

به دلیل غلظت بالای چسب در دوغاب جدایش چسب از سطح نوار در حین خشک شدن می تواند منجر به گرا دیان دانسیته شود.

اثر جدایش ذرات یا بایندر منجر به انهدام و ترک نوار در حین زیتتر می شود.

اگر ذرات دوغاب در جهت طول قرا گیرند (آنیزومتريک) جریان تیغچه زیر دکتر blade منجر به جهت گیری ترجیعی طولی ذرات در جهت جریان حرکت توده قرار می گیرند.

ceramic.blog.ir

این آرایش ترجیحا طولی ذرات می تواند برای سرامیک های با بافت ریز ساختار دانه ای ترجیحی استفاده شود.

بهر حال برای تولید پایه های الکتریکی جهت گیری ترمیمی ذرات (قرار گرفتن در جهت طولی و خط مستقیم) در صفحه های ریخته گری شده نامطلوب است.

زیرا در نتیجه انیزوتروپی انقباض در سینتر رخ داده و مشکل کنترل ابعاد ایجاد می شود.

ceramic.blog.ir

# 4- ریخته گری ژله ای GEL CASTING

این روش اخیرا معرفی شده و بر پایه تکنیک های بر گرفته شده از صنایع سرامیکی سنتی و صنعت پلی مر است.

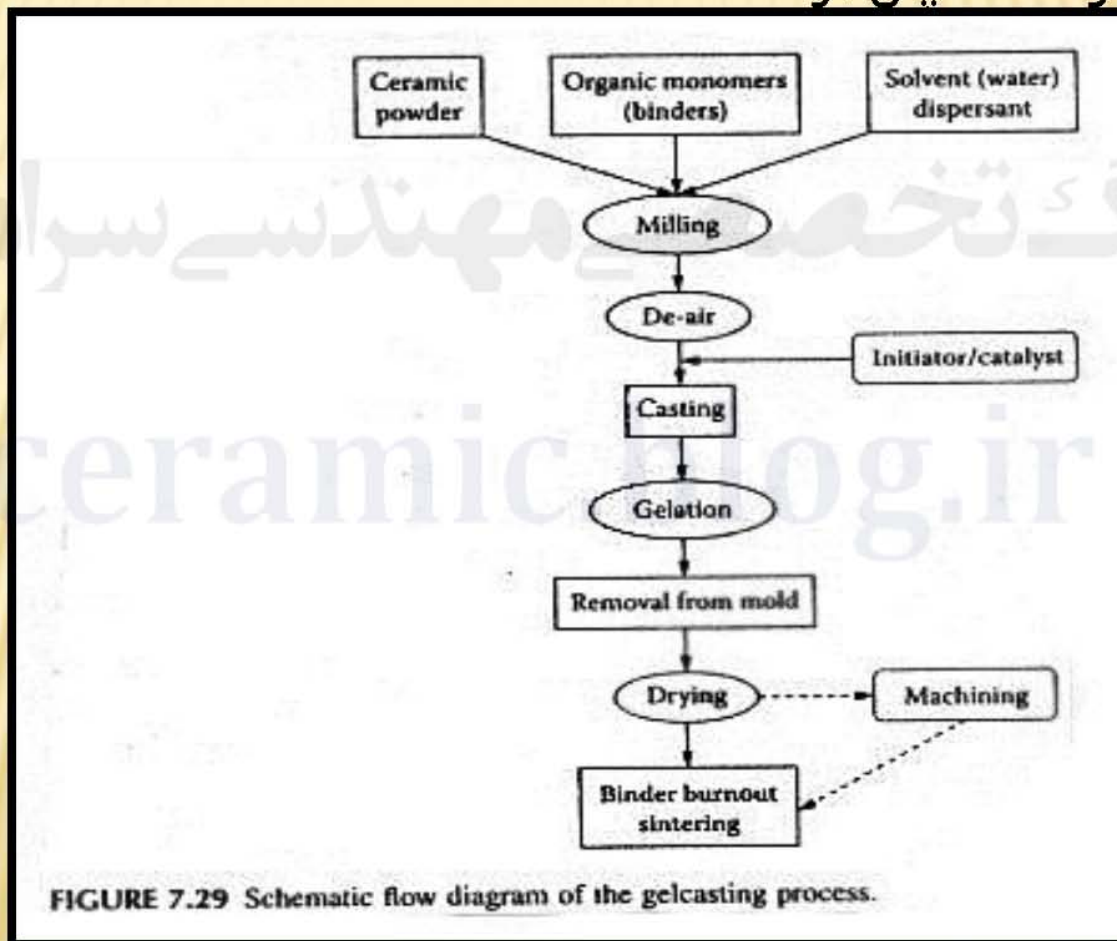


FIGURE 7.29 Schematic flow diagram of the gelcasting process.

# ریخته گری ژله ای -gel casting- روش کار

۱. مطابق شکل ۷.۲۹، دوغاب سرامیکی در یک محلول مونومر پراکنده شده و به درون قالبی ریخته می شود
۲. مونومر به شکل فاز انحصالی ژله ای مانند پلی مریزه می شود و منجر به ساکن ماندن و عدم تحرک ذرات می شود
۳. سیستم از قالبی که هنوز تر است برداشته شده با تبخیر مایع خشک می شود
۴. حرارت دهی برای سوزاندن افزودنی های آلی اعمال شده و نهایتاً سببتر می شود.

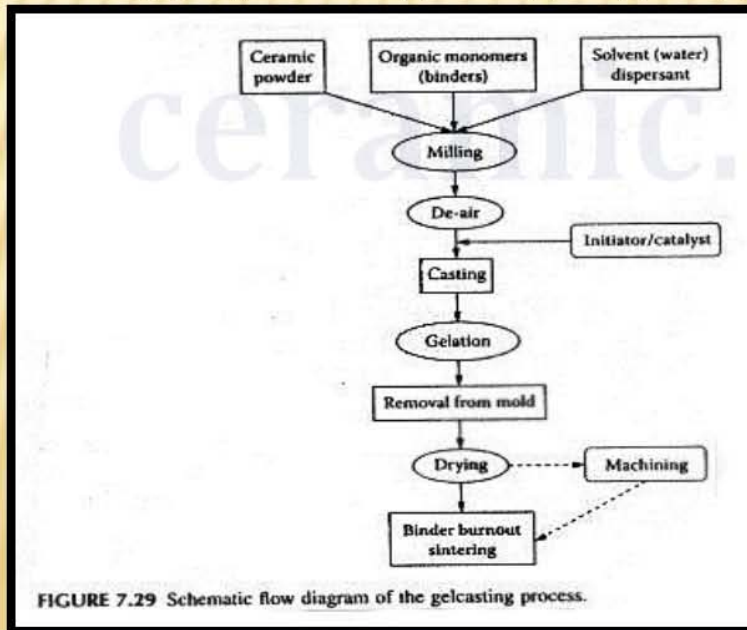


FIGURE 7.29 Schematic flow diagram of the gelcasting process.

# ریخته گری ژله ای gel casting- اجزای تشکیل دهنده دوغاب

۱- حلال آبی (گرچه حلال های آلی نیز قابل استفاده اند)

۲- پراکنده سازها

۳- بایندر

۴- کانالیست

ceramic.blog.ir

ویژگی های دوغاب

پایداری در برابر فلوکوله شدن، غلظت بالای ذرات (۵۰% حجمی) و داشتن ویسکوزیته پایین است.

## چند نکته - ریخته گری ژله ای gel casting

۱- عنصر کلیدی این روش اضافه نمودن یک **مونومر آلی** به محلول است که در جا پلیمریزه شده تشکیل ژل با ارتباطات عرضی قوی دهد

۲- همچنین برای **جلوگیری از جدایش** یا گسیختگی ذرات ژل به بدنه خام استحکام داده تا در برابر **تنش‌های کاپیلاری حین** خشک شدن مقاومت کند.

۳- بنابر این **ضخامت زیاد** به خوبی می تواند شکل گیرد. در اینجا فقط ۲ تا ۴٪ وزنی ماده پلی مری در بدنه خام وجود دارد. بنابر این **سوختن بایندر** یک مرحله **محدود کننده** در فر آیند ساخت نیست.

## ریخته گری ژله ای gel casting

۴- مونومر آلی در زمان آماده سازی سوسپانسیون اضافه می شود.

۵- افزایش دمای قالب یا اضافه کردن یک عامل شروع کننده (کاتالیست) در محیط دقیقاً قبل از ریخته گری انجام می شود. بنابراین در این حالت یک شبکه صلب اطراف ذرات سرامیک تشکیل می شود.

۶- برای ریخته گری مونومر در سوسپانسیون بایستی در  $\eta$  مناسبی تنظیم شود (۶۰٪ بیش از حجمی ذرات

# مونومر ها و پلی مریزاسیون در ریخته گری ژله ای

محلول مونومر شامل یک **حلال** (معمولا آب) ، یک **مونومر زنجیره ای شکل**، **مونومر شاخه ای - زنجیری** (با توانایی ایجاد اتصالات عرضی) و یک **رادیکال آزاد شروع کننده** است.

تشکیل دهنده های زنجیره :

**Methacrylamide (MAM)**

**Hydroxymethacrylamide (HMAM)**

**N-vinyl pyrrolidone (NVP)**

**Methoxy polyethylene glycol (MPEGA)**

**Monomethyl acrylate**



# مونومر ها و پلی مریزاسیون در ریخته گری ژله ای-ادامه

در برخی موارد **دو مونومر** ممکن است در ترکیب با هم استفاده شوند.

مثل MAM و NVP یا MPEGA و MAMA.

ارتباط دهنده های عرضی  
و methylene bisacrylamide (MBAM)  
poly ethylene glycol dimethacrylate (PEGDMA)

شروع کننده های رادیکالی آزاد مرسوم اغلب ammonium per sulfate (APS) با tetramethylethylene diamine (TEMED) بعنوان کاتالیست است.

# مونومرها و پلی مریزاسیون در ریخته گری ژله ای-ادامه

انتخاب سیستم مونومر تابع فاکتور های مختلفی است

۱- فعالیت (reactivity) سیستم در دمای خاص

۲- استحکام ژل

۳- سفتی و تافنس ژل

۴- قابلیت ماشینکاری بدنه خام .

# مونومرها و پلی‌مریزاسیون در ریخته‌گری ژله‌ای-ادامه

یک سیستم مورد استفاده برای چندین نوع سرامیک MAM و MBAM است که غلظت کلی مونومر در محلول ۱۰ تا ۲۰٪ وزنی محلول است اما نسبت MAM (مونومر) به MBAM (ارتباط دهنده عرضی) ۶ به ۲ است.

سیستم دیگر MAM-PEGDMA است که غلظت مونومر ۱۰ تا ۲۰٪ وزنی است اما نسبت MAM (مونومر) به PEGDMA (شروع کننده رادیکالی) ۱ به ۳ است.

# مونومرها و پلی‌مریزاسیون در ریخته‌گری ژله‌ای-آدامه

مثال هایی از ترکیبات ریخته‌گری ژله ای در جدول ۷.۷ آمده است.

**TABLE 7.7**  
**Examples of Compositions for Gelcasting**

Ceramic powder <sup>a</sup>	Dispersant	Monomer solution <sup>c</sup>	Initiator
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ammonium polyacrylate <sup>b</sup>	MAM-MBAM or MAM-PEGDMA	APS/TEMED
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	Poly(acrylic acid) <sup>b</sup>	MAM-MBAM or MAM-PEGDMA	APS/TEMED
SiC	Tetramethyl ammonium hydroxide (pH > 11)	MAM-MBAM or MAM-PEGDMA	APS/TEMED

<sup>a</sup> Approximately 50 vol%.

<sup>b</sup> 0.5–2 vol%.

<sup>c</sup> Approximately 50 vol% (monomer concentration in the solution = 10–20 wt%); MAM-MBAM ratio = 2 to 6; MAM-PEGDMA ratio = 1 to 3.

Source: From Ormalete, O.O., Janney, M.A., and Strelow, R.A., Gelcasting — a new ceramic forming process, *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 70, 1641, 1991; Young, A.C. et al., Gelcasting of alumina, *J. Am. Ceram.*

# مونومرها و پلی‌مریزاسیون در ریخته‌گری ژله‌ای-ادامه

تشکیل ژل در دو مرحله‌ی شروع و پلی‌مریزاسیون اتفاق می‌افتد.

در مرحله شروع ویسکوزیته تغییر نکرده و تقریباً حرارتی تولید نمی‌شود.

اضافه نمودن شروع‌کننده در دمای اتاق یک فاصله زمانی (۳۰ تا ۱۲۰ دقیقه) برای هوازدایی دوغاب و پر نمودن قالب می‌دهد.

مرحله پلی‌مریزاسیون اغلب در دمای بالا ۴۰ تا ۸۰°C اتفاق می‌افتد و در نتیجه واکنش سریع‌تر شده و محصول ژله‌ای در زمان کوتاهی نتیجه می‌شود.

بدلیل واکنش گرمازا پیشرفت واکنش را می‌توان با سیستمی که تغییرات دما را نشان می‌دهد پیگیری کرد.

# مواد قالب در ریخته گری ژله ای

مواد مرسوم برای قالب عبارتند از آلومینیوم، شیشه، polyvinyl chloride، polystyrene، polyethylene.

آلومینیوم و بویژه آلومینیوم آندایز شده به طور فراوان برای تولید قالب های محصولات با دوام طولانی استفاده می شوند.

در عوض شیشه و مواد پلی مری برای استفاده در مقیاس آزمایشگاهی مفیدند.

سیستم ریخته گری ژله ای م تواند با سطوح تماس واکنش دهد بنابر این سطوح قالب اغلب با عوامل رها کننده قالب پوشش داده می شوند

## 5- ریخته گری کواگولاسیون

در این روش یک **سوسپانسیون پایدار غلیظ** در یک قالب **غیر متخلخل** ریخته می شود و با عدم پایداری در جا برای تولید بدنه خام که از چسبندگی اجزای مناسبی برخوردار است تا تغییر شکل پیدا نکند ایجاد می شود.

جذب الکترولیت ها بر گروه های هیدروکسیل سطح ذره **سرامیکی** منجر به تولید سوسپانسیون پایدار با pH دور از **نقطه ایزوالکتریک** ( $\text{point of zero charge} = \text{PZC}$ ) از طریق ایجاد پتانسیل دافعه ای شدید بین ذرات می شود.

## ریخته گری کواگولاسیون-ادامه

عدم پایدار سازی سوسپانسیون در قالب از طریق کاهش نیروهای دافعه ای است، چنانچه جاذبه های واندروالسی غالب شده و سبب کواگولاسیون سوسپانسیون شود.

بنابراین لازم است یک واکنش در سوسپانسیون ریخته گری آغاز شود که pH سوسپانسیون به pzc تمایل پیدا کند یا یون های آزاد شده نیرو های یونی محیط را افزایش دهد. برای مثال آمونیاک برای آزاد سازی هیدرولیز اوره توسط یک رزین در دما (تقریباً ۵۰ درجه سانتی گراد) سوسپانسیون آلومینا را کواگوله می نماید ( $PZC = 9$ ) برای سوسپانسیونی که قبلاً در محیط اسیدی پراکنده شده بود).

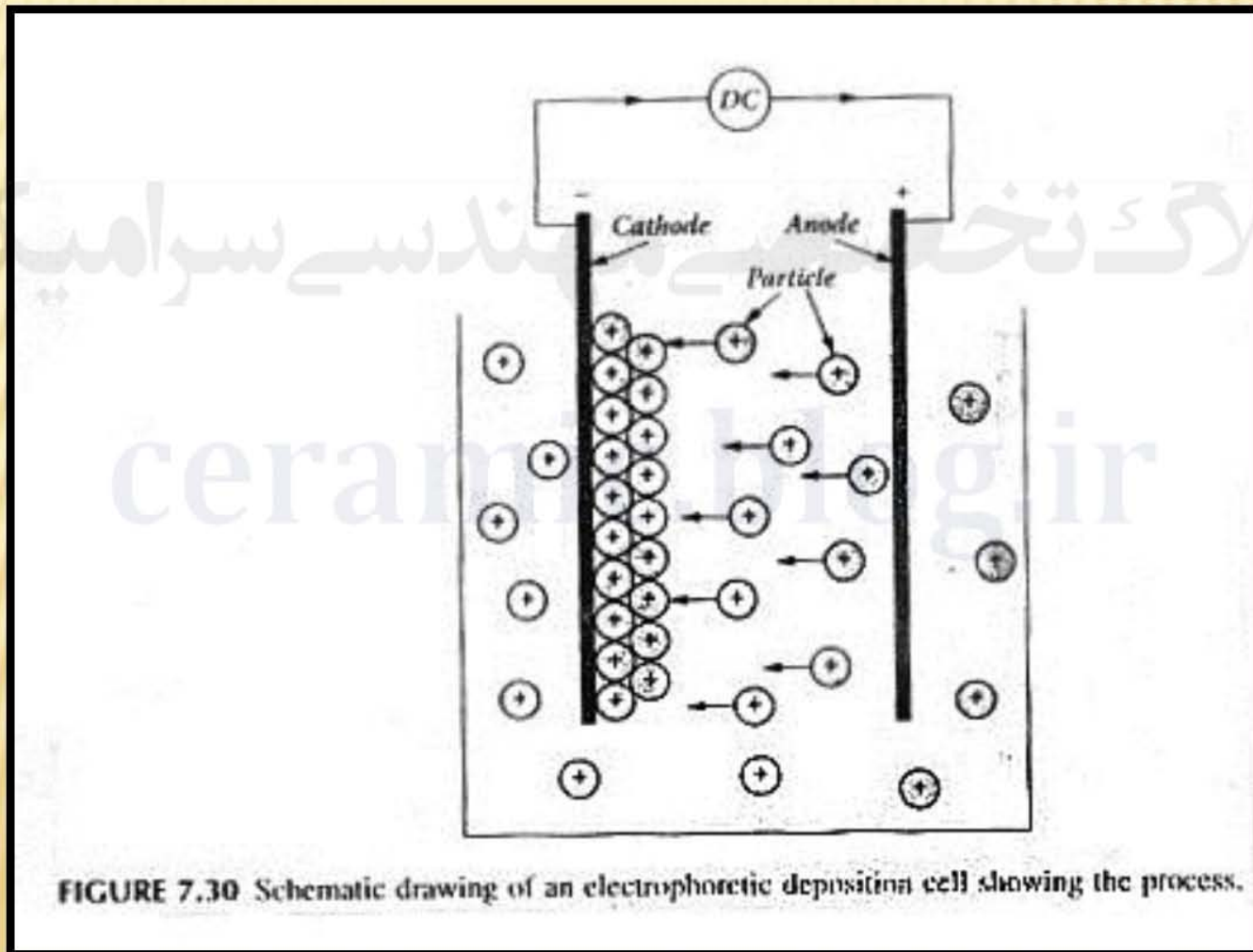


# شکل دادن پیشرفته سرامیکها

جلسه هفتم

## 6- تراسب الکتروفورٹیک ELECTROPHORETIC DEPOSITION

روش الکتروفورٹیک تراسبی (EPD) بطور شماتیک در شکل ۷.۳۰ آمده است.



در اثر اعمال میدان الکتریکی DC که منجر به بار دار شدن ذرات می شود این ذرات بار دار کلئیدی به سمت الکترود های با **بار مخالف** حرکت نموده و رسوب می کنند.

EPD ترکیبی از **الکتروفورزیس** و **تراسب** ذره بر الکترود است.

## شرایط EPD موفق :

رسوب با فشردگی ذرات یکنواخت و دانسیته بالا نیاز به یک **سوسپانسیون پایدار** دارد.

ذرات آگلومره در یک سوسپانسیون ناپایدار منجر به یک رسوب با **دانسیته کم** و **ریز ساختار غیر یکنواخت** می شود.

دانستن برهم کنش کلوئیدی در یک سوسپانسیون برای EPD مهم و با اهمیت است.

## سرعت تراسب تابع:

**اعمال میدان الکتریکی بین الکترودها و غلظت سوسپانسیون** است.

سوسپانسیون می تواند بصورت استریکالی (sterically) یا الکترواستریکالی (electrosterically) پایدار می شود، اما ذرات ممکن است بار خالصی را در پاسخ به میدان اعمالی حمل کنند.

اگر یک **پراکنده ساز** برای پایداری سوسپانسیون استفاده شده باشد **غلظت آن** **باید بسیار کم باشد** و چنانچه بایندر پس از فرایند شکل دهی بسوزد این نباید محدود کننده فرایند باشد.

با توجه به اینکه فرایند EPD درگیر ذرات باردار است، آب (ثابت دی الکتریک  $\approx 80$ ) یک مایع ایده آل برای سوسپانسیون است.

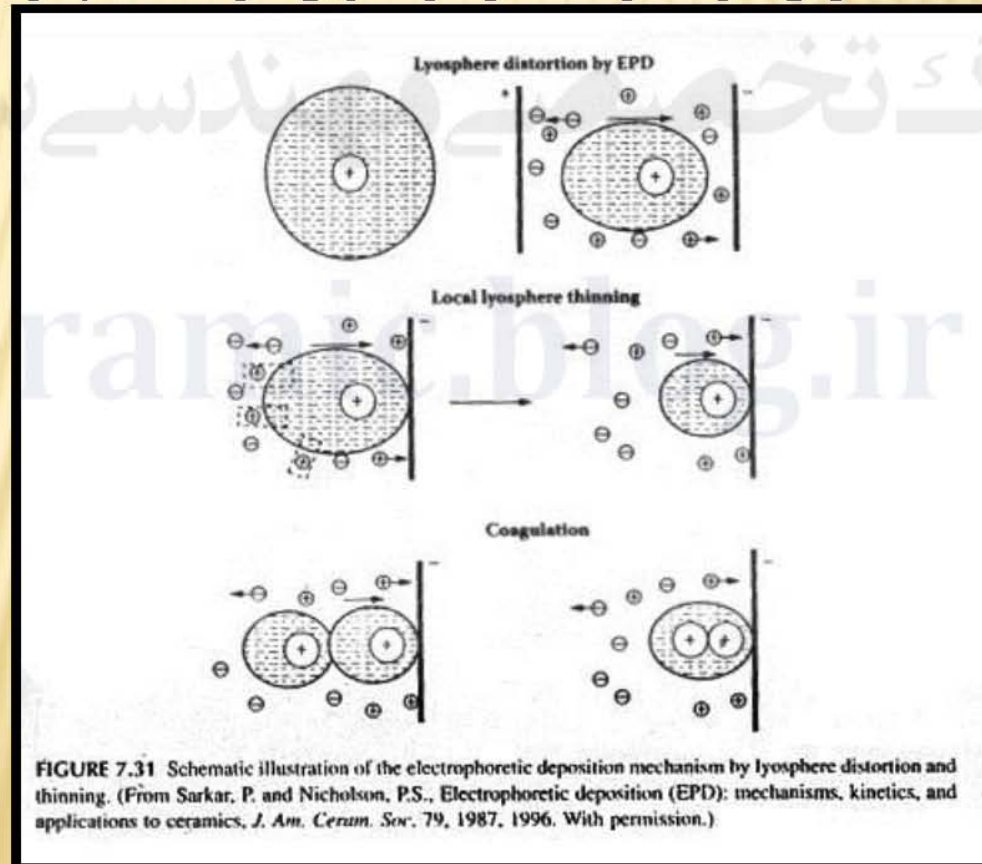
از حلال های آلی مانند **متانول، اتانول، پروپانول و استون** اغلب استفاده می شود.

تراسب می تواند در بخش خارجی داخلی یا هر دو طرف و داخل الکتروود تشکیل شود.

**پولیش کردن** الکتروودها منجر به راحتی برداشتن لایه پوشش داده شده میشود

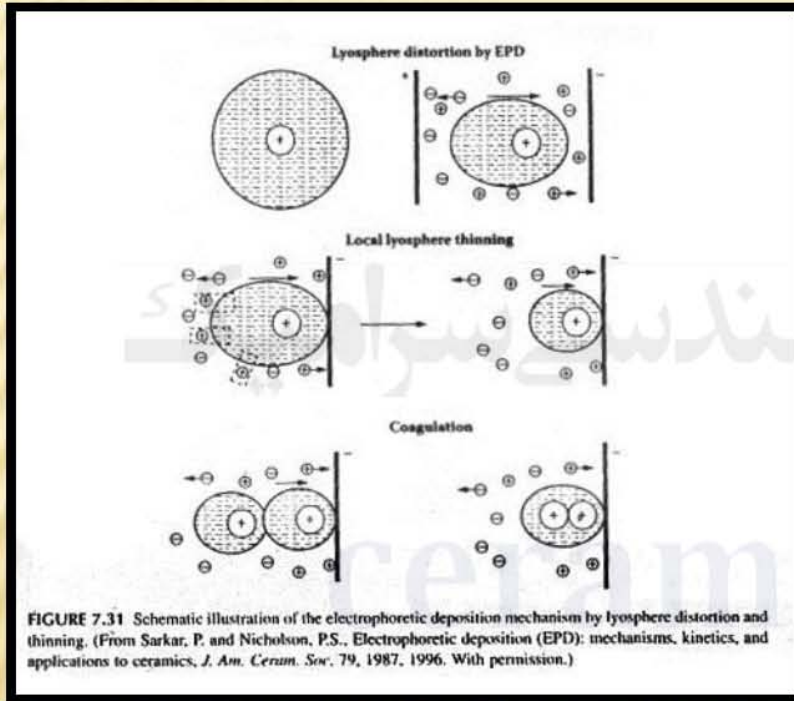
## کینتیک و مکانیزم تراسب در EPD

زمانی که ذره اکسیدی باردار شده مثبت با لایه دوتایی اطرافش (lyosphere) در یک سل EPD بسمت کاتد حرکت می کند میدان الکتریکی با حرکت ذره بار دار شده کوپل شده و از طریق مایع حرکت می کند و این منجر به تخریب بسته یا مجموعه لایه دوتایی می شود.  
بسته در قسمت جلویی نازک تر شده و در انتهای ذره ضخیم تر می شود.



در مقایسه با ذره دور تر از الکتروود **پتانسیل زتا** برای leading hemisphere بزرگتر و برای trailing hemisphere کوچکتر است

(منظور بخش دور تر زتا پتانسیل کمتری دارد)

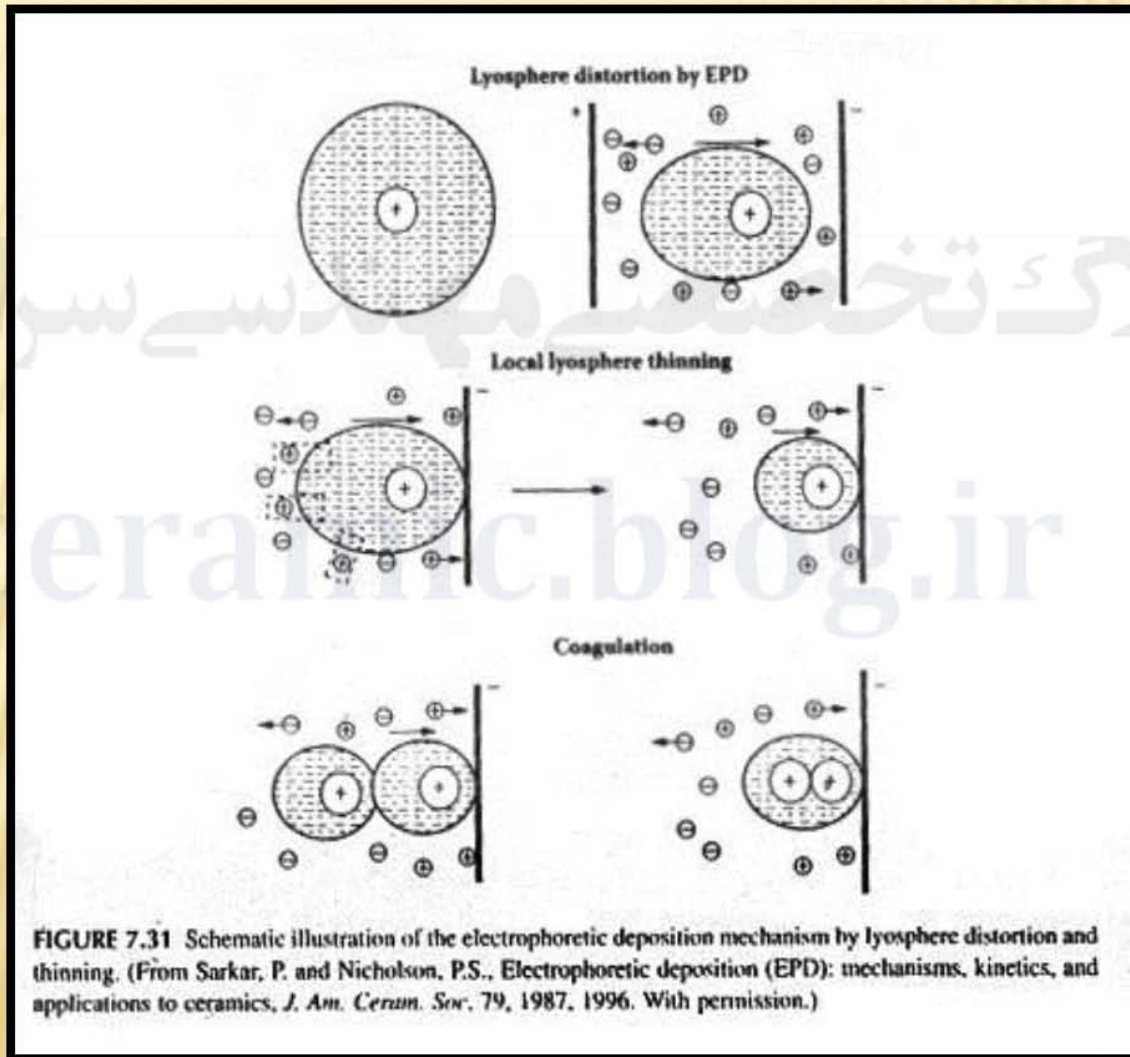


کاتیونها در مایع با ذرات بار دار شده مثبت به سمت کاتد حرکت می کنند. یون هایی که به دنبال یونهای دیگر بیدک کشیده می شوند در lyosphere (یون های انتهایی یا دم) تمایل دارند که با غلظت بالای کاتیون های اطرافشان واکنش دهند.

این منجر به نازک شدن لایه دوتایی اطراف سطح ذره بیدکی می شود.

ذره دیگری که وارد می شود با یک لایه دوگانه نازک اطراف اصلی می تواند بحد کافی نزدیک شده تا زمانیکه **نیروی دافعه** **واندروالسی** عامل محدود کننده شود.

نتیجه عمل کواگولاسیون و تراصب بر روی الکتروود است.





# کینتیک ترااسب

دو مد عملکرد سیستم :

۱- ولتاژ ثابت EPD بین الکتروود ها

با توجه به اینکه ترااسب نسبت به الکتروود فورزیس یک میدان الکتریکی شدید تری لازم دارد زمانی که **ترااسب ضخیم تر می شود میدان الکتریکی کاهش می یابد** (در نتیجه مقاومت الکتریکی افزایش می یابد) **حرکت ذره و در نتیجه سرعت ترااسب کاهش می یابد.**

۲- ولتاژ متغیر

در ولتاژ ثابت ترااسب محدود شده بنابراین در روش EPD با ولتاژ ثابت اجتناب می شود.

# کینتیک تراش

فرض :

۱- سوسپانسیون همگن بوده و تغییرات در غلظت ناشی از EPD است.

۲- جرم ذرات  $m$  تراش داده شده بر الکتروود برابر است با همان میزان ذرات بر داشته شده (حذف شده) از سوسپانسیون است.

بنابراین :

$$\frac{dm}{dt} = Av c \quad (7.14)$$

$m$  جرم ذرات

$t$  زمان تراش

$A$  سطح الکتروود

$v$  سرعت ذره

$c$  غلظت ذرات در سوسپانسیون

برای سوسپانسیون های غلیظ شده سرعت ذرات توسط رابطه Helmholtz - Smoluchowski ارائه می شود:

$$v = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 \zeta E}{\eta} \quad \mu = \frac{v}{E} \quad 7.15$$

لامویبیلته

$\varepsilon$  ثابت در الکتریک مایع

$\varepsilon_0$  ثابت گذردهی در خلاء

$\zeta$  زتا پتانسیل ذرات

$E$  شدت میدان اعمالی

$\eta$  ویسکوزیته مایع

اگر  $m_0$  جرم اولیه ذرات یک سوسپانسیون باشد:

$$m = m_0 - Vc \quad (7.16)$$

( $V$  حجم سوسپانسیون)

ترکیب روابط 7.14 و 7.15 با اعمال شرایط مرزی رابطه 7.16 منجر به رابطه 7.17 می شود.

$$m = m_0 (1 - e^{-\alpha t}) \quad (7.17)$$

$$\alpha = \frac{Av}{V}$$

طبق رابطه ۷.۱۸ سرعت ترا سب به صورت نمایی با  $t$  کاهش می یابد و توسط پارامتر  $\alpha$  کنترل می شود.

$$\frac{dm}{dt} = m_0 \alpha e^{-\alpha t} \quad (7.18)$$

اگر  $\alpha$  بزرگتر باشد سرعت اولیه EPD بیشتر است اما سرعت ترا سب سریعتر کاهش می یابد.

# کاربرد های EPD

EPD تکنیکی مناسبی است :

برای تراسب پوشش های مواد معدنی غیر آلی بر روی سیم های فلزی برای فیلامنتها و کاند ها.

سرامیک های بی شکل مثل  $Al_2O_3$  و  $MgO$  ، الکترولیت های  $\beta$ -Alumina برای بانریهای سولفور - سدیم.

ceramic.blog.ir

تراسب روی ابر رسانا های High-T<sub>c</sub> و  $ZrO_2$  پایدار شده با  $Y_2O_3$  (ysz) بعنوان الکترولیت برای سل های سوختی اکسیدی ، کامپوزیت های لایه ای  $ZrO_2$  پایدار شده با  $Y_2O_3$  با سطح مقطع استوانه

## CO EXTRUSION =7

این روش بر اساس فرایند اکستروژن یک پودر حاوی ماده ترموپلاستیک پلی مری اخیراً برای شکل دهی سرامیک های با ریز ساختار بافتی استفاده می شود.

شمانیک روش در شکل ۷.۳۶ آمده است.

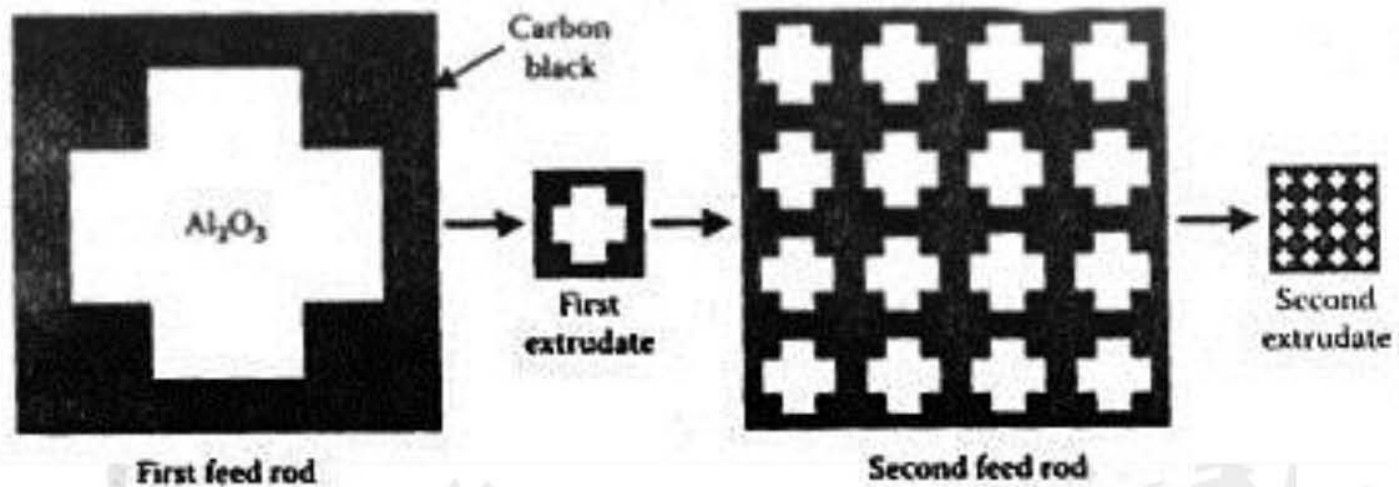


FIGURE 7.36 Illustration of the formation of fine-scale features by coextrusion.

مخلوطی از ذرات **سرامیکی** (مثلاً  $Al_2O_3$ )، **پلی مر ترموپلاستیک** (مثلاً اتیلن وینیل استات) و **کمک کننده به فرایند مثلاً پلی اتیلن گلیکول** با وزن مولکولی پایین بعنوان پلاستی سایزر شامل ۵۰٪ حجمی ذرات به شکل ماده تغذیه کننده میله ای شکل (تغذیه به شکل میله) با آرایش لازم از فاز سرامیکی توسط اکستروژن در اکسترودر پیستونی یا لایه ای شکل داده می شود.



اکستروژن تغذیه ای میله یا نوار معمولا در دماهای در محدوده ۱۰۰ تا ۱۵۰ از طریق قالب در یک اکسترودر پیستونی با سطح مقطع کوچکتر با قطری که تقریبا ۵ برابر کوچکتر نسبت به میله تغذیه است و با یک کاهش در مقیاس ساختاری دستگاہ انجام می گیرد.

ماده تولید شده پس از اولین اکستروژن به طول های مناسب بریده شده و مجددا به صورت یک میله تغذیه جدید در می آید.

ceramic.blog.ir

تکرار اکستروژن بدنه اکستروود شده با ظاهر ساختاری مورد نظر در مقیاس کوچک شکل می گیرد.

co extrusion خوب و موفق تابع کنترل خواص **رئولوژی ماده تغذیه** و **پارامتر های اکستروژن** است تا یک بدنه اکستروود شده با یکنواختی مورد نیاز ایجاد شود.

ceramic.blog.ir

پس از اکستروژن نهایی بدنه اکستروود شده به شکل دلخواه فشرده شده سپس حرارت داده می شود تا بایندر و سایر افزودنی ها تجزیه شوند و برای ساخت قطعه نهایی سبتر می شوند.

# ۱- فرم دهی تزریقی

شکل دهی در این روش شامل مراحل زیر است:

1. انتخاب پودر و چسب
2. مخلوط سازی پودر با چسب
3. تولید ماده تغذیه همگن به شکل گرانول
4. تزریق بدنه خام
5. حذف بایندر
6. سبتر

**فرایند چسب زدایی نسبت به سایر روش های شکل دهی تفاوت عمده ای دارد**

**(مثلا نسبت به روش ریخته گری نواری)**

**بنا بر این بایستی فاکتور های کلیدی در آماده سازی تغذیه و فرم دهی تزریقی بدنه های خام داشته باشیم**

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)

## ویژگی های اصلی این روش نسبت به اکستروژن

۱. سرعت تولید بالا
۲. قابلیت شکل دهی شکل های پیچیده با تلورانس ابعادی کم
۳. نیاز اندک به ماشینکاری
۴. یکنواختی ریز ساختار
۷. کمتر بودن نسبی عیوب

### کاربردها

روش تزریقی نسبت به اکستروژن اخیرا پیشرفتهای قابل توجهی داشته است.

در صنایع الکترونیک (پکیج ها)، سرامیک های ترمومکانیکی، سوپاپ، دیرگداز ها، ماهیچه های سرامیکی و... ضخامت قطعات تولیدی کمتر از ۱ سانتی متر اما برای دیرگداز ها با ضخامت ۲ تا ۳ سانتیمتر قابل تولید است.

# ویژگی پودر در روش تزریقی

۱- اندازه ذره کوچکتر برای حفظ شکل ظاهری قطعه در حین بایندر زدایی و سببتر سود مند است.

۲- پودر ریز ویسکوزیته مخلوط را افزایش داده و حذف چسب از قطعه شکل داده شده آرامتر است.

۳- توزیع ذرات گسترده تر منجر به افزایش فشردگی و استحکام خام و کاهش انقباض حین سببتر می شود. اما معایب آن سرعت آهسته تر حذف بایندر، سببتر تمایل به جدایش پیدا می کند و ریزساختار در حین سببترینگ غیر یکنواخت می شود.

۴- شکل ذرات: کروی بودن شکل ذرات (یا هم محور بودن) منجر به افزایش فشردگی و کاهش ویسکوزیته مخلوط می شود

# ویژگیهای پودر مناسب در روش شکل دهی تزریقی

۱- پودر equiaxial عاری از آگلومره های سخت

۲- میانگین اندازه ذرات کمتر از  $10\ \mu\text{m}$  تا  $1\ \mu\text{m}$

۳- توزیع اندازه ذرات باریک

۴- دانسیته فشردگی بالاتر از ۶۰%

# سیستم چسب مورد استفاده در روش تزریقی

در سرامیک های سنتی رس این نقش را ایفا می کند.

انتخاب خوب سیستم چسب برای موفقیت در این روش بسیار با اهمیت است بنابراین:

۱- چسب باید خواص رئولوژیکی بسیار مطلوبی داشته باشد برای تغذیه ماده تا اجازه تشکیل و شکل دهی پودر به شکل دلخواه داده شده و نهایتا بطور کامل از بدنه خارج شود.

۲- (قبل از سبتر) بدون اینکه قطعه صدمه دیده باشد

۳- یک چسب خوب باید علاوه بر رئولوژی مناسب، ویژگی های بایندر زدایی و شیمیایی مناسب داشته باشد.

۴- عدم آلودگی زیست محیطی

۵- داشتن قیمت پایین.

اغلب مشکل اینست یک نوع چسب پیدا شود که همه ویژگیهای مورد نیاز را پوشش دهد



# اجزای سیستم چسب-چسب اصلی

بنابر این عملاً سیستم بایندر مخلوطی از سه جزء است:

**بایندر اصلی، بایندر فرعی** و عامل **کمک کننده**.

**بایندر اصلی** با وزن مولکولی بالا، چسبندگی خوب به ذرات در حین شکل دهی و بایندر زدایی می دهد اما  $\eta$  مخلوط را افزایش می دهد. رئولوژی ماده تغذیه در حین تزریق به قالب را برای ایجاد **بدنه عاری از عیب** کنترل می کند

همچنین **استحکام خام بدنه** را کنترل می کند.

## سیستم چسب - چسب فرعی

**بایندر فرعی** با  $\eta$  پایبتر و ویژگیهای مکانیکی قابل قبول و وزن مولکولی پایین به ایجاد تخلخل برای بایندر زدایی کامل کمک می کند.

برای اصلاح رفتار جریان پذیری ماده تغذیه برای پر کردن خوب قالب از آن استفاده می شود.

برای مثال حذف بایندر فرعی (توسط انحلال یا پیرولیز) قبل از بایندر فرعی، یک شبکه از تخلخل را ایجاد نموده بطوریکه تجزیه محصولات بایندر اصلی بتواند راحت تر حذف شود.

(با ایجاد شبکه متخلخل حذف بایندر اصلی راحت تر می شود)

## سیستم چسب - عامل کمک کننده

**کمک کننده** به فرایند ممکن است شامل مقادیر جزئی و کوچکی از **پلاستی سایزر** برای کاهش  $T_g$  بایندر های ترمو پلاستیک باشد.

تر کننده نیز کاهش تر شوندهگی بین سطوح ذرات و پلی مر مذاب را انجام می دهد.

**چرب کننده** (روغن پارافین یا استئارات ها) اصطکاک بین ذرات و دیواره قالب را می کاهد.

آب پلاستی سایزر رس هاست. مولکول های آلی با وزن مولکولی پایین  $T_g$  پلی مر را کاهش داده و سبب افزایش داکتیلیتی در دمای شکل دهی می شوند

# مثالهایی از سیستم چسب

چند سیستم بایندر در روش تزریقی برای سرامیک ها استفاده می شود و ممکن است بر اساس **بایندر اصلی** و ترکیب آنها به پنج گروه تقسیم بندی شوند.

۱. ترکیبات ترموپلاستیک.

۲. ترکیبات ترموست

۳. سیستم های بر پایه آب

۴. سیستم های ژلاسیون

۵. معدنی ها.

## مثالهایی از سیستم چسب

از میان آنها ترکیبات **ترمو پلاستیک** بطور وسیعی استفاده می شوند و بیشتر که شامل پلی مر های تجاری مرسوم مانند **پلی استایرن**، **پلی انیلن**، **پلی پروپیلن**، **پلی وینیل استات** و **پلی متیل اکریلات** می باشند.

TABLE 7.9

Thermoplastic Binder Systems for Ceramic Injection Molding

Major Binder	Minor Binder	Plasticizer	Other Additives
Polypropylene	Microcrystalline wax	Dimethyl phthalate	Stearic acid
Polyethylene	Paraffin wax	Diethyl phthalate	Oleic acid
Polystyrene	Carnauba wax	Dibutyl phthalate	Fish oil
Poly(vinyl acetate)		Dioctyl phthalate	Organo silane
Poly(methyl methacrylate)			Organo titanate

# شکل دادن پیشرفته سرامیکها

جمله فصح

# مخلوط پودر بایندر

نسبت پودر به بایندر یکی از پارامتر های کلیدی برای فرم دهی تزریقی موفق است.

میزان بایندر خیلی کم در مخلوط منجر به افزایش ویسکوزیته و تشکیل بسته های هوایی حبس شده می شود.

هر کدام از این عوامل (**η و حبس هوا**) منجر به مشکل شدن قالب گیری می شود.

## مخلوط پودر بایندر

از طرف دیگر مقادیر زیاد بایندر منجر به **غیر یکنواختی ریز ساختار** در قطعه شکل داده شده و تغییر شکل در حین سوختن بایندر می شود.

اگر  $f_m$  حداکثر فشردگی ذرات باشد (جزء حجمی ذراتی است که همدیگر را لمس کرده اند) جریان پذیری غیر ممکن است. بنابراین در روش تزریقی جزء حجمی ذره واقعی  $f$  زمانی قابل استفاده است که حد اقل ۵ تا ۱۰٪ حجمی پایین تر از  $f_m$  است.

ویسکوزیته نسبی  $\eta_r$  (ویسکوزیته مخلوط تقسیم بر ویسکوزیته پودر بدون پلی مر)

$$\eta_r = \left( \frac{1 - 0.25 \frac{f}{f_m}}{1 - \frac{f}{f_m}} \right)^2$$



# مخلوط پودر بایندر

این بدان معنی است که برای پودری که خوب پراکنده شده باشد ذرات توسط لایه نازکی از پلی مر (ضخامت  $\approx 50 \text{ nm}$ ) در حین شکل دهی از هم جدا می شوند که منجر به جریان پذیری مناسب مخلوط می شود.

جزء حجمی ذرات  $f$  در مقایسه با بایندر، تابع توزیع اندازه ذره، شکل ذره و میزان ذرات کوچکتر از  $1 \mu\text{m}$  است.

برای ذرات هم محور (equiaxial) بزرگتر از  $1 \mu\text{m}$ ،  $f$  در محدوده  $0.60$  تا  $0.75$  است.

## مخلوط پودر بایندر

مخلوط سازی غیر یکنواخت و شکست ناقص آگلومره های پودر،  $\eta$  را تحت تاثیر قرار داده و سبب ایجاد مشکلاتی در مراحل مختلف شکل دهی می شود.

استفاده از تنش های برشی بالا بر مخلوط کن در حین مخلوط سازی آگلومره های باقی مانده را حذف می کند.

پس از مرحله مخلوط سازی مخلوط سرد شده از طریق آسیاب برشی (cutting mill) به گرانول تبدیل می شود (در حد قطر چند میلی متری)

گرانول ها، ماده تغذیه شونده برای قالب گیری است.

مثال هایی از ترکیبات مختلف برای تغذیه روش تزریقی در جدول ۷.۱۰ آمده است.

**TABLE 7.10**  
**Examples of Ceramic Injection-Molding Feed Materials**

<b>Component</b>	<b>Composition (wt%)</b>	
<b>Powder</b>	1- $\mu\text{m}$ $\text{Al}_2\text{O}_3$ (85)	20- $\mu\text{m}$ Si (82)
<b>Major binder</b>	Paraffin wax (14)	Polypropylene (12)
<b>Minor binder</b>		Microcrystalline wax (4)
<b>Other additives</b>	Oleic acid (1)	Stearic acid (2)

## رفتار رئولوژی و مخلوط سازی

رفتار رئولوژی نوده خمیری بایستی به گونه ای باشد که اجازه جریان پلاستیک داده شود تا شکل دهی مطلوب انجام گیرد.

همچنین باید اجازه پر شدن از طریق منفذ انتقالی به قالب وجود داشته باشد تا در حین جابجایی تغییر شکل ندهد.

رفتار shear-thinning دارای تنش تسلیم جریان پذیری، رفتار رئولوژی خمیر است.

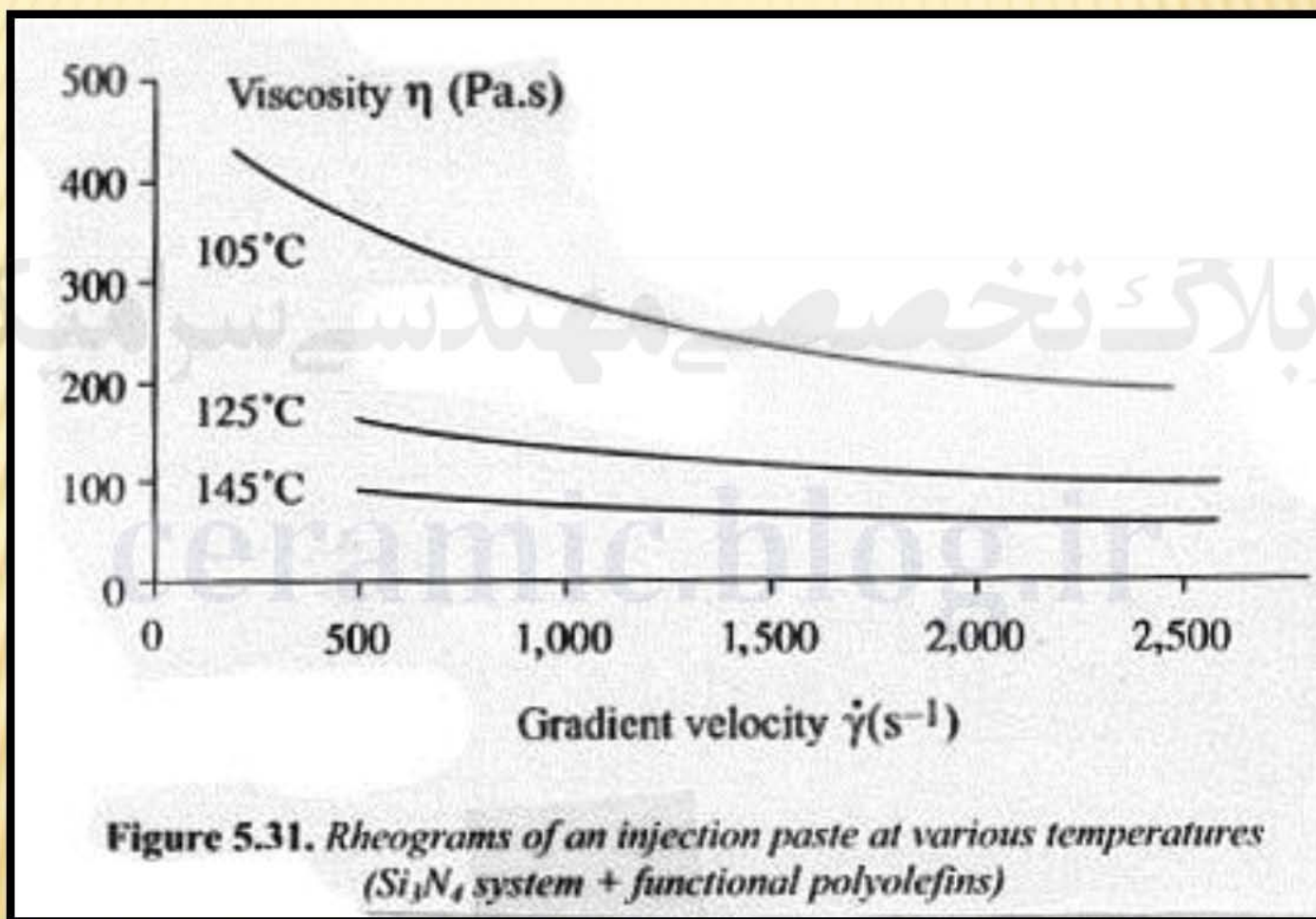
# رفتار رئولوژی و مخلوط سازی

۱. در حین مرحله مخلوط سازی (با سرعت متوسط) ویسکوز شود که پراکنده سازی خوبی را تحت نیروی برشی بالا مطمئن می سازد.

۱۱. در حین مرحله تزریق جریان پذیرتر شود (در سرعت برشی بالا) - برای جبران جریان پذیری و پر کردن قالب

۱۱۱. پس از شکل دهی ۱۱ بالایی داشته باشد (در سرعت برشی صفر)

رفتار رئولوژی در شکل ۵.۳۱ آمده است.



## مخلوط سازی

در این مرحله باید یک مخلوط یکنواخت بدون آگلومره و با درصد بالایی از ذرات سرامیکی ایجاد شود

مخلوط سازی اثر بسیار مهمی بر ریز ساختار بدنه خام دارد و امکان ایجاد عیوب نیز در این مرحله موجود است (ترکها و تنشهای پسماند) بطوریکه امکان از بین رفتن مجدد این عیوب در حین سیتترینگ وجود ندارد

در حالتی که افزودنی های آلی قابل ذوب در اثر حرارت استفاده می شود فاز آلی در مخلوط به راحتی ذوب شود

## مخلوط سازی

فاز مابعد ذرات سرامیکی را پوشانده و بتدریج یک مخلوط ویسکوز را تشکیل می دهد که در اثر تنش های برشی بالای اعمالی با مخلوط کن یکنواخت می شود  
نوجه :

آب فیزیکی جذب شده بر سطح ذرات سرامیکی بایستی قبلا حذف شده باشد برای راحتی یکنواختی ذرات در عوام الی آب گریز



# مخلوط سازی

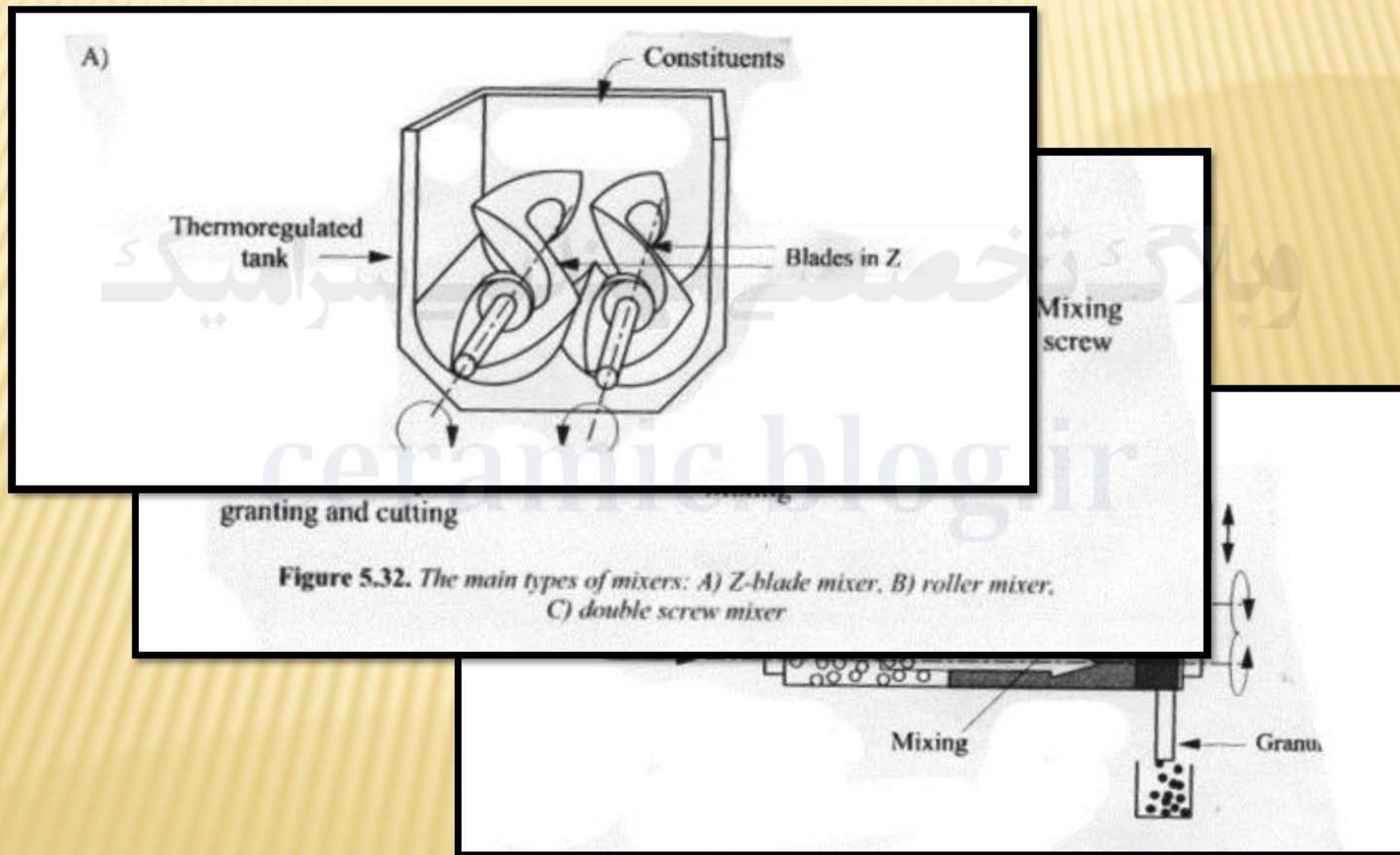
سه نوع از مخلوط کن ها بطور عملی استفاده می شوند. (۵.۳۲)

a- مخلوط کن با تیغچه z

b-مخلوط کن غلطکی (در آن مخلوط کن بین دو رولر یا غلطک حرارت داده شده که بین آن فاصله قابل توجهی موجود است و با سرعت های مختلف می چرخند.)

c- مخلوط کن دو حلزونی که در اصل در تکنیک های اکستروژن استفاده می شود

## مخلوط سازی - انواع مخلوط کن ها



# مخلوط سازی

مخلوط سازی بمنظور حذف حباب های هوا تحت خلا انجام می شود.

پارامتر های اصلی آزمایشگاهی مربوط به مرحله ای است که اجزا اضافه می شوند.

حجم پودر مصرفی در روش تزریقی به ۴۰ تا ۵۰% و ۶۰% حجمی می رسد.

مخلوط بدست آمده در انتهای مخلوط سازی عموماً توسط اکستروژن از میان یک شبکه یا با خرد کردن بصورت گرانول در می آید.

# مخلوط سازی

گرانول ها در مخزن (hopper) نگهداری می شوند.

در حالتی که مخلوط خیلی سیال است(فرایند تزریق با فشار پایین) در برخی موارد ترجیح بر آنست که مخلوط در دمایی که در حالت سیال است باقی بماند(برای ریختن به تانک ماشین تزریق)

نهایتا در نظر داشته باشیم که با مخلوط سازی مطلوب ممکن است در اثر خوردگی و ساییدگی اجزای فلزی ناخالصی هایی وارد فرمولاسیون شوند.

استفاده از روانساز مانند اولوین، استئارات ها این آلودگی ها را کاهش می دهد.

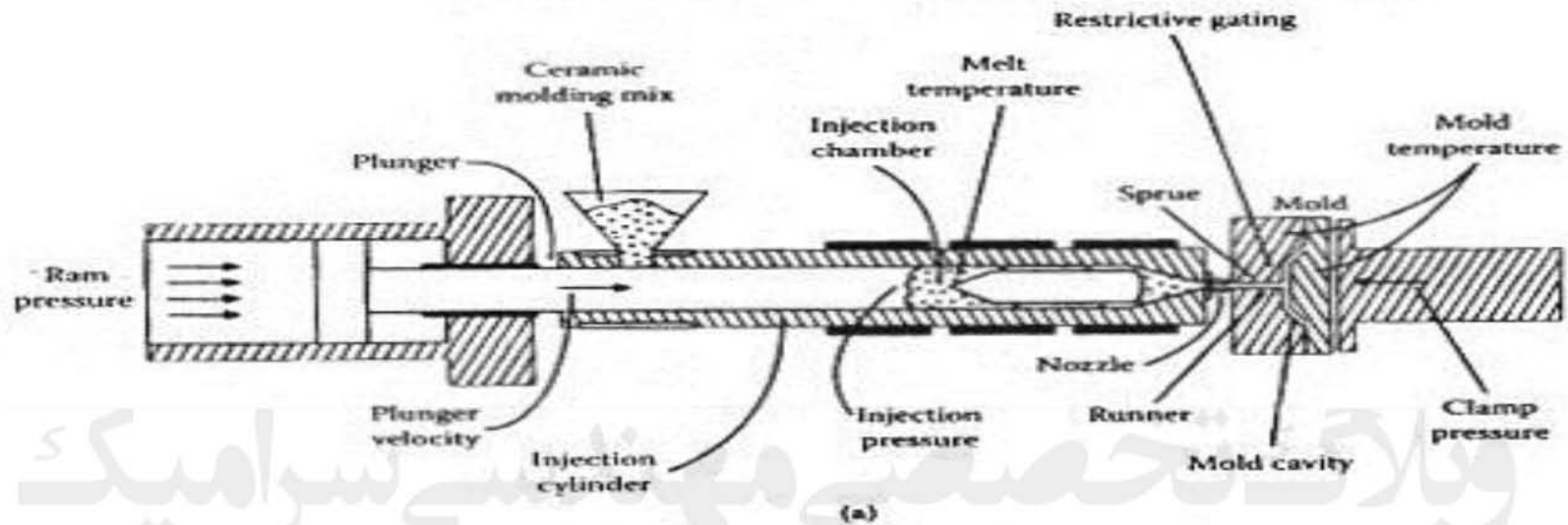
# قالبگیری تزریقی

در مقایسه با روش تزریق پلاستیک ها با سرامیک ها ، کنترل فرایند مشکل تر است زیرا:

دانسیته ، ویسکوزیته ، هدایت حرارتی و مدول الاستیک بالاتر برای مخلوط پودر پر شده  
توسط پلی مر

سرعت سرمایش مختلف اجزای همزمان با تافنس شکست کمتر در مرز ذره - پلی مر  
باعث می شود که قطعه شکل داده شده تمایل به ترک پیدا کند

شکل ۷.۳۷ یکدستگاه تزریق و برخی از پارامتر هایی که مرتبط با این روش است را نشان می دهد.



Fundamental variable	Machine variable
Material temperature	Melt temperature Injection pressure Plunger velocity Mold geometry Mold temperature
Flow rate (shear rate)	Plunger velocity Mold geometry Injection pressure
Cavity pressure	Injection pressure Melt temperature Plunger velocity Mold geometry
Cooling rate	Melt temperature Mold temperature

(b)

**FIGURE 7.37** (a) Schematic of a plunger injection-molding machine identifying the principal machine variables; (b) relation of fundamental injection-molding variables to plunger machine variables. (From Mangels, J.A. and Trela, W., *Ceramic components by injection molding*, in *Advances in Ceramics, Vol. 9: Forming of Ceramics*, Mangels, J.A., Ed., The American Ceramic Society, Columbus, OH, 1984, p. 220. With permission.)

# قابگیری تزریقی

تغذیه مواد بصورت گرانول وارد دستگاه شده

از طریق مدخل ورودی توسط حلزون یا پیستون به محفظه تزریق فرستاده شده  
در آنجا حرارت داده می شود تا بصورت توده خمیری شکل در آید.

سپس تحت فشار وارد مدخل قالب می شود.

زمانی که مدخل قالب پر شد قالب سرد شده و بدنه خام به بیرون فرستاده  
می شود.

## قابگیری تزریقی

اِپتیمایز کردن تعداد زیادی از پارامترها کار  
مشکلی خواهد بود. بطور کلی قالب گیری  
تزریقی بهترین روش برای **شکل دهی قطعات**  
**کوچک با شکل های پیچیده** است.



## قابگیری تزریقی

مخلوطی که در اثر حرارت گداخته می شود (تغذیه) در یک محفظه حرارت داده شده و از طریق یک لوله با قطر کم وارد قالب می شود، جاییکه پایین تر از دمای ذوب مخلوط است.

پس جامد شدن (انجماد) قطعه از قالب بیرون می آید.

میزان فشار اعمالی در این روش دو نوع تکنیک را تعیین می کند: **فرم دهی تزریقی با فشار بالا و فشار پایین.**

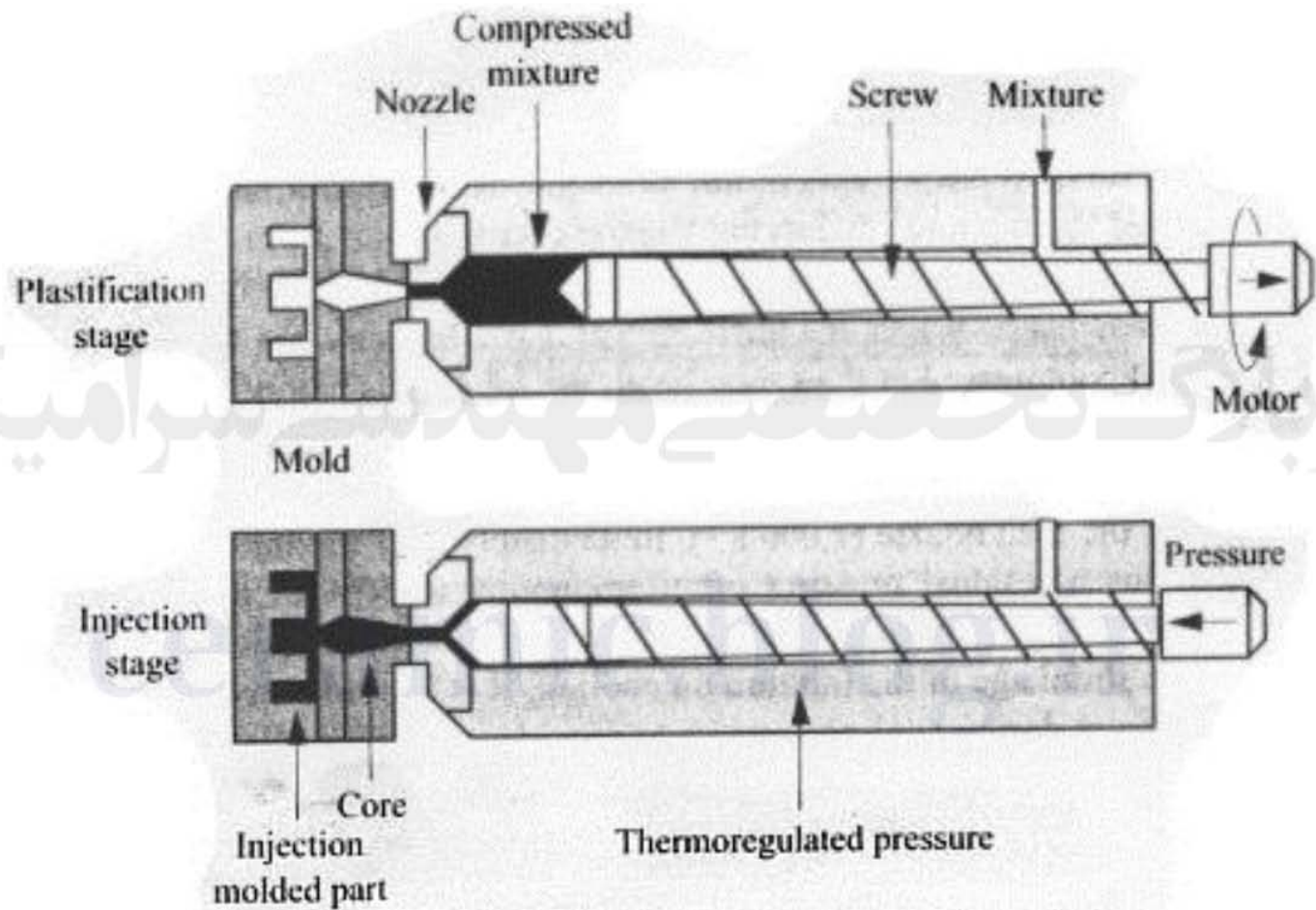
## قابگیری تزریقی

نوع فشار بالا که اغلب استفاده می شود، ایده آن از تکنولوژی تزریق پلاستیک گرفته شده است.

پلیمرهای ترموپلاستیک با نقطه ذوب بالا که به شکل یک توده خمیری شکل است به فشار بالا نیازمند است (۵۰ تا ۳۰۰ MPa).

این فشار را اغلب توسط سیستم پیستون / حلزون (شکل ۵.۳۵) اعمال می شود.

حلزون مواد اولیه را از قسمت تغذیه حمل کرده و در قسمت کلگی (ورود به قالب) فشرده میسازد.



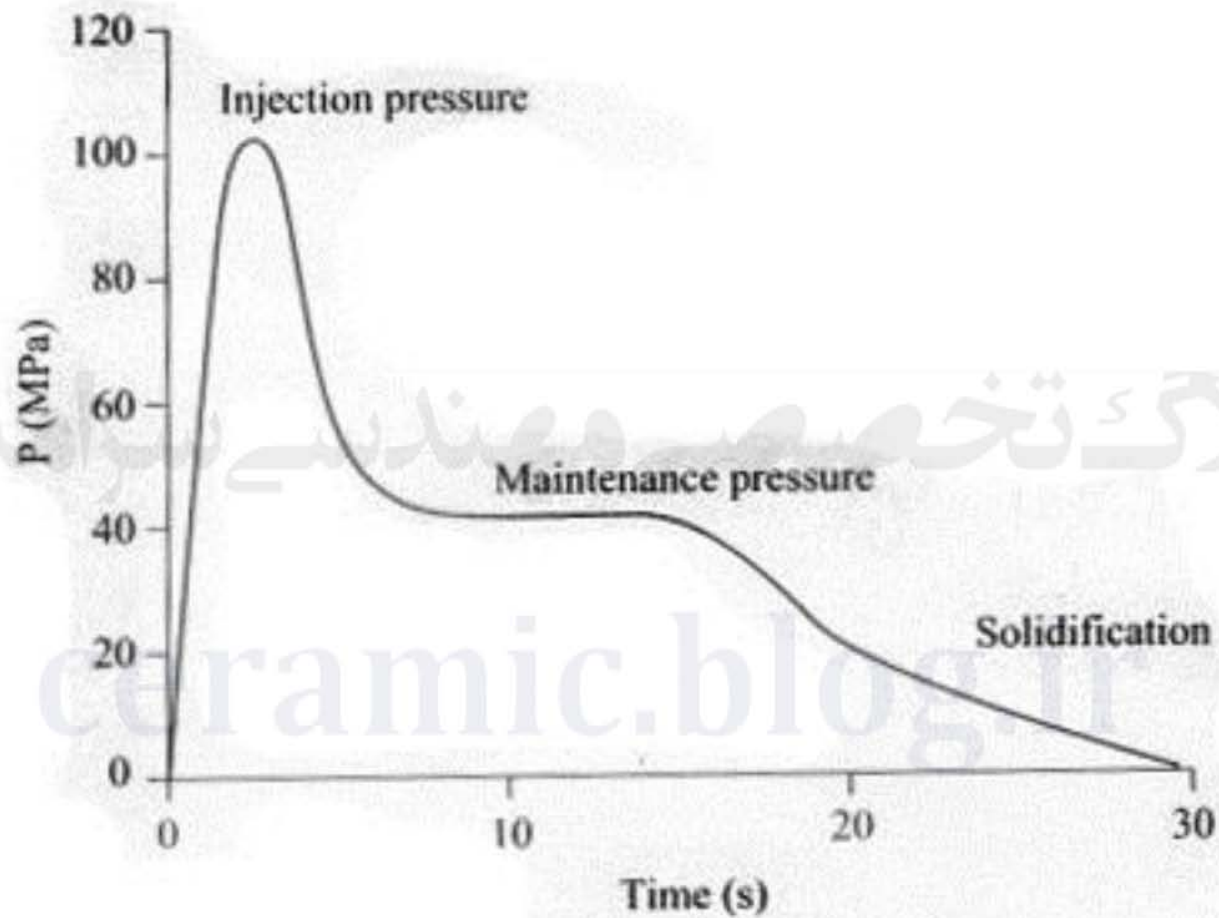
**Figure 5.35.** *Principle of high pressure injection molding*

## تزریق پلاستیک

زمانی که حجم مخلوط مورد نیاز برای تزریق پلاستی سایزر شده و در کلگی فشرده شد، چرخش متوقف شده و حلزون مانند یک پیستون عمل کرده تا تزریق مخلوط به داخل قالب از طریق نازل تغذیه انجام شود.

فرآیند فشار تزریق و سرعت جریان منتج شده در سرعت برشی خیلی بالایی در نازل تغذیه انجام می گیرد ( $S^{-1} = 71000$ ).

بلافاصله پس از تزریق، حلزون در حالتی باقی می ماند که فشار باقی مانده اغلب حدود ۵۰% حجم فشار تزریق باشد (شکل ۵.۳۶).



**Figure 5.36.** Typical evolution of the pressure in the injection mold during a manufacturing cycle of a piece

## تزریق پلاستیک

در حقیقت فشار در قالب سریعاً کاهش می یابد زیرا ماده مخلوط در حین سرد شدن منقبض می شود.

بنابراین لازم است که فشار باقی مانده در حین سرماییش بمنظور پر کردن قالب با ماده اضافی اعمال شود

دمای مخلوط در حین تزریق حدود  $100$  الی  $220^{\circ}\text{C}$  (با توجه به نوع پلیمر) خواهد بود.

دمای قالب عموماً  $60$  تا  $80$  درجه سانتی گراد گرم می شود. هدف از این کار جلوگیری از سرد شدن سریع بخش خارجی قطعه که در تماس با دیواره های فلزی قالب است می باشد.

## تزریق پلاستیک

بدلیل حساسیت دمایی پلیمرها و جلوگیری از حصول عیوب یا ایجاد مجدد آن در حین فرآیند، لازم است که در سیکل دما و فشار کنترل بسیار جدی انجام شود.

از طرفی با توجه به طبیعت خورنده سرامیکها بویژه در بخش استوانه (دیواره ها) و حلزون برای محدود کردن آلودگی ترکیب سرامیک باید توجه ویژه داشته باشیم.

قیمت تجهیزات فشار بالای دستگاه تزریق نسبتاً بالاست و این یکی از مضرات تکنیک است.

## قابگیری تزریقی

در نوع فشار پایین نوع بایندها متفاوت از نوع فشار بالاست.

این بایندها اجازه ساخت قطعات سرامیکی با محدودیت کمتر فشار و دما را می دهد.

فاز آلی شامل پارافین ها، واکسها و سایر بایندها با نقطه ذوب پایین و ویسکوزیته کم مانند اتیل-وینیل-استات (EVA) می باشند.



در نوع فشار متوسط، اجزاء توسط تزریق تحت فشار ۱ تا ۵ MPa توسط پیستون اعمال می شود (شکل ۵.۳۷).

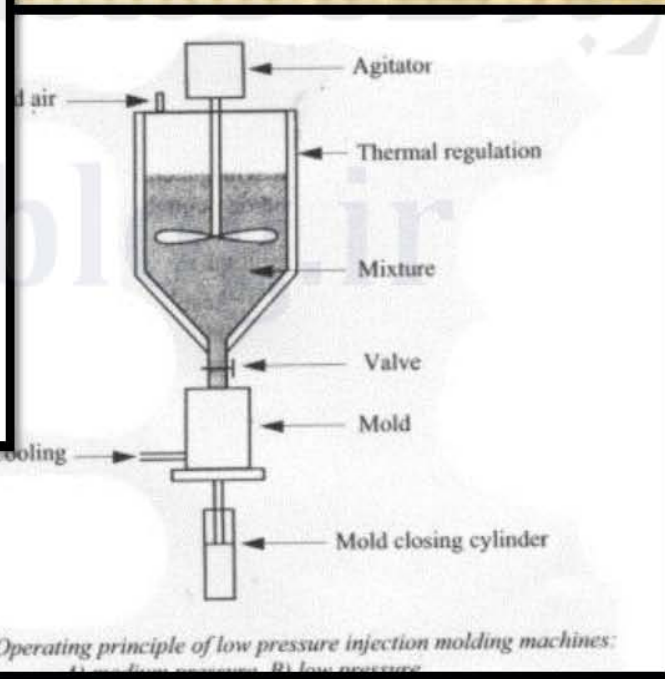
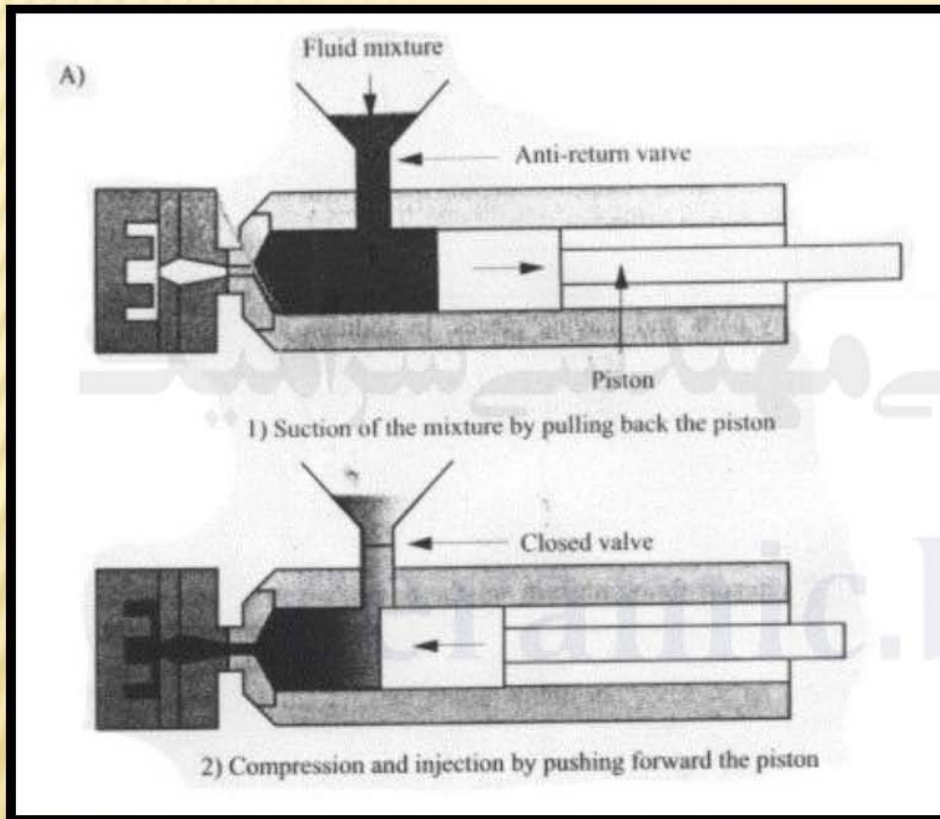


Figure 5.37. Operating principle of low pressure injection molding machines: A) low pressure, B) low pressure.

در نوع فشار پایین ( ۰.۶ تا ۰.۸ MPa ) مخلوط توسط هوای فشرده به قالب رانده می شود (شکل ۵.۳۷b).

## قابگیری تزریقی

در هر دو حالت فشار متوسط و پایین دمای تزریق بالاتر از  $130^{\circ}\text{C}$  افزایش نمی یابد

در این فرآیند از ماده با قیمت ارزان استفاده می شود-در مقایسه با فشار بالا- بدلیل شرایط دمایی و فشاری که پایین تر هستند و تنشهای اعمال شده بر ماده بطور قابل توجهی کمتر هستند.

البته از لحاظ ظرفیت، بهبود ترکیب با ویسکوزیته پایین و اطمینان از پرشدن قالب، بدون اطمینان از خواص مکانیکی قطعه در حین بایندر زدایی، همگی از موارد مضرات این فرآیند است.

## قابلیت تزریقی - عیوب مرسوم در این روش

عیوب مرسوم در این روش از یک طرف مربوط به آماده سازی ضعیف و انتخاب نادرست مخلوط است و از طرفی دیگر مربوط به انتخاب نادرست پارامترهای شکل دهی (فشار، دما، زمان، شکل اجزا و ...).

برای مثال تر شدن ضعیف پودر با فاز آلی، در مرحله پلاستی زاسیون جدایش بایندر - پودر می تواند نتیجه شود، در مهاجرت بایندر داخل قطعه در حین تزریق برای پر شدن قالب همگی مفاهیم غلط در فرمولاسیون روش تزریق است یا چسبندگی ناکافی قطعه شکل داده شده.

جدایش پودر - بایندر منجر به افزایش اصطکاک بین مخلوط و دیواره های فلزی می شود.

این تنشها در حین فرآیند خشک شدن یا در بایندرزدایی منجر به ایجاد ترک یا دفرماسیون قطعه می شود.

## قابگیری تزریقی - عیوب مرسوم در این روش

مخلوط سازی نادرست منجر به ایجاد آگلومره هایی می کند که منجر به انقباض افتراقی شده و تنشهای باقی مانده ایجاد می شود.

هواگیری نا کافی مخلوط حین پلاستی زاسیون منجر به ایجاد تخلخلهای بزرگ می شود.

در نهایت کیفیت سطحی پایین و ضعیف حلزونی و قالبهای تزریق در سطح ظاهری قطعه ایجاد عیوب می کند.

# شکل دادن پیشرفته سرامیکها

جلسه نهم

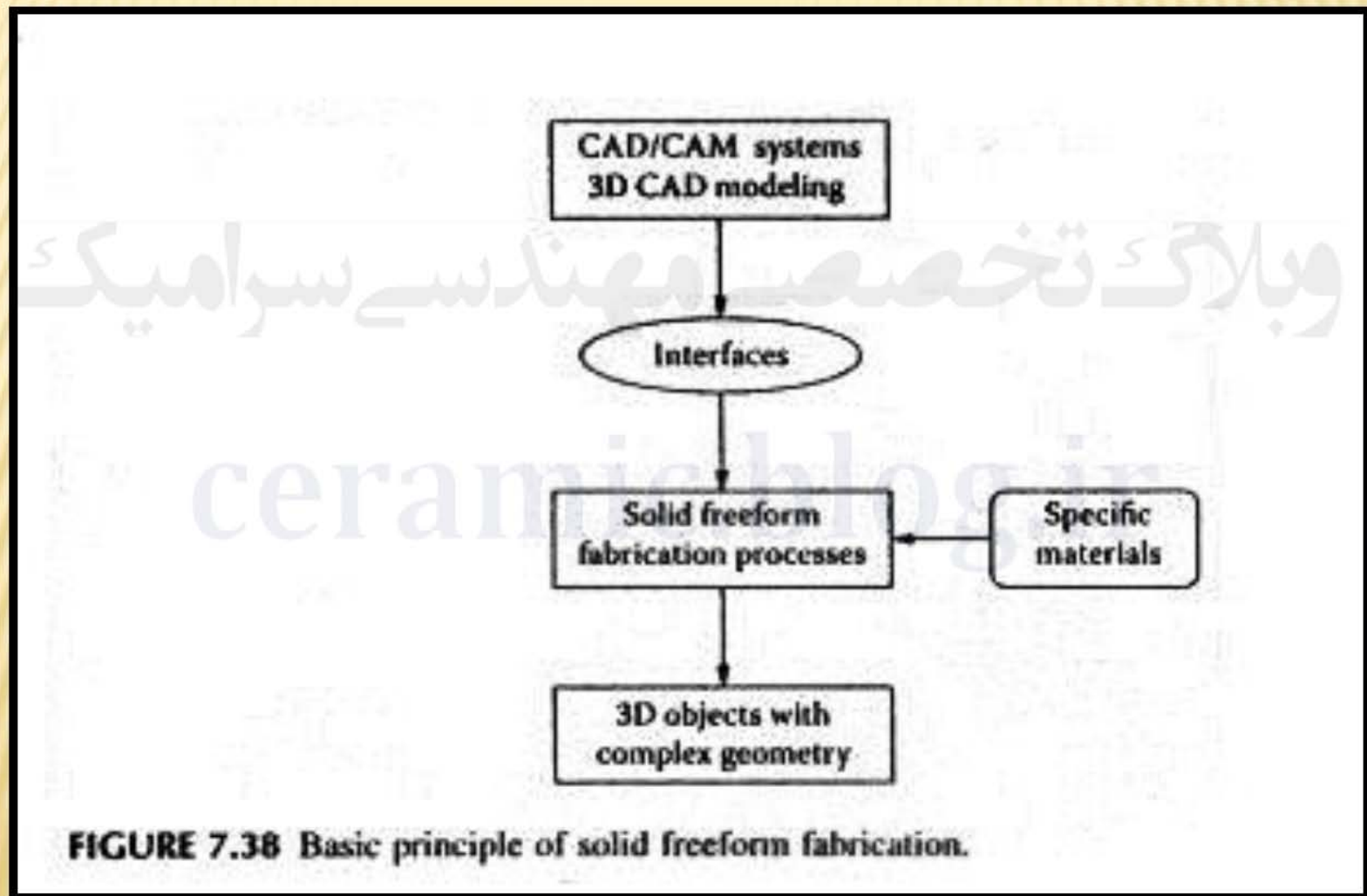
## SOLID FREEFORM CASTING ساخت بدون استفاده از قالب

SFF یکی از تکنولوژی های فرایند ساخت است که اجازه ساخت اجزای مختلف با هندسه پیچیده را با استفاده از طراحی کامپیوتری CAD (Computer Aided Design) بدون استفاده از اجزای فرم دهی سنتی (مثل قالب) می دهد.

پایه این روش در شکل ۷.۳۸ آمده است.

یک prototype اجزای فیزیکی برای ساخت را که بر اساس سیستم CAD مدل سازی شده ارائه می دهد.

# SOLID FREEFORM **ساخت بدون استفاده از قالب** CASTING



**FIGURE 7.38** Basic principle of solid freeform fabrication.

## SOLID FREEFORM CASTING ساخت بدون استفاده از قالب

مدل در مرحله بعدی به یک فرمتی که توسط کامپیوتر انالیز شده تبدیل می شود.

مدل در مقاطع عرضی مختلف تبدیل می شود.

مقاطع حاصل شده بطور متقارن در مرحله تولید در برنامه کمکی کامپیوتری بازیافت شده و تولید مجدد می شود.

بطوریکه این مرحله شامل مواد و تجهیزات مناسب برای تولید یک پروتوتایپ سه بعدی واقعیت



## SOLID FREEFORM CASTING ساخت بدون استفاده از قالب

تکنولوژی SFF طرحی برای جایگزینی تکنولوژی ساخت سرامیک های سنتی نیست.

مزایا:

تکنولوژی تولید سریع پروتوتایپ اجزا کپی شده برای مراحل تولید، ارزیابی طراحی، خوب انجام دادن آزمایش های محدود و پیشرفته فرایند ساخت است.

ceramic.blog.ir

بنابراین روش SFF انعطاف پذیری خوبی را برای تولید اجزای با شکل های پیچیده و ساختارهایی که امکان آن با سایر روش های فرم دهی ممکن نیست از خود نشان دهد

## SOLID FREEFORM CASTING ساخت بدون استفاده از قالب

تکنیک های متنوع وسیعی شامل مایع ها پودر ها و لایه ها برای SFF در دسترس است.

از آنجای که در SFF ۱۹۸۰ سرامیک ها از پیشرفت قابل توجهی نسبت به تکنیک های بر پایه سوسپانسیون برخوردار بود بسیار مفید تر واقع شد.

بطور کلی تکنیک های SFF روش هایی را برای شکل دهی بدنه های خام با شکل های پیچیده که از ماد تغذیه شونده مثل ذرات پر شده با پلی مر ها پودر ها و سوسپانسیون ها استفاده می کند آماده می سازد.

## SOLID FREEFORM CASTING ساخت بدون استفاده از قالب

سوسپانسیون استفاده شده در SFF اغلب شامل مقدار قابل توجهی مایع است.

بنابراین خشک کردن سوسپانسیون رسوب کرده ممکن است مشکلاتی را در کنترل شکل ماکروسکوپی اجزا و یکنواختی دیواره های اجزا ایجاد کند

ceramic.blog.ir

از ذرات پلی مری بعنوان ماده تغذیه در بسیاری از تکنیک های SFF از ۴۰ تا ۷۰% حجمی استفاده شده. در نتیجه در مورد مشکلات بایندر زدایی که محدود کننده ضخامت است مشکلاتی ایجاد می کند.

# روشهای پرس همراه با سینترینگ

سه روش اصلی فشار همزمان با سینتر وجود دارند که شامل:

پرس داغ **Hot Pressing**، پرس داغ همه جانبه **Hot Isostatic**

**Pressing** و **Sinter Forging**

HP اغلب در سرامیکها مرسوم تر است.

اهمیت این روشها در افزایش سرعت نسبی متراکم شدن و رسیدن به بدنه با

دانشپته بالا و بافت ریز است

# سینتر فورجینگ

مشابه HP است اما بدون اینکه نمونه در قالب قرار گیرد.

گرنشهای محوری حاصل شده بطور قابل توجهی بزرگتر از HP است.

این روش بطور موثری برای تولید ریز ساختارهای با دانه های هم محور و طویل در ساختارهای لایه ای فروالکتريکها مثل نیتانات بیسموت قابل استفاده است.

برای پودرهای ریز استفاده از این روش حتی الامکان برای مدلهای دفرماسیون سوپرپلاستیک در حین سبترینگ فورجینگ امکان پذیر است.

# پرس داغ

HP یکی از روشهای ساده و مرسوم آزمایشگاهی برای آماده سازی نمونه های متراکم است.

فشار اعمال شده بر نمونه در قالب گرافیتی با استحکام بالا در محدوده  $50\text{ MPa}$  -  $25$  (در برخی موارد  $6.9\text{ MPa}$  الی  $69$  و برخی محققین تا فشار  $138\text{ MPa}$  نیز استفاده نموده اند).

در موارد نادر از قالبهای  $\text{SiC}$ ،  $\text{Al}_2\text{O}_3$  یا قالبهایی که بخش بیرونی فلزی آنها با الیاف مسلح شده است استفاده می شود.

واکنش قالب گرافیتی با نمونه می تواند توسط اسپری کردن داخل قالب گرافیت توسط BN کاهش یابد (اگر دمای فرآیند زیر  $1350^\circ\text{C}$  باشد)

**بالاتر از این دما BN با گرافیت واکنش می دهد.**

آسترکاری قالب گرافیتی با فویل گرافیتی برای محافظت و طولانی شدن زمان کارکرد قالب مفید است.

نمونه در حالت پودری در قالب HP فشرده شده یا در حالت کاملتر قطعه کاری ابتدا CIP می شود.

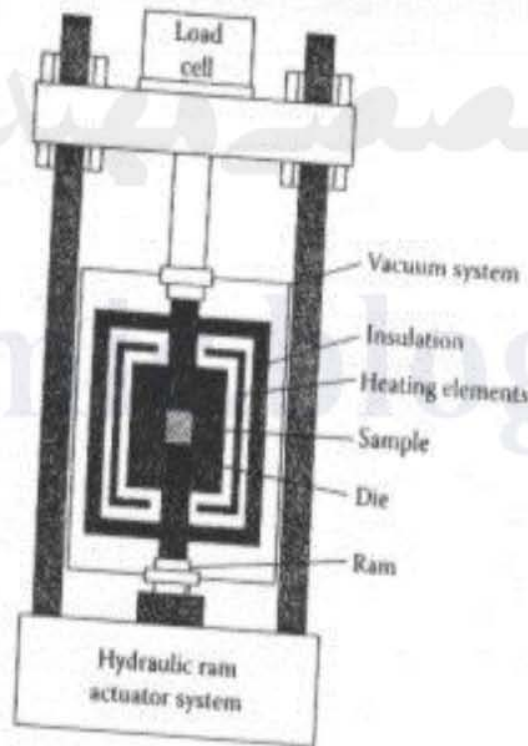


FIGURE 9.64 Schematic of the hot-pressing process. (Courtesy of L.C. De Jonghe.)

## پرس داغ

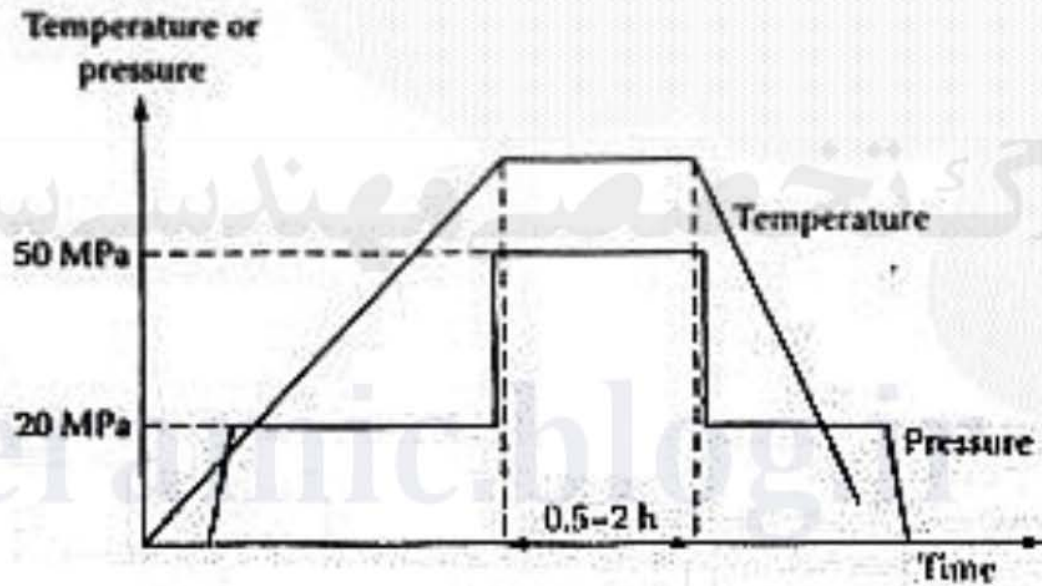
در فرآیند ابتدا فشار متوسط  $10-20$  MPa اعمال شده تا اینکه به دمای نهایی در HP برسد، سپس فشار تا مقدار مورد نیاز افزایش یابد.

در برخی موارد برای انتخاب دمای HP مناسب ممکن است از طریق منحنی سیترینگ با سرعت گرمایش ثابت بدست آید (برای پودر فشرده شده)، اما سعی و خطا لازم است.

شمانیک رفتار ترمومکانیکی در شکل ۹.۶۵ آمده است



# پرس داغ



**FIGURE 9.65** Pressure-temperature schedule for hot pressing with a high-strength graphite die.

# پرس داغ

## توجه

HP برای پودرهای خیلی ریزی که ابتدا خوب فشرده شده اند از کارایی کمتری برخوردار است.

برای پودرهای زیر میکرون، تنش ناشی از سبیتترینگ می تواند بطور قابل توجهی بزرگتر از فشاری باشد که قالب HP می تواند اعمال کند، بنابراین تنش اعمال در HP کمتر مفید است.

**البته شاید تنش اعمالی در فرآیند آرایش مجدد یا از بین بردن تخلخلهای بزرگ مفید** (محبوس شدن گازهای موجود در تخلخلها ممکن است در حین کاربرد سبب باد کردگی بدنه در دماهای بالا شود).  
**واقع شود.**

در حالتی که رسیدن به تراکم کامل مشکل است، **افزودنی هایی** که در سبیتتر استفاده می شود نیز قابل استفاده است.