فصل ۲

روابط و محاسبات کاربردی

درصد جامد در دوغاب	$X = \frac{\rho_2(\rho_1 - 1)}{\rho_1(\rho_2 - 1)} \times 100$

X = درصد مادهٔ جامد؛
ρ_1 = چگالی دوغاب؛
ρ_2 = چگالی مادهٔ معدنی (چگالی ماده خشک).

درصد رطوبت بر مبنای وزن خشک	$= \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100$
درصد رطوبت بر مبنای وزن تر	$= \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100$

m_d = وزن خشک؛
m_w = وزن تر.

ضریب انقباض کل	$SC = \frac{\text{طول تر}}{\text{طول پخت}} = \frac{L_w}{L_f}$
درصد انقباض کل	$\%S_t = \frac{\text{طول پخت - طول تر}}{\text{طول تر}} \times 100 = \frac{L_w - L_f}{L_w} \times 100$
ارتباط درصد انقباض کل و ضریب انقباض کل	$\% S_t = \left(1 - \frac{1}{SC}\right) \times 100$

استحکام خمشی	$\sigma = \frac{3 \times p \times L}{2b \times h^2}$

σ = استحکام خمشی (N/mm^2 یا MPa)
p = نیروی شکست (N)
l = فاصله تکیه‌گاه (mm)
b = طول مقطع شکست نمونه (mm)
h = میانگین عرض مقطع شکست نمونه (mm)

تیکسوتروپی به روش ریزشی	$\% T = \frac{t_2 - t_1}{t_2} \times 100$

تیکسوتروپی به روش پیچشی	تیکسوتروپی یک دقیقه دوغاب = $V_1 - V_0$ تیکسوتروپی پنج دقیقه دوغاب = $V_2 - V_0$

سرعت ریخته‌گری	$D = Kt^{\frac{1}{2}}$

D : ضخامت دیواره تشکیل شده (mm)
t : مدت زمان قرارگیری دوغاب در قالب (mm)
K : ضریب ثابت.

حجم ظاهری	$V_a = D - I$
حجم جسم غوطه‌ور شده (حجم سیال جابه‌جا شده)	$= \frac{\text{وزن سیال جابه‌جا شده}}{\text{چگالی سیال}} = \frac{D - I}{\rho_1}$

D: وزن قطعه خشک در هوا (g)
S: وزن قطعه اشباع از مایع (g)
I: وزن قطعه غوطه‌ور شده در مایع (g)
ρ_1: چگالی مایع (g/Cm^2)

چگالی نسبی	$= \frac{\text{چگالی مادهٔ موردنظر}}{\text{چگالی آب}}$
چگالی قطعه	$= \frac{\text{وزن قطعه در حالت خشک}}{\text{حجم قطعه}}$
چگالی کلی (ρ_b)	$= \frac{\text{وزن قطعه}}{\text{حجم کلی}} = \frac{D}{S - I} \times \rho_1$

چگالی ظاهری (ρ_a)	$= \frac{\text{وزن قطعه}}{\text{حجم ظاهری}} \times$ چگالی مایع $= \frac{D}{D-I} \times \rho_1$
چگالی حقیقی (ρ_t)	$= \frac{\text{وزن قطعه}}{\text{حجم حقیقی}} = \frac{D}{V_t}$
چگالی پودر (ρ_p)	$= \frac{b-a}{(d-a)-(c-b)} \times \rho_1$
چگالی دوغاب	$= \frac{\text{مجموع وزن اجزای دوغاب}}{\text{مجموع حجم اجزای دوغاب}}$

D : وزن قطعه خشک در هوا (g)
S : وزن قطعه اشباع از مایع (g)
I : وزن قطعه غوطه‌ور شده در مایع (g)
ρ_1 : چگالی مایع (g/Cm^3)
a : وزن پیکنومتر
b : وزن پیکنومتر+ پودر
c : وزن پیکنومتر+ پودر+ وزن آب
d : وزن پیکنومتر+ وزن آب به اندازه حجم پیکنومتر

درصد تخلخل‌های باز	$= \frac{\text{حجم تخلخل‌های باز}}{\text{حجم کل}} \times ۱۰۰ = \frac{S-D}{S-I} \times ۱۰۰$
درصد تخلخل‌های بسته	$= \rho_b \left(\frac{۱}{\rho_a} - \frac{۱}{\rho_t} \right) \times ۱۰۰$
درصد تخلخل‌های کلی	$= \left(۱ - \frac{\rho_b}{\rho_t} \right) \times ۱۰۰$
درصد جذب آب	$= \frac{\text{وزن آب جذب شده}}{\text{وزن خشک قطعه}} = (\frac{S-D}{D}) \times ۱۰۰$

ρ_b : چگالی کلی
ρ_a : چگالی ظاهری
ρ_t : چگالی حقیقی

نسبت گچ به آب	$= \frac{\text{وزن گچ}}{\text{وزن آب}}$
بیشینهٔ نسبت گچ به آب	$= \frac{\text{وزن گچ مصرف شده}}{\text{وزن آب}}$

تراکم پذیری پودر	$\frac{\text{ارتفاع مواد ریخته شده در قالب}}{\text{ضخامت قطعه}} = \frac{\text{حجم مواد ریخته شده در قالب}}{\text{حجم قطعه}} =$

فصل ۳

جداول و استانداردها

جدول استاندارد الک ها ASTM**			
حجم آمیز پیشنهاد شده (cm^{3*})	روزنه (اینچ)	روزنه (میلی‌متر)	عدد مش
۴۰۰	۰/۲۲۳	۵/۶۶	No. ۳ ۱/۲
۳۵۰	۰/۱۸۷	۴/۷۶	No. ۴
	۰/۱۵۷	۴/۰۰	No. ۵
۲۴۰	۰/۱۳۲	۳/۳۶	No. ۶
	۰/۱۱۱	۲/۸۳	No. ۷
۲۰۰	۰/۰۹۳۷	۲/۳۸	No. ۸
	۰/۰۷۸۷	۲/۰۰	No. ۱۰
۱۶۰	۰/۰۶۶۱	۱/۶۸	No. ۱۲
	۰/۰۵۵۵	۱/۴۱	No. ۱۴
۱۴۰	۰/۰۴۶۹	۱/۱۹	No. ۱۶
	۰/۰۳۹۴	۱/۰۰	No. ۱۸
۱۲۰	۰/۰۳۳۱	۰/۸۴۱	No. ۲۰
	۰/۰۲۷۸	۰/۷۰۷	No. ۲۵
۱۰۰	۰/۰۲۳۴	۰/۵۹۵	No. ۳۰
	۰/۰۱۹۷	۰/۵۰۰	No. ۳۵
۸۰	۰/۰۱۶۵	۰/۴۲۰	No. ۴۰
	۰/۰۱۳۹	۰/۳۵۴	No. ۴۵
۷۰	۰/۰۱۱۷	۰/۲۹۷	No. ۵۰
	۰/۰۰۹۸	۰/۲۵۰	No. ۶۰

۶۰	۰/۰۰۸۳	۰/۲۱۰	No. **۷۰**
	۰/۰۰۷۰	۰/۱۷۷	No. **۸۰**
۵۰	۰/۰۰۵۹	۰/۱۴۹	No. **۱۰۰**
	۰/۰۰۴۹	۰/۱۲۵	No. **۱۲۰**
۴۰	۰/۰۰۴۱	۰/۱۰۵	No. **۱۴۰**
	۰/۰۰۳۵	۰/۰۸۸	No. **۱۷۰**
۳۵	۰/۰۰۲۹	۰/۰۷۴	No. **۲۰۰**
	۰/۰۰۲۵	۰/۰۶۳	No. **۲۳۰**
۳۰	۰/۰۰۲۱	۰/۰۵۳	No. **۲۷۰**
	۰/۰۰۱۷	۰/۰۴۴	No. **۳۲۵**
۲۵	۰/۰۰۱۵	۰/۰۳۷	No. **۴۰۰**

* برای محاسبه مقدار گرم‌آمیز، چگالی بالک‌آمیز را در حجم ضرب کنید.
**American Society for Testing and Materials

نحوه بیان توزیع دانه بندی:
«–» پشت عدد مش الک بیانگر ذرات عبوری از الک است.
«+» پشت عدد مش بیانگر ذرات باقیمانده روی الک است.

مثال :
آمیزی با دانه‌بندی متن ۸۰+۲۰- یعنی بیش از ۹۰ درصد ذرات بین الک‌های مش ۲۰ و مش ۸۰ هستند یعنی اندازه آنها کوچک‌تر از ۰/۸۴۱ میلی‌متر و بزرگ‌تر از ۰/۱۷۷ میلی‌متر است.

مثال:
آمیزی با دانه‌بندی ۶۰- یعنی بیش از ۹۰ درصد ذرات آن ابعادی کوچک‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر دارند.

محصول	درصد رطوبت برای شکل‌دهی
سرامیک مهندسی	زیر ۵٪
دیرگدازها	۴-۸٪
چینی مظروف	۹-۱۶٪
چینی بهداشتی	۱۲-۱۶٪

محصول	چگالی بالک برخی از مواد اولیه سرامیکی (g/cm^3)
آلومینا	۱/۲۳
بنتونیت	۰/۸ – ۱/۰۴
کاربید کلسیم	۱/۲
رس	۰/۴۸ – ۱/۲۰
خاک دیاتومیت	۰/۵
دولومیت	۱/۴۴ – ۱/۶۰
فلدسپات	۱/۰۴-۱/۳۵
خاک نسوز (شاموت)	۱/۲۸
کائولن	۲/۵۶
کیانیت	۱/۰۹
منیزیت	۱/۷۰
میکا	۰/۶۷
ماسه سیلیسی	۱/۴۴-۱/۶۰
تالک	۰/۵۵-۰/۷۱

فشار و نیروی پرس‌کاری چند قطعه سرامیکی

محصول	ابعاد خام cm	فشار پرس‌کاری kgf/cm^2	کیلوگرم نیرو kgf	تن نیرو tonf
کاشی دیوار	۳۰×۶۰	۲۵۰	۱۸۰۰۰۰۰	۱۸۰۰
پرسلان	۴۳×۸۶	۴۰۰	۲۹۵۸۴۰۰	۲۹۵۸/۴
آجر دیرگداز سیلیکون کاربید	۲۵×۳۷/۵	۲۰۰۰	۱۸۷۵۰۰۰	۱۸۷۵
آجر دیرگدارمنیزیت- کرومیت	۲۰×۲۲	۱۰۰۰	۸۸۰۰۰۰	۸۸۰
آستر آلومینایی بال میل	۱۸×۱۲	۷۰۰	۳۰۲۴۰۰	۳۰۲/۴

مشخصات پرس هیدرولیک

بیشترین نیروی پرس کاری (پیستون بالا)	۷۵۰۰ تن نیرو
بیشترین نیروی خارج‌سازی قطعه پیستون پایین	۱۵ تن نیرو
بیشترین تعداد سیکل در دقیقه *	۱۵
وزن پرس	۱۷۵ تن
قدرت موتور	۲۱۲ کیلووات

(* در عمل کمتر از این مقدار است)

محدوده دما و فشار در پرس ایزواستاتیک گرم

دما	۵۰۰ تا ۲۲۰۰ درجه سلسیوس
فشار	تا ۲۰۰۰ kgf/cm^2

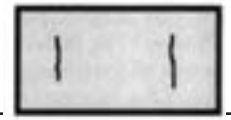
مقدار فشار پرس چند محصول در پرس ایزواستاتیک سرد

نوع ماده یا محصول	مقدار فشار (kgf/cm^2)
پودر فلزی	۶۰۰۰_۷۰۰۰
پودر سرامیکی	۲۰۰۰_۳۰۰۰
گلوله آلومینایی	۶۰۰

لغزان‌سازهای متداول

پارافین	اسیداولئیک
استئارات آلومینیوم	استئارات روی
استئارات منیزیم	پلی‌اتیلن گلیلول
استئارات سدیم	تالک
اسیداستئاریک	گرافیت

عیوب متداول بدنه‌های شکل داده شده به روش پرس پودر

نوع عیب		علت ایجاد عیب
ترک‌های عمودی در راستای پرس		● بازگشت فنری غیریکنواخت در آمیز ● با تراکم‌پذیری بالا
لایه‌ای یا پوسته‌ای شدن		● دانه‌بندی و رطوبت نامناسب گرانول ● وجود دانه‌های بسیار ریز در گرانول ● فشار بالا و هواگیری نامناسب
پریدگی لبه		● عدم امکان خروج هوای اضافی از لبه‌های قالب به‌دلیل نبودن درز کافی
کندگی		● استحکام خام پایین قطعه ● چسبندگی قسمت فوقانی به سنبه
غیریکنواختی چگالی		● جریان‌یابی کم گرانول ● اصطکاک و چسبندگی بین دانه‌های گرانول ● پر نشدن یکنواخت قالب ● اصطکاک بالا بین جدارهٔ قالب و گرانول ● تفکیک شدن گرانول‌های درشت از گرانول‌های ریز
قائمه نبودن		● تنظیم نبودن قالب ● عدم یکنواختی چگالی
سطوح ناصاف		● کثیف بودن سنبه ● فرسودگی و خوردگی سطحی در قالب
عیب ابعادی		● تنظیم نبودن قالب ● تغییر ابعاد قالب

عیوب متداول بدنه‌های شکل داده شده به روش ریخته‌گری دوغابی

عیب	دلیل ایجاد عیب	راه برطرف کردن عیب
شکننده بودن بدنهٔ ریخته‌گری شده	تیکسوتروپی بسیار کم دوغاب	کاهش میزان دفلوکولانت
سستی بدنهٔ ریخته‌گری شده	تیکسوتروپی بسیار بالای دوغاب	افزایش میزان دفلوکولانت
چین و شکن	تیکسوتروپی بسیار کم دوغاب	تنظیم درصد آب دوغاب کاهش میزان دفلوکولانت
سوراخ‌های سنجاقی	حبس حباب‌های هوا در زیر سطح بدنه	کنترل گرانروی دوغاب
لکهٔ ریخته‌گری	تیکسوتروپی بسیار کم دوغاب	افزایش آب یا کاهش دفلوکولانت
ترک	تیکسوتروپی بسیار کم دوغاب سرعت خشک شدن نابرابر در بدنه	کاهش میزان آب یا کاهش میزان دفلوکولانت
خط و رگه در بدنه	مکث در حین پر کردن قالب	تنظیم سرعت پرکردن قالب
خط درز	نفوذ دوغاب به داخل درزهای قالب	اعمال ضربه به‌محل درزها در حین ریخته‌گری

مقایسه ویژگی‌ها در گرانول‌سازی به روش خشک و تر

مشخصه	روش خشک	روش تر	واحد
انرژی مورد استفاده جهت آسیاب	۲۲	۲۵	کیلو وات ساعت بر تن
انرژی مورد استفاده جهت خشک کردن	۱۱۶	۴۰۶	کیلو وات ساعت بر تن
انرژی مورد استفاده برای گرانوله کردن	۱۹	-	کیلو وات ساعت بر تن
مصرف انرژی کل	۱۵۷	۴۳۱	کیلو وات ساعت بر تن
آب مصرفی	۹۵	۳۸۸	لیتر

ویژگی انواع گچ

انواع گچ	گچ آلفا (α)	گچ بتا (β)
کاربرد	شکسته‌بندی و دندان‌سازی و مادر قالب	ساختمانی
استحکام	بالا	پایین
جذب آب	پایین	بالا
گیرش	سریع	کند
در قالب‌سازی برای ریخته‌گری دوغابی معمولاً از ترکیب این دو نوع گچ برای ساخت قالبی با استحکام مطلوب و جذب آب بالا استفاده می‌شود.		

مواد مورد استفاده در ساخت مادر قالب در صنعت سرامیک

مواد فلزی	مواد معدنی	مواد آلی
● آلومینیوم ● چدن	● گچ ● سیمان	● رزین‌های الاستیک (سیلیکون رابر) ● رزین‌های سخت (اپوکسی) ● تفلون و انواع پلیمرها ● رزین آلرالدیت

نوع روان‌ساز	نام روان‌ساز	ویژگی‌های روان‌ساز
معدنی	کربنات سدیم، سیلیکات سدیم، آلومینات سدیم، هگزامتا فسفات‌سدیم (کالگن)، هیدروکسید سدیم، آکسالات سدیم، فسفات‌های سدیم، کربنات لیتیم، هیدروکسید لیتیم، آلومینات لیتیم، سیترات لیتیم.	۱ـ بعضی از روان‌سازهای معدنی باعث خوردگی قالب‌های گچی می‌شوند. ۲ـبعضی از این روان‌سازها تأثیر نامطلوبی بر روی رنگ محصول دارند. ۳ـاستفاده بیش از حد از این روان‌سازها، به جای ایجاد روانی دوغاب باعث انعقاد وتیکس شدن آن می‌شوند.
آلی	دی اتیل آمین، دی پروپیل آمین، مونو اتیل آمین، مونوایزو بوتیل آمین، پلی وینیل آمین، پیریدین، پاپیریدین، تترامیتل آمونیوم‌هیدروکسید	۱ـ به قالب‌های گچی آسیب نمی‌رسانند. ۲ـ در مرحله پخت می‌سوزند ولی باعث خرابی رنگ محصول نمی‌شوند. ۳ـ کمتر باعث انعقاد و تیکس شدن دوغاب می‌شوند. ۴ـ روان‌سازهای آلی بر روان‌سازی دوغاب‌های ریخته‌گری بسیار تأثیرگذار هستند.

انواع جداکننده
صابون
آب صابون تراشکاری
واکس قالب
انواع روغن
اسپری سیلیکون
گریس

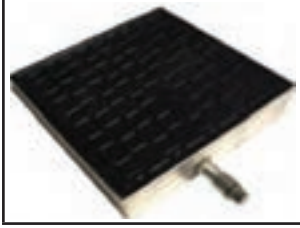
فصل ۴

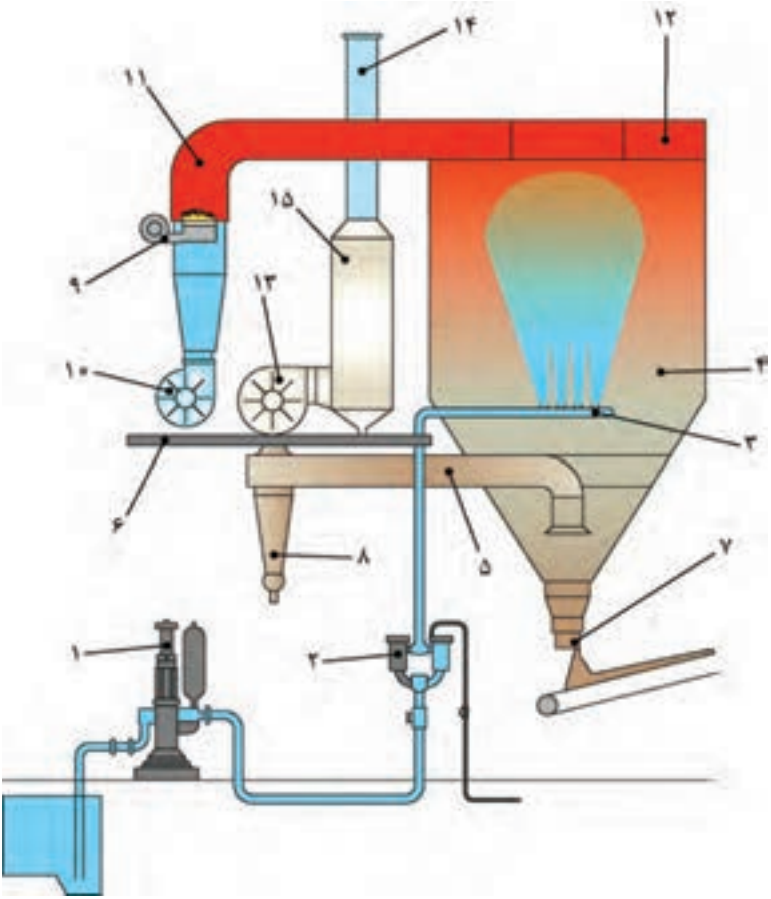
تجهیزات

نام دستگاه	تصویر
سنگ‌شکن فکّی	
سنگ‌شکن چرخشی	
سنگ‌شکن مخروطی	
سنگ‌شکن پرتابی	
سنگ‌شکن چکشی	
سنگ‌شکن استوانه‌ای	

نام دستگاه	تصویر
آسیاب غلتکی	
آسیاب لرزشی	
آسیاب چکشی	
آسیاب گردان	
آسیاب بشقابی	

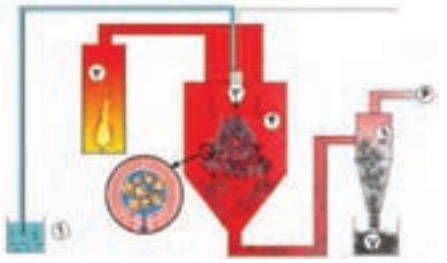
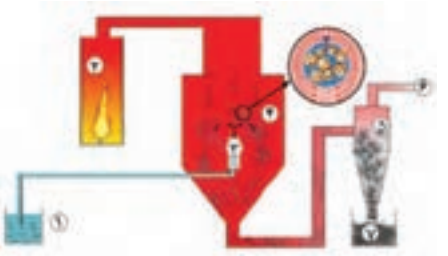
نام دستگاه	تصویر
بال‌میل	
آسیاب میله‌ای	
آسیاب مخروطی	
جارمیل	
فست میل	

نام دستگاه	تصویر
پرس اصطکاکی	
پرس هیدرولیک تک محور در صنعت کاشی و سرامیک	
پرس هیدرولیک تک محور برای تولید آجرهای دیرگداز	
پرس هیدرولیک دو محور برای تولید آسترآلومینایی	
پرس ایزوستاتیک	
سنبه	



اجزای دستگاه اسپری درایر

۱ــ پمپ اِعمال دوغاب
۲ــ فیلترها و لولهٔ انتقال دوغاب
۳ــ نگه‌دارندهٔ افشانک
۴ــ محفظهٔ خشک‌کن
۵ــ لوله‌های انتقال هوای خروجی
۶ــ محل استقرار جهت سرویس
۷ــ شیر تخلیهٔ پودر
۸ــ سیکلون
۹ــ مشعل
۱۰ــ دمنده
۱۱ــ خطوط انتقال هوای داغ
۱۲ــ پخش‌کنندهٔ هوای داغ
۱۳ــ مکنده
۱۴ــ دودکش
۱۵ــ فیلتر

نام دستگاه	تصویر
اسپری درایر همسو	
اسپری درایر ناهمسو	

دسیکاتور

در آزمایشگاه‌ها دسیکاتورهای معمول که برای کاهش دمای نمونه‌ها و مواد به منظور رسیدن به دمای محیط و سپس وزن کردن آنها به‌کار گرفته می‌شود معمولاً استوانه‌ای شکل بوده و از شیشه سنگین ساخته می‌شود. در دسیکاتورها یک صفحه روزنه‌دار وجود دارد که زیر آن جاذب رطوبت قرار گرفته و بالای آن نیز نمونه یا جسم قرار داده می‌شود. در برخی از انواع دسیکاتور، محلی برای تخلیه هوا و ایجاد خلأ نیز وجود دارد.

به‌منظور اطمینان از عملکرد دسیکاتور باید به رنگ جاذب‌های رطوبت که معمولاً سیلیکا ژل است دقت نمود. سیلیکاژل‌های تجاری معمولاً از رنگ آبی که نشان‌دهنده فعال بودن است با جذب رطوبت و اشباع شدن به رنگ صورتی تبدیل می‌شوند. در این حالت باید با قراردادن سیلیکا ژل در خشک‌کن آن را بازیابی نمود.

روند کار با دسیکاتور به شرح زیر است:

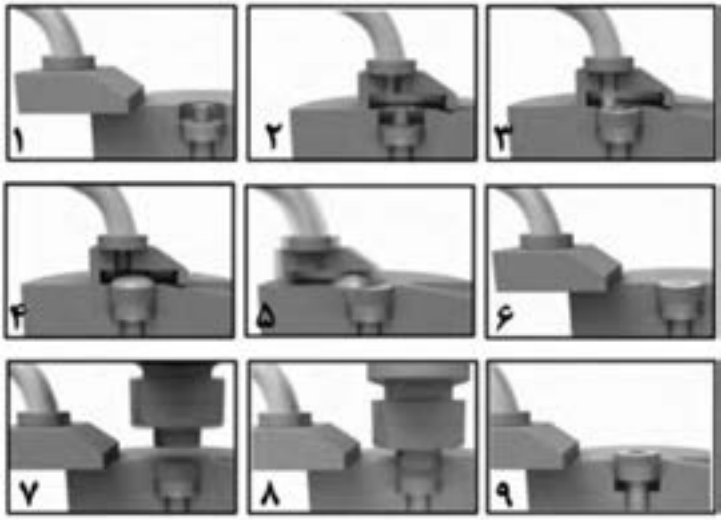
۱ اطمینان از فعال بودن جاذب‌های رطوبت در سیلیکا ژل
۲ خشک کردن و بازیابی جاذب‌ها در صورت اشباع بودن
۳ قرار دادن نمونه بر روی صفحه روزنه‌دار داخل دسیکاتور
۴ بستن درِ دسیکاتور
۵ خلأ نمودَن دسیکاتور درصورت نیاز
۶ بستن شیر تخلیه هوا در صورت عدم نیاز به خلأ

نکته

پیشنهاد می‌شود از گریس یا روغن سیلیکون برای درزبندی درِ دسیکاتور استفاده شود.

دستگاه اسپری درایر

هوا از طریق فیلتر هوا و گرم‌کن گرم شده و به محفظه توزیع هوای گرم در بالای محفظه خشک‌کن وارد شده و وارد محفظه خشک‌کن مارپیچی می‌شود. هم‌زمان دوغاب آمیز از اتمایزر گریز از مرکز در بالای محفظه خشک‌کن پمپ می‌شود. هوا و دوغاب آمیز جریان یافته به‌طور کامل با یکدیگر تماس پیدا می‌کنند. رطوبت به سرعت تبخیر گردیده و دوغاب در مدت زمان کوتاهی خشک می‌شود و به پودر تبدیل می‌شود. سپس پودر حاصل شده در انتهای خشک کن تخلیه و هوای مصرف شده از طریق فن خارج می‌شود.



مرحله	روش کار
۱	حرکت کشویی به جلو
۲	قرار گرفتن کشویی بر روی قالب
۳	پر شدن کشویی
۴	پر شدن قالب
۵	برگشت کشویی به عقب
۶	صاف شدن سطح پودر در قالب
۷	پایین آمدن سنبه
۸	فشردن پودر در قالب
۹	خروج قطعه

فصل ۵

واژگان و اصطلاحات تخصصی

انگلیسی	فارسی
Solid Casting	ریخته‌گری دوغابی توپر
Drain Casting –Hollow Casting	ریخته‌گری دوغابی توخالی
Pressure Casting	ریخته‌گری تحت فشار
Sanitary Ware	چینی بهداشتی
Casting Rate	سرعت ریخته‌گری
Assembly	مونتاژ
Check Mark	خط و رگه در بدنه
Cracking	ترک
Pinholes	سوراخ‌های سنجاقی
Casting Spot	لکه ریخته‌گری
Wreath	چین و شکن
Flabby Casts	سستی بدنه ریخته‌گری شده
Brittle Casts	شکننده بودن بدنه ریخته‌گری شده
Crusher	سنگ‌شکن
Jaw Crusher	سنگ‌شکن فکی
Movable Jaw	فک متحرک
Fixed Jaw	فک ثابت
Liner	زره
Gyratory Crusher	سنگ‌شکن چرخشی
Cone Crusher	سنگ‌شکن مخروطی
Hydrocan	هیدروکن
Roll Crusher	سنگ‌شکن استوانه‌ای
Curtain	مانع
Rotor	روتور
Hammer Crusher	سنگ‌شکن چکشی
Impact Crusher	سنگ‌شکن ضربه‌ای
Granule	گرانول

فارسی	انگلیسی
گرانول سازی	Granulation
خشک‌کن پاششی	Spray Dryer
گرانول سازی تر	Wet Granulation
گرانول‌سازی خشک	Dry Granulation
ذره	Particle
آگلومره نرم	Soft Agglomerate
آگلومره خشک	Hard Agglomerate
پودر	Powder
جریان‌یابی	Flowability
قابلیت پرس شدن	Pressability
افشانک	Atomizer
نازل فشاری	Pressure Nozzle
نازل پنوماتیک	Pneumatic Atomizing Nozzle
سیکلون	Cyclones
اسپری درایر همسو	Co-current Flow Spray Dryer
اسپری درایر ناهمسو	Counter-Current Flow Spray Dryer
پمپ دیافراگمی	Diaphragm Pump
پمپ پیستونی	Piston Pump
عیوب ابعادی	Dimensional Defects
سطوح ناصاف	Surface Defects
قائمه نبودن	Squerness
غیریکنواختی چگالی	Density Gradient
کندگی	End Capping
پریدگی لبه	Ring Capping
لایه‌ای یا پوسته‌ای شدن	Lamination
ترک‌های عمودی در راستای پرس	Vertical Crack