

6.3 ADDITIVES AND CERAMIC FORMING

- برای دست یابی به شکل و کنترل packing uniformity مقداری افزودنی به میزان حداقل ضروری است

- افزودنی ها می تواند آلی یا معدنی و سنتز شده یا طبیعی باشند.
- *Organic additives* معمولتر هستند چون کاملاً می توانند قبل از تف جوشی خارج شوند.
- ,,

4 دسته اصلی افزودنی ها

- :
- (1) solvents,
- (2) dispersants (also referred to as deflocculants),
- (3) binders,
- (4) plasticizers

- انتخاب افزودنی بیشتر به صورت سعی و خطا است.

6.3.1 Solvents

- 1. Provide fluidity for the powder during forming.
- 2. Serve as solvents for dissolving the additives

- حلال ها آب است یا مواد آلی
- مواد آلی فشار بخار بالاتر، دمای جوش پایین تر و کشش سطحی پایین تر است

Powder and green body characterization

TABLE 6.6 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 Pas)	Latent heat of vaporization (kJ/g)	Boiling point (°C)	Flash point (°C)
Water	1.0	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
Acetone	0.781	21	25	0.3	0.55	56.0	-17
Methyl ethyl ketone	0.805	18	25	0.4	0.44	80	-1
Toluene	0.867	2.4	29	0.6	0.35	111	3
Xylene (ortho)	0.881	2	28	0.7	0.33	140	32
Trichloroethylene	1.456	3	25	0.4	0.24	87	None
<i>n</i> -Hexane	0.659	1.9	18	0.3	0.35	68.7	-23
Cyclohexanone	0.947	18	35	0.8	0.43	155	46
Mineral spirits	0.752					179–210	57

• انتخاب به عوامل زیر بستگی دارد

- : (1) the ability to dissolve other additives, (2) evaporation rate,
- (3) ability to wet the powder,
- (4) viscosity,
- (5) reactivity towards the powder,
- (6) safety
- (7) cost

- سرعت تبخیر بسیار مهم است زیرا
- از آب برای فیلم های نازک استفاده می شود

- گاهی مخلوطی از حلال ها استفاده می شود تا حلالیت و تبخیر را کنترل کنند.

- تر کنندگی مهم است

- این عامل با استفاده از حلال هایی الی یا اضافه کردن *surfactant (or wetting agent)* به آب ایجاد می شود

- تر کنندگی ضعیف باعث مشکلاتی نظیر foaming و افزایش در گرانیروی می شود

- محلول های ابی تمایل بیشتری به حباب زدن دارند

- آب به علاوه گرانیروی بالاتری دارد چون تمایل به ایجاد پیوند هیدرژنی با گروه های هیدروکسیل سطح پودر های اکسیدی دارند.

- سطح پودر های BaTiO_3 , AlN , and Si_3N_4 می تواند بوسیله آب واکنش دهد
- آب از نظر قیمت، ایمنی و دور ریز مناسب است.

6.3.2 Dispersants

- برای جدا نگاه داشتن ذرات به منظور افزایش حجم ماده جامد و کاهش گرانیروی لازم است

انواع پراکنده ساز

- 1. Simple ions and molecules
- 2. Short chain polymers with a functional head (or end) group, commonly referred to as *surfactants*
- 3. Low to medium molecular weight polymers

6.3.2.1 Simple Inorganic Ions and Molecules

- این نوع در محلول های آبی مهم است

این مواد از تجزیه محلول های غیر آلی مثل نمک ها، اسید ها و باز ها ایجاد می شوند که اغلب به عنوان الکترولیت استفاده می شود

- جذب انتخابی یکی از یونها روی سطح و ایجاد لایه دابل از یونها با بار مخالف باعث ایجاد دافعه بین لایه های دابل به *electrostatic stabilization* منجر می شود

- یونها با ظرفیت بالاتر موثرتر هستند و اگر ظرفیت یکسان باشد یون کوچکتر موثر است

Hofmeister series

- monovalent cations,
- Li Na K NH₄ ,
- divalent cations,
- Mg²⁺ Ca²⁺ Sr²⁺ Ba²⁺.
-

6.3.2.2 Short-Chain Polymers with a Functional Head Group (Surfactants)

- این مولکول ها دار سر functional که می تواند یونی یا غیر یونی باشد و دارای زنجیره هایی الی با حدود 50 تا 100 اتم کربن است

6.3.3 Binders

- مواد پلی مر هایی با زنجیره طولانی هستند که به جسم تر استحکام می دهند و به صورت پلی بین ذرات عمل می کنند و گاهی plasticity لازم را حین تغییر شکل تامین می کنند.

- 
- Vinyls
 - acrylics
 - ethylene oxides (glycols).

انتخاب binder

- (1) binder burnout characteristics,
- (2) molecular weight,
- (3) glass transition temperature,
- (4) compatibility with the dispersant,
- (5) effect on the viscosity of the solvent,
- (6) solubility in the solvent,
- (7) cost

- چون مقدار Binder زیاد است مهمترین خصوصیت آن قابل خارج کردن است که این تابع خصوصیت چسب و اتمسفر است

- برای افزایش استحکام وزن مولکولی پلی مر باید بالا باشد و به علاوه T_g پایین باشد تا به تغییر شکل کمک کند

- اضافه کردن binder باعث افزایش گرانیروی می شود و حتی ژل ایجاد کند

- در روش های ریختگی چسب نباید باعث افزایش زیاد در گرانشی شود زیرا باعث محدود شدن میزان جامد موجود می شود.

- از طرف دیگر افزایش در گرانیروی در اکستروژن مناسب است زیرا استحکام تر مناسب ایجاد می کند.

- Sodium silicate در شکل دهی بعضی از سرامیک های سنتی بسیار مهم است زیر حضور Si و Na خواص را تحت تاثیر قرار نمی دهد. نسبت $\text{Na}_2\text{O}:\text{SiO}_2$ در حدود 2 تا 4 است. هیدرولیز SiO_2 باعث ایجاد ژل می شود و پیوند قوی بسن ذرات سرامیکی ایجاد می کند.

• .

6.3.4 Plasticizers

- Plasticizers موادی هستند که باعث نرم شدن چسب در حالت خشک می شود یا دمای T_g را کاهش می دهد و انعطاف پذیری جسم تر را زیاد می کند

- Plasticizer باید در همان حلالی که
- سب حل می شود حل شود.

- در حالت خشک چسب و plasticizer باید به صورت همگن مخلوط شوند.
- Plasticizer با واکنس ها و تغییراتی که در مولکول های پلی مر چسب می دهد آنها را ضعیف کرده و باعث نرم شدن و کاهش استحکام چسب می شود.

6.3.5 Other Additives

- *Wetting agents,*
• برای کاهش انرژی سطحی مایعات به کار می رود و تر کنندگی ذرات با مایع را افزایش می دهد
- *Lubricants*
• در فشردن در قالب، اکستروژن و تزریق به کار می رود و اصطکاک بین ذرات و بین ذرات و دیواره قالب را کاهش می دهد

6.4 FORMING OF CERAMICS

- عوامل مهم در به دست آوردن خواص مطلوب در جسم تر و بهینه سازی آن به کار می رود.

6.4.1 Dry and Semidry Pressing

- از فشار تک محور یا همه جانبه برای پودر خشک (2 wt% water) یا نیمه خشک 5–20 wt% اب به کار می رود

- به منظور کاهش تغییرات در دانسیته برای اشکال ساده به کار می روند با نسبت ارتفاع به قطر 0.5–1.0
- از فشار همه جانبه برای تولید اشکال پیچیده تر استفاده می شود.

• .

6.4.1.1 Die Compaction

- 1- filling of the die,
 - 2-powder compaction,
 - 3- ejection
-
- single-action mode vs double-action mode

- مقدار چسب در حدود 5% حجمی اضافه می شود

Feed Material: Powders and Granules

- خواص سیلان پودر ها اهمیت زیادی دارد
- 1-efficient die filling,
- 2- fast pressing rates,
- 3- reproducible green body
- پودر های ریز سیلان خوبی ندارند بنابراین گرانوله می شوند

Formulation slurry

- 1- dispersant (e.g., ammonium polyacrylate),
- 2- *binder* [e.g., poly(vinyl alcohol)],
- 3- *plasticizer* [e.g., poly(ethylene glycol)],
- 4-*lubricant* [e.g., ammonium stearate).

فاکتورهای کنترل کننده خصوصیات گرانول

- 1-particle size distribution
- 2- degree of flocculation of the slurry,
- 3- type of additives,
- 4- spray-drying conditions.

خصوصیات مهم گرانول

- 1. *Size*, 100–200m
- 2- *size distribution*, 50–400 m
- 3- *shape*: (کروی)
-

- 4- *Particle packing*: 45–55%
- 3. *Particle packing homogeneity*
- به پایداری دو غاب و مرحله خشک شدن بستگی دارد

- به علاوه جدایش چسب به سطح گرانول ها باعث کاهش دانسیته در سطح بیرونی گرانول ها می شود

- 4. *Hardness*
- با packing density و نوع چسب کنترل می شود.
- 5. *Surface friction*

Die Filling

- سیلان به وسیله توزیع وسیع در اندازه، شکل کروی، و سطح صاف کنترل می شود.

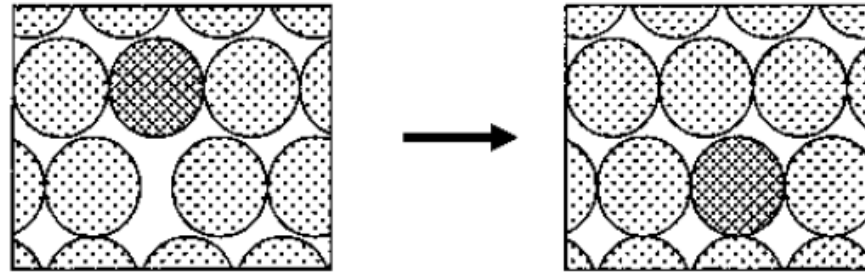
- قالب های باریک باعث کاهش کلی packing density می شود. نشان داده شده است که اثر دیواره ها هنگامی که قطر قالب بیش از 250 برابر قطر گرانول است اثر دیواره ها ناچیز می شود.

The Compaction Step

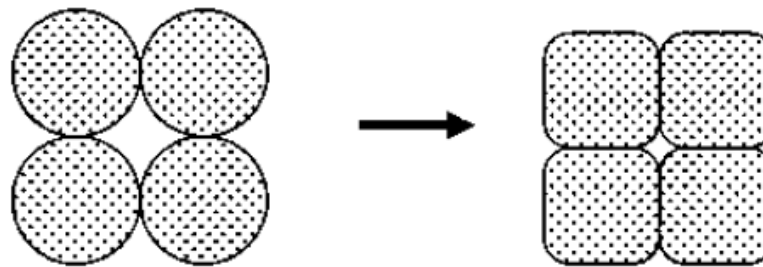
- 1- دوباره آرایه گرانول ها : حفره های بزرگ حذف می شوند
- 2- تغییر شکل : با تغییر شکل گرانول ها حفره های ریز حذف می شوند

• .

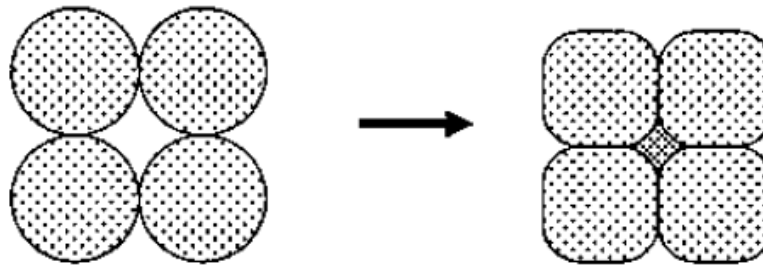
Powder and green body characterization



Rearrangement: filling of large voids



Deformation: filling of small voids



Fragmentation: filling of voids with fine particles

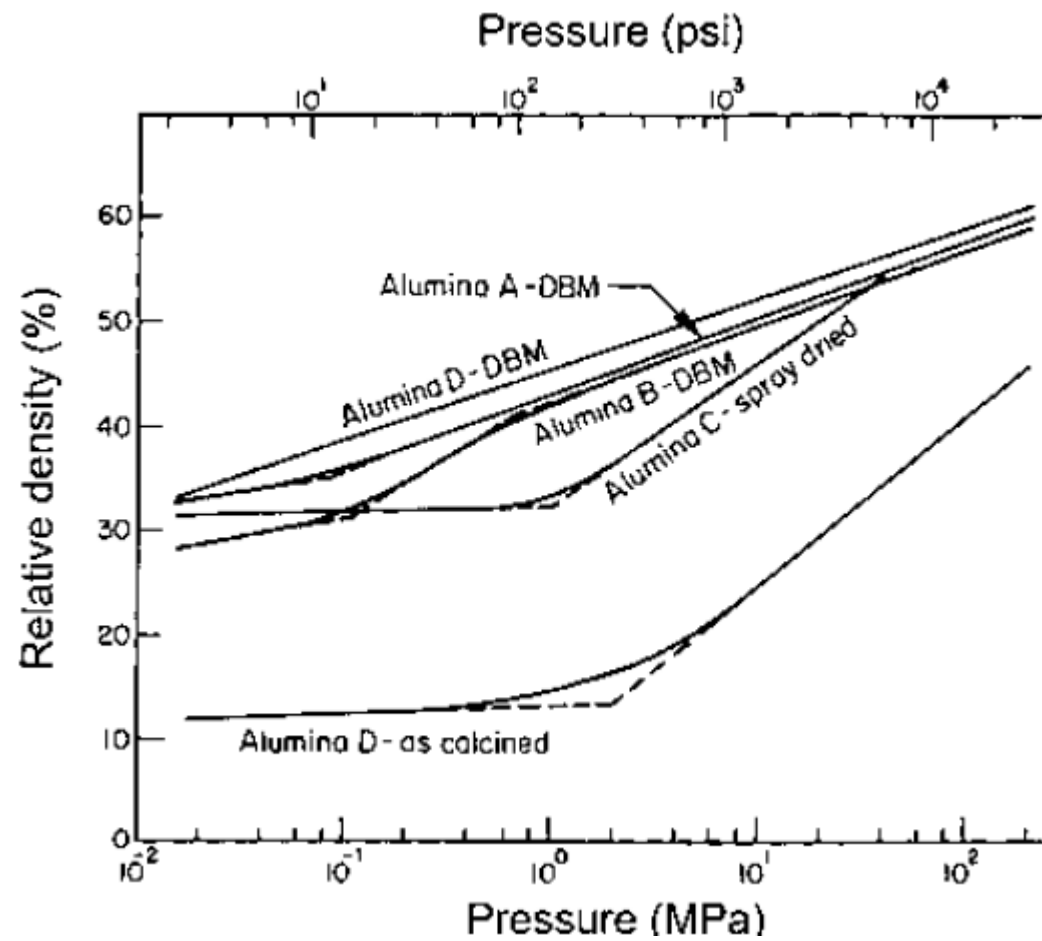
- فشردگی یک دسته ذره به مقدار و نوع گرانول ها بستگی دارد

- اگرپودر دارای کلوخه های دارای دانسیته کم، ضعیف آنگاه هر دو مرحله روی می دهد و دانسیته بالا می رود

- دانسیته قطعه به صورت تابعی از فشار اعمالی وسیله ای برای بررسی رفتار فشردگی است

- .

Powder and green body characterization



- نقطه شکست تابعی از سختی گرانول ها است. پودر هایی که شامل ذرات اصلی است یک خط نشان می دهد. در صورتی که گرانول ها دو خط نشان می دهند که نقطه شکست به وسیله استحکام کلوخه ها نشان داده می شود.

Factors Influencing the Compaction of Particles

- شیب فشار باعث ایجاد شیب در دانسیته می شود.

- لایه نازکی از ذرات ریز به دیواره قالب می چسبند بنابراین هیچ تماسی بین قطعه و دیواره متحرک نیست. در این حالت
- Rw and Hw اثری روی $fdyn$ ندارند و مقدار بالای $fdyn$ در واقع نمایانگر اصطکاک بین ذرات پودر است و تخریب در داخل پودر فشرده شده روی می دهد و نه در دیواره قالب



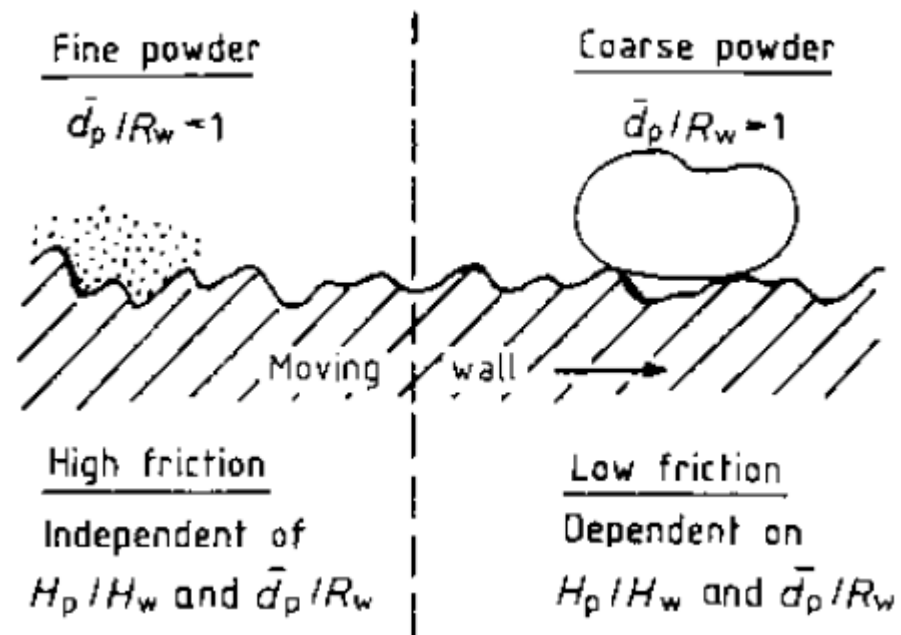
- برای ذراتی که بزرگتر از خشنی دیواره هستند f_{dyn} در حد 0.2 تا 0.4 است و به پارامتر های پودر و دیواره قالب بستگی دارند. مقدار کم f_{dyn} نتیجه اصطکاک بین ذرات و دیواره صاف است در این حالت تخریب در دیواره قالب/پودر صورت می گیرد
- اثر اندازه پودر بر روی ضریب اصطکاک

• .

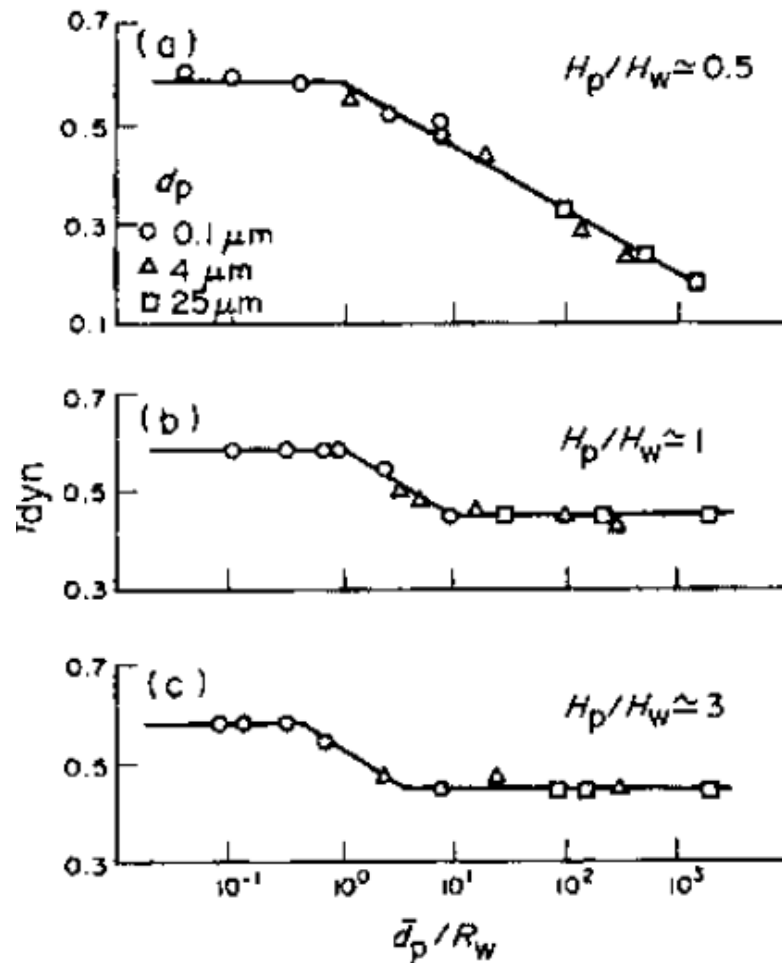
- افزایش ضریب اصطکاک باعث کاهش یکنواختی پر کردن قالب و افزایش تمایل به کلوخه شدن و در نتیجه افزایش شدید تغییرات در دانسیته نمونه می‌شود.

- ضریب اصطکاک بین پودر و دیواره خشن همچنین به جهت شیارها در دیواره بستگی دارد. اگر شیارها در جهت حرکت نسبی بین پودر و دیواره باشند

Powder and green body characterization



Powder and green body characterization



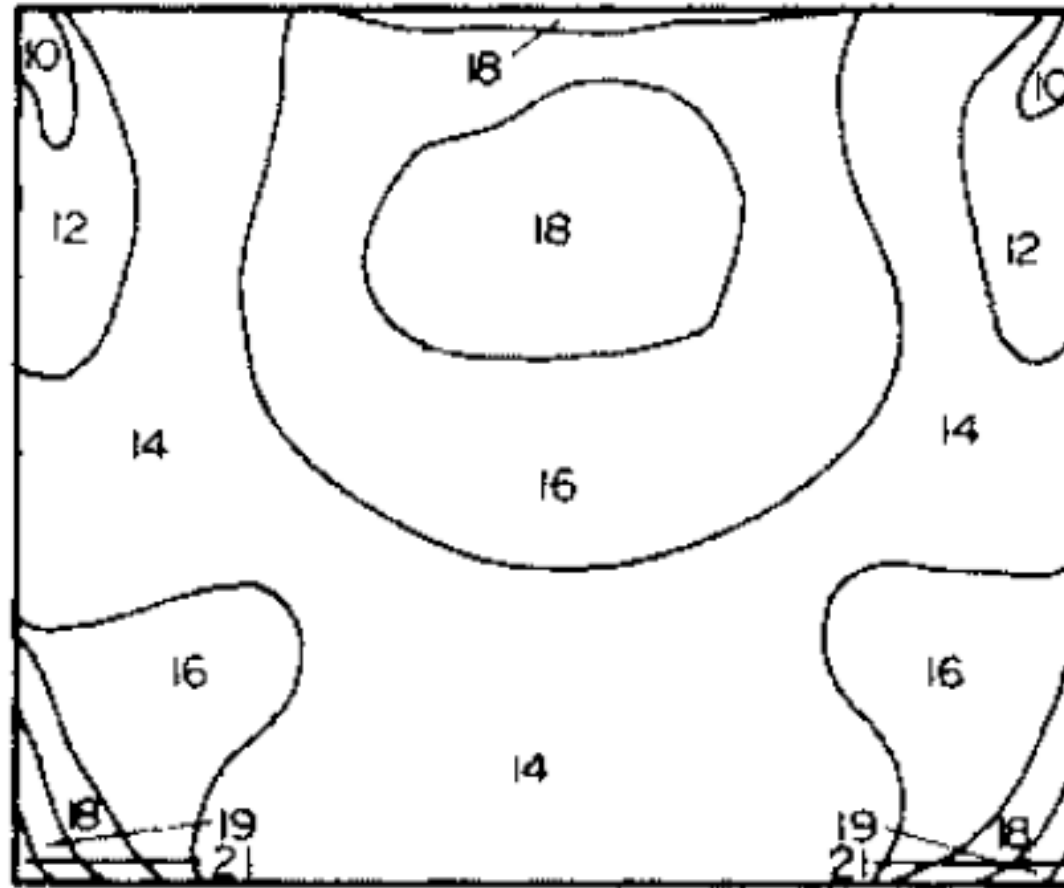
- اثر روانساز
- ضریب اصطکاک برای پودر های ریز با افزایش با افزایش ضخامت لایه روانساز کاهش می یابد

- برای ذرات درشت این اثر کم بوده و به ضخامت لایه روانساز بستگی ندارد.

• روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری تغییرات در دانسیته ارائه شده است مانند

- microscopy,
- microhardness,
- x-ray tomography,
- x-ray radiography,
- ultrasonic,
- nuclear magnetic resonance

Powder and green body characterization



- اثر توزیع اندازه ذرات
- برای پودر ها با توزیع پهن رسم دانسیته بر اساس لگاریتم فشار اعمالی شیب تندتری نسبت به توزیع باریک دارد.

- اثر شکل ذره پیچیده است ذرت کروی یا هم محور ترجیح داده می شوند اگر ذرات صفحه ای به صورت مناسب چیده شوند دانسیته بالاتری به دست می آید.....

Factors Influencing the Compaction of Granules

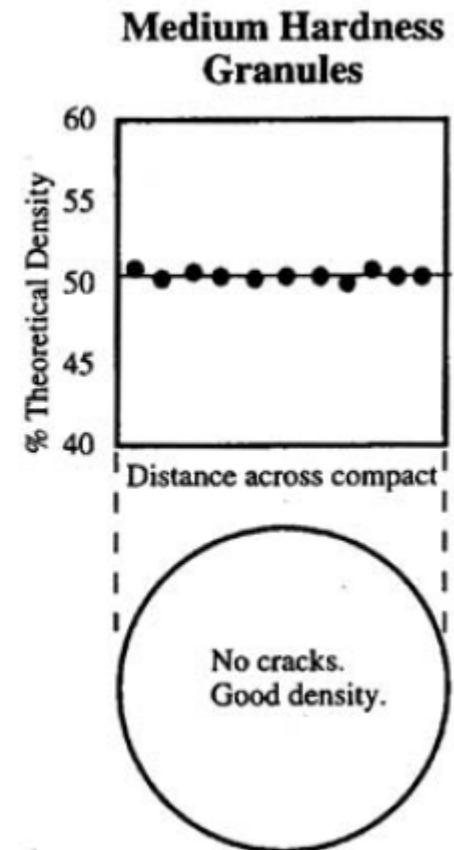
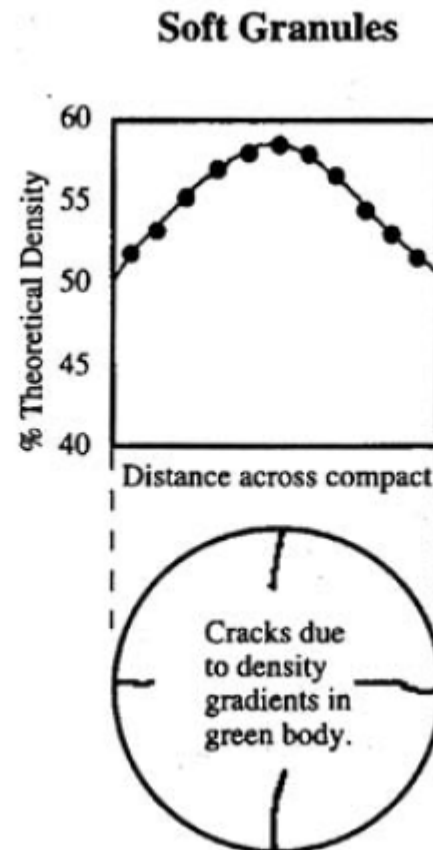
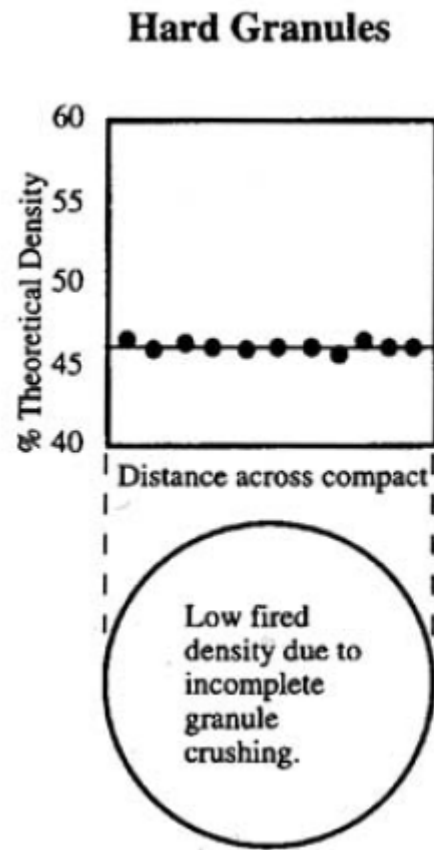
• عوامل مهم عبارتند از

- *1- hardness*
- *2- size,*
- *3- size distribution.*

- کلوخه سخت آسان تر دوباره آرایه دارد اما اگر خیلی سخت باشد تغییر شکل آن مشکل است و بنابراین در حالت فشرده شده دارای حفره های بزرگ خواهد بود که حذف آنها حین تف جوشی سخت است و عیوب ساختاری ایجاد می شود

- کلوخه نرم به راحتی تغییر شکل می دهد اما اگر خیلی نرم باشند در طی مرحله فشرده شدن دوباره آرایشی سخت می شود و بنابراین flaws large packing حذف نمی شوند و بنابراین تغییرات زیاد در دانسیته مشاهده می شود و این در حین تف جوشی باعث ایجاد دانسیته کم و ترک خوردگی می شود.

Powder and green body characterization



- particle packing در گرانول ها به خصوصیات دو غایب مورد استفاده ربط دارد. دو غاب پایدار باعث ایجاد گرانول های سخت می شود

- اما یک دوغاب نسبتاً دلمه particle packing کمتری دارد و برای spray drying بهتر است

- جسم فشرده شده که از گرانول های دنس تر تهیه شده است دانسیته تر بالاتری دارد.

- سختی چسب با دمای T_g مشخص می شود. اگر دمای فشار دادن خیلی زیر T_g باشد چسب سخت و ترد است و بنابراین شکل دادن گرانول ها سخت است.
- .

- به علاوه اگر دما بالای T_g باشد چسب نرم است و به حالت rubbery دارد. اگر چسب خیلی نرم باشد دوباره آرایشی در فشارهای کم کافی نیست و باعث شیب در دانسیته می شود.

- اگر اندازه گرانول ها خیلی کمتر از قطر قالب باشد،
اندازه گرانول ها تاثیری بر compact density ندارد.

- هر چه توزیع اندازه گرانول ها پهن تر باشد بعد از پرس کردن قالب packing density بالاتر است اما اگر توزیع باریک باشد compact density بعد از پرس کردن بالاتر است

- جدایش چسب به سطح گرانول ها و عيوب
ماکروسکپی باعث ایجاد packing
heterogeneities می شود که باعث ایجاد عيوب
ساختاری بعد از تف جوشی می شود

Ejection of the Powder Compact

- این که بازگشت فنری *recovery strain*
- نیز *strain relaxation* نامیده می شود با آزاد کردن نیرو بلافاصله آزاد می شود. مقدار آن تابع :
 - powder,
 - the organic additives,
 - applied pressure,
 - rate of pressing,
 - the
 - gas permeability of the powder compact

- معمولاً در فشارهای بالا و در مقدار چسب بالاتر مقدار بازگشت فنری بالاتر است
- مقدار کم آن باعث جدا شدن قطعه از پانچ می شود ولی مقدار زیاد آن باعث ایجاد عیوب می شود.

- استفاده از روانساز فشار لازم برای خارج کردن قطعه را کاهش می دهد.

Compaction Defects

- ایده آل
- بدون عيوب ماكروسكی و گراډیان دانسیته حداقل

- یکنواخت پر کردن قالب میزان حرکت داخلی را در حین فشار دادن کاهش می دهد بنابراین

- استفاده از روانساز اصطکاک داخلی را کاهش می دهد بنابراین
- شیب تنش و بنابراین شیب در دانسیته به علت اصطکاک دیواره ها با افزایش نسبت L/D زیاد می شود

- 
- *single-action mode $L/D < 0.5$,*
 - *double-action mode, $L/D < 1$*

- 1-springback
- 2- friction at the die walls.

• می توان با استفاده از چسب به منظور افزایش استحکام Compact، کاهش فشار اعمالی به منظور کاهش بازگشت فنری و استفاده از روانساز برای کاهش اصطکاک میزان عیوب را کاهش داد

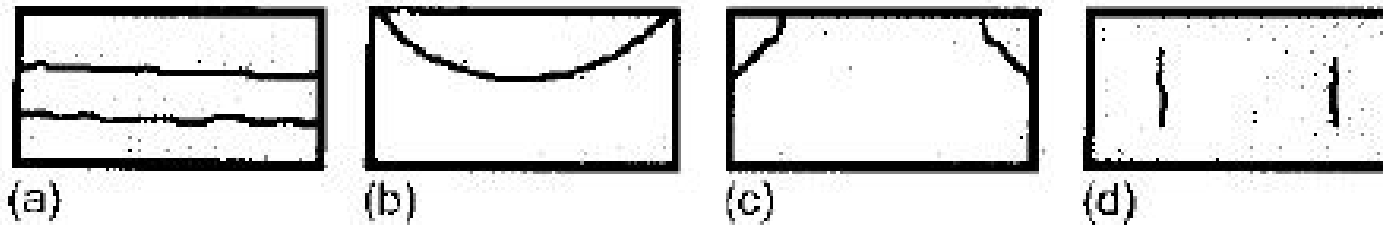


FIGURE 6.31 Illustrations of typical defects in die compaction of dry or semidry powders: (a) delamination, (b) end capping, (c) ring capping, and (d) vertical cracks.

Isostatic Compaction



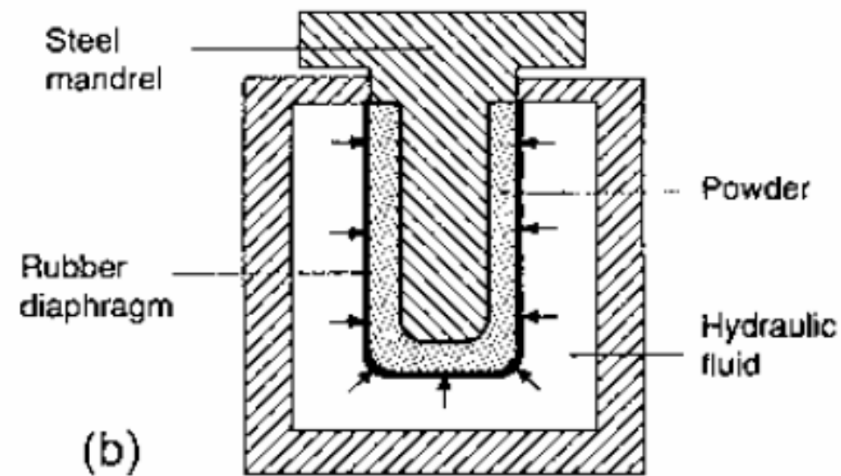
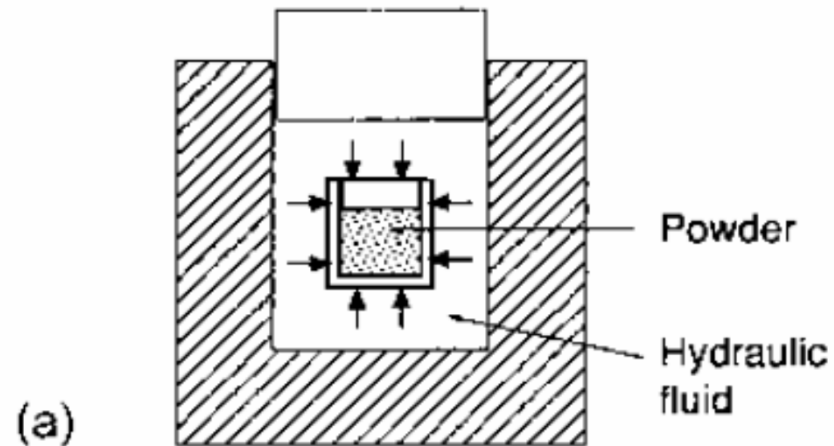
Isostatic pressing involves the application of a uniform hydrostatic pressure to the powder contained in a flexible rubber container. There are two modes of isostatic pressing: wet-bag pressing and dry-bag pressing (Fig. 6.32). In wet-bag

Powder and green body characterization



isostatic pressing: wet-bag pressing and dry-bag pressing (Fig. 6.32). In wet-bag pressing, a flexible rubber mold is filled with the powder, which is then submerged into a pressure vessel filled with oil and pressed. After pressing, the mold is removed from the pressure vessel and the green body is retrieved. Wet-bag press-

Powder and green body characterization

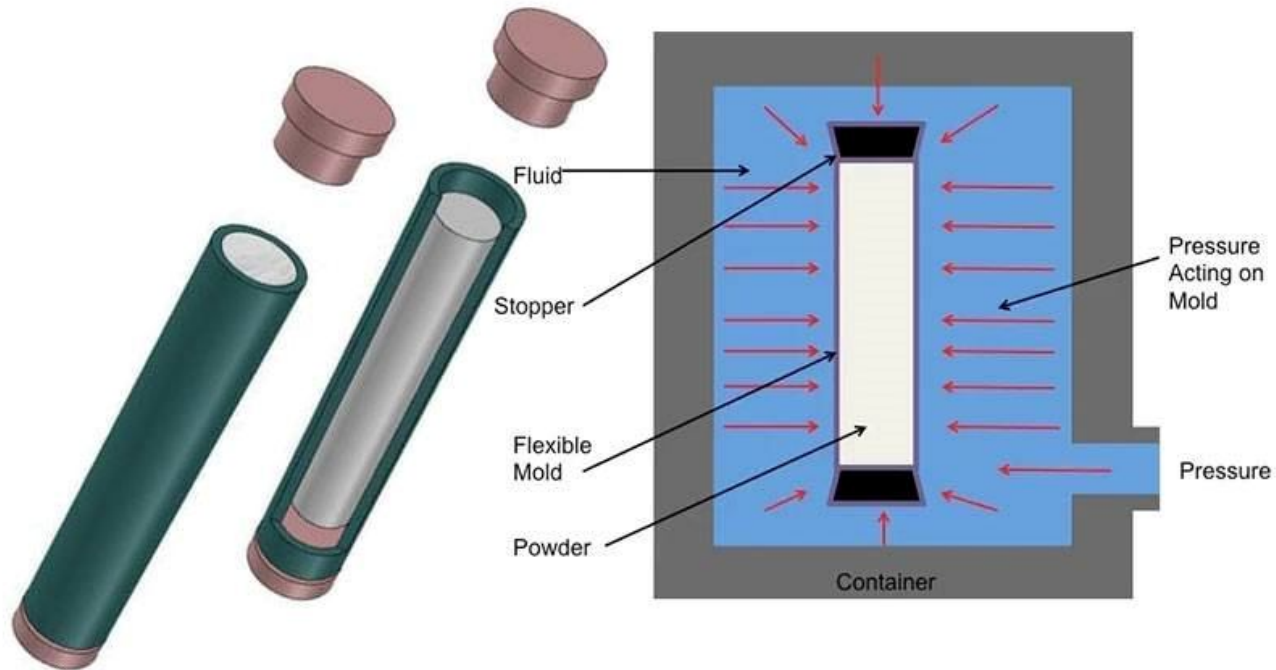


Powder and green body characterization

Wet-bag press-

ing is used for the formation of complex shapes and for large sizes. In dry-bag pressing, the mold is fixed in the pressure vessel and need not be removed. The pressure is applied to the powder situated between a fairly thick rubber mold and a rigid core. After release of the pressure, the powder compact is removed from the mold. Dry-bag pressing is easier to automate than wet-bag pressing. It has been used for the formation of spark plug insulators by compressing a porcelain powder mixture around a metal core as well as for plates and hollow tubes. Compared to die compaction, the formation of defects in isostatically pressed compacts is much less severe, but delamination and fracture (caused by springback) can still occur if the pressure is released too rapidly after compaction.

Powder and green body characterization



Casting Methods

- *slip casting,*
- *pressure casting,*
- *tape casting.*

• در این روش ها از دوغاب و سپس خارج کردن مایع به منظور سفت کردن ذرات در دوغاب استفاده می شود

Gel casting

- ذرات با پلیمره شدن و ژل شدن بی تحرک شده و شکل می گیرند و بعد مایع بخار می شود

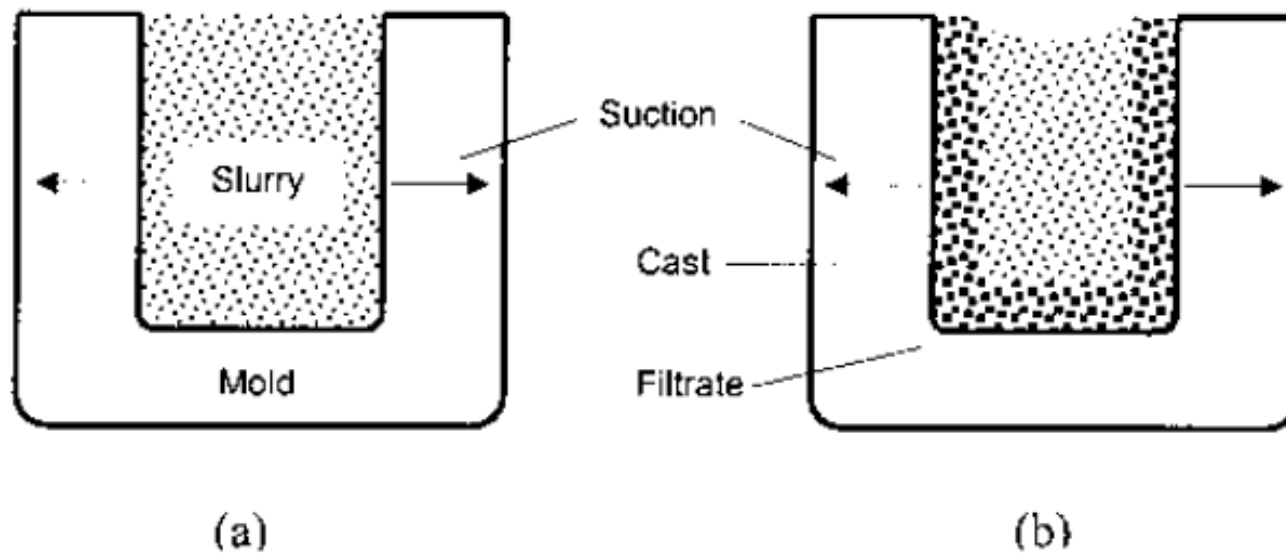
- ایده آل جسم تر :
- 1-

- 1- homogeneous particle packing
- 2- بالاترین دانسیته تر ممکن

- دو غاب باید دانسیته ذره بالا داشته باشد و خصوصیات رئولوژیکی مناسبی داشته باشد تا حین ریخته گری به نحو مناسبی سیلان کند و سرعت تولید بالا باشد

- دو عامل که می توان کنترل کرد تا خواص کنترل شود
- (1) the colloidal
- عوامل موثر بر رئولوژی (2)
- روش های دوغابی می توانند particle packing همگن ایجاد کند و اندازه عیوب کاهش یابد ولی محدود به قطعات نازک می شود.

Slip Casting



$$J = \frac{K (dp/dx)}{\eta_L}$$

$$L_c^2 = \frac{2K_c pt}{\eta_L (V_c/V_s - 1)}$$

- سرعت شکل دهی *consolidation* با گذشت زمان کاهش می یابد و بعد از زمان مشخص دیگر سرعت به قدری کم می شود که اقتصادی نیست.

$$L_c^2 = \frac{2Hpt}{\eta_L}$$

$$H = \left[\left(\frac{V_c}{V_s} - 1 \right) \left(\frac{1}{K_c} + \frac{V_c/V_s - 1}{P_m K_m} \right) \right]^{-1}$$

- با افزایش capillary suction قالب سرعت بالا می رود

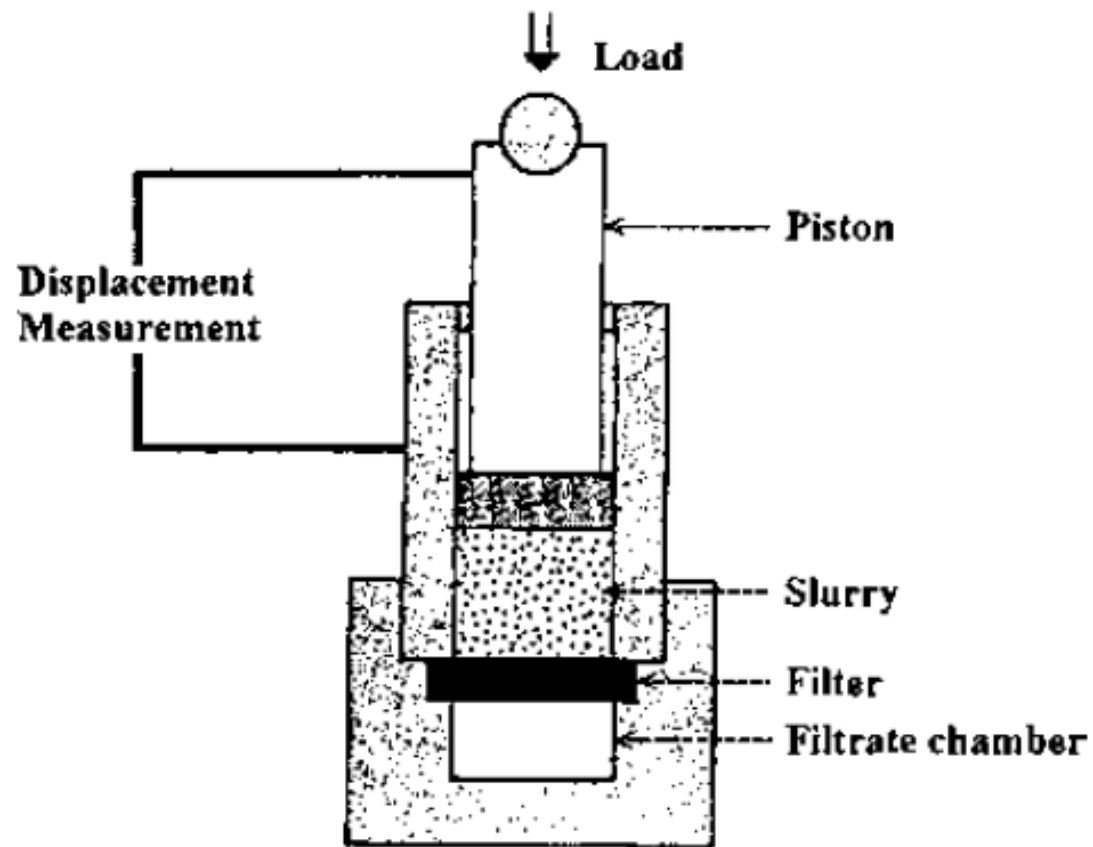
Microstructural Defects in Slip-Cast Green Bodies

- عیوب در حین ریخته گری و عمدتاً از خصوصیات دوغاب ایجاد می شود
- معمولترین آنها حفره های بزرگ به علت حبابهای هوا است

- می توان با بهبود تر کنندگی، هوازدایی و اجتناب از توربولانس از آنها جلوگیری کرد.

- 2- Elongated (anisometric) particles
 - به صورت خاص در جهات مشخص جهت گیری می کنند (در امتداد سطح قالب)
- 3- Segregation,
 - ذرات درشت تر زودتر ته نشین می شوند که با بهبود پایداری دوغاب رفع می شود.

Pressure Casting

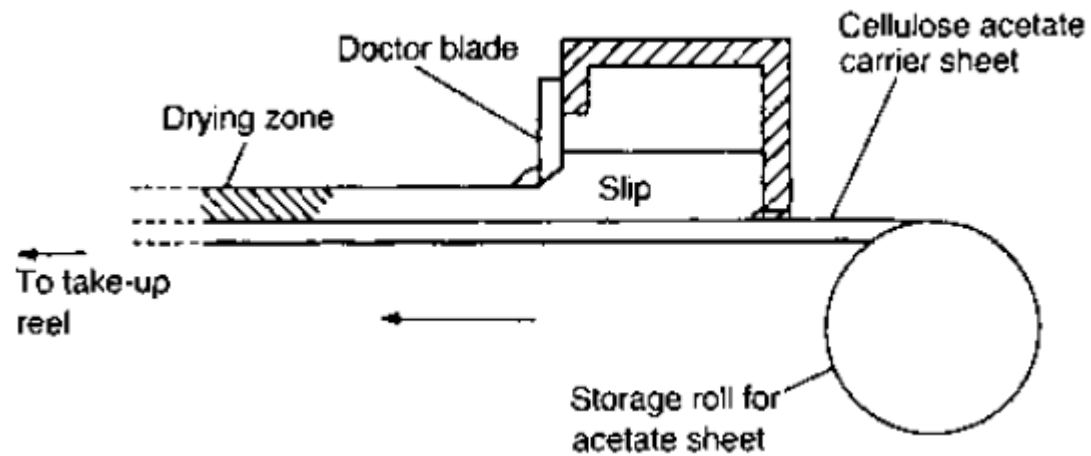


- سرعت تولید بالاتر و نیاز به فضای کمتری دارد

-

- اما گران قیمت تر است ولی برای پودر های ریز
سرامیک های پیشرفته مورد توجه است

Tape Casting



Microstructural Defects in Green Tapes

- 1- *Large voids*

- که از حباب های حبس شده در دوغاب یا بخار شدن سریع مایع حین خشک شدن ایجاد می شود .
- با هوا زدایی و کنترل سرعت تبخیر می تواند حل شود

- 2- Segregation

- به علت تفاوت در ته نشینی است
- مشکل ساز نیست مگر اینکه
- 1- فیلم ضخیم باشد
- 2- سرعت خشک شدن پایین باشد
- 3- پایداری دوغاب ضعیف باشد

- .

- جدایش چسب به سطح باعث ایجاد گرادیان 3- Packing density در
- و به علاوه می تواند باعث می شود پیچش و ترک فیلم در حین تف جوشی شود

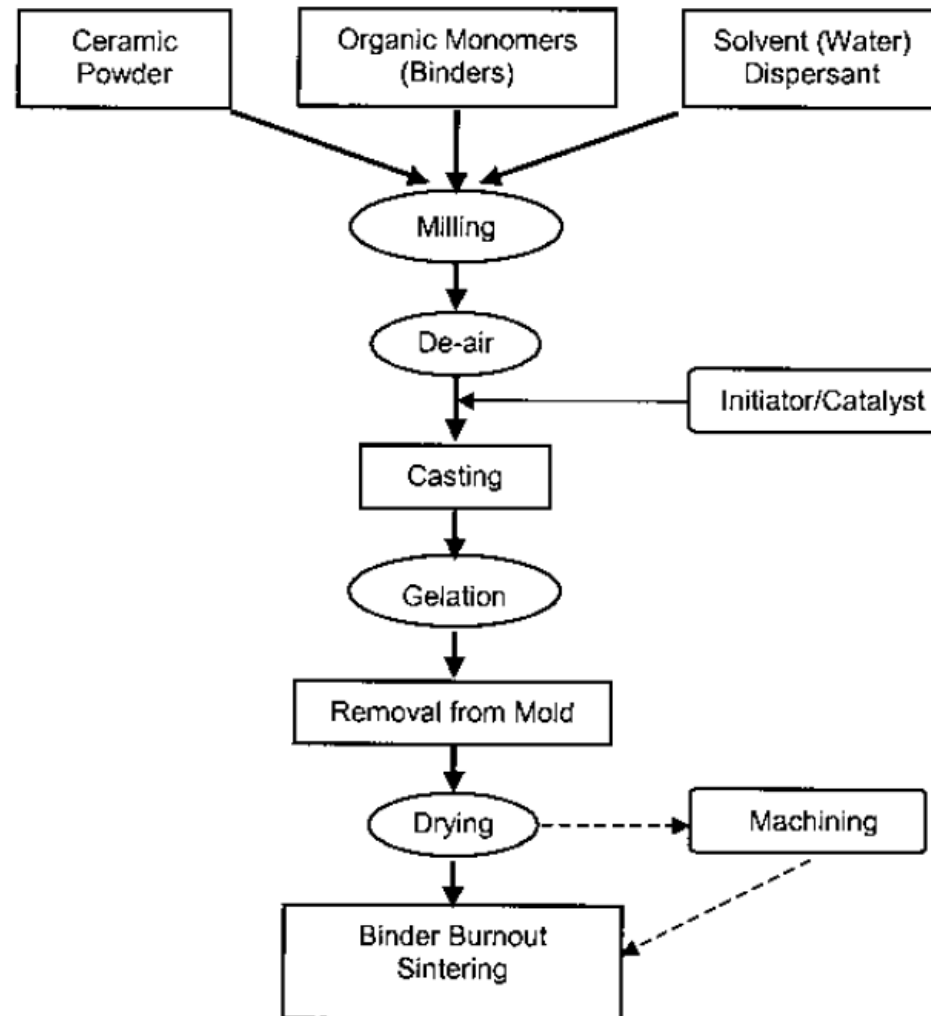
Powder and green body characterization



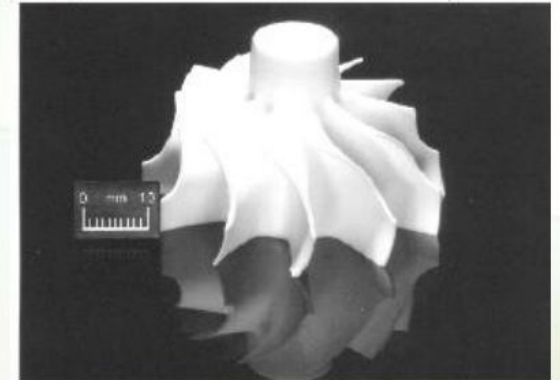
- اگر ذرات در دو غاب elongated باشند گام سیلان زیر تیغه باعث *preferential alignment* در جهت سیلان می شود.

- این در فیلم های الکترونیکی باعث ایجاد خواص غیر ایزوتروپ حین تف جوشی می شود و دقت ابعادی ممکن را کاهش می دهند.

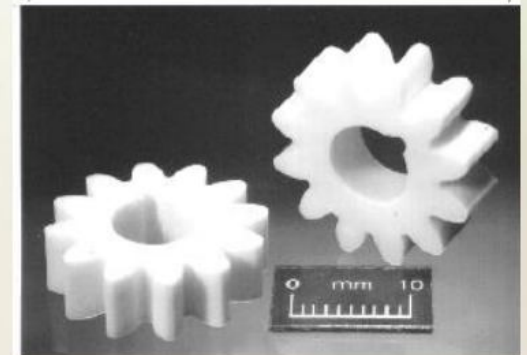
Gel Casting



Powder and green body characterization



Silicon nitride turbine wheel

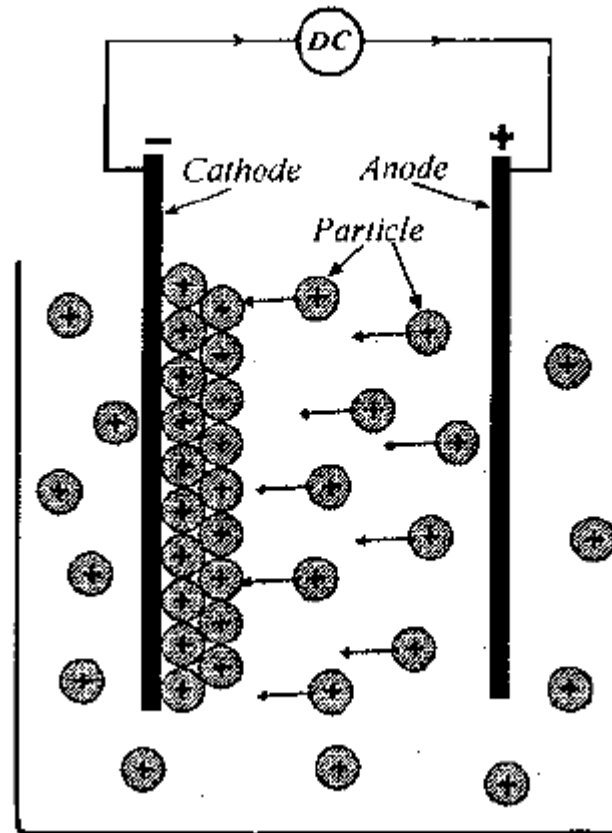


Alumina gears

Powder and green body characterization



Electrophoretic Deposition

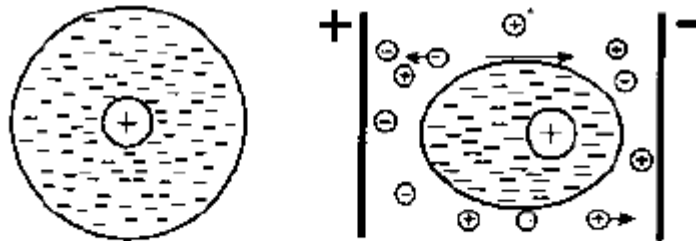


- برای high packing density نیاز به دو غاب با پایداری بالا است و ذرات کلوخه باعث low-density deposit می شوند.

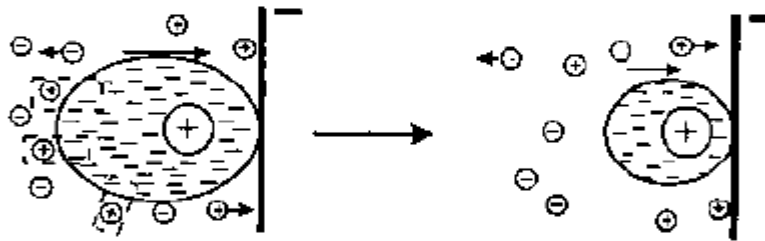
• .

Powder and green body characterization

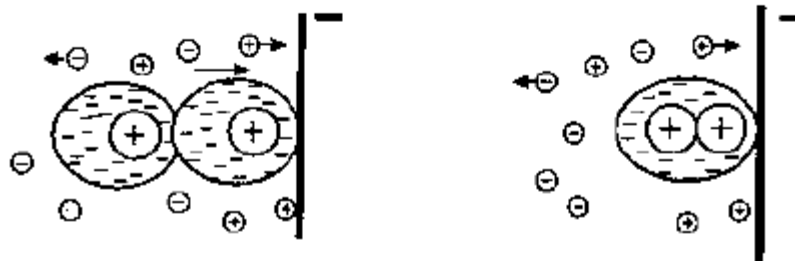
LYOSPHERE DISTORTION BY EPD



LOCAL LYOSPHERE THINNING



COAGULATION



Plastic Forming Methods

- تغییر شکل پلاستیک مخلوط یک پودر و افزودنی ها
- 1. High tooling costs
- 2. Removal of the high concentration of
- به این علاوه ضخامت های بیش از 1cm مشکل است

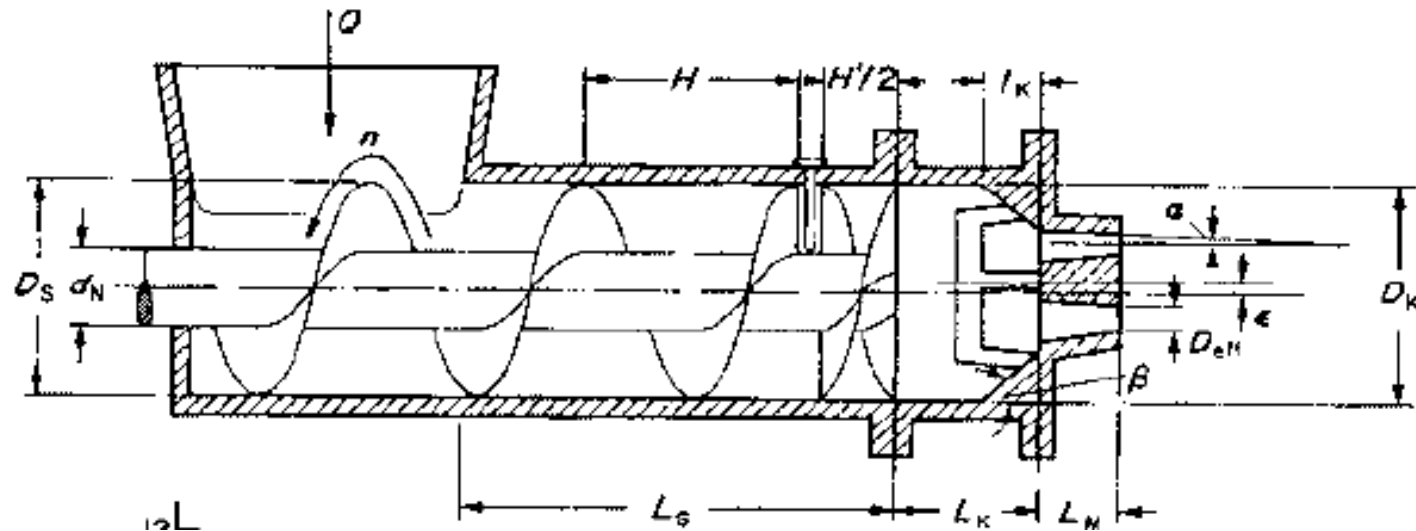
- *Injection molding*

- روش مناسبی برای تولید در مقیاس بالا با اشکال پیچیده است

- •

دو نیاز کلی برای موفقیت این روش ها

- 1- مخلوط باید به صورت پلاستیکی سیلان کند تا شکل مطلوب ایجاد شود
- 2- شکل ایجاد شده باید استحکام لازم را داشته باشد تا تحت جاذبه یا حین کار خم نشود



Extrusion Defects

- *laminations,*
- *tearing,*
- *segregation*

• عیوب معمول ماکروسکپی

Laminations

- ترک هایی هستند که دارای یک پترن یا جهت گیری خاص هستند که به علت دوباره آرایشی لازم حول مارپیچ ایجاد می شوند

- .

Tearing

- ترک های سطحی هستند که هنگام خروج ماده از قالب ایجاد می شوند که به علت طراحی بد قالب یا پلاستیسیته لازم است

- Segregation

- شامل جدا شدن مایع و فاز جامد حین اکستروژن است که به علت مخلوط کردن ناقص است

عیوب میکروسکوپی

- 1- حفره ها: به علت حبس هوا
- 2- ناخالصی ها: به علت آلودگی

Extrusion

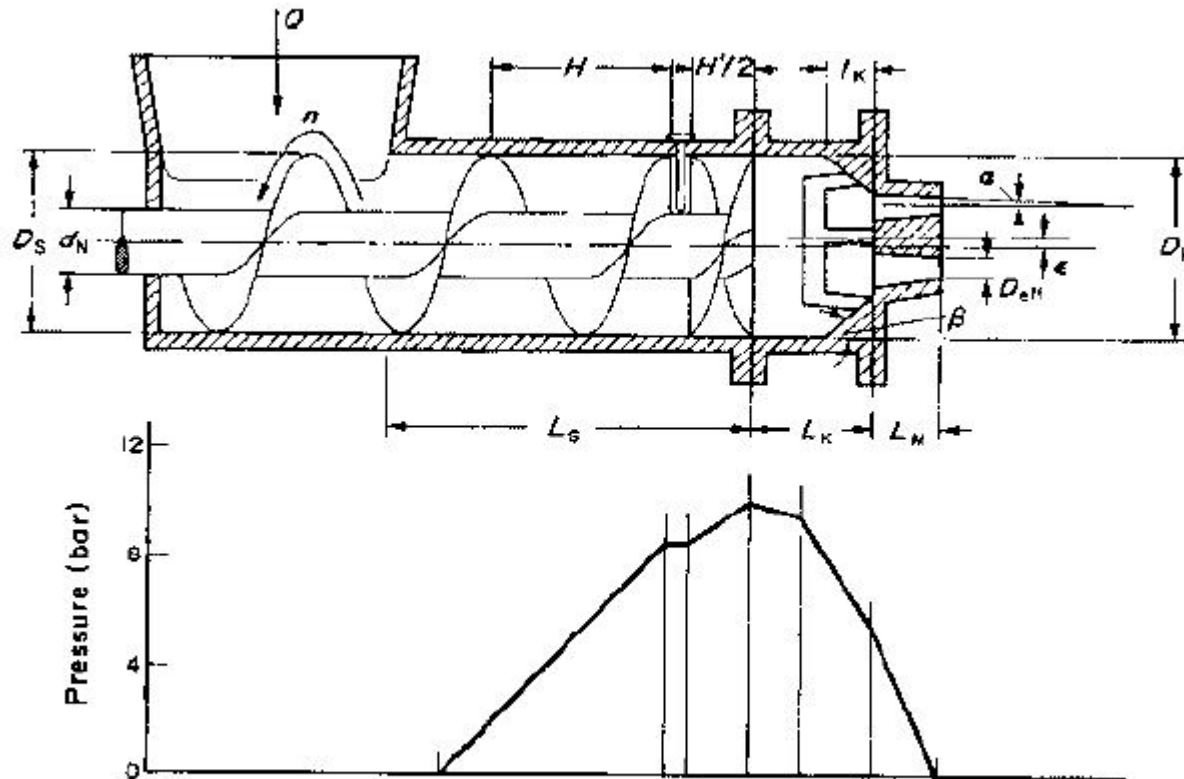


FIGURE 6.44 Pressure variation along a screw extrusion press. (From Ref. 54.)

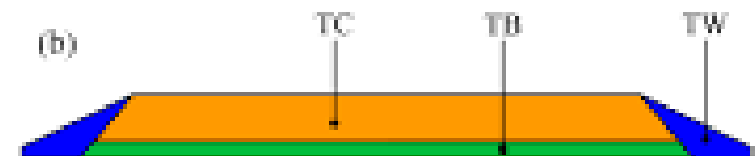
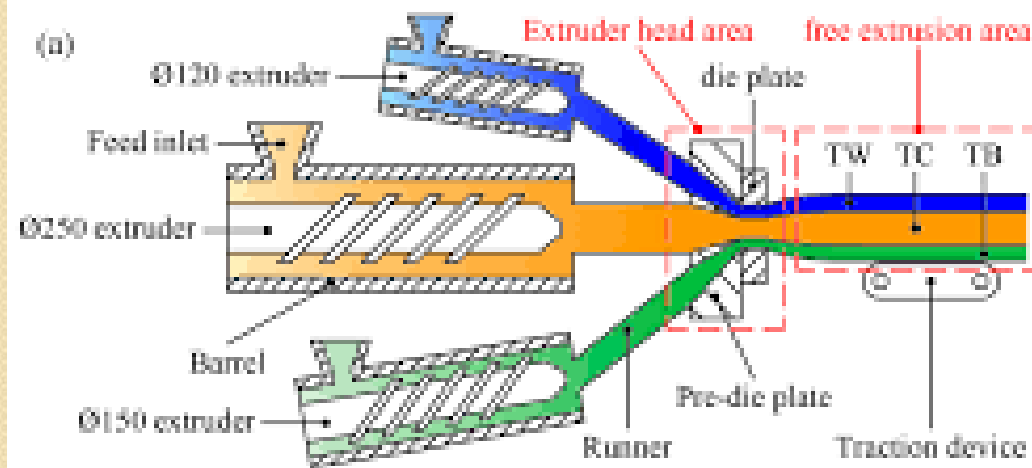
Powder and green body characterization

TABLE 6.12 Examples of Compositions Used in Extrusion

Whiteware		Alumina	
Material	Concentration (vol %)	Material	Concentration (vol %)
Kaolin	16	Alumina	45–50
Ball clay	16	Water	40–45
Quartz	16	Ammonium polyacrylate (dispersant)	1–2
Feldspar	16	Methyl cellulose (binder)	5
Water	36	Glycerin (plasticizer)	1
CaCl ₂ (flocculant)	<1	Ammonium stearate (lubricant)	1

Co-extrusion

A requirement for successful co-extrusion is the control of the rheological properties of the feed material and of the extrusion parameters to produce an extrudate with the required uniformity of structural features. After the final extru-



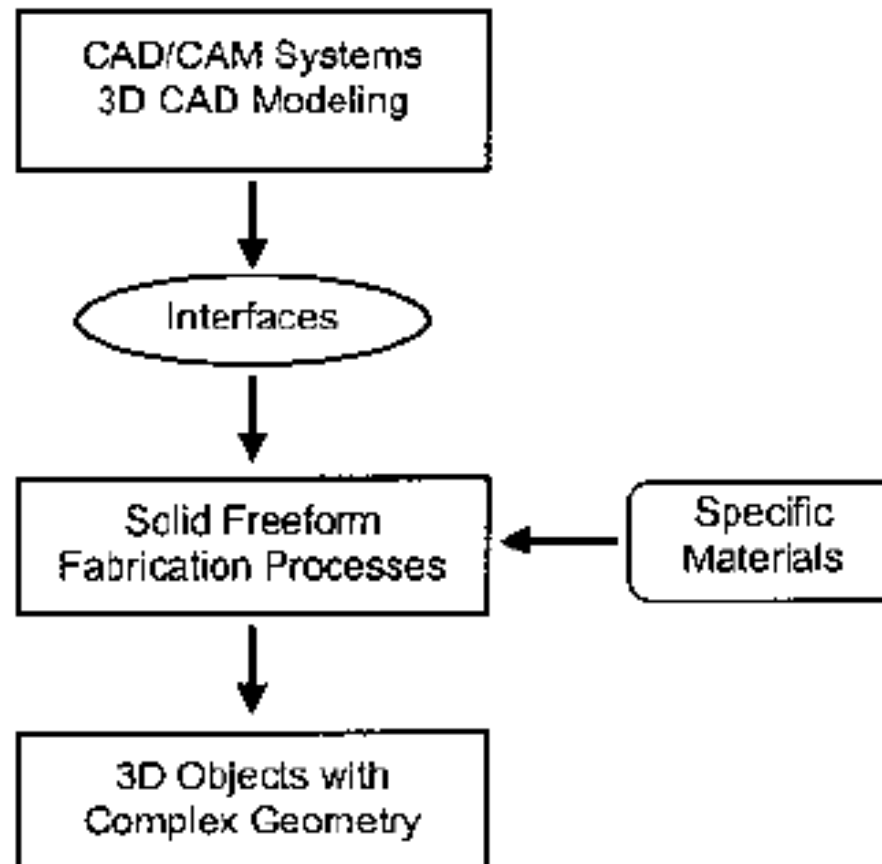
Injection Molding



Solid Free-form Fabrication

- تولید اشکال پیچیده از CAD بدون استفاده از ابزار های سنتی مانند قالب و ...

Powder and green body characterization

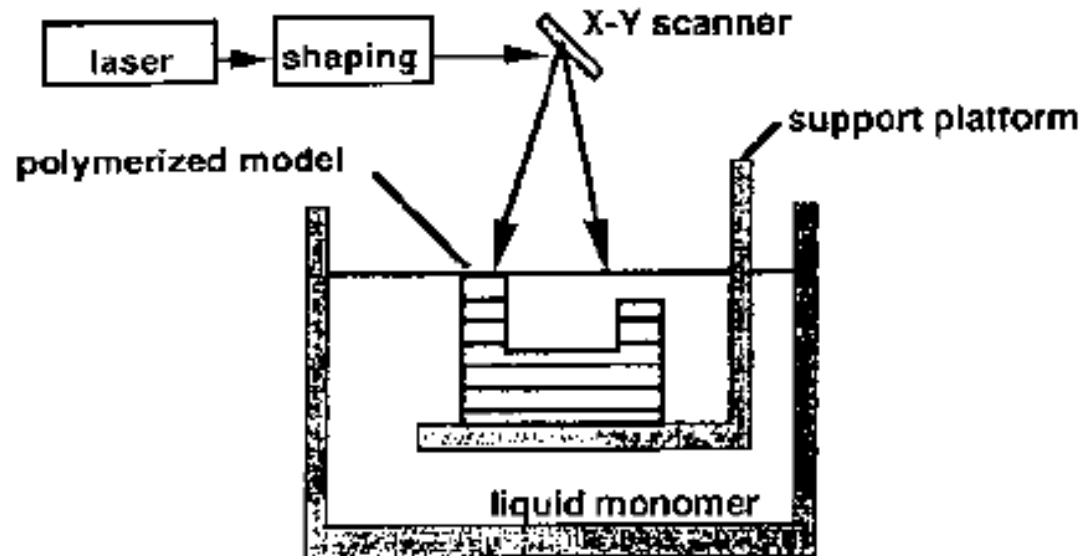


انواع آن

- (1) stereolithography,
- (2) laminated object manufacturing,
- (3) fused deposition modeling,
- (4) selected laser sintering

- از مواد معمول مانند دوغاب ها، پودر یا مخلوط پلی مر و پودر اشکال پیچیده تولید می شود.

6.4.4.1 Stereolithography



- یک پرتو لیزر روی سطح سوسپانسیون غلیظی از ذرات سرامیک در محلول مونومر اسکن می شود و مونومر ست می شود تا لایه ای پلی مری تشکیل شود که رات سرامیکی را به هم پیوند می دهد
- قطعات سرامیکی سپس بعد از خارج کردن پلی مر و تف جوشی تهیه می شود

- درصد جامد سوسپانسیون بالا باشد 50 درصد حجمی تا high packing density ایجاد شود و گرانیروی پایین باشد تا حین پروسه سیلان کافی باشد.



- گرانروی پایین محلول مونومر و پراکنده ساز نیروی های بین ذرات کنترل می شود در موبقیت پروسه اهمیت اساسی دارند

- عمق لایه حین عملیات پارامتر مهمی است. در وسایل کنونی ضخامت لایه ها در حدود 100-200 میکرومتر لازم است تا لایه گذاری و چسبندگی لایه ها موفقیت آمیز باشد

Laminated Object Manufacturing

- لایه هایی از ورقه های نازک به صورت پیوسته به هم وصل شده و بوسیله لیزر برش داده می شود. مدل ها به کمک کامپیوتر ایجاد می شود

- بعد از خروج چسب و تف جوشی قطعات ایجاد می شوند