

# ساخت و تولید

## سرامیک ها

(جلداول)

مؤلف: مهندس محمود سالاریه

مدرس دانشگاه آزاد اسلامی ساوه - میبد یزد

مدیر کارخانه چینی بهداشتی آرمیتاژ

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی - واحد ساوه

سرشناسه	: سالاریه ، محمود ، 1341 -
عنوان ونام پدید آور	: ساخت و تولید سرامیک ها/ مؤلف محمود سالاریه .
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه آزاد اسلامی (ساوه)، 1386 .
مشخصات ظاهری	: ج 2 :. مصور(رنگی)، جدول ، نمودار .
شابک	: ج 1: 9644504968 : ج 2: X 964450495
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: پست جلد به انگلیسی: <i>M.Salarieh. processing &amp; producing of Ceramics</i>
یادداشت	: کتابنامه
موضوع	: سرامیک
شناسه افزوده	: دانشگاه آزاد اسلامی (ساوه).
رده بندی کنگره	: 2 س 2 س / TP 807
رده بندی دیویی	: 620/14
شماره کتاب شناسی ملی	: 1103647

نام کتاب	: ساخت و تولید سرامیک ها (جلد اول)
تالیف	: مهندس محمود سالاریه
ویراستار	: زهرا کاشانی
طراح جلد	: احسان ترکمنی
ناشر	: دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه
چاپ اول	: سال 1386
شمارگان	: 1000 جلد
قیمت	: 100000 ریال
لینتوگرافی	: مرکز نشر کتب دانشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی
چاپ و صحافی	: مرکز نشر کتب دانشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی
حق چاپ	: برای دانشگاه آزاد اسلامی محفوظ است.

تقديم به :

آنان که تکیه گاه و پشتوانه من در زندگی بودند

سالاریه کاشانی

روح شان شاد

..... مقدمه

..... انتخاب روش های شکل دادن سرامیک ها

..... فصل اول: آب و پارامترهای موثر در آن

..... 1-1-1- ساختمان و خواص فیزیکی - شیمیایی آب (Water)

..... 1-2-1- خواص فیزیکی آب

..... 1-2-1- ظرفیت حرارتی آب

..... 1-2-2- کشش سطحی آب

..... 1-3-2-1- ناروانی (ویسکوزیته) (Viscosity) آب

..... 1-3-1- خواص شیمیایی آب

..... 1-3-1- حلالیت آب

..... 1-3-2- pH آب

..... 1-3-3-1- اسیدیته آب (Water acidity)

..... 1-4-3-1- سختی آب (Hardness of water)

..... 1-4-3-1- سختی موقت

..... 1-4-3-2- سختی دائم

..... فصل دوم: سیستم رسی-آب (Clay-Water)

..... 1-2-1- شیمی سطح در جامدات (chemical of surface)

..... 1-1-2- ساختار اتمی سطح از ساختار درونی ذره متمایز است

..... 1-2-2- ساختار جامدات و ابعاد نانومتری

..... 1-2-3- کار در ابعاد نانومتری

..... 1-2-4- روش تهیه نانوپودرهای سرامیکی

- ..... 1-4-1-2- تهیه نانوپودر با خردایش
- ..... 2-4-1-2- تهیه نانوپودر با سنتز شیمیایی
- ..... 1-2-4-1-2- تهیه نانوپودر با روش سل- ژل
- ..... 2-2-4-1-2- تهیه نانوپودر با روش واکنش جامد- مایع
- ..... 3-2-4-1-2- تهیه نانوپودر از فازگازی (Chemical Vapour Deposition)
- ..... 5-1-2- عامل چسبیدگی نانو ذرات
- ..... 1-5-1-2- نیروهای بین ملکولی در دانه ها یا پودر

صفحه

فهرست

- ..... 6-1-2- جذب سطحی (Surface absorption)
- ..... 1-6-1-2- نیروهای جذب سطحی (Surface absorption force)
- ..... 2-6-1-2- جذب سطحی اکسیدها
- ..... 3-6-1-2- منشأ نیروهای فشارنده بین ذرات
- ..... 2-2- ساختار مایعات
- ..... 1-2-2- انرژی سطحی مایعات
- ..... 2-2-2- کشش سطحی مایعات
- ..... 1-2-2-2- لایه های مایعات
- ..... 2-2-2-2- بستگی کشش سطحی به دما
- ..... 3-2-2- تر کردن (Wetting)
- ..... فصل سوم: روانسازی (Deflocculation)
- ..... 1-3- منشأ بارهای الکتریکی در پودرهای سرامیکی
- ..... 1-1-3- جانمایی ایزومورفی در شبکه کانی
- ..... 2-1-3- تعویض کاتیونی در کانی ها (Cation-Exchange)
- ..... 3-1-3- ظرفیت ختشی نشده ناشی از خردایش
- ..... 2-3- چگونگی اثر کاتیون ها بر رفتار آب
- ..... 3-3- تئوری لایه مضاعف ویتانسیل زتا (Double-Layer-Theory)

- 4-3- اثر روان سازها یا الکترولیت ها بر پتانسیل زتا.....
- 1-4-3- پس از افزودن الکترولیت؛ دوغاب روان و مجدداً " منعقد شود
- 2-4-3- پس از افزودن الکترولیت؛ دوغاب با شدت بیشتر منعقد می شود
- 3-4-3- پس از افزودن الکترولیت، دوغاب روان و با افزایش روانساز،  
سوسپانسیون منعقد نمی شود.....
- 5-3- کلونید های حفاظتی .....
- 6-3- کاربرد تعویض کاتیونی در تکنولوژی سرامیک .....
- 7-3- خواص دوغاب .....
- 1-7-3- خواص سیلانی دوغاب و توزیع دانه بندی آن.....
- 1-1-7-3- دوغاب های آلومینائی (Alumina Slips).....
- 2-1-7-3- دوغاب سیلیسی (Quartz Slip).....
- 3-1-7-3- دوغاب چینی (Whiteware Slips).....

صفحه

فهرست

- 2-7-3- سرعت ریخته‌گری (Casting Rate) و اندازه و سطح ویژه پودر
- 3-5-9- ارتباط دانسیته اولیه دوغاب با PH آن .....
- فصل چهارم: روش آزمون .....
- 1-4- روابط حجمی و وزنی اجزای متشکله دوغاب (پودر+ آب) .....
- 1-1-4- درجه اشباع S (Degree of Saturation).....
- 2-1-4- درصد رطوبت v (Water Content).....
- 3-1-4- اندازه گیری درصد رطوبت .....
- 2-4- روابط حجمی و وزنی پودر .....
- 1-2-4- نسبت تخلخل پودر e (Void Ratio).....
- 2-2-4- درجه پوکی پودر n (Porosity) .....
- 3-2-4- توزیع اندازه و تراکم پذیری پودرهای سرامیکی ..... 98
- 1-3-2-4- تراکم نسبی پودر (Relative Density)..... 100

101	.....	2-3-2-4	ضریب تراکم پذیری پودر $F$
102	.....	4-2-4	وزن واحد حجم توده پودر (Unit Weight)
102	.....	1-4-2-4	وزن واحد حجم پودر در حالت خشک ( $g_d$ )
102	.....	2-4-2-4	وزن واحد حجم پودر در حالت تر ( $g_t$ )
102	.....	3-4-2-4	وزن واحد حجم پودر در حالت اشباع ( $g_{sat}$ )
102	.....	4-4-2-4	وزن واحد حجم پودر در حالت غوطه ور ( $g_{sub}$ )
103	.....	5-2-4	وزن مخصوص نسبی پودر $G_s$ (Specific Gravity)
103	.....	1-5-2-4	وزن مخصوص نسبی جامد
103	.....	3-4	تعیین نفوذپذیری ( $K$ ) در پودر یا لایه ریخته گری شده
103	.....	1-3-4	حرکت آب در پودر یا لایه ریخته گری شده
106	.....	2-3-4	تعیین ضریب نفوذ پذیری با استفاده از شکل و ابعاد تخلخل
107	.....	3-3-4	تعیین ضریب نفوذ پذیری با استفاده از قانون دارسی
108	.....	4-3-4	تعیین ضریب نفوذ پذیری با استفاده از فرمولهای تجربی
108	.....	4-4	چرا يك مخلوط رسی - آب دارای پلاستی سیته (Plasticity) است؟
110	.....	1-4-4	پلاستی ساینر (Plasticizer)
110	.....	2-4-4	پلاستی سیته (Plasticity) چگونه ارزیابی می شود؟
	فهرست		صفحه
111	.....	1-2-4-4	اندازه گیری پلاستیسیته
111	.....	1-1-2-4-4	آزمایش پلاستیسیته به روش ففرکورن (Pfefferkorn)
112	.....	1-1-1-2-4-4	شرح دستگاه
114	.....	1-2-2-4-4	روش ریکه
115	.....	2-2-2-4-4	روش آتبرگ (حد خمیری $v_p$ )
116	.....	3-2-2-4-4	روش دستگاهی تعیین پلاستیسیته، دستگاه پلاستومتر
116	.....	5-4	خواص خمیر (مخلوط آب + خاک)
118	.....	1-5-4	حد روانی $v_l$

119	2-5-4- شاخص‌های خمیرسانی خاک
119	1-2-5-4- شاخص روانی $F_i$
119	2-2-5-4- شاخص خمیری یا دامنه خمیری $P_i$
120	3-2-5-4- شاخص سختی $T_i$
120	6-4- تعیین دانه بندی
121	1-6-4- ابعاد ذرات و شکل آنها
122	2-6-4- تجزیه با الک
124	1-2-6-4- اندازه گیری دانه بندی یا میزان زبره
125	2-2-6-4- تعیین توزیع دانه بندی با کمک الک چند طبقه
126	3-6-4- روش های تعیین دانه بندی در حد کوچکتر از محدوده الکها
126	1-3-6-4- تعیین توزیع دانه بندی با لیزر
127	2-3-6-4- دانه بندی با هیدرومتری (Hydrometer)
131	1-2-3-6-4- مواد جدا کننده (Dispersion agente)
131	2-2-3-6-4- تهیه نمونه
132	3-2-3-6-4- خواندن چکالی سنج‌ها
137	4-2-3-6-4- تعیین طول فرورفتگی چکالی سنج
138	5-2-3-6-4- تعیین قطر دانه معلق پودر با کمک هیدرومتری
138	6-2-3-6-4- تعیین درصد ذرات معلق پودر با کمک هیدرومتری
139	7-4- رنج دانه بندی در پودرها
140	8-4- اندازه گیری ویسکوزیته دوغاب
	<b>فهرست صفحه</b>
140	1-8-4- دستگاه ویسکوزیته متر ریزشی
140	2-8-4- دستگاه ویسکوزیته متر پیچشی
141	3-12-4- دستگاه ویسکوزیته متر گردشی
142	9-4- اندازه گیری دانسیته ( $r$ ) دوغاب



145	10-4- حد انقباض (چرمینگی <i>Leatherhard</i> )
148	1-10-4- انقباض خطی $L_s$
148	2-10-4- انقباض حجمی $V_s$
149	3-10-4- اندازه گیری انقباض
149	1-3-10-4- اندازه گیری با کمک دوغاب و تهیه خط کش استاندارد ..
149	2-3-10-4- اندازه گیری با روش پرس پودر
149	3-3-10-4- تهیه قرص از گرانول آماده شده
149	4-3-10-4- اندازه گیری انقباض پخت
150	11-4- اندازه گیری استحکام
150	1-11-4- تهیه نمونه های استحکام از گرانول آماده شده
150	2-11-4- روش اندازه گیری استحکام خشک
150	1-2-11-4- دستگاه اندازه گیری استحکام خمشی ( <i>MOR</i> )
151	2-2-11-4- اندازه گیری استحکام پخت
151	3-11-4- اندازه گیری جذب آب نمونه های پخت
152	13-4- محاسبه پرت حرارتی
152	14-4- روش مشاهده نمک های محلول
153	15-4- اندازه گیری <i>pH</i>
153	16-4- محاسبه مقدار لعاب از فرمول زگر
154	1-16-4- تبدیل آمیز لعاب به فرمول زگر
156	2-16-4- استخراج مواد اولیه خام از روی فرمول زگر
160	2-16-4- بدست آوردن فرمول زگر از روی آمیز مواد اولیه لعاب
161	3-16-4- آنالیز مینرالی بدنه های سرامیکی
167	4-16-4- مروری بر حل معادلات "سه معادله و سه مجهول"
168	5-16-4- محاسبه درصد مواد اولیه ساخت بدنه با آنالیز مینرالی مشخص

174	..... فصل پنجم: کانه آرانی ( <i>Ore Dressing</i> )
175	..... 1-5- تعریف کانه آرانی ( <i>Ore Dressing</i> )
179	..... 2-5- خردایش و پارامترهای موثر بر آن
180	..... 1-2-5- ابعاد طولی ذرات ماده که خرد می شوند
180	..... 2-2-5- سطح ویژه پودر
180	..... 3-2-5- سختی مواد
180	..... 4-2-5- ساختار مواد
181	..... 5-2-5- وزن مخصوص مواد
181	..... 6-2-5- رطوبت مواد
181	..... 7-2-5- تمایل برای تجمع یا لخته شدن (فلوکولاسیون یا تجمع شدن)
181	..... 8-2-5- فاکتور مواد اولیه ( <i>Raw Materials</i> )
181	..... 1-8-2-5- مواد اولیه سرامیکهای معمولی ( <i>Traditional Ceramics</i> )
182	..... 2-8-2-5- مواد اولیه سرامیکهای نوین ( <i>Modern Ceramics</i> )
183	..... 1-2-8-2-5- پودر آلومینا ( <i>Aluminum Oxide Powder</i> )
183	..... 2-2-8-2-5- پودر منیزیم اکساید ( <i>magnesium Oxide Powder</i> )
183	..... 3-2-8-2-5- پودر سیلیکون کاربید ( <i>Silicon Carbide</i> )
184	..... 4-2-8-2-5- پودر سیلیکون نیتريد ( <i>Silicon Nitride</i> )
184	..... 3-8-2-5- رسی ها
185	..... 1-3-8-2-5- کائولینیت
185	..... 2-3-8-2-5- بال کلی
185	..... 3-3-8-2-5- پیروفیلیت
186	..... 4-3-8-2-5- بنتونیت
186	..... 3-8-2-5- تالک
186	..... 4-8-2-5- فلدسپار
187	..... 3-5- خردایش
189	..... 1-3-5- مکانیزم خرد کردن

190	2-3-5- محدودیت های خرد کردن
191	3-3-5- کاربرد قوانین خرد کردن
192	4-5- روش انتخاب سنگ شکن ها و طرح مسیر آنها
	<b>فهرست صفحه</b>
194	5-5- خشک سائی و ترسائی
196	1-5-5- تئوری خرد کردن و سایش پیوسته به روش تر
196	1-1-5-5- سرعت چرخش
198	2-1-5-5- آستری (Lining)
201	2-5-5- عوامل یا واسطه های خرد کننده (گلوله ها و قلوه سنگ ها)
202	1-2-5-5- شارژ قلوه سنگ ها و گلوله ها
205	6-5- آسیاها
205	1-6-5- کلیاتی در مورد آسیاهای گردان
206	2-6-5- آسیاهای میله ای (ROD MILLS)
208	3-6-5- آسیاهای گلوله ای (BALL MILLS)
211	4-6-5- آسیاهای قلوه سنگی (PEBBLE MILLS)
211	7-5- روش انتخاب آسیاها و طرح مسیر آنها
216	8-5- الک کردن
218	1-8-5- مکانیزم الک کردن
218	2-8-5- بازدهی الک کردن
221	3-8-5- انواع سطوح الک
222	4-8-5- انواع الک
222	1-4-8-5- الک های ساکن
222	2-4-8-5- الک های متحرک
222	3-4-8-5- الک گردان (Trommel Screen)
223	4-4-8-5- الک لرزان (Shaking Screen)
225	5-4-8-5- الک ژیراتوری (Gyratory Screen)

226	..... (Vibrating Screen) الڪ ارتعاشى
226	..... (Deironing) آهن گيرى
229	..... فصل ششم: آماده سازى دوغاب
230	..... (Blunger) اختلاط و همزدن مواد
231	..... 1-1-6 اختلاط و همزدن مواد با دور متوسط
231	..... 2-1-6 اختلاط و همزدن مواد با دور تند (High Speed Blunger)
233	..... 2-6 تهيه دوغاب
	فهرست
	صفحه
233	..... 1-2-6 تهيه دوغاب به روش خشك (اروپائى)
234	..... 1-2-6 تهيه دوغاب به روش ترسانى (انگلىسى)
235	..... 3-6 نكه دارى دوغاب (egging)
237	..... فصل هفتم: انتقال دوغاب (پمپ و پمپاژ)
238	..... 1-7 جريان دوغاب در لوله ها
240	..... 1-1-7 قانون برنولى
242	..... 2-1-7 حركت براونى
243	..... 2-7 بازرسى پمپ از نظر پديده كاوتاسيون (حفره زايى)
244	..... 3-7 تنش مؤثر ( $\sigma$ ) و مقاومت برشى در دوغاب
250	..... فصل هشتم: گچ صنعتى
251	..... 1-8 گچ صنعتى
252	..... 2-8 کاربرد گچ در صنايع ريخته گرى
252	..... 3-8 گچ قالب سازى
252	..... 1-3-8 تعريف
255	..... 2-3-8 استاندارد گچ قالب سازى (ASTM C59-83)
255	..... 4-8 روش هاى مختلف توليد گچ
256	..... 1-4-8 كلسيناسيون گچ

258	..... 2-4-8- خصوصیات گچ پس از کلسیناسیون
260	..... 3-4-8- کوره های کلسیناسیون گچ
260	..... 1-3-4-8- کوره چاهی و اتاقکی
260	..... 2-3-4-8- کوره تابه ای
261	..... 3-3-4-8- کوره گردان
262	..... 5-8- ملاحظات کار در قسمت قالب سازی
262	..... 1-5-8- انبار گچ
262	..... 2-5-8- توزین و همزدن گچ
262	..... 3-5-8- زمان همزدن گچ
262	..... 4-5-8- آب مناسب برای گچ
263	..... 5-5-8- تمیزی ظرف و همزن گچ

#### صفحه

#### فهرست

263	..... 6-5-8- خلاء کردن
263	..... 7-5-8- خشک کردن قالب های گچی
263	..... 6-8- خواص گچ
263	..... 1-6-8- سیالیت دوغاب گچ
264	..... 2-6-8- زمان ریختن
265	..... 3-6-8- دانسیته ظاهری دوغاب گچی
266	..... 4-6-8- تنظیم زمان گیرش
266	..... 5-6-8- تغییرات ابعادی ناشی از ضریب انبساط حین گیرش
267	..... 6-6-8- تخلخل
268	..... 7-6-8- دانسیته قالب گچی
268	..... 8-6-8- استحکام مکانیکی
270	..... 9-6-8- دانه بندی گچ
271	..... 10-6-8- ضریب دیفوزیون قالب گچی و ارتباط آن با ریخته گری
274	..... 1-10-6-8- تعیین ضریب دیفوزیون قالب گچی

فصل نهم: ریخته گری دوغابی .....	296
1-9- ساخت مادر قالب گچی مناسب برای ریخته گری دوغابی .....	297
1-1-9- انتخاب رزین برای ساخت مادر قالب رزینی (کامپوزیتی) .....	297
2-1-9- ویژگی های مکانیکی رزین .....	297
1-2-1-9- چقرمگی رزین .....	298
2-2-1-9- چسبندگی رزین .....	298
3-2-1-9- مقاومت در برابر عوامل محیطی رزین .....	299
3-1-9- قالب گیری با انتقال رزین (R T M) .....	299
2-9- قالب گچی .....	301
3-9- ریخته گری دوغابی .....	301
1-3-9- ریخته گری دوغابی توخالی (drain casting) .....	301
2-3-9- ریخته گری دوغابی توپر (Solid casting) .....	302
4-9- روش ریختن يك گلدان .....	303
1-4-9- بستن قالب .....	303
2-4-9- ریختن دوغاب .....	303

فهرست	صفحه
3-4-9- تخلیه دوغاب .....	304
4-4-9- روش بیرون آوردن قطعه از داخل قالب گچی .....	304
5-4-9- روش استفاده از دوغاب اضافی و تراشه های گل .....	305
6-4-9- پرداخت اولیه بدنه ریخته گری .....	305
7-4-9- صاف کردن و جهت دادن به ذرات .....	305
8-4-9- پرداخت کردن با آب بدنه ریخته گری .....	306
9-4-9- پرداخت کردن بدنه پس از خشک شدن .....	306
1-9-4-9- تراشیدن بدنه خشک .....	307
2-9-4-9- پرداخت کردن روی چرخ .....	307

308	..... 3-9-4-9 پرداخت کردن قطعه با دستگاه تراش
308	..... 4-9-4-9 ابزار تراشیدن و صاف کردن
309	..... 5-9-4-9 پرداخت کردن بدنه با کاغذ سمپاده
309	..... 6-9 ریخته گری تحت فشار
310	..... 1-6-9 نوع بدنه
311	..... 2-6-9 خواص دوغاب مناسب برای ریخته گری تحت فشار
312	..... 7-6-9 شکل دهی تحت فشار
315	..... 4-6-9 نگهداری قالب
316	..... 7-9 ریخته گری دقیق قطعات فولادی و سرامیکی
316	..... 1-7-9 روش قالب گیری پوسته سرامیکی
317	..... 2-7-9 روش تهیه پوسته های سرامیکی
317	..... 1-2-7-9 مواد دیرگداز
318	..... 1-1-2-7-9 ماسه سیلیسی
319	..... 2-1-2-7-9 زیرکون $ZrO_2SiO_2$
319	..... 3-1-2-7-9 آلومینا
319	..... 4-1-2-7-9 کاینیت، سیلیمانیت و آندالوسیت
319	..... 5-1-2-7-9 مولیت
320	..... 6-1-2-7-9 ولاستونیت
320	..... 7-1-2-7-9 دیاسپور و بوکسیت
320	..... 3-7-9 اندازه دانه

**فهرست صفحه**

320	..... 4-7-9 چسب ها (Binder)
321	..... 1-4-7-9 سیلیس کلونیدی
322	..... 5-7-9 اجزاء دیگر تشکیل دهنده دوغاب
322	..... 6-7-9 دوغاب سیلیس ذوب و ریخته گری شده

- 323 ..... 7-7-9- دوغاب زیرکنی
- 324 ..... 8-7-9- دستگاه های مخلوط کننده
- 324 ..... 9-7-9- خشک کردن
- 325 ..... 10-7-9- کنترل فرآیند
- 327 ..... فصل دهم: شکل دادن پلاستیک
- 328 ..... 1-10- تعاریف
- 328 ..... 1-1-10- گل نیمه پلاستیک (*Medium plastic clay*)
- 328 ..... 2-1-10- گل پلاستیک نرم (*Soft plastic clay*)
- 328 ..... 3-1-10- گل پلاستیک سفت (*Stiff plastic clay*)
- 328 ..... 4-1-10- حافظه در رسی ها (*Memory of Clays*)
- 329 ..... 2-10- تهیه و آماده سازی خمیر بدنه
- 329 ..... 1-2-10- فیلتر پرس (*Filtration*)
- 334 ..... 2-2-10- اکستروژن (*Extrusion*)
- 335 ..... 1-2-2-10- مکانیک اکستروژن
- 337 ..... 2-2-2-10- جریان لایه ای در خمیر در حال فشار
- 338 ..... 3-2-2-10- مواد روغنکاری کننده
- 339 ..... 3-2-10- انواع اکستروژن
- 339 ..... 1-3-2-10- اکستروژن پیستونی یا مرحله ای (*Batch extruder*)
- 340 ..... 2-3-2-10- اکستروژن حلزونی (*Screw extruder*)
- 341 ..... 4-2-10- پاکمیل هوا زدا (*De-Airing pugmill*)
- 342 ..... 5-2-10- اعمال خلاء و مزایای آن
- 342 ..... 6-2-10- عیوب اکستروژن و راه های بر طرف کردن آنها
- 343 ..... 1-6-2-10- ترك S شکل
- 344 ..... 2-6-2-10- لایه لایه شدن (*Lamination*)
- 344 ..... 3-6-2-10- لایه لایه شدن در امتداد سطح و عمق ستون گل



- 345 ..... 4-6-2-10- ترك شمعدانی (ستاره ای)
- 345 ..... 5-6-2-10- جوش و حفره سطحی
- 346 ..... 6-6-2-10- شیب سفی در گل اکستروژن شده
- 346 ..... 3-10- شکل دادن با اکستروژن
- 346 ..... 1-3-10- پیش شکل دادن با اکستروژن
- 347 ..... 2-3-10- شکل دادن با اکستروژن
- 348 ..... 3-3-10- تنوع محصولات در روش اکستروژن
- 348 ..... 1-3-3-10- ساخت المان سیلیکون کاربیدی با اکستروژن
- 348 ..... 2-3-3-10- مراحل فرآیند اکستروژن
- 349 ..... 3-3-3-10- اجزاء مختلف سیستم های چسب (binder)
- 350 ..... 4-3-3-10- سیلیکون کاربید
- 353 ..... 5-3-3-10- فرآیند زیتترینگ در حضور فاز مایع
- 354 ..... 5-3-10- فرآیند ساخت
- 354 ..... 1-5-3-3-10- مخلوط کردن (Mixing)
- 355 ..... 2-5-3-3-10- اکستروژن یا پرس کردن
- 355 ..... 3-5-3-3-10- فاکتورهای مؤثر بر کنترل فرآیند اکستروژن
- 355 ..... 1-3-5-3-3-10- دانسیته خام
- 356 ..... 2-3-5-3-3-10- پلاستیسیته (Plasticity)
- 358 ..... 6-3-3-10- کلسیناسیون (Calcination)
- 358 ..... 7-3-3-10- جزئیات مراحل مختلف تکلیس و عیوب احتمالی
- 359 ..... 8-3-3-10- سیلیساید کردن
- 360 ..... 1-8-3-3-10- مکانیزم و سرعت پیشرفت فرآیند ری اکشن زیتترینگ
- 362 ..... 2-8-3-3-10- مکانیزم رسوب در SiC
- 362 ..... 9-3-3-10- بررسی ساختار در SiC
- 364 ..... 10-3-3-10- ماشین کاری (Mashing) SiC

- 364 ..... 11-3-3-10 خواص مکانیکی، حرارتی، الکتریکی SiC
- 364 ..... 1-11-3-3-10 دانسیته SiC
- 364 ..... 2-11-3-3-10 مدول یانگ SiC
- 364 ..... 3-11-3-3-10 ضریب انبساط SiC

## صفحه

## فهرست

- 365 ..... 3-11-3-3-10 هدایت حرارتی SiC
- 365 ..... 4-11-3-3-10 استحکام مکانیکی SiC
- 366 ..... 4-10 روش های شکل دادن با پرس پلاستیک
- 366 ..... 1-4-10 جیگرینگ (Jigging)
- 366 ..... 1-1-4-10 شکل دادن توسط دستگاه جیگر (Jigging)
- 369 ..... 2-4-10 شکل دادن بوسیله دستگاه جولی (Jollying)
- 371 ..... 3-4-10 شکل دادن به وسیله دستگاه های گردان (Roller)
- 371 ..... 1-3-4-10 شکل دادن بشقاب و دیس به کمک رولر
- 373 ..... 2-3-4-10 شکل دادن فنجان و ظروف گود به کمک رولر
- 374 ..... 4-4-10 شکل دادن به کمک ماشین های تمام اتوماتیک
- 375 ..... 5-4-10 درصد آب حین شکل دادن با پرس پلاستیک
- 376 ..... 6-4-10 قالب
- 376 ..... 5-10 شکل دادن به روش تراش (خراطی)
- 380 ..... فصل یازدهم: شکل دادن با پرس پودر
- 381 ..... 1-11 پرس
- 381 ..... 1-1-11 مفهوم و اصول پرس
- 381 ..... 2-1-11 مزایای پرس
- 382 ..... 3-1-11 سیستم های پرس با توجه به میزان آب موجود در دوغاب
- 382 ..... 4-1-11 انواع پرس
- 382 ..... 2-11 وسایل لازم برای پرس پودر

- 385 .....3-11- متراکم پودر با فشار در حالت سرد
- 385 .....1-3-11- روش های تراکم پودر در قالب
- 385 .....1-1-3-11- پرس يك طرفه
- 386 .....2-1-3-11- فشار از دو طرف
- 386 .....3-1-3-11- پرس با سیستم چند حرکتی
- 387 .....4-1-3-11- پرس در قالب های شناور
- 387 .....5-1-3-11- پرس کردن ویریه ای
- 387 .....6-1-3-11- متراکم کردن مرحله ای
- 388 .....7-1-3-11- پرس ایزواستاتیک (CIP) (Cold Isostatic Pressing)

فهرست صفحه

- 389 .....4-11- مبانی فشردن پودر
- 391 .....5-11- اسپری درایر (خشک کن پاشیدنی) (spray dryers)
- 392 .....1-5-11- وظیفه و نقش اسپری درایرها
- 393 .....2-5-11- تبخیر در اسپری درایر
- 394 .....3-5-11- انتخاب نوع اسپری درایر
- 394 .....6-11- سیکل یا چرخه پرس
- 395 .....7-11- انواع پرس
- 395 .....1-7-11- پرس نیمه خشک (Semidry or Powder Pressing)
- 395 .....2-7-11- پرس خشک (Dry Pressing)
- 398 .....3-7-11- شکل دادن به روش پرس هیدروستاتیک
- 398 .....8-11- چسب (Binders)
- 398 .....1-8-11- علل استفاده از چسب
- 399 .....2-8-11- خصوصیات مورد نیاز چسب ها
- 400 .....3-8-11- بنیاد و پایه چسب های موقتی
- 400 .....1-3-8-11- اساسی ترین ریشه چسب های موقتی
- 400 .....1-1-3-8-11- مشتقات سلولز

401	.....	MC	2-1-3-8-11	متیل سلولز
401	.....	HEC	3-1-3-8-11	هیدروکسی اتیل سلولز
401	.....	(PA)	2-3-8-11	پلی اکریلات ها
402	.....	(PS)	3-3-8-11	پلی ساکاریدها
403	.....		4-3-8-11	پلی وینیل الکل
407	.....	(Pressing Aids)	4-8-11	کمک پرس ها
407	.....		5-8-11	سایر افزودنی ها
408	.....		9-11	مبانی متمایز شدن مواد داخل اسپری
408	.....		1-9-11	اتمایزرهای چرخشی (با به بکارگیری انرژی ساتتریفوژی)
409	.....		2-9-11	نازل های فشاری (با به کارگیری انرژی فشار)
409	.....		3-9-11	نازل های دو سیاله (با به کارگیری انرژی جنبشی)
410	.....		4-9-11	انتخاب متمایز
410	.....		5-9-11	تماس هوا - اسپری
	فهرست			
	صفحه			
412	.....		6-9-11	خشک کردن قطره اسپری
413	.....		7-9-11	بازبانی محصول از هوای خروجی
414	.....		8-9-11	محاسن جدا کننده ها در روش خشک
414	.....		9-9-11	معایب جدا کننده ها در روش خشک
415	.....		10-9-11	محاسن سیستم های جدا کننده مرطوب
416	.....		11-9-11	معایب سیستم جدا کننده مرطوب
416	.....		12-9-11	کاربرد اسپری درایر در تولید گرانول های پرس ایزواستاتیک
417	.....		13-9-11	شرایط گرانول های اسپری درایر و روش تعیین آنها
417	.....		14-9-11	خواص گرانول
417	.....		1-14-9-11	محدوده دانه بندی
418	.....		2-14-9-11	رطوبت باقی مانده در گرانول ها
418	.....		3-14-9-11	دانسیته بالک

418	15-9-11- شرح خواص جسم متراکم شونده.....
418	1-15-9-11- مدول گسیختگی (استحکام خمشی) .....
418	2-15-9-11- بازیابی الاستیک .....
419	3-15-9-11- دانسیته خام و تخلخل .....
419	4-15-9-11- ضریب تراکم .....
419	5-15-9-11- تخریب ذرات .....
419	6-15-9-11- کیفیت سطح .....
419	16-9-11- بررسی پروسه اسپری کردن دوغاب .....
420	17-9-11- نتایج حاصل از انتخاب نوع اسپری .....
423	18-9-11- تجهیزات اسپری درایر.....
424	19-9-11- عملکرد اسپری درایر برای تولید گرانول های تغذیه پرس .....
424	1-18-9-11- رطوبت .....
425	12- فصل دوازدهم: ذوب و ریخته گری (Fused casting) .
426	1-12- شکل دادن به روش ذوب و ریخته گری (Fused casting) .....
427	2-1-12- مزایای ذوب و ریخته گری .....
427	3-1-12- معایب ذوب و ریخته گری .....
431	فهرست منابع .....

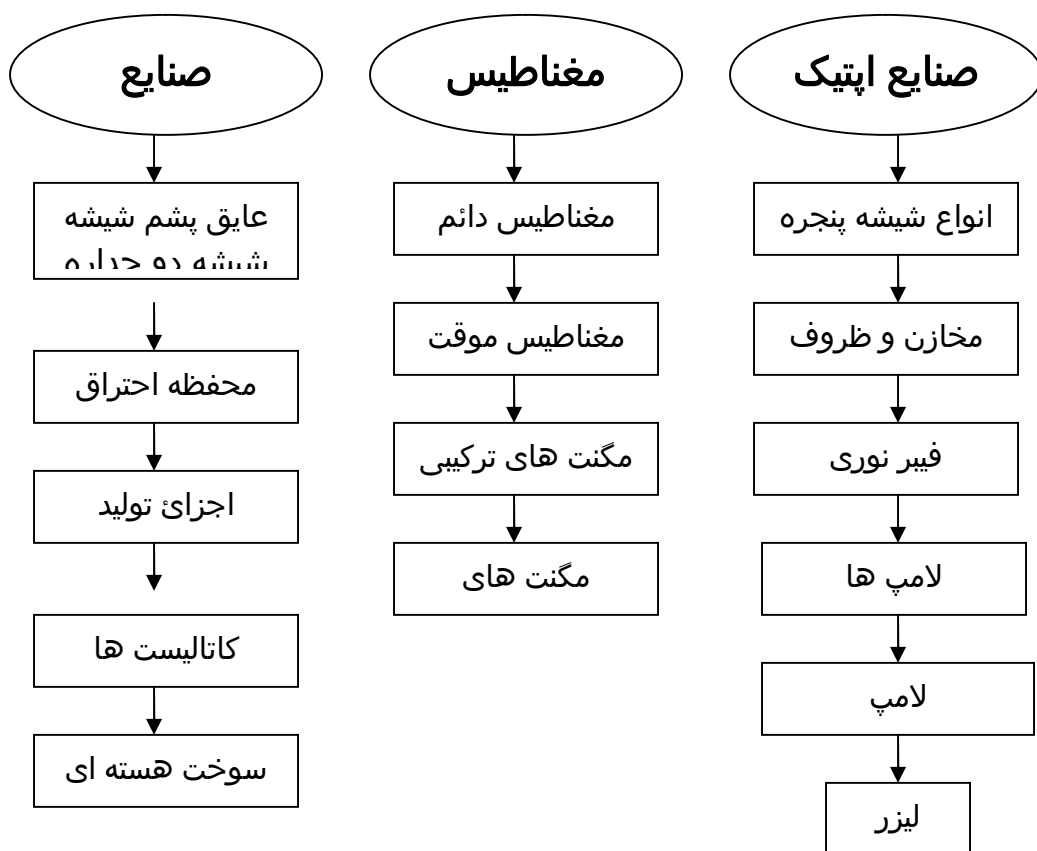
#### مقدمه

#### انتخاب روش های شکل دادن سرامیک ها

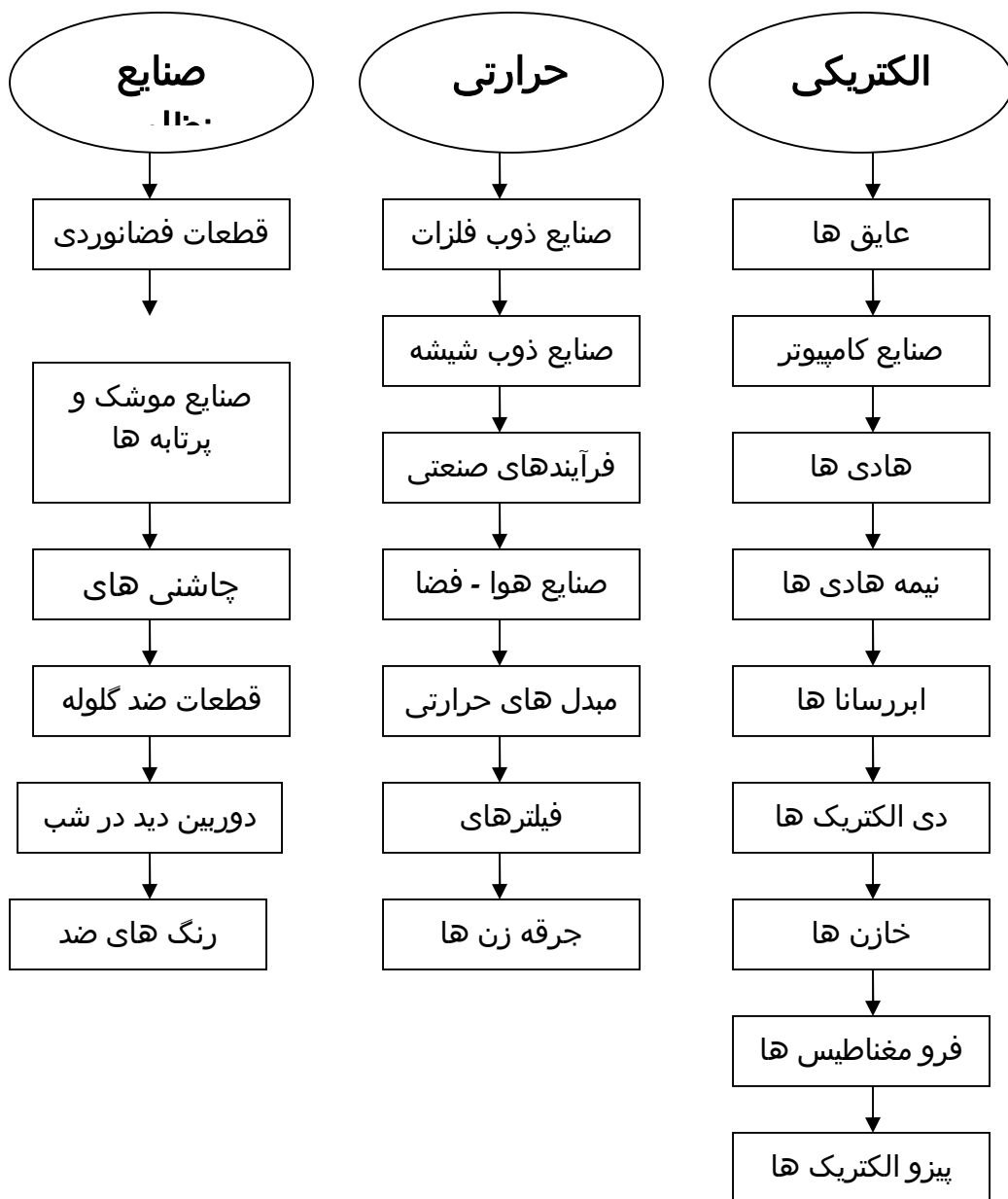
سرامیک ها موارد کاربرد زیادی دارند از سفال و صنایع دستی گرفته تا آجر ساختمانی، چینی، شیشه، قطعات اتومبیل، قطعات موشک، سفینه های فضایی و قطعات کامپیوتر و الکترونیک، ابر کامپیوترها، بیوسرامیک و نانو سرامیک ها. شکل های (1) و (2) و (3)

بنابراین با توجه به نوع محصول و پیچیدگی آن، بایستی نوع روش مناسب ساخت و تولید هر محصولی را انتخاب کرده و براساس انتظارات مصرف کنندگان؛ طراحی کارخانه

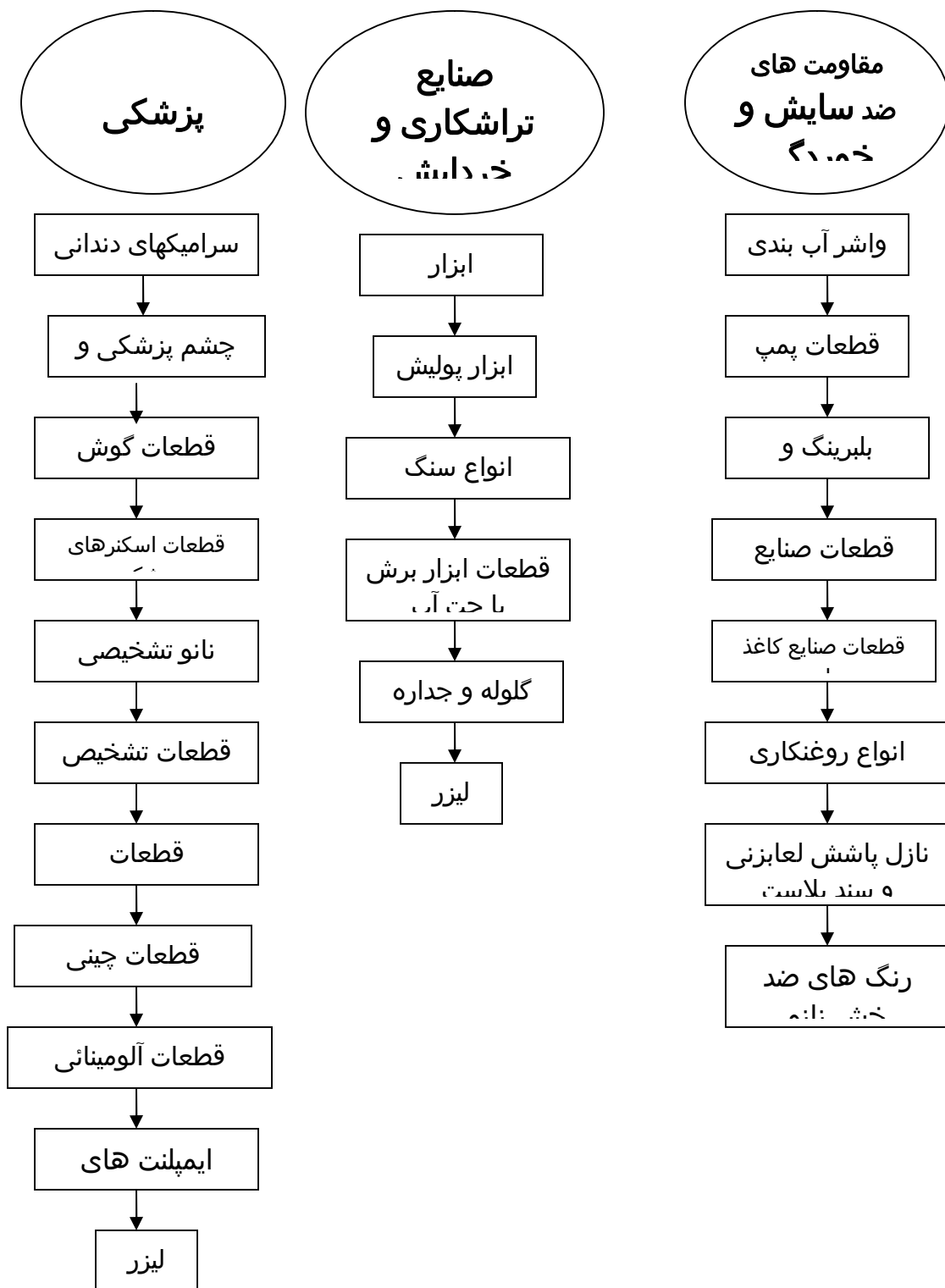
و ماشین آلات ساخت و تولید را مشخص کرده و با توجه به نرخ تولید، بازار مصرف، رقبا خارجی، مواد اولیه مصرفی و در دست رس بودن آن، محصولی سودآور را وارد چرخه تولید کنیم. بنابراین باید روش های تولید و مراحل عمل آوری سرامیک ها را با دقت بیشتری مورد بررسی قرار دهیم زیرا سرامیک ها برخلاف فلزات عموماً "قابلیت ماشین کاری یا ضربه پذیری قبل از شکل گیری نهایی را ندارند و در بیشتر موارد، کار شکل دهی از مواد اولیه آغاز می شود. شکل (4) و شکل (5) و شکل (6)



شکل (1) صنایع اپتیک، مغناطیس ها، صنایع انرژی



شکل(2) صنایع الکتریک، صنایع حرارتی، صنایع نظامی



شکل (3) صنایع مقاومت های ضد سایش و خوردگی، صنایع تراشکاری و خردایش، صنایع پزشکی





شکل (4) بدل چینی؛ قطعات سخت، المنت حرارتی، لوله حرارتی، قطعات مبدل حرارتی، قطعات توربین، قطعات ماشین



شکل (5) قطعات جت، یو سرامیک ها، شمع اتومبیل، مفصل استخوان، قطعات انتقال دریمپ، بلبرینگ و ساچمه، لوله و صفحات سوراخ دار، سوپاپ، پروانه توربوشارژر، قطعات

پمپ



شکل (6) ابزار تراش، جلیقه ضد گلوله، فیلتر سرامیکی، قطعات سیلیکون کاربید، لامپ، رشته ابرسانا، دی الکتریکها، قطعات ماشین

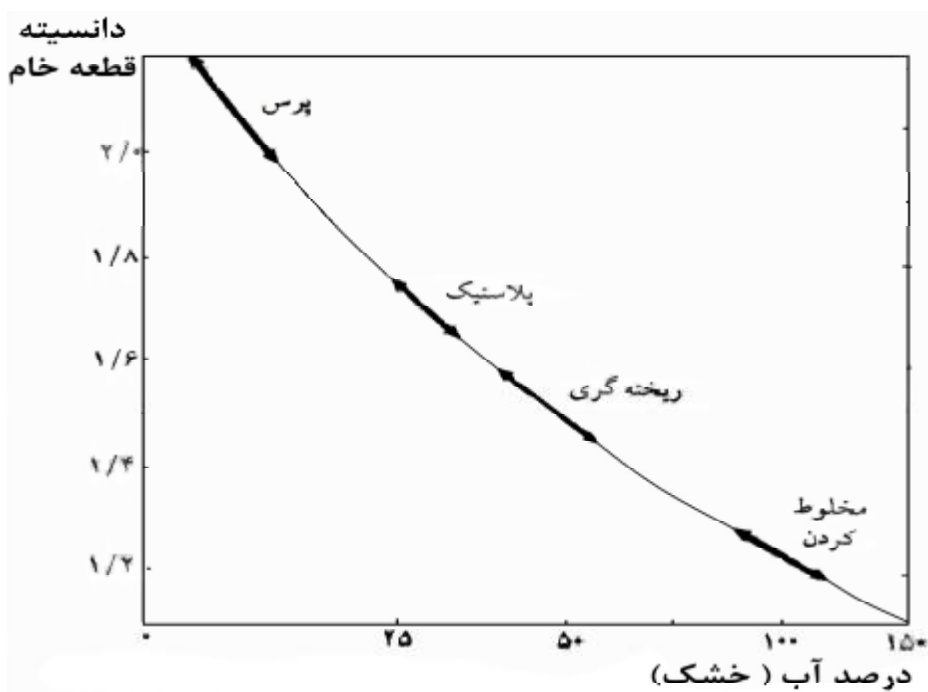
انتخاب روش صحیح و مناسب شکل دهی:

انتخاب روش صحیح و مناسب شکل دهی، براساس این پارامترها استوار است:

- پیچیدگی، دقت ابعادی، وزن مدل
- شرایط فیزیکی آمیز یا مخلوط مواد اولیه بدنه
- مزایا و معایب روش های شکل دهی
- سرمایه گذاری، ارزش اقتصادی و نرخ تولید

برای انتخاب روش مناسب شکل دهی، آشنایی با مزایا و معایب روش های متنوع شکل دادن به درک روش انتخاب، کمک بسیاری خواهد کرد. با توجه به حضور میزان آب و رطوبت عموماً به عنوان یکی از اجزای مهم در شکل گیری آمیز بدنه سرامیکی، شاید بتوان روش های شکل دهی محصولات سرامیکی را برحسب درصد رطوبت آمیز آنها حین ساخت و تولید تقسیم بندی کرد. لذا درصد تقریبی رطوبت در هر یک از روش های شکل دهی را مختصراً توضیح می دهیم.

روش های شکل دادن سرامیک ها به روش های مختلفی تقسیم بندی می شوند؛ که یکی از این روش ها برحسب درصد آب می باشد. شکل (7)



شکل (7) تغییرات مقدار درصد آب به دانسیته مواد قبل از شکل گیری نسبت به روش تولید اگر درصد آب یک آمیز به حدی باشد که مخلوط حاصل به صورت دوغاب درآید با انتقال دوغاب به قالب گچی می توان شکل دلخواه را ایجاد کرد. این روش را "ریخته گری دوغابی" (*Slip Casting*) نامیده اند. در این روش درصد آب بین 25 تا 45 درصد (عمدتاً 30 درصد) است که مقدار دقیق آن به جنس مواد اولیه بستگی دارد. حال آنکه در مقادیر کمتر آب (18-25 درصد) یک توده گل پلاستیک (خمیر) به دست می آید. شکل دادن این مخلوط را "شکل دادن پلاستیک" (*Plastic Forming*) نامیده اند. فشردن پودرهای مرطوب با پرس را می توان با کمترین مقدار رطوبت (4-9 درصد) انجام داد. جدول (I) میزان آب مورد نیاز در روش های مختلف شکل دادن را نشان می دهد.

#### جدول (I) میزان آب در روش های مختلف شکل دادن

درصد تقریبی آب	حالت فیزیکی	روش شکل دهی	نمونه تولید
25-45 (عمدتاً 31)	مایع سوسپانسیون	ریخته گری دوغابی	چینی بهداشتی، قوری، پارچ
18-25 (عمدتاً 21)	خمیر (گل پلاستیک)	شکل دادن پلاستیک	آجر، لوله فاضلاب، کاشی کف
12-18 (عمدتاً 15)	گل نیمه پلاستیک	تراشکاری، خراطی	مقره های پوشینگ Kv
4-9 (عمدتاً 7)	پودر نم دار	پرس نیمه خشک	کاشی دیواری، آجر، بشقاب
0-4	پودر خشک	پرس سرد، پرس گرم	شمع اتومبیل، تیغه توربین

بنابراین چهار روش اصلی برای شکل دادن سرامیک ها عبارت است از:

- ریخته گری دوغابی (*Slip Casting*)
- شکل دادن پلاستیک (*Plastic Forming*)
- شکل دادن با پرس (*HIP-CIP Pressing*)
- ذوب و ریخته گری (*Fuse Casting*)

در نهایت می توان تقسیم بندی روش های شکل دادن سرامیک ها را به صورت  
ذیل نمایش داد:

۱- ریخته گری دوغابی (توخالی، توپر)

۲- شکل دادن پلاستیک

2-1 شکل دادن پلاستیک دستی

- شکل دادن با کمک دست

- شکل دادن با دست و قالب

- شکل دادن با چرخ کوزه گری

2-2 شکل دادن دستگاهی

- شکل دادن با اکستروژن

- شکل دادن با جیگر

- شکل دادن جولی

- شکل دادن با رولر

- شکل دادن با ماشین های تمام اتوماتیک

- شکل دادن به روش تراش (خراطی)

- شکل دادن با پرس پلاستیک

3- شکل دادن با پرس

3-1 شکل دادن با پرس نیمه خشک

3-2 شکل دادن با پرس خشک

3-3 شکل دادن ایزواستاتیک

3-3-1 شکل دادن ایزواستاتیک سرد

3-3-2 شکل دادن ایزواستاتیک گرم

3-4 شکل دادن تزریقی

4- شکل دادن به صورت ذوب و ریخته گری

با توجه به حضور آب به عنوان یکی از اجزای مهم در شکل گیری سرامیک ها، برهم کنش  
بین آب و پودرهای سرامیکی بسیار مهم است. از آنجائی که دوغاب عبارت است از مخلوط

پودر سرامیکی با مایعی که در حالت عمومی مایع مورد نظر آب می باشد، است لذا بررسی بسیار دقیق علمی در مورد آب و ارتباط آن با آمیز سرامیکی لازم است. در ابتدا اصلی ترین عامل سیستم دو فازی دوغاب (جامد- مایع) یعنی آب را مورد تجزیه و تحلیل قرار می دهیم. پس از شناخت کامل آب، مخلوط دو فازی تحت عنوان سیستم آب- جامد یا سیستم آب-رسی مورد بررسی قرار می گیرد تا برهم کنش دو فاز و اثرات دقیق ریز ساختاری این سیستمها مورد تجزیه و تحلیل قرارگیرد.