسیل الکتریکی روی OHP برای ذره متحرک تحت اثر میدان الکتریکی (موثر در پایداری و موئید دافعه متقابل ذرات، آگلومراسیون، پایداری و رئولوژی سوسپانسیون)
 کاهش در پتانسیل بین O و IHP و OHP بصورت خطی کاهش و از OHP تا لایه نفوذ بصورت نمایی ناحیه تحت اثر پتانسیل حدود ۱۰۰ انگسترم (بشدت تابع غلظت و بار یونهای الکترولیت است)
 مقدار این پتانسیل در دمای اتاق برای سوسپانسیونهای پایدار بالاتر از ۴۰mv

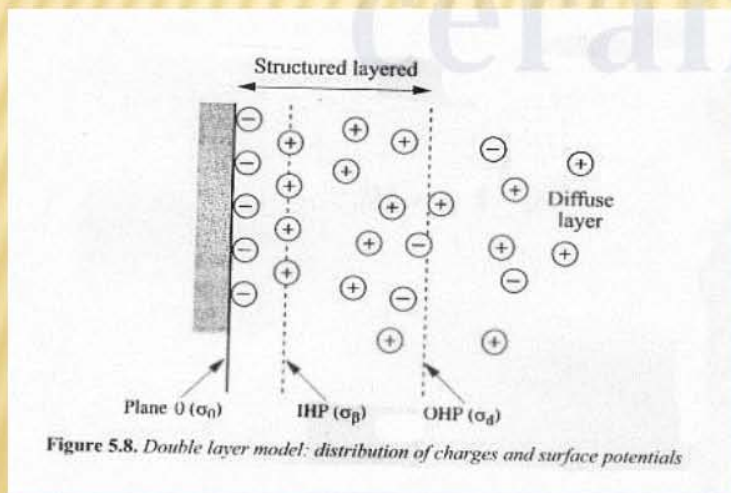


Figure 5.8. Double layer model: distribution of charges and surface potentials

اندازه گیری پتانسیل زتا

- ۱- میکرو الکتروفورزیس
- ۲- انتقال جرمی الکتروفورتیک
- ۳- Acoustrophometry

ζ پتانسیل زتا

$$\zeta = \frac{f_h \cdot \eta \cdot \mu}{\epsilon_r \cdot \epsilon_0} \quad \left[\mu = \frac{V}{E} \right]$$

f_h ثابت هنری ($f_h=1$) اگر شعاع ذره به ضخامت لایه نفوذ کمتر از ۱ باشد (تساوی Hockel) و $f_h=1.5$ اگر شعاع ذره به ضخامت لایه نفوذ بیشتر از ۱ باشد (تساوی

Helmholtz-

(Smoluchowski

η ویسکوزیته

μ تحرک الکترو فورتیک

ϵ_r ثابت دی الکتریک مایع

$$\mu = \frac{\Delta w \cdot \lambda}{t \cdot I \cdot \phi_s (1 - \phi_s) (\rho_p - \rho_l)}$$

μ میانگین موبیلیتی

Δw تغییرات جرم در سل

λ هدایت سوسپانسیون

t زمان اعمال میدان

I جریان اعمالی

ϕ_s جزء حجمی پودر در سوسپانسیون

ρ_p دانسیته ذرات جامد

ρ_l دانسیته مایع

پراکنده سازها (DISPERSANTS)

همان دفلوکوله کننده ها هستند که از لحاظ ساختار شیمیایی به سه گروه تقسیم میشوند:

۱- نمکهای اسیدی معدنی

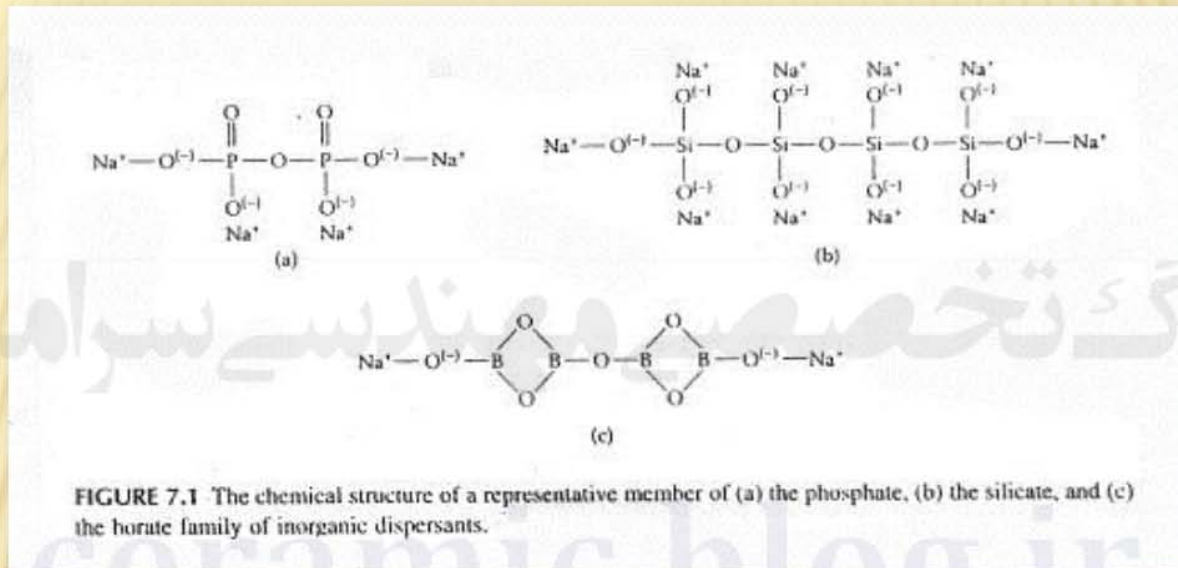
۲- سورفکتانتها (Surfactants)

۳- پلی مرهای با وزن مولکولی کم تا متوسط

نمکهای اسیدی معدنی و مشتقات اسیدهای مینرالی ضعیف که پراکنده سازهای موثر در حلالهای آلی هستند

- ۱- فسفاتهای معدنی (سدیم هگزامتا فسفات، تتراسدیم پیرو فسفات و تری پلی فسفات)
- ۲- سیلیکاتها (سدیم دی سیلیکات، سدیم متا سیلیکات و...)
- ۳- بوراتها (بور اکسید یا تترابورات سدیم)

ساختار شیمیایی برخی از پراکنده سازها



- این عوامل آنیونی جذب سطح ذرات میشوند
- با افزایش وزن مولکولی و بار ویژه جذب افزایش میابد(بدلیل افزایش جذب واندروالزی)
- برای یونهای با بار مشابه شعاع یونی کوچکتر موثرتر است(سری هوفمیستر)
- در سرامیکهای مهندسی از نمکهای اسیدی معدنی(سیلیکات سدیم) استفاده نمیشود(با تشکیل فاز مذاب در سینترینگ کنترل ریزساختار بهم می ریزد).

سورفکتانتها (SURFACE ACTIVE AGENTS)

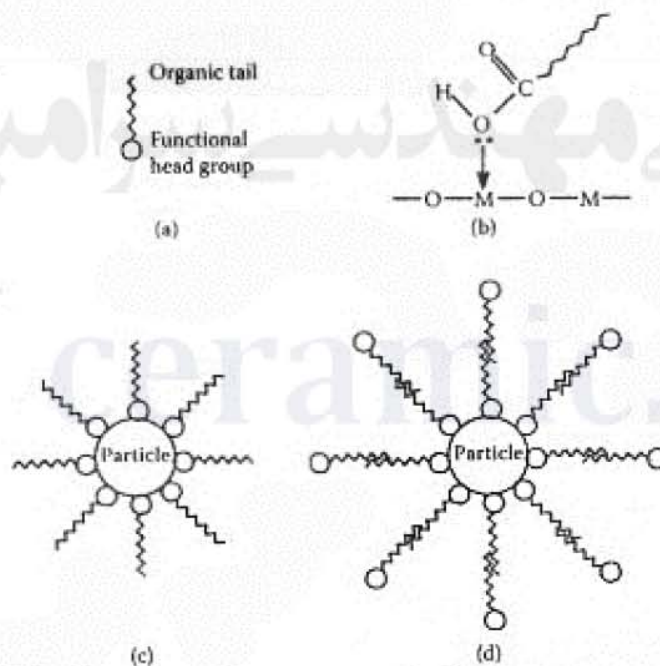
عامل کمک کننده به توزیع یک فاز در دیگری در سیستم های جامد - مایع و مایع - مایع (پراکنده ساز)
تمایل شدید به تمرکز در ناحیه فصل مشترک (انحلال جزئی در فاز مایع)

- ✓ Anionic - در اثر یونیزاسیون یک گروه منفی هیدرو فیل و یک گروه هیدرو کربن
 - ✓ Cationic - در اثر یونیزاسیون یک گروه مثبت هیدرو فیل و یک گروه هیدرو کربن
 - ✓ Non Anionic - بار در سطح نداریم ← Steric Hindrance
- مانند الکل های چرب (ROH) و اسید های چرب (R(CO)OH) و استرهای چرب (R(CO)OR') که R و R' پلی مر های آلی با زنجیر های کوتاه هستند.

ساختار اسید اولئیک (Oleic) با فرمول $C_{17}H_{34}(CO)OH$ شامل زنجیره آلی $C_{17}H_{34}$ و گروه (Organic tail) و گروه (Functional head group) $CO(OH)$. شکل 7.2a.

با نزدیک شدن و قفل شدن آنتروپی کاهش و ΔG افزایش می یابد که برای جلوگیری از این مسئله این دو دور از هم قرار می گیرند.

گروه راس قطبی است، اما یونیزه نمی شود تا بارهای الکتریکی ایجاد شود.



➤ سورفکتانت های غیر یونی در حلال های آلی موثرند
 ➤ جذب بر روی سطوح ذرات توسط نیروهای واندروالز و ایجاد پیوند بین همسایه های نزدیک رخ میدهد.

FIGURE 7.2 (a) Schematic of a surfactant molecule; (b) illustration of surfactant adsorption onto an oxide particle surface by coordinate bonding; (c) stabilization by steric repulsion between organic tails of the surfactant molecules; (d) stabilization by micelles.

شکل دادن پیشرفته سرامیکها

جلسه چهارم

با استفاده از قانون اسید-باز Lewis، اتم گروه راس که یک **جفت الکترون** غیر اشتراکی دارد (O یا N) ممکن است بعنوان **باز لوئیز** نقش بازی کند و با تشکیل پیوند همسایه نزدیک با اتم (مثلاً Al) بر سطح ذره که الکترون های **پوسته نا کامل** دارند **اسید لوئیز** ایجاد شود (شکل 7.2b) پایداری اغلب از طریق دافعه Steric بین زنجیره های آلی یا micelles که در حلال آبی حرکت می کنند (به سمت پایین) صورت می گیرد (شکل 7.2c و 7.2d)

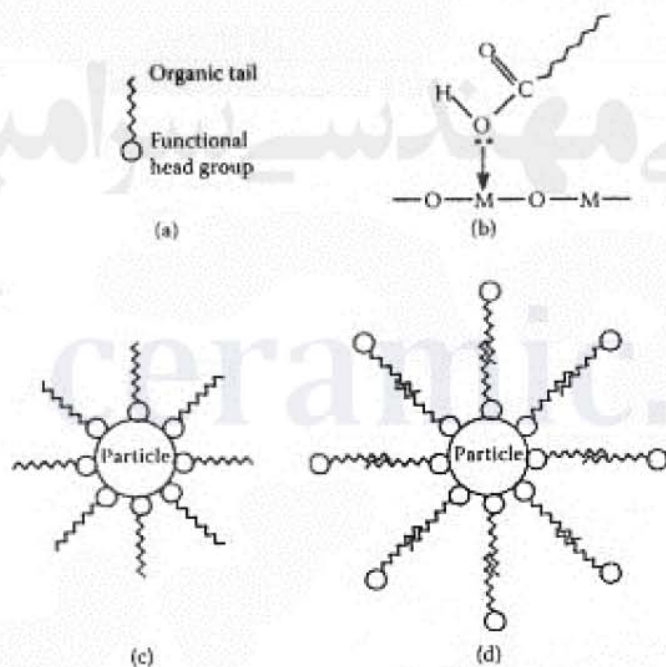
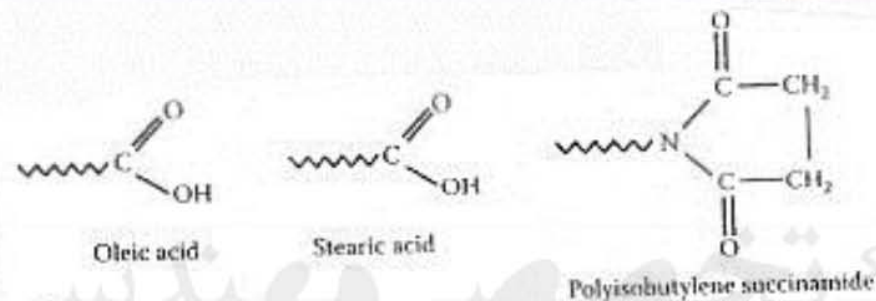


FIGURE 7.2 (a) Schematic of a surfactant molecule; (b) illustration of surfactant adsorption onto an oxide particle surface by coordinate bonding; (c) stabilization by steric repulsion between organic tails of the surfactant molecules; (d) stabilization by micelles.

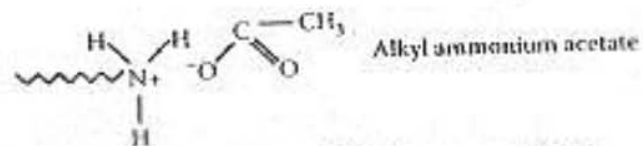
مثال هایی از سورفکتانت های یونی و غیر یونی



(a) Nonionic surfactants soluble in organic solvents



(b) Anionic surfactants soluble in aqueous solvents

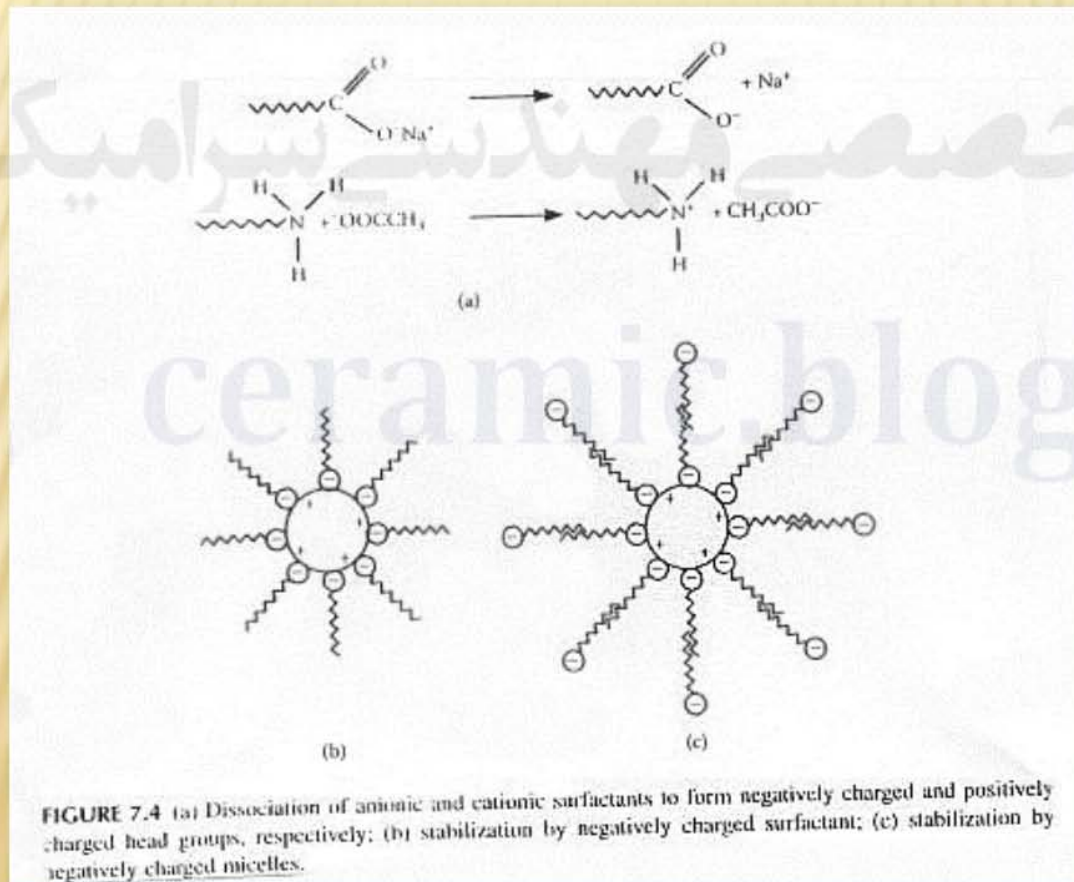


(c) Cationic surfactant soluble in aqueous solvents

FIGURE 7.3 Functional head groups of some common surfactants.

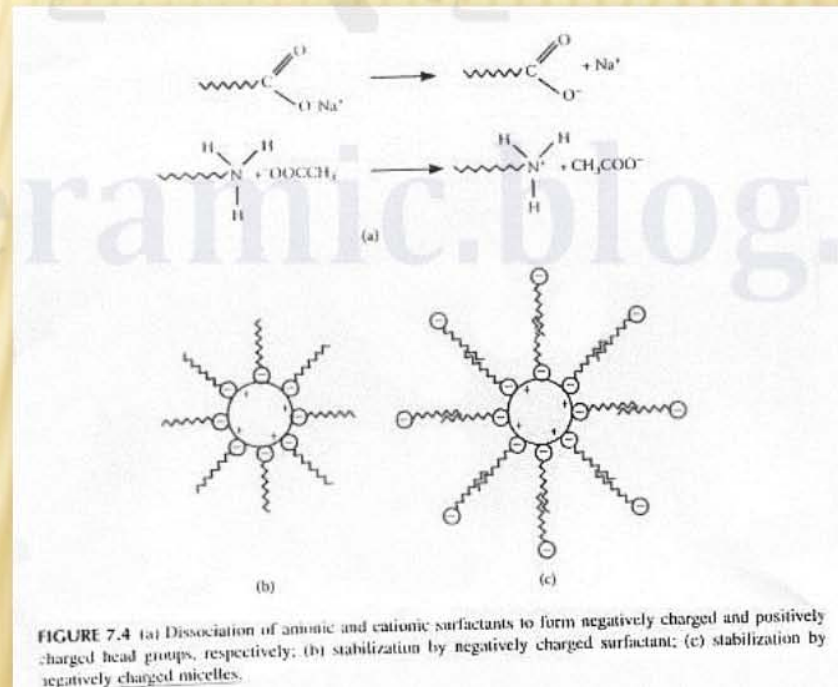
✓ روغن ماهی menhaden بطور گسترده ای بعنوان پراکنده ساز برای $BaTiO_3$ و سایر اکسید ها در حلال های آلی استفاده می شود. این روغن متشکل از اسید های چرب با زنجیر کوتاه $R(CO)OH$ با زنجیره آلکیل R شامل پیوند های دوگانه $C=C$ و گروه اسید کربوکسیلیک $(CO)OH$

✓ Oleate سدیم $C_{17}H_{34}(CO)O^-Na^+$ یک سورفکتانت آنیونی است زیرا با (انحلال) تجزیه در آب یون Na^+ و Oleate با بار منفی در فصل مشترک تولید می شود.



نمک های اسید های چرب مثل oleate سدیم، استئارات سدیم $C_{17}H_{34}(CO)O^-$ و سولفوناتها مانند سولفونات آلکیل سدیم $R(SO_2)O-Na^+$ (R زنجیل آلکیل با اتم های کربن ۱۰ تا ۱۲) سورفکتانتهای آنیونی هستند که در حلال های آبی موثرند.

- ایجاد اکسیژن با بار منفی در مین انملال سورفکتانت
- جذب سورفکتانت از طریق جاذبه الکترو استاتیک با سطوح ذره بار دار
- پایداری سوسپانسیون از طریق دفعه بار های منفی مولکولهای سورفکتانت جذب شده (شکل 7.4b) و یا از طریق micelles (شکل 7.4c)



Dodecyl Ammonium Acetate ($C_{12}H_{25}(NH_3)CH_3(CO)O$) یکی از سورفکتانت های کاتیونی است زیرا با تجزیه و انحلال در آب یون استات $CH_3(CO)O^-$ و بار مثبت کاتیونی $C_{12}H_{25}(NH_3)^+$ Dodecyl ammonium در فصل مشترک تمرکز می یابد

سورفکتانت های کاتیونی معمولا شامل بار مثبت نیترोजن در حین تجزیه می باشند.

ceramic.blog.ir

جز بار الکتریکی که عکس حالت قبل است مکانیزم و عملکرد مشابه سورفکتانت های آنیونی است.

سورفکتانت های آمفوتر سورفکتانت هایی که در pH پایین مثبت
در pH متوسط صفر، و در pH بالا منفی هستند

اگر یک ملکول فنلی هر دو گروه بار های مثبت (نظیر NH_4^+) و منفی (یون
کربوکسیلیک) را داشته باشد zwitterionic نامیده می شود مانند اسید های
آمینو (آمینو اسید ها) $\text{R}(\text{NH}_2^+)\text{CH}_2\text{CH}_2(\text{CO})\text{O}^-$

دو بار جداگانه حاصل از یک مولکول یک گشتاور ممان دو پل بزرگ ایجاد کرده و به
شدت بر سطح قابل پلاریزاسیون جذب می شود.
این سورفکتانت ها می توانند بر سطوح هر باری جذب شوند
(گروه مثبت بر بخش منفی و گروه منفی بر سطح مثبت)

پلی مر های با وزن مولکولی کم و متوسط

این پراکنده ساز ها با وزن مولکولی در محدوده چند صد تا چند هزار در انواع آنیونی، کاتیونی و غیر یونی

پراکنده ساز های پلی مری مرسوم:

- Polyethylene Oxide
- Polyvinyl pyrrolidone
- Polystyrene
- Polyethylene glycol
- Polyethylene alcohol
- Polyvinyl alcohol

پلی مر های با وزن مولکولی بالاتر بعنوان چسب مرسومند.

زنجیره های دارای گروه های OH (بار قطبی) پراکنده ساز در آب و در غیر این صورت پراکنده ساز در ملال های آلی

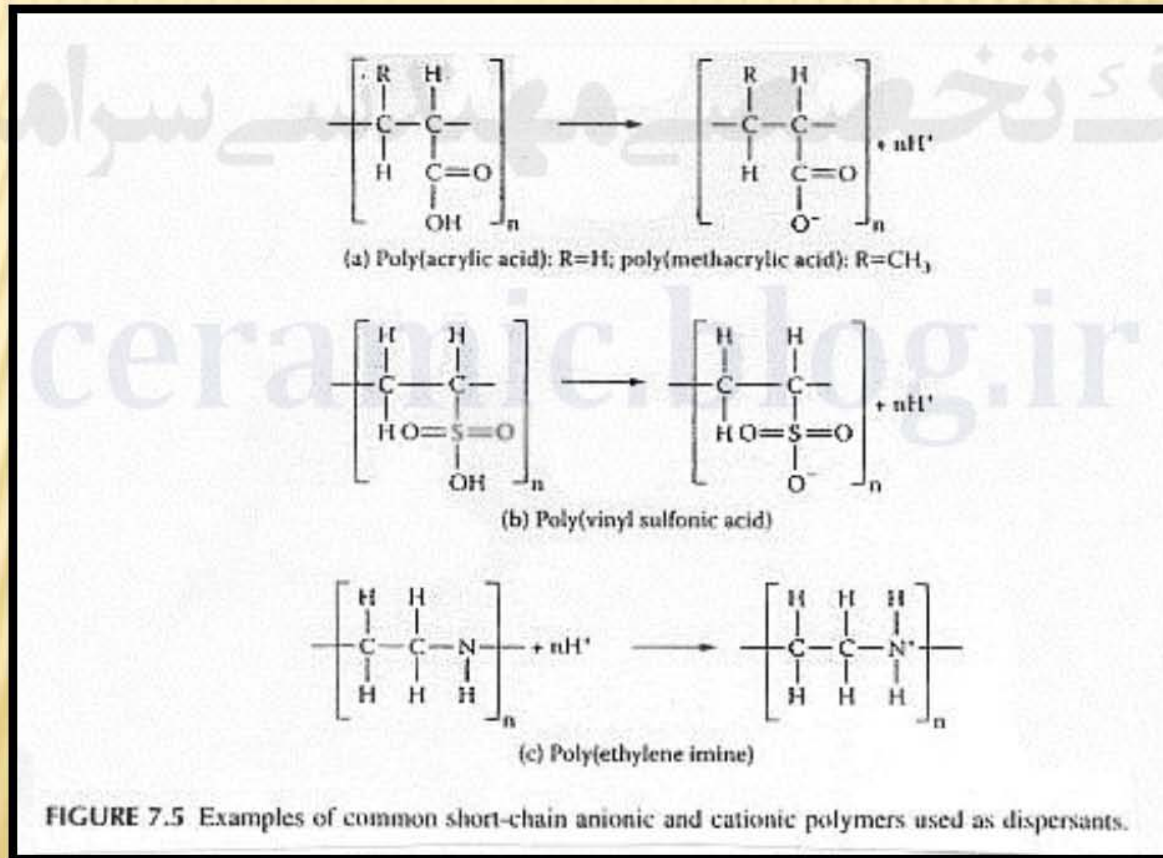
اتصالات در ملال های آبی و آلی از نوب و اندر والز و یا با کارایی بیشتر توسط
اتصالات همسایه های نزدیک

اتصالات بسیار موثر توسط هیدروژن در ملال های آبی
(پراکنده سازی غیر یونی، پایداری با مکانیزم دفعه steric)

پلی الکترولیت ها پراکنده ساز های پلیمری یونی

متشکل از واحد های تکرار شونده قابل یونیزه شدن و موثر در حلال های آبی

ایجاد بار های منفی یا مثبت در زنجیره توسط بخشهای در حال یونیزه شدن



برای سرامیک های پیشرفته باید از استفاده از نمک سدیم این اسید ها اجتناب نمود.

زیرا یون های Na باقی مانده حتی در غلظت های پایین نیز منجر به تشکیل فاز مایع نامطلوب در حین زیتتر شده و در نتیجه کنترل ریزساختار (یکنواختی) با مشکل مواجه می شود.

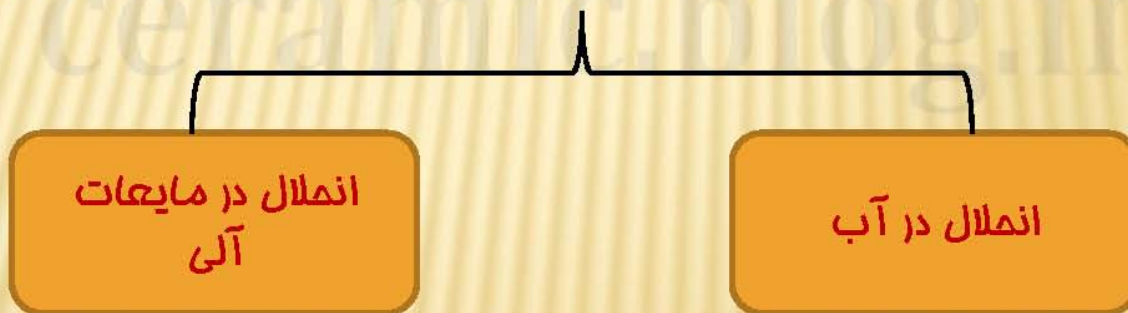
بعنوان مثال polyethylene imine که در شرایط اسیدی بار مثبت دارد اما در شرایط بازی تجزیه آن ضعیف می شود.

بایندها

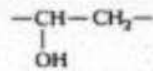
چسب های پلی مری با زنجیره های بلند برای:

- ❖ استحکام بخشی به بدنه خام
- ❖ شکل دهی
- ❖ ایجاد اتصال بین ذرات
- ❖ تامین پلاستیسیته لازم در برخی روش های شکل دهی (مانند شکل دهی تزریقی)

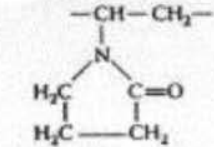
تعداد زیادی از مواد آلی بعنوان چسب استفاده می شوند



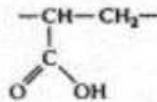
(a) Soluble in Water



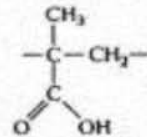
Poly (vinyl alcohol)



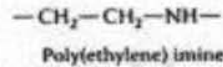
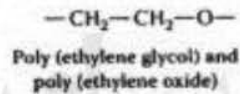
Poly(vinyl) pyrrolidone



Poly (acrylic acid)



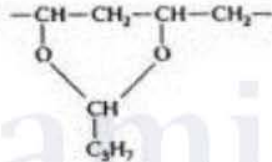
Poly (methylacrylic acid)



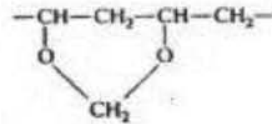
(b) Soluble in Organic Solvents

Vinyls

Poly (vinyl butyral)



Poly (vinyl formol)



Acrylics

Poly (methyl methacrylate)

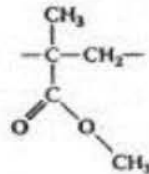


FIGURE 7.6 Monomer formulas of some synthetic binders: (a) soluble in water; (b) soluble in organic solvents.

مونومر بایندر های سنتزی مرسوم شامل

1. Vinyls
2. Acrylics
3. Ethylene oxides(glycols)
4. Cellulose

vinyls یک زنجیره خطی backbone گوشه گروه دارند (-CH-CH₂-) که به هر اتم C چسبیده است.

اکریلیک ها همان ساختار backbone را دارند، اما ممکن است یک یا دو گروه در گوشه ها به اتم C چسبیده باشند.

مشتقات سلولز گروهی از چسب های طبیعی هستند. مولکول پلی مری متشکل از مونومر ملقه ای شکل که سافتار گلوکوز - α دگرگون شده دارد (شکل ۷.۷)

ceramic.blog.ir

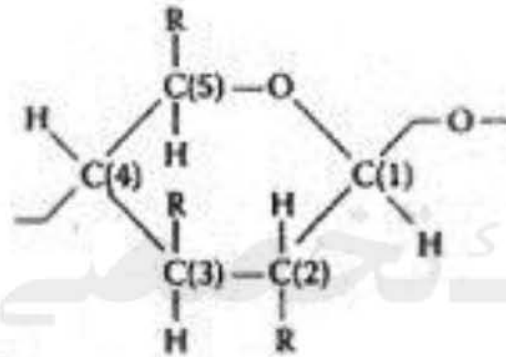


FIGURE 7.7 The modified α -glucose structure.

مدی فیکاسیون پلی مر با تغییر در گروه ها گوشه R رخ می دهد. درجه جایگزینی DS (degree of substitution) عبارتست از تعداد موقعیتهای مدی فیکاسیون های تشکیل شده در مونومر.

جایگزینی ابتدا در سایت های C-5 ، C-2 ، و در نهایت C-3 اتفاق می افتد

فرمول های بنیان گروه R در برخی از سلولز های مرسوم در شکل ۷.۸ آمده است.

Binder	R group	DS
Soluble in water		
Methylcellulose	$-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$	2
Hydroxypropylmethylcellulose	$-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	2
Hydroxyethylcellulose	$-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_4-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_4-\text{OH}$ $-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_4-\text{OH}$	0.9-1.0
Sodium carboxymethylcellulose	$-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\underset{\text{ONa}}{\overset{\text{O}}{\text{C}}}$	
Starches and dextrans		
Sodium alginate	$-\text{CH}_2-\text{OH}$ $-\underset{\text{ONa}}{\overset{\text{O}}{\text{C}}}$	
Ammonium alginate	$-\underset{\text{ONH}_4}{\overset{\text{O}}{\text{C}}}$	
Soluble in organic solvents		
Ethyl cellulose	$-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	

FIGURE 7.8 Formulas of the side groups in some cellulose derivatives.

ویژگیهای یک بایندر مناسب

1. ویژگی های سوختن چسب
2. وزن مولکولی
3. دمای T_g
4. سازگاری با پراکنده ساز
5. اثر بر ویسکوزیته ملال
6. ملالیت در ملال
7. قیمت

✓ خروج از قطعه پس از فرم دهی (با پیرولیز پیش از سیتتر) با توجه به استحکام بخشی مناسب قطعه خام

✓ بطور کلی افزایش وزن مولکولی استحکام بایندر را تشویق می کند

✓ Tg پلی مر نباید بالاتر از دمای اتاق باشد، زیرا باید به چسب اجازه تغییر شکل برای فرایند شکل دهی بدنه خام را بدهد.

✓ کاهش Tg ضرورتاً تابع کاهش مقاومت در برابر زنجیره های پلیمر است.
✓ استفاده از پلیمر های با گروه های گوشه که صلبیت کمتری دارند (گروه های گوشه پلاریزاسیون کم و وزن مولکولی کمتر دارند)

✓ برای رسیدن به این ویژگیها کاهش اتصال بین مولکولی با استفاده از پلاستی سائزر

اکسید های بایندر باید نسبت به پراکنده ساز ها قطبیت کمتری داشته باشند

اثر چسب بر رئولوژی

بایندر های آلی ویسکوزیته را افزایش داده و ویژگیهای جریان پذیری مایع را تغییر می دهند (برخی منجر به تشکیل ژل می شوند)

در روشهای ریخته گری (بعنوان مثال نواری) افزایش غلظت چسب نباید منجر به افزایش سریع در ویسکوزیته سیستم شود، زیرا این مسئله مقدار پودری را که در سوسپانسیون شرکت می کند کاهش می دهد.

افزایش سریع در η در اکستروژن برای استحکام خوب با غلظت کم چسب در اغلب موارد مطلوب است.

چسب ها بر اساس اثر آنها بر η محلول به سه دسته ویسکوزیته پایین، متوسط و بالا تقسیم بندی می شوند.

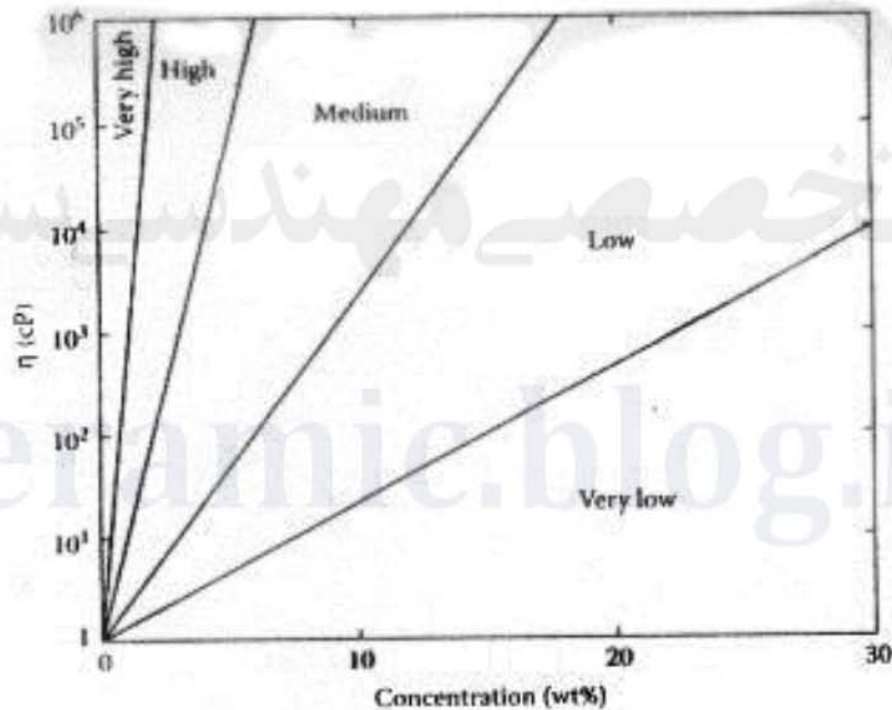


FIGURE 7.9 Criterion for viscosity grades based on viscosity–concentration relationship. (From Onoda, G.Y. Jr., *The rheology of organic binder solutions*, in *Ceramic Processing before Firing*, Onoda, G.Y. Jr. and Hench, L.L., Eds., John Wiley & Sons, New York, 1978, p. 241. With permission.)

تقسیم بندی پندین نوع از چسب های قابل حل در آب در جدول ۷.۳ آمده است.

TABLE 7.3
Viscosity Grades for Some Water-Soluble Binders

	Viscosity Grade					Electrochemical Type			
	Very Low	Low	Medium	High	Very High	Nonionic	Anionic	Cationic	Biodegradable
Gum arabic	.						X		X
Lignosulfonates	.						X		X
Lignin liquor	.						X		X
Molasses	.					X			X
Dextrins	—	—				X			X
Polyvinylpyrrolidone	—	—				X			
Poly(vinyl alcohol)	—	—	—			X			
Poly(ethylene oxide)		—	—			X			
Starch		—	—	—		X			X
Acrylics		—	—				X		
Polyethylenimine (PEI)		—	—					X	
Methylcellulose		—	—	—		X			X
Sodium carboxymethylcellulose		—	—	—			X		X
Hydroxypropylmethylcellulose		—	—	—		X			X
Hydroxyethylcellulose		—	—	—		X			X
Sodium alginate			—	—			X		X
Ammonium alginate				—			X		X
Polyacrylamide				—		X			
Scleroglucan			.			X			X
Irish moss			.				X		X
Xanthan gum			.						X
Cationic galactomannan				.				X	X
Gum tragacanth				.		X			X
Locust bean gum				.		X			X
Gum karaya				.		X			X
Guar gum				—			X	X	X

Source: From Onoda, G.Y. Jr., The rheology of organic binder solutions, in *Ceramic Processing before Firing*, Onoda, G.Y. Jr. and Hench, L.L., Eds., John Wiley & Sons, New York, 1978, p. 235. With permission.

درجه چسب تابع توسعه و بزرگی ساختار زنجیره پلیمری است.

مولکول های پلیمری در محلول یک سیم پیچ را تشکیل می دهند.

سیم پیچ های کوچکتر کمتر به سطح مایع کشیده می شوند و منجر به افزایش کمتر ۱۱ می شوند.

زنجیر های خطی انعطاف پذیری خوبی داشته و اتصالات به راحتی می چرخند.

در اغلب روشهای شکل دهی (فرم دهی تزریقی) بایندر به محلول اضافه می شود و حلالیت در مایع یکی از فاکتور های مهم است.

ستون اصلی (فقرات) مولکول شامل پیوند های کوالتتی : کربن، اکسیژن و نیتروژن است.

گروه های گوشه ای که در طول مولکول در حال نوسانند به ستون اصلی مولکول ها می چسبند.

ceramic.blog.ir

طبیعت شیمیایی گروه های گوشه ای تعیین کننده انحلال بایندر در مایع است.

شکل دادن پیشرفته سرامیکها

جلد پنجم

پلاستی سایزر ها

1. عموماً مواد آلی اند که نسبت به بایندر ها وزن مولکولی پایین تری دارند.
2. در حالت خشک از بایندر نرم ترند.
3. موجب کاهش T_g بایندر می شوند.
4. انعطاف پذیری بدنه خام را افزایش می دهند (نوار های حاصل از روش ریخته گری نواری

برای فرایند های شکل دهی که در آن ه بایندر به صورت مملول معرفی می شود پلاستی سایزر باید در مایعی که بایندر در آن حل می شود قابل حل باشد.

در حالت خشک چسب و پلاستی سایزر به صورت یک ماده منفرد کاملاً مخلوط
و یکنواخت می باشند

مولکول های پلاستی سایزر بین زنجیره های پلیمری بایندر قرار می گیرند،
زنجیره ها را می شکنند و اتصالات و اندروالز بین زنجیره های مجاور را کاهش
مس دهند.

ceramic.blog.ir

این پدیده منجر به نرم شدن چسب شده و استحکام را کاهش می دهد.

TABLE 7.4
Common Plasticizers Used in Ceramic Processing

Plasticizer	Melting Point (°C)	Boiling Point (°C)	Molecular Weight
Water	0	100	18
Ethylene glycol	13	197	62
Diethylene glycol	8	245	106
Triethylene glycol	7	288	150
Tetraethylene glycol	5	327	194
Poly(ethylene glycol)	10	>330	300
Glycerol	18	290	92
Dibutyl phthalate	35	340	278
Dimethyl phthalate	1	284	194

سایر افزودنیها

هرچه تعداد افزودنیها کمتر باشد مناسب تر است، زیرا با افزایش تعداد آنه امکان بر هم کنش اجزا با هم بیشتر می شود.

Wetting agent برای کاهش γ مایع (بویژه آب) استفاده می شود که منجر به افزایش تر شوندگی ذرات توسط مایع می شود.

روانساز lubricant معمولا در قالب برای فرایند فشردگی و پرس اکستروژن و فرم دهی تزریقی و کاهش اصطکاک بین ذرات یا ذرات و دیواره قالب استفاده می شود. همچنین با اعمال فشار خارجی آرایش مجدد ذرات ساه تر شده و منجر به فشردگی بیشتر و یکنواختی بهتر می گردد. روانساز های مرسوم: اسید استئاریک، استئارات ها و مواد واکسی

عوامل یکنواخت کننده homogenizer مانند cyclohexanone در ریخته گری نواری برای افزایش حلالیت اجزا برای بهبود یکنواختی محلول استفاده می شود.

شکل دهی سرامیک ها

1. پرس خشک ، نیمه خشک و تر

پرس های محوری با استفاده از سمبه و قالب ، ایزواستاتیک سرد (معمولا برای پرس پودر های خشک با رطوبت کمتر از ۲% وزنی برای خشک ، نیمه خشک با ۲-۵% و تر ۵-۲۰ درصد رطوبت) انجام میشود.

روش ایزواستاتیک یکنواختی بیشتری را در تراکم فشردگی ایجاد میکند و برای بدنه های خام با شکل های پیچیده تر و نسبت های بزرگتر طول به قطر که به روش پرس معمولی میسر نیست استفاده می شود.

بهر حال بدنه های خام نیاز به ماشین کاری دارند.

حالت‌های مختلف پرس

- 1- تک محوره (پانچ بالا متحرک، پانچ پایین و قالب ثابت)
- 2- دو کاره یا دو محوره (هر دو پانچ بالا و پایین متحرک اما قالب زیر ثابت)
- 3- قالب شناور (پانچ بالا و قالب متحرک اما پانچ زیر ثابت)

ceramic.blog.ir

توجه:

نوع دو کاره در صنعت مرسوم است و یکنواختی بهتری در فشردگی ایجاد میکند

مثالی از پودر اسپری درایر شده آلومینا که شامل اجزای مختلف است:

1. پراکنده ساز: ammonium polyacrylate

2. چسب: poly vinyl alcohol

3. پلاستی سایزر: poly ethylene glycol

4. روانساز: ammonium stearate

نکات کلیدی و مهم در مورد ویژگی گرانول ها

- i. اندازه، توزیع اندازه ذرات و شکل گرانول های اسپری در ایر شده شبه کرومی بوده و در محدوده ۵۰ تا ۴۰۰ μm با میانگین اندازه ذرات ۱۰۰-۲۰۰ μm می باشند.
- ii. میزان فشردگی مرسوم ' ۴۵-۵۵% است.
- iii. یکنواختی فشردگی ذرات: تابع پایداری سوسپانسیون های کلئیدی و مرحله خشک شدن دوغاب است.
- iv. سختی: با کنترل دانسیته ذرات و نوع چسب کنترل می شود (با دانسیته بالا یا بایندر سخت با Tg بالا گرانول های سخت ایجاد می شود).
- v. اصطکاک سطحی: صافی سطح گرانول ، اصطکاک بین گرانول ها و گرانول ها با دیواره قالب را کاهش می دهد.

پرس ایزواستاتیک سرد

این فرایند شامل اعمال فشار

هیدرواستاتیک یکلواخت به پودر موجود در ظرف لاستیکی شامل دو نوع کیسه تر و خشک است (شکل ۷.۲۰).

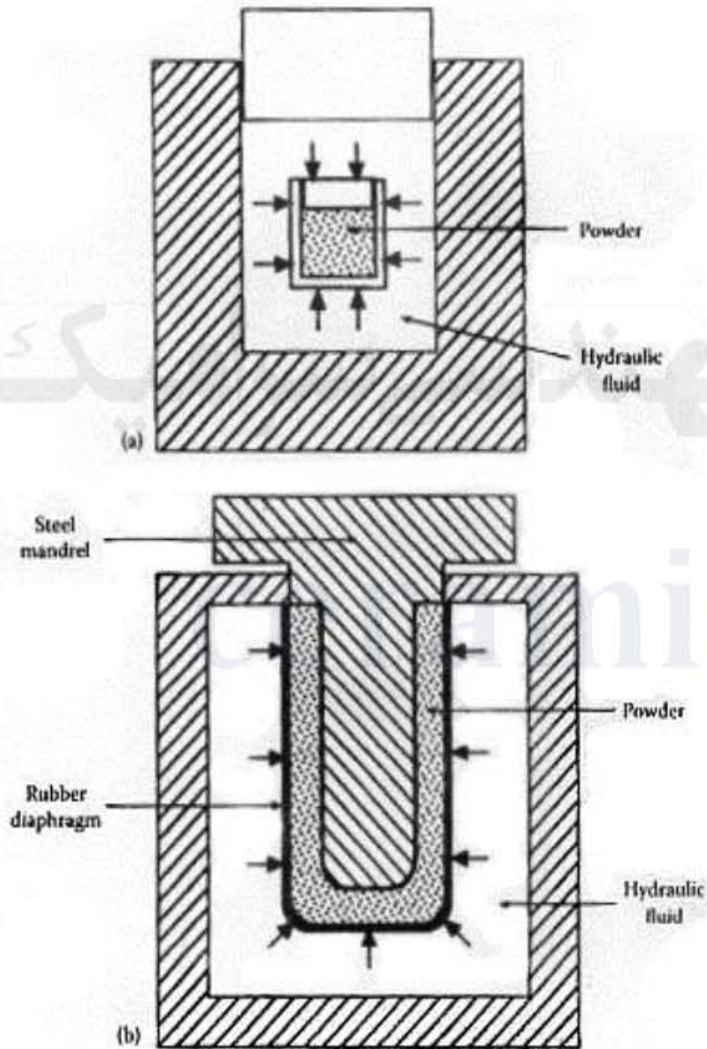


FIGURE 7.20 Two modes of isostatic pressing: (a) wet-bag pressing and (b) dry-bag pressing.

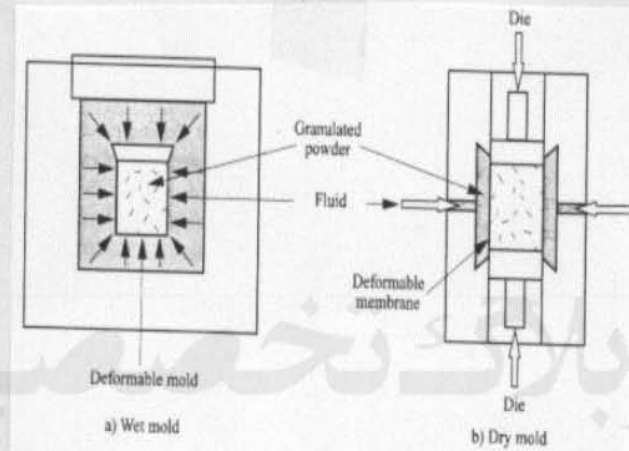


Figure 5.28. Principles of isostatic pressing: a) wet mold, b) dry mold

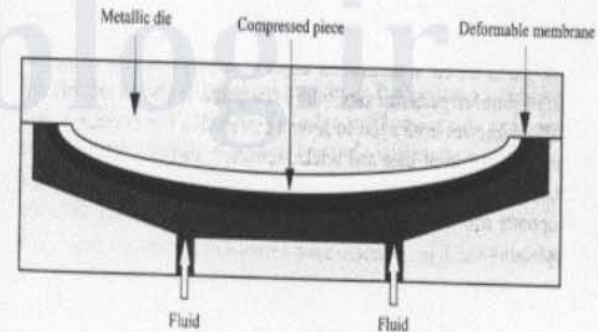


Figure 5.29. Principle of semi-isostatic pressing

نوع تر

۱. در کیسه تر لاستیک انعطاف پذیر با پودر پر می شود

۱.۱. سپس در ظرف فشار پر شده از روغن قرار داده و فشار اعمال می شود

۱.۱.۱. پس از اعمال فشار قالب از محفظه فشار برداشته شده و بدنه خام از قالب خارج می شود

این روش برای قطعات پيچيده و بزرگ استفاده می شود

نوع خشک

۱. در روش خشک قالب در محفظه فشار فیکس شده و نباید برداشته شود

۲. فشار اعمال شده بر پودری که بین لاستیک نسبتاً ضخیم و مغزی صلب وارد می شود

۳. پس از رهايش فشار پودر فشرده شده از قالب برداشته می شود.

ceramic.blog.ir

✓ نوع خشک نسبت به کیسه تر قابلیت اتوماسیون بیشتری دارد

✓ این روش خشک برای شکل دهی عایق شمع اتومبیل با اعمال فشار بر روی پودر پرسلاتی حول مغزی فلزی بخوبی صفحات و لوله های توخالی استفاده می شود

✓ نسبت به روش پرس معمولی تشکیل عیوب کمتر است

اما اگر فشار اعمال شده سریعاً بر داشته شود لایه ای شدن و شکست مایل از برگشت
فیزی هنوز می تواند رخ دهد

مراحل مختلف کاربرد Cold Isostatic Pressing به روش تر

- i. قالب (rubber) انعطاف پذیر از پودر پر می شود.
- ii. قالب seal می شود و مرحله de-aeration (هواگیری) صورت می گیرد.
- iii. قالب seal شده و در سیستم pressure vessel قرار می گیرد.
- iv. مایع هیدرولیک (pressure transfer medium) وارد pressure vessel می شود.
- v. با بسته شدن pressure vessel فشار اعمال می شود.
- vi. با شروع اعمال نیرو مواد داخل قالب توسط فشاری که از طرف liquid به سطح قالب وارد می شود فشرده می شود.

این روش یک فرآیند آهسته است و برای مواردی که قطعات با شکل یکسان و در تعداد بالا استفاده می شود معمولاً کاربرد ندارد (اتوماتیک کردن سیستم راحت نیست).

مزایای روش تر

وسیله ای است نسبتاً ارزان، بصورت انعطاف پذیر ساخته می شوند (از نظر فشار اعمال شده و آهنگ فشار اعمالی)

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

در پر کردن قالب گاهی از vibration استفاده می شود که به packing بهتر ذرات کمک می کند. زیرا در جابجایی ذرات موثر است ولی مشکل vibration جدایش ذرات ریز و درشت است، پس باید زمان ارتعاش را تنظیم کرد یا از پودر های مونسایز استفاده نمود.

مزایای روش خشک

- ✓ B-Dry Bag (fixed-mold) قالب در تماس مستقیم با liquid نمی باشد و
- ✓ قالب جزئی از سیستم می باشد
- ✓ production rate را بالا می برد (تعداد قطعات تولیدی در واحد زمان)
- ✓ برای تولید در تعداد بالا استفاده می شود (اولین بار برای spark plugs شمع های اتومبیل)
- ✓ معمولا برای شکل های ساده تر طراحی شده (چون قالب جزئی از سیستم می باشد)
- ✓ مایع در پشت یک آستر liner قرار می گیرد و فشار اعمال شده را به قالب انتقال می دهد.

عمده مشکل این روش طراحی قالب است.

خصوصیات قالب مصرفی در CIP

- i. با fluid مورد نظر سازگار باشد (وارد واکنش نشده یا از بین نرود)
- ii. مقاوم در برابر Tear resistance (پارگی)
- iii. استحکام بالا داشته باشد
- iv. بعد از توقف فشار به شکل اولیه بر گردد
- v. از مواد poly urethane در سختی های مختلفی می شود آنرا تهیه کرد.
- vi. استحکام بالا در برابر اکثر fluid های مصرفی در صنایع
- vii. از مواد دیگر PVC (پلی وینیل کلراید) و همچنین synthetic rubber می توان استفاده نمود
- viii. در تهیه dinner ware، grinding wheel، refractories، spark plug و ... از آنها استفاده می شود.

2- شکل دهی به روش ریخته گری فشاری

طبق قانون Darcy ضخامت تشکیل شده l_c برابر است با :

$$l_c = \frac{2k_c P t}{\eta_l (V_c / V_s - 1)}$$

ceramic.blog.ir

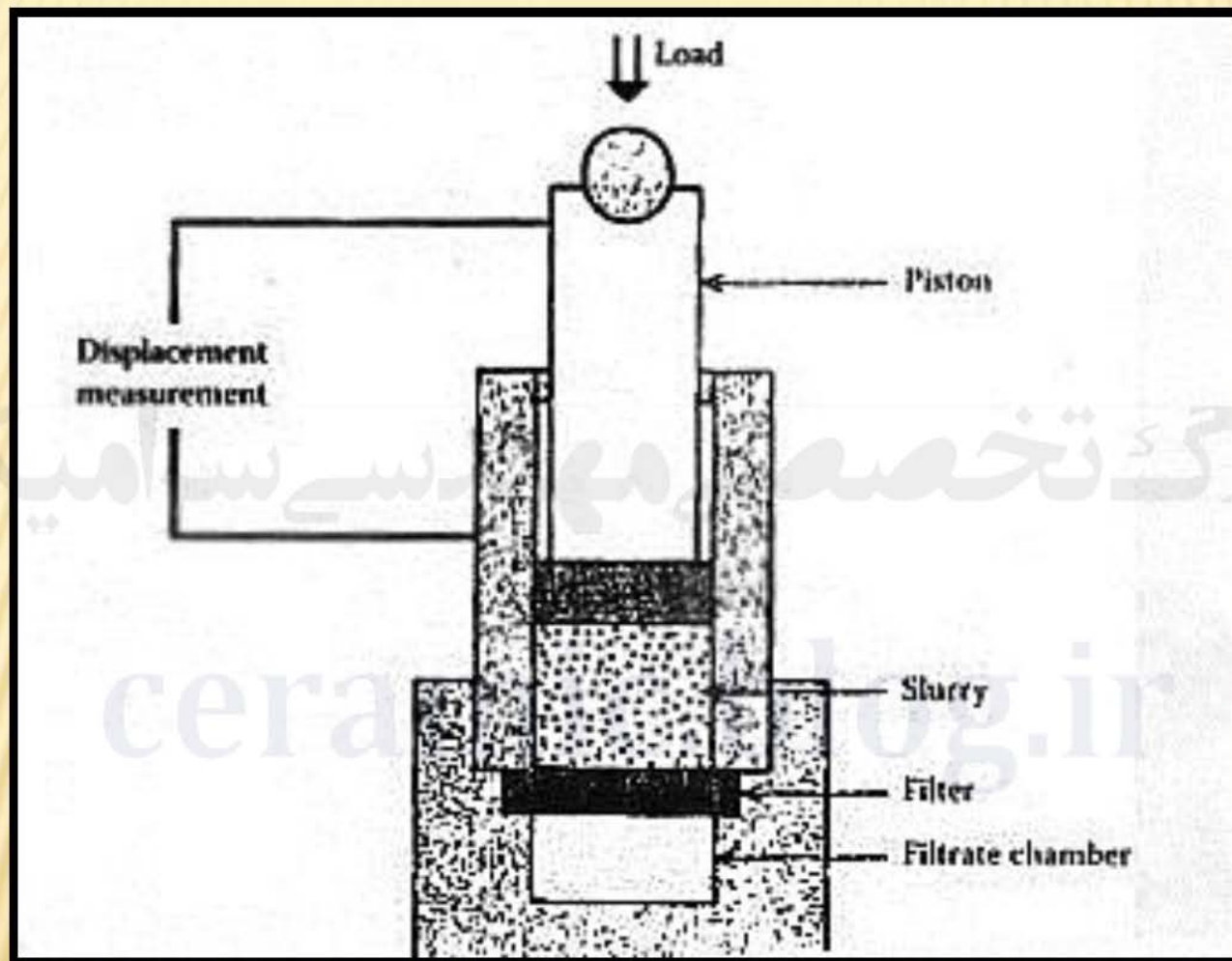
$K_c =$ نفوذ پذیری بدنه ریخته گری شده

$P =$ اختلاف فشار دو طرف بدنه ریخته گری شده (فرض بر اینست که ثابت بوده و برابر فشار مکشی قالب است)

$V_c =$ جز حجمی ذرات جامد در بدنه (فرض بر اینست که غیر قابل فشردگی باشد)

$V_s =$ جز حجمی جامدات در دوغاب

$t =$ زمان



طبق رابطه قبل زمانی که فشار فیلتراسیون P افزایش می یابد سرعت ریخته گری با اعمال یک فشار خارجی به دوغاب تسریع می شود.

این اصول اولیه ریخته گری فشاری است که بعنوان فیلتراسیون فشاری یا فیلتر پرس شدن نیز مصطلح است.

گچ به دلیل استحکام فشاری کم (0.5MPa) قابل استفاده نیست بنابراین از پلاستیک یا قالب های فلزی استفاده می شود.

شماتیک این روش در شکل ۷.۲۴ آمده است.

ذرات دوغاب تشکیل جداره را در حین فیلتراسیون داده و مایع از طریق سیستم تحت فشار قرار می‌گیرد.

بدنه ریخته‌گری شده زمانی که در مقایسه با فیلتراسیون قرار می‌گیرد مقاومت بیشتری را در برابر جریان از خود نشان می‌دهد.

بنابر این کیتیک ریخته‌گری فشاری با فرمول بالا قابل توصیف است.

کیتیک و مکانیک این روش توسط Reed و Fennelly بررسی شده. اخیراً Miller و Lange در این رابطه بیشتر بررسی کرده‌اند.

پایداری دوغاب کلوئیدی دوغاب شدیداً ریز ساختار بدنه ریخته‌گری را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

شکل ۷.۲۵ نشان می دهد که بالا ترین تراکم مربوط به دوغاب هایی است که فوب پایدار شده اند و برای این دوغاب ها تراکم حاصل شده متراکم از فشار اعمالی ۰.۵ MPa است.

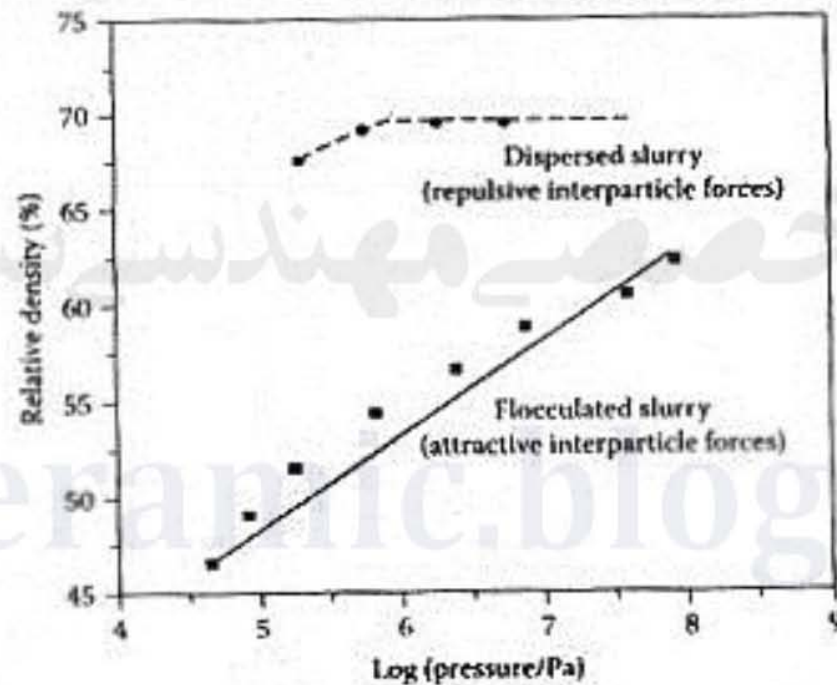


FIGURE 7.25 Relative density of different bodies produced from the same Al_2O_3 powder by filtration at different applied pressures. Bodies were consolidated from either dispersed (pH = 2) or flocculated (pH = 8) aqueous slurries containing 20 vol% solids. (From Lange, F.F., Powder processing science and technology for increased reliability, *J. Am. Ceram. Soc.*, 72, 3, 1989. With permission.)

مدل دینامیکی برای فشردگی ذره هایی که شامل فرایند های آرایش مجدد است توسعه نیافته اند.

بهر حال تراکم حاصل از دوغاب های با پراکندگی مناسب در فشار های اعمالی پایین نشان می دهد که نیروها دافعه بین ذرات منجر به آرایش مجدد راحت تر ذرات شده است.

برای دوغاب های فولکوله شده دانسیته فشردگی تابع فشار اعمالی است و بطور تقریبی دانسیته تابع فشار اعمالی است و تقریباً ارتباط خطی بین دانسیته نسبی و \log فشار اعمالی مشاهده رفتار روش پرس پودر است

مشکلات مشاهده شده مربوط به بدنه های ریخته گری فشاری سرامیک های پیشرفته مربوط به هم دوغاب فلوکوله شده و هم دیسپرس شده نیز می باشد.

زمانی که آخرین بخش دوغاب در حین ریخته گری فشاری جامد شود گرادیان فشار در عرض بدنه ریخته گری شده صفر شده و فشار اعمالی کلی به بدنه ریخته گری منتقل می شود.

بعد از حذف فشار ، انبساط بدنه منجر به ایجاد کرنش و تغییر ابعاد شده که این ناشی از انرژی الاستیک ذخیره شده است

باز یافت کرنش برای محصولات فشرده شده توسط این روش تابع زمان است.

این پدیده زمانی بازیافت کرنش حاصل شده ناشی از اینست که سیال مربوطه (گاز یا مایع) بایستی از طریق بدنه فشرده شده جریان یافته تا اجازه تشکیل شبکه ذره ای برای انبساط و و رهايش کرنش ذخیره شده داده شود.

درجه کرنش باز یافت با افزایش فشار تراکم بصورت غیر خطی افزایش می یابد و توسط رابطه تنش - کرنش الاستیک Hertzian بیان می شود:

$$P = \beta \varepsilon^{\frac{3}{2}}$$

P = تنش

β = ثابت برای سیستم ویژه

ε = کرنش

برای Al_2O_3 کرنش باز یافت ۲-۳٪ برای فشارهای متوسط پایین در محدوده ۵۰-۱۰۰ MPa است.

در تنش های بازیافت نسبتا بزرگ تمایل به ایجاد ترک در توده فشرده شده وجود دارد.

این مشکل را با کاهش فشار برای تشکیل بدنه و استفاده از مقدار کمی بایندر (کمتر از ۲٪ وزنی) می توان مرتفع نمود

البته مشکلات ذکر شده برای بدنه های رسی گزارش نشده است(بدلیل پلاستیسیته قابل توجه رس ها).

در مقایسه با ریخته گری دوغابی روش ریخته گری فشاری توصیه می شود زیرا زمان تشکیل بدنه کمتر شده و فضای کاری برای نصب و آماده سازی قالب ها کمتر است.

از طرف دیگر قالب های ریخته گری فشاری گرانبه ترند اما این روش برای سرامیک های پیشرفته با پودر های ریز رو به توسعه است.

3-ریخته گری نواری

در روش doctor bade دوغاب بر روی یک سطح پوشش داده شده با یک صفحه یا ورقه کاغذی یا پلاستیک ریخته شده و تیغه باید به دقت کنترل شود.

برای تولید نوارهای طولانی تیغه ثابت و سطح متحرک (شکل ۷.۲۶) در حالیکه برای تولید نوارهای کوتاه در مقیاس آزمایشگاهی تیغه معمولا بر روی سطح ثابت کشیده می شود.

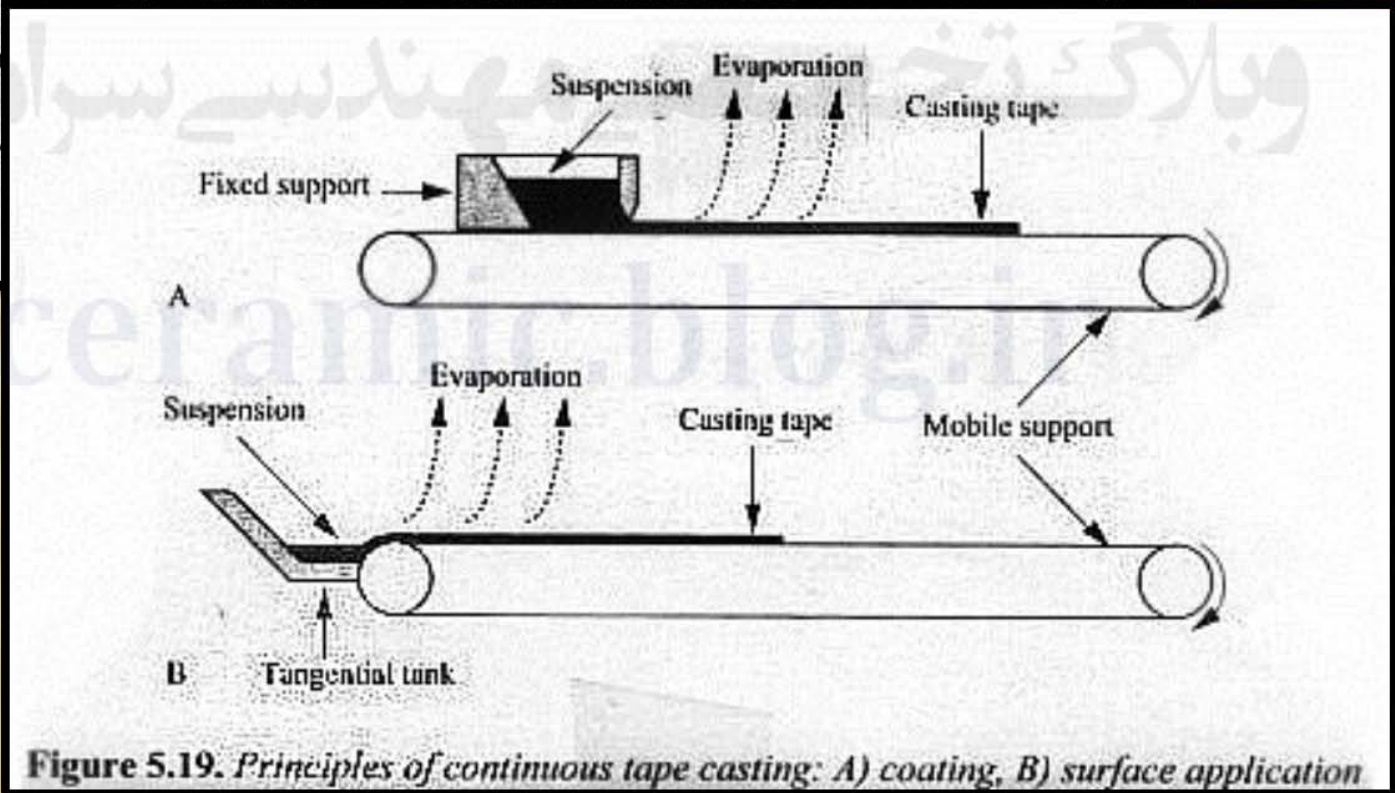
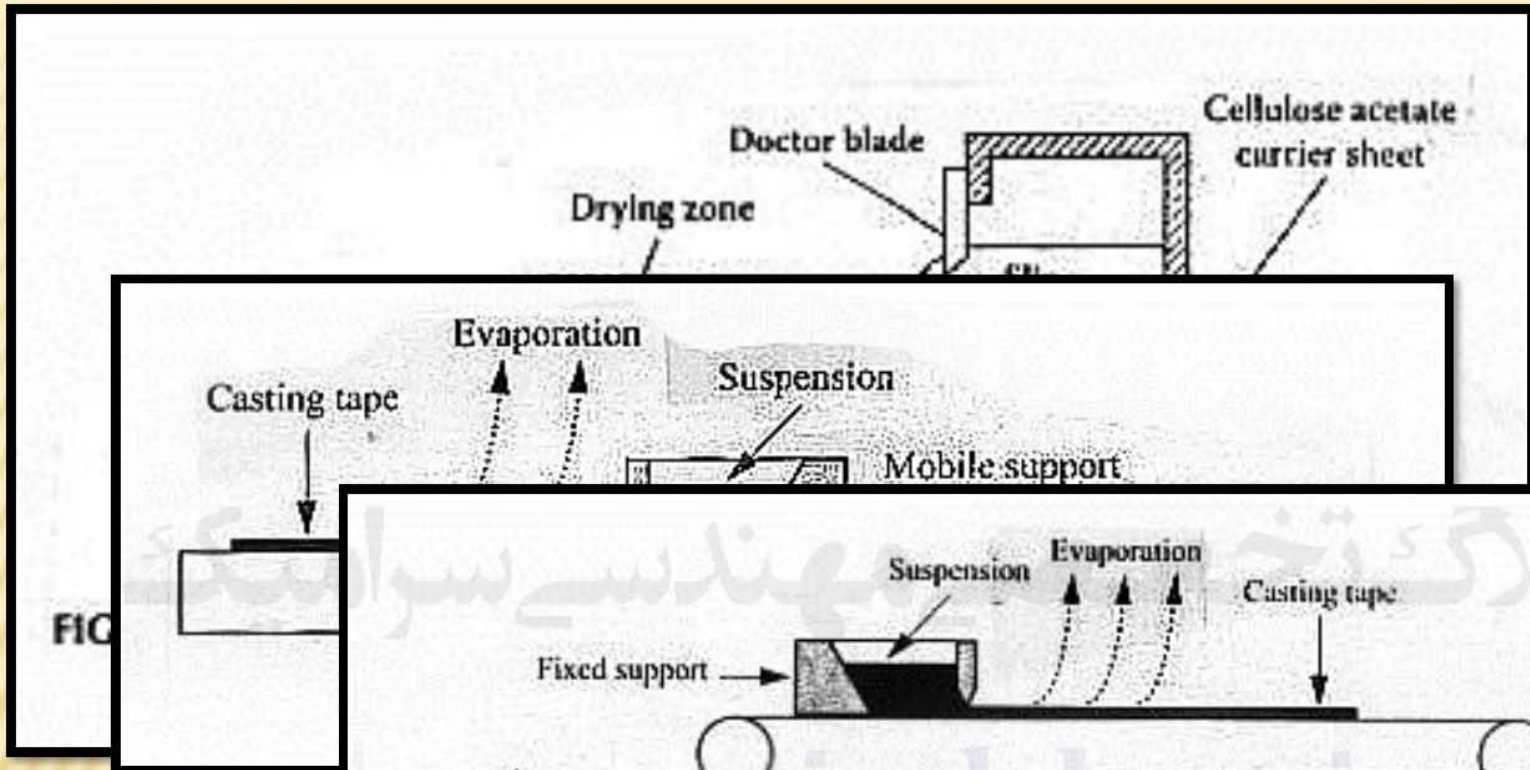


Figure 5.19. Principles of continuous tape casting: A) coating, B) surface application

با تبخیر حلال فرایند خشک شدن اتفاق افتاده و نوار تولید می شود که دارای ذرات بهم متصل شده توسط افزودنی های پلی مری که به سطح حاصل چسبیده اند می باشد.

نوار خام انعطاف پذیر می تواند روی قرقره ای پیچانده شود یا به صورت نوار هایی از سطح حاصل برداشته و با طول های دلخواه برای فرایند مورد نظر برش داده شود.

صفحاتی (ورقه هایی) با ضخامت $10\ \mu\text{m}$ تا $1\ \text{mm}$ با این روش قابل تهیه است.

این روش برای صفحات سرامیکی با ضخامت کم (۲۵ تا ۱۰۰۰۰) با سطح بزرگ، یکنواختی، کیفیت سطح و استحکام مکانیکی در حالت خام همگی پارامتر هایی هستند که این روش را برای استفاده در کاربرد های الکترونیکی مانند پایه ها و خازن های چند لایه ای مطلوب ساخته است.

ceramic.blog.ir

ریخته گری نواری غیر پیوسته

در این روش تیغه یا دکتر blade سوسپانسیون را بر روی یک نگهدارنده ثابت پهن می کند (نگهدارنده از جنس شیشه، فولاد زنگ نزن، لایه یا فیلم پلاستیکی)

برای سوسپانسیون مورد نظر **ارتفاع تیغه و سرعت مخزن** (نگهدارنده دوغاب) ضخامت نوار را تعیین می کند.

این تکنیک ریخته گری برای **ضخامت های بالا** (پایه یا substrate) استفاده می شود

ریخته گری نواری پیوسته

میز یا پایه متحرک (فولاد زنگ نزن یا فیلم پلاستیکی) تحت یک تغذیه ثابت بطوریکه سطح سوسپانسیون ثابت بماند حرکت می کند.

محفظه ریخته گری بطور افقی به سطح حاصل متحرک (مشابه پوشش دهی برای ساخت کاغذ) فیکس می شود یا در یک استوانه کشویی tangent می شود.

(کاربرد های سطح) در حالت دوم ضخامت توسط سرعت نوار حاصل و موقعیت زاویه ای تانک با توجه به استوانه تنظیم میشود

سرعت حامل عموماً توسط اندازه گیری پیوسته ضخامت و ویسکوزیته سوسپانسیون کنترل می شود که در حین ریخته گری ثابت بمانند.

بخش طویل میز ریخته گری سطح تبخیر حلال را تشکیل می دهد.

در پایان یا آخر مرحله (بخش) میز ریخته گری نوار خشک شده جدا و ذخیره می شود.

تکنولوژی پوشش دهی وسیعاً در تولید ضخامت های کم (فیلم های دی الکتریک برای خازن های چند لایه ای) استفاده می شود.

اندازه دانه های پودر ۱-۴ μm با سطح ویژه ۲-۶ m^2/gr

مراحل تولید بدنه Al_2O_3 که MgO به آن اضافه شده (doped) در روش ریخته گری نواری در شکل ۷.۲۷ آمده است.

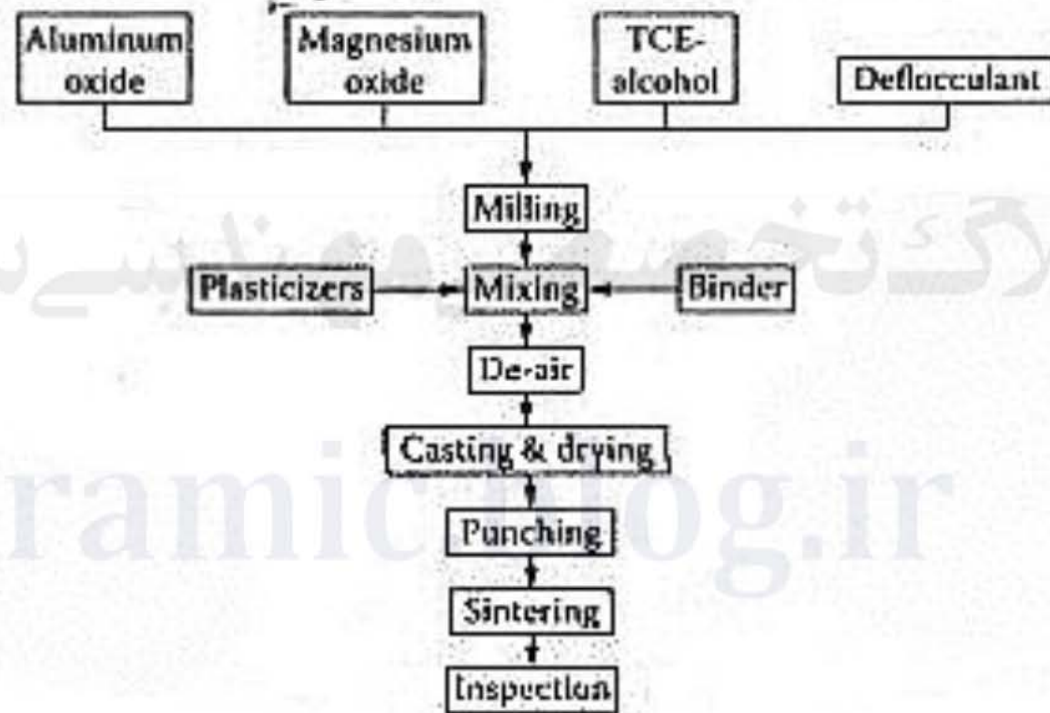


FIGURE 7.27 Schematic flow diagram for the tape casting of an alumina substrate material.

آماده سازی دوغاب

یکی از مراحل بحرانی در این روش آماده سازی دوغاب است.

فاکتور های تعیین کننده شامل انتخاب حلال ***، چسب، پلاستی سایزر و سایر افزودنی هاست .

در اغلب روش های نواری از حلال های آلی استفاده می شود اما تمایل به استفاده از سیبستم های بر پایه آب است.

علاوه بر توانایی انحلال افزودنی ها، انتخاب یک حلال تابع ضخامت نوار ریخته گری شده، سرعت خشک کردن نوار و سطحی است که نوار روی آن ریخته می شود

در مورد ریخته گری در مقیاس آزمایشگاهی نوار های نازک قابل ریخته گری است از طریق سیستم هایی با حلال های فرار به جای نوار با ضخامت بیشتر که می توانند از حلال هایی که آرامتر خشک می شوند حاصل شود.

برای ریخته گری پیوسته در مقیاس صنعتی سرعت خشک شدن یک فاکتور مهم و اساسی است که باید به آن توجه ویژه شود.

از آنجاییکه که در اغلب موارد باید خشک و ذخیره شود بر روی رولی ها برای فرایند های مورد نیاز مهم است.

پراکنده ساز در اغلب موارد ممکن است بعنوان افزودنی فرایند بسیار با اهمیت باشد که برای کاهش η دوغاب اعمال می شود و اجازه استفاده از غلظت های بالای ذرات برای η قابل استفاده و مورد نظر را می دهد

انتخاب ترکیب پلاستی سایزر - بایندر نیز اهمیت دارد زیرا در دوغاب های این روش از غلظت بالای بایندر استفاده می شود بایندر و پلاستی سایزر باید استحکام و انعطاف لازم را برای نوار خام ایجاد نمایند و بایستی براحتی قبل از سبتر از بدنه خارج شوند.

بسیاری از سیستم های آلی براحتی این نیاز ها را جبران و تامین می کنند اگر شوختن بایندر در اتمسفر اکسیدی انجام شود.

بهر حال در برخی از کاربردها لازم است که افزودنی در اتمسفر غیر اکسیدی حذف شود.

انتخاب سیستم بایندر-پلاستی سایزر منوط به این نکته است که مواد افزودنی چیزی پس از سوختن از خود بجای نگذارند.

شکل دادن پیشرفته سرامیکها

جلسه ششم

مثال هایی از فرمولاسیون دوغاب های ریخته گری نواری در جدول ۷.۶ آمده است

TABLE 7.6
Examples of Tape-Casting Compositions (Concentrations in wt%)

Powder	Solvent	Binder	Plasticizer	Dispersant	Other Additives
Nonaqueous Formulation for Use in Oxidizing Atmospheres					
Al ₂ O ₃ (59.5)	Ethanol (8.9)	PVB (2.4)	Octylphthalate (2.2)	Fish oil (1.0)	
MgO (0.1)	TCE (23.2)		PEG (2.6)		
Nonaqueous Formulation for Use in Nonoxidizing Atmospheres					
BaTiO ₃ (69.9)	MEK (7.0)	30 wt% solution	PEG (2.8)	Fish oil (0.7)	Cyclohexanone
	Ethanol (7.0)	of acrylic in	Butyl benzyl		(homogenizer)
		MEK (9.3)	phthalate (2.8)		(0.5)
Aqueous Formulation					
Al ₂ O ₃ (69.0)	Deionized water (14.4)	Acrylic emulsion (cross-linkable) (6.9)	Acrylic emulsion (low T _g) (9.0)	Ammonium polyacrylate (0.6)	Poly (oxyalkyl-ene diamine) (0.1)

Source: From Mistler, R.E. and Twinnam, E.R., *Tape Casting — Theory and Practice*, The American Ceramic Society, Westerville, OH, 2000; Mistler, R.E., Shanelfield, D.J., and Runk, R.B., Tape casting of ceramics, in *Ceramic Processing Before Firing*, Onoda, G.Y. Jr. and Hench, L.L., Eds., John Wiley & Sons, New York, 1978, p. 411; Mistler, R.E., The principles of tape casting and tape casting applications, in *Ceramic Processing*, Terpstra, R.A., Pex, P.P.A.C., and DeVries, A.H., Eds., Chapman and Hall, London, 1995, p. 147.

فرایند ریخته گری نواری

همانطور که در شکل ۷.۲۶ توضیح داده شد کلید اصلی تجهیزات روش مذکور تیغچه assemble کردن آنست.

این شامل تیغچه قابل تنظیم که در یک قاب قرار گرفته است با یک مخزن بزرگ برای نگهداری دوغاب قبل از اینکه زیر تیغچه قرار گیرد و تشکیل لایه نازک از دوغاب روی سطح دهد.

رفتار جریان پذیری دوغاب در حین ریخته گری نواری برای تعیین اثر پارامتر های ریخته گری بر ضخامت نوار بطور تئوری آنالیز شده است.

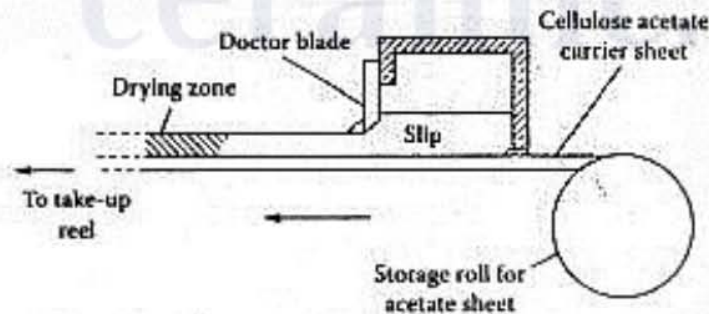
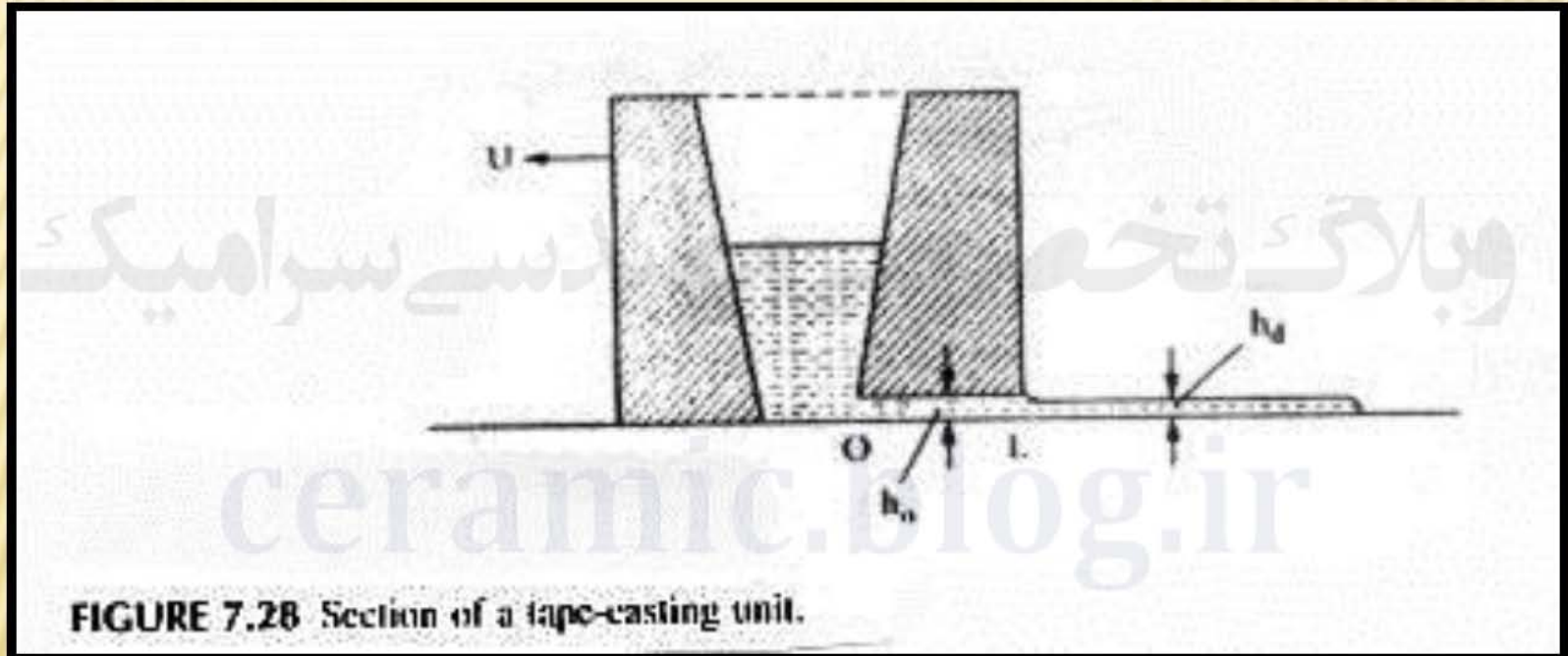
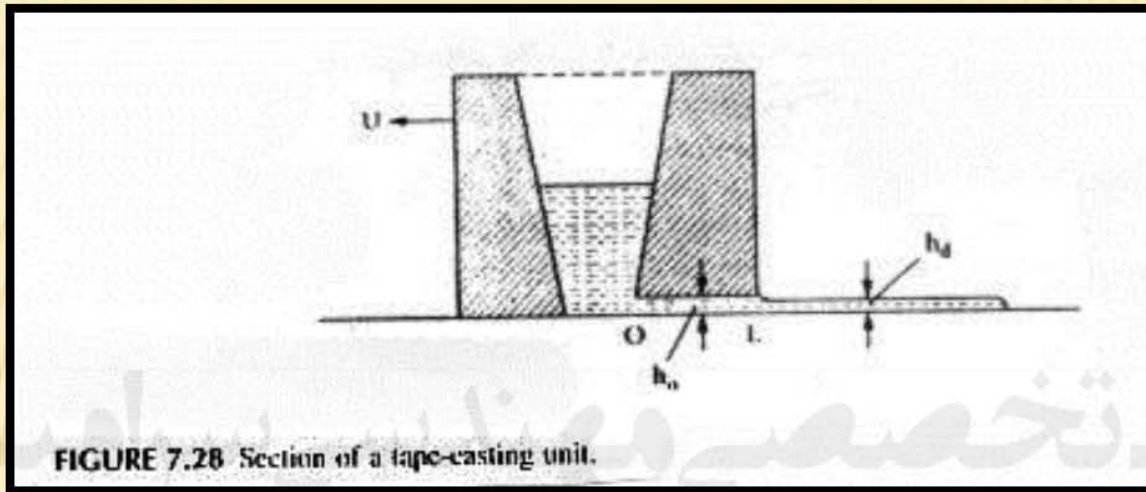


FIGURE 7.26 Schematic diagram of the tape-casting process.

فرض کنید یک دوغاب ویسکوز نیوتونی و جریان لایه ای در یک واحد ریخته گری ساده (شکل ۷.۲۸) داریم



ضخامت نوار خشک h_d برابر است با :



$$h_d = \frac{\alpha\beta}{2} \frac{\rho_w}{\rho_d} h_0 \left(1 + \frac{h_0^2 \Delta P}{6\eta U l} \right)$$

$\alpha < 1$ و $\beta < 1$ فاکتور تصحیح

ρ_w = دانسیته دوغاب

ρ_d = دانسیته نوار خشک

h_0 = ارتفاع تیغچه

l = ضخامت تیغچه

ΔP = اختلاف فشار (از طریق ارتفاع دوغاب در مخزن قابل محاسبه است)

η = ویسکوزیته دوغاب

U = سرعت تیغچه نسبت به سطح ریخته گری

با توجه به رابطه قبل ضخامت نوار خشک شده متناسب با h تیغچه است.

برای مقادیر h کمتر از 0.02 بخش دوم داخل پراتنز کمتر از واحد است.

اگر پارامتر های η ، ΔP ، U ، a در محدوده مشخص قرار گیرد مقادیر بزرگ h_0 می تواند منجر به انحراف شدید از این رابطه ساده شود. این اثر بیشتر پیشبینی شده برای مقادیر کوچک η ، a ، U است. یک تیغچه نازک دکتر blade (مقادیر خیلی کوچک a) ظاهراً برای ریخته گری نواری نا مناسب است.

طراحی و شکل تیغچه های مورد استفاده در این روش متنوع است.

تیغچه تخت عملاً موثر تر است و در رابطه ۷.۱۳ بیشتر صدق می کند.

تیغچه های دکتر blade دوتایی اغلب مفید هستند زمانی که ضخامت یکنواخت بایستی بر روی نوار طولانی ادامه داشته باشد.

عملاً سرعت ریخته گری شدیداً توسط نوع فرایند ریخته گری تعیین می شود اینک پیوسته باشد یا batchی.

برای فرایند پیوسته سرعت توسط

۱- طول ماشین ریخته گری

۲- ضخامت نوار

۳- فراریت حلال

تعیین می شود.

سرعت های مرسوم ریخته گری می تواند از 15 cm/min در فرایند های پیوسته تا 50 cm/min برای نوع batch متنوع باشد.

سطوح حامل متنوعی قابل استفاده اند از نوع **شیشه ای** در ماشینهای آزمایشگاهی با حرکت دکتر blade، نوع پلی استر و حامل های **پوشش داده شده پلی استری** در ماشین های صنعتی پیوسته .

ceramic.blog.ir

نوع سطح حامل استفاده شده از طریق بر هم کنش سیستم بایندر - حلال با سطح حامل و چگونگی خشک شدن مناسب نوار تعیین می شود

با تبخیر حلال از سطح نوار، انقباض در ضخامت نوار در حین خشک شدن نوار ایجاد می شود.

بطور تیپیکال نوار خشک شده با ضخامتی برابر با نصف ارتفاع تیغچه با ۵۰٪ حجمی ذرات سرامیک، ۳۰٪ افزودنی آلی و ۲۰٪ تخلخل ایجاد می شود.

علی رقم دانسیته نسبتا پایین نوار پس از سوختن بایندر نوار زیتتر شده تقریبا نزدیک دانسیته کامل می شود.

بهر حال (فداد **عیوب ریز سافتاری** و **گسیفتگی نوار** مشکلات مرسوم می هستند که در شرایط نادرست فرایند رخ می دهند.

عیوب ریز ساختاری در صفحه ریخته گری نواری

انواع اصلی عیوب ریز ساختاری در بدنه خام مشابه بدنه های ریخته گری دوغابی است.

حفره و تخلخلهای بزرگ توسط حباب های هوا در دوغاب یا **تبخیر سریع** مایع حین خشک شدن بوجود می آید.

این عیوب می تواند به وسیله **هواز دایی** مناسب دوغاب یا **کنترل سرعت خشک شدن** دوغاب رفع شوند.

جدایش ناشی از اختلاف ذرات مختلف با اندازه های متفاوت مشکلی ایجاد نمی کند مگر

۱- **نوار ضخیم** باشد

۲- **سرعت خشک شدن کم** باشد

۳- **پایداری کلوئیدی دوغاب ضعیف** باشد