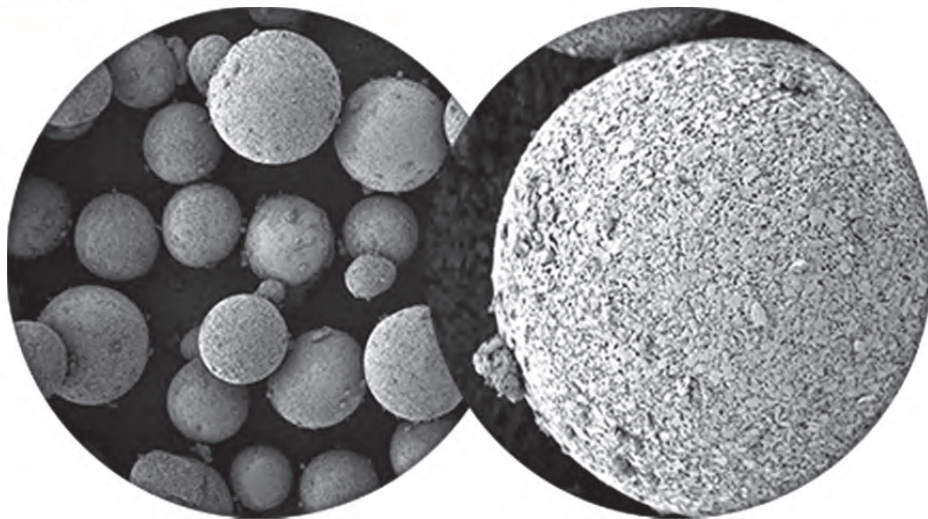


## پودمان چهارم

### گرانول سازی



با اتصال ذرات ریز پودر به یکدیگر تحت شرایط کنترل شده و تبدیل آن به گرانول می توان بدنه های پرس شده با خواص مطلوب تولید کرد. گرانول ها دارای ویژگی های بسیاری هستند که شامل مواردی نظیر جریان یابی مناسب و ترکیب یکنواخت از آمیز می شود. این ویژگی ها باعث کاربرد گسترده آنها در صنعت سرامیک شده است.

### شایستگی گرانول سازی

- ۱ گرانول چیست و چه کاربردی در صنعت سرامیک دارد؟
- ۲ روش‌های تهیه گرانول چگونه است؟
- ۳ ویژگی‌های گرانول چه تأثیری بر روی بدنه سرامیکی دارد؟

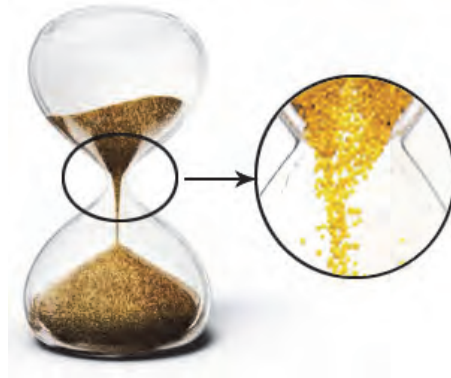
آیا تا به حال  
پی برده‌اید

هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت گرانول‌سازی است که در تولید سرامیک‌ها به روش پرس پودر مورد توجه قرار دارد. بررسی عوامل مؤثر بر گرانول‌سازی و روش‌های متنوع و متداول تولید گرانول که شامل دو نوع تر و خشک است، در این پودمان در نظر گرفته شده است. شناخت روش و آشنایی با تجهیزات برای تولید گرانول با ویژگی مطلوب دارای اهمیت است.

### استاندارد عملکرد

پس از اتمام واحد یادگیری و کسب شایستگی گرانول‌سازی، هنرجویان قادر به کار با تجهیزات گرانول‌سازی و راه‌اندازی اسپری درایر و تهیه گرانول برای تولید قطعات سرامیکی خواهند بود.

به نظر شما شکل ذرات در کارکرد ساعت شنی چه اهمیتی دارد؟



شکل ۱

با جابه‌جایی کدام یک از خاک‌های شکل ۲ از ظرفی به ظرف دیگر، گرد و غبار کمتری ایجاد می‌شود؟



ب



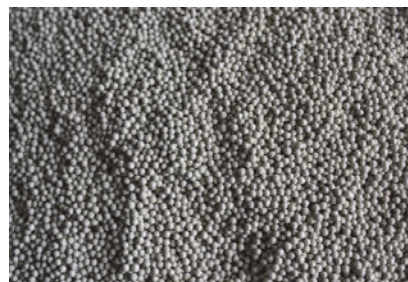
الف

شکل ۲

برای تولید یک محصول سرامیکی به روش پرس، کدام پودر مناسب‌تر است؟



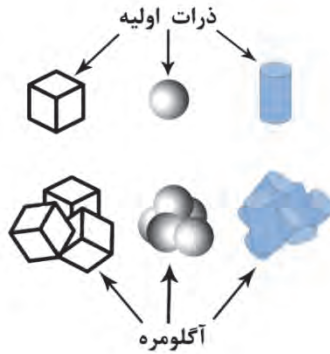
ب



الف

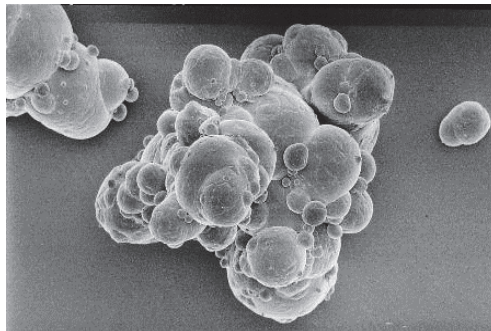
شکل ۳

پودر از اجزای کوچک‌تری به نام ذره<sup>۱</sup> تشکیل شده است.



شکل ۴

ذرات در اثر نیروهای سطحی به یکدیگر متصل شده و تشکیل یک توده نامنظم متخلخل را می‌دهند که به آن آگلومره<sup>۲</sup> گفته می‌شود.



شکل ۵- آگلومره متخلخل با شکل نامنظم و ابعاد حدود ۳۰۰ میکرومتر

وجود آگلومره‌ها با شکل‌های نامنظم و متخلخل، مشکلات بسیاری در فرایند تولید محصولات ایجاد می‌کند.

آگلومره‌های متخلخل با شکل‌های نامنظم چه اثری بر روی ویژگی‌های مواد و فرایند تولید سرامیک‌ها در جدول ۱ ایجاد می‌کند؟

تحقیق کنید



جدول ۱

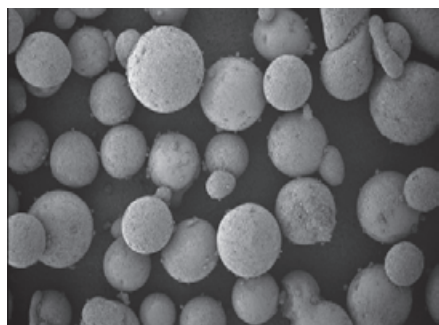
تخلخل محصول	یکنواختی چگالی محصول	جریان یابی مواد	ویژگی
			تأثیر

۱. Particle

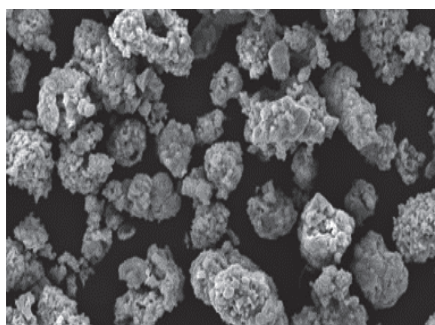
۲. Agglomerate

به تصاویر شکل ۶ نگاه کنید:

- چه تفاوت‌هایی در شکل‌های زیر مشاهده می‌شود؟
- به نظر شما در فرایند شکل‌دهی سرامیک‌ها کدام یک مناسب‌تر است؟



ب

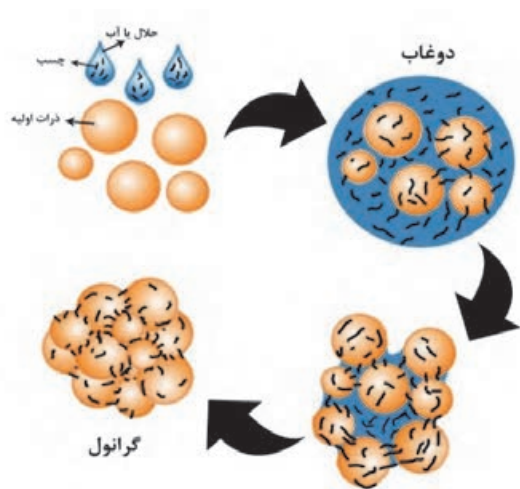


الف

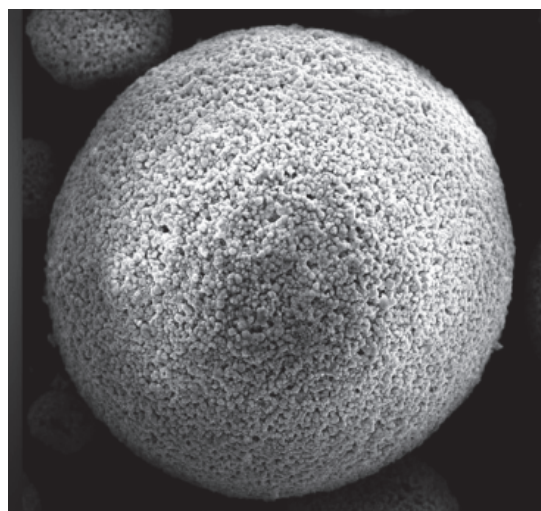
شکل ۶

## گرانول و گرانول‌سازی

آگلومره‌های کروی شکل و دارای تخلخل کم را گرانول و فرایند تولید آن را به صورت کنترل شده گرانول‌سازی گویند. در شکل ۷ مراحل و چگونگی تشکیل گرانول نشان داده شده است. در تشکیل گرانول‌ها، معمولاً با کاهش کنترل شده میزان رطوبت، ذرات نزدیک‌تر شده و به یکدیگر می‌چسبند.



(ب) مراحل و چگونگی تشکیل گرانول



(الف) یک گرانول کروی شکل با قطر حدود ۱۰۰ میکرومتر

شکل ۷



آگلومره را می‌توان به دو دسته نرم و سخت تقسیم کرد:

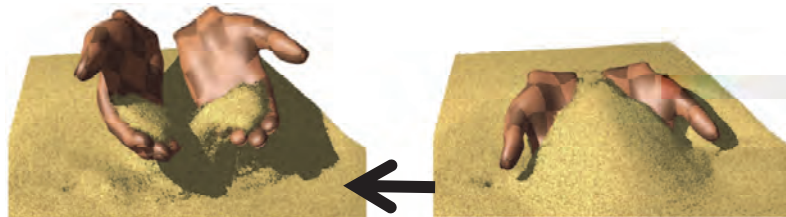


نمودار ۱- انواع آگلومره

- ۱- نیروی بین ذرات در آگلومره‌های سخت در مقایسه با آگلومره‌های نرم قوی‌تر است.
- ۲- شکستن آگلومره‌های سخت مشکل‌تر از نوع نرم است.
- ۳- وجود آگلومره‌های سخت در آمیز، مشکلات زیادی در فرایند تولید و ویژگی‌های قطعه نهایی ایجاد می‌کند.

اهداف تهیه گرانول در شکل‌دهی به روش پرس پودر، عبارت‌اند از:

۱- بهبود جریان‌یابی مواد



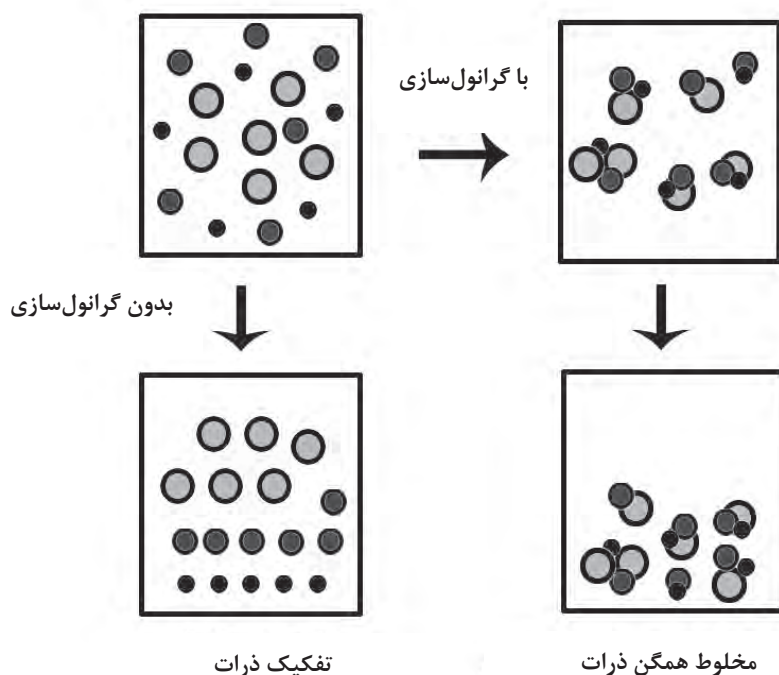
شکل ۸- گرانول با جریان‌یابی مناسب

۲- جلوگیری از ایجاد گرد و غبار



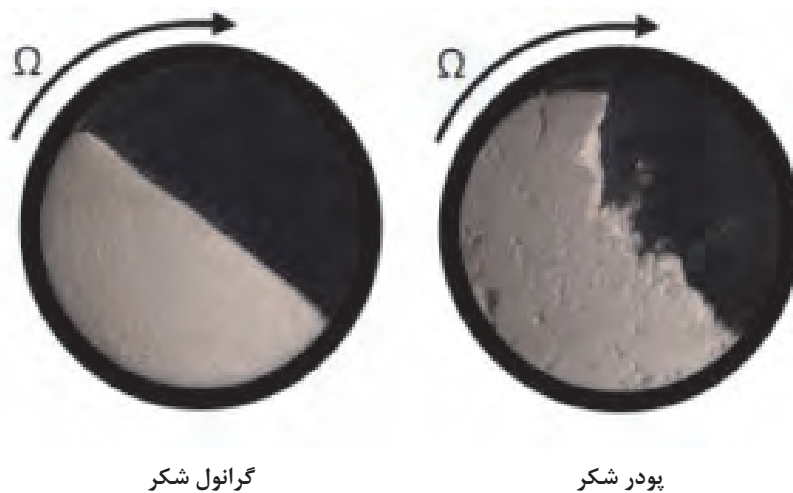
شکل ۹- گرد و غبار حاصل از مواد پودری

۳- تولید ترکیب یکنواخت و جلوگیری از جدایش ذرات مختلف در آمیز



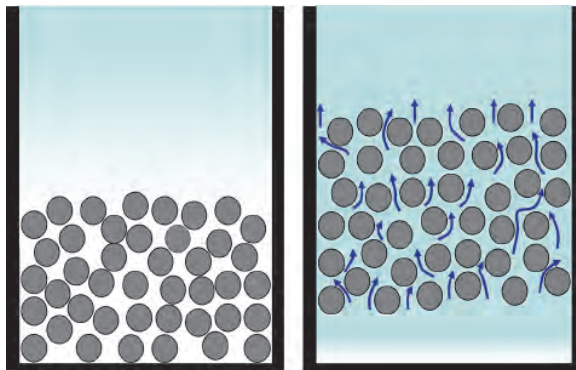
شکل ۱۰- جلوگیری از جدایش ذرات آمیز

۴- انتقال آسان تر آمیز در لوله ها و مجاری دستگاه های اتوماتیک و نیمه اتوماتیک



شکل ۱۱- بهبود جریان یابی

۵- تسهیل در خروج هوا از بین ذرات و افزایش تراکم در مرحله پرس



شکل ۱۲- خروج هوا از بین گرانول‌ها

جهت دستیابی به قطعاتی با ویژگی‌های مناسب مانند تراکم بالا، گرانول تولیدشده باید دارای ویژگی‌هایی باشد که برخی از این ویژگی‌ها را در شکل ۱۳ ملاحظه می‌کنید:



شکل ۱۳- ویژگی‌های گرانول

اثر هر یک از ویژگی‌های گرانول را در فرایند شکل‌دهی به روش پرس بررسی کنید و نتیجه را در کلاس ارائه دهید.

تحقیق کنید





## روش‌های تولید گرانول

بر اساس میزان آب مصرفی در فرایند تولید گرانول، روش‌های متنوعی در صنعت وجود دارد که آنها را در نمودار زیر ملاحظه می‌کنید:



نمودار ۲

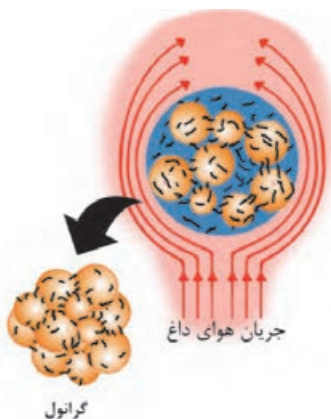
گرانول‌ها جهت تولید محصولات متنوع از قبیل کاشی، پرسلان‌ها، ظروف غذاخوری و تهیه رنگ‌ها و لعاب‌ها کاربرد دارند.



شکل ۱۴- گرانول‌های رنگ

## روش تر (خشک‌کن پاششی<sup>۱</sup>) (اسپری درایر)

گرانول می‌تواند با کاهش میزان رطوبت قطرات دوغاب یا محلول تولید شود. اسپری درایر نوعی خشک‌کن است که این فرایند را به واسطه اسپری کردن دوغاب در جریانی از هوای داغ انجام می‌دهد. در شکل ۱۵ تبدیل قطره‌ای از یک دوغاب آمیز در مجاورت جریانی از هوای داغ نشان داده شده است.



شکل ۱۵- تبدیل قطره به گرانول در تماس با هوای داغ

اسپری درایر توانایی تولید گرانول‌هایی با اندازه‌های مختلف و مقدار رطوبت مشخص را دارد.

اسپری درایر علاوه بر تولید گرانول‌های سرامیکی، در تولید پودرهای شوینده، صنایع غذایی و دارویی نیز کاربرد دارد.

نکته



شکل ۱۶- گرانول پودر لباس‌شویی

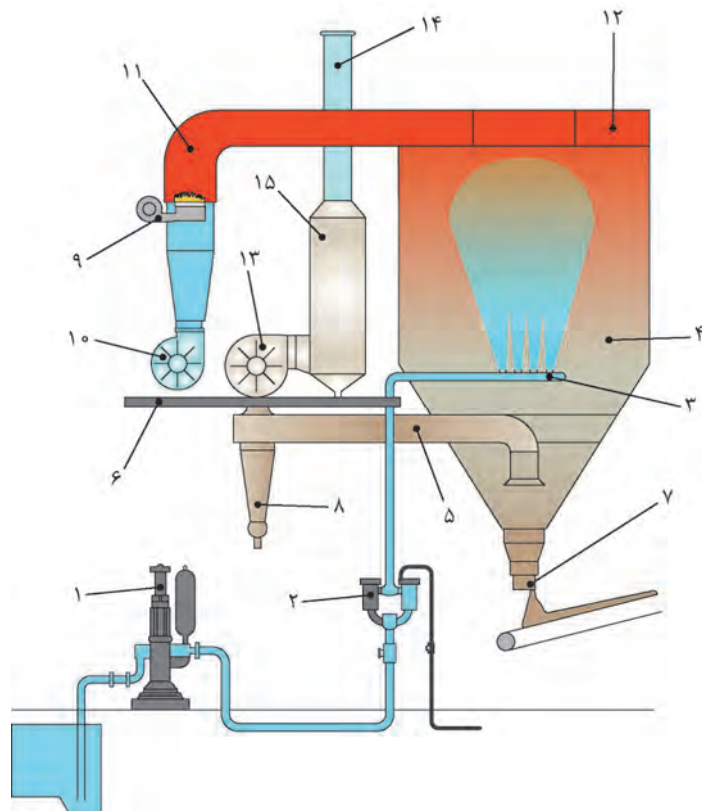
### مزایای اسپری درایر

این دستگاه مزایای زیادی دارد که در نمودار زیر به آنها اشاره شده است.



نمودار ۳

در شکل ۱۷ نمایی از اجزای خشک کن پاششی نشان داده شده است.

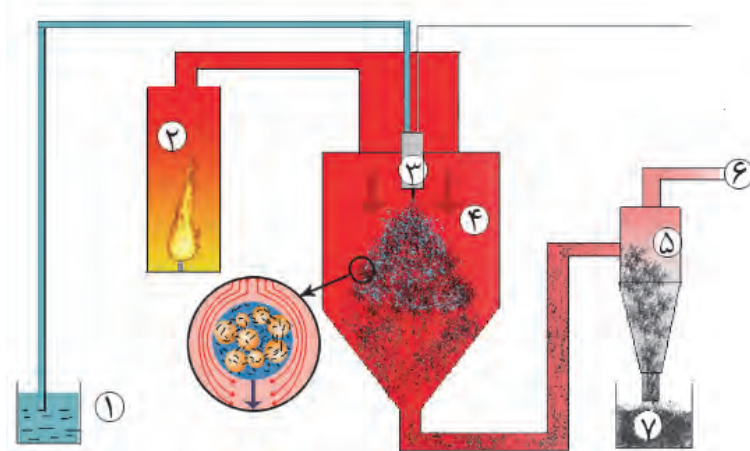


شکل ۱۷- نمایی از اجزای اسپری درایر

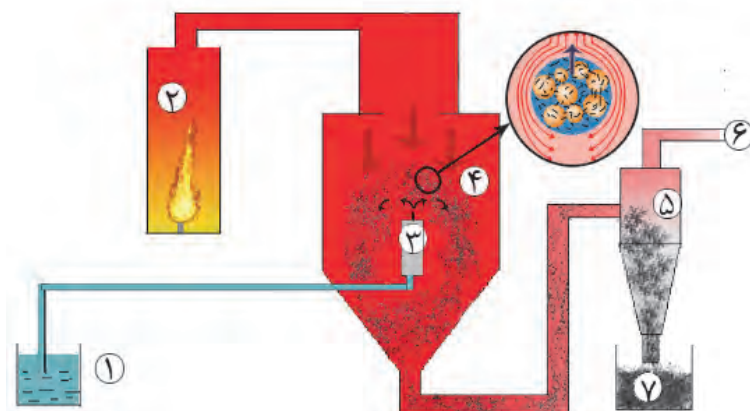
جدول ۲- اجزای دستگاه اسپری درایر

۱- پمپ اعمال دوغاب	۸- سیکلون
۲- فیلترها و لوله انتقال دوغاب	۹- مشعل
۳- نگه‌دارنده افشانک	۱۰- دمنده
۴- محفظه خشک کن	۱۱- خطوط انتقال هوای داغ
۵- لوله‌های انتقال هوای خروجی	۱۲- پخش کننده هوای داغ
۶- محل استقرار جهت سرویس	۱۳- مکنده
۷- شیر تخلیه پودر	۱۴- دودکش
	۱۵- فیلتر

اسپری درایرها بر اساس جهت برخورد قطرات دوغاب با هوای داغ به دو نوع همسو و ناهمسو تقسیم می‌شوند. اسپری درایرهای با جریان ناهمسو در مقایسه با نوع همسو دارای تبخیر سریع‌تر و کارایی بالاتری هستند.



شکل ۱۸ - اسپری درایر از نوع همسو



شکل ۱۹ - اسپری درایر از نوع ناهمسو

اجزای مشخص شده در شکل‌های ۱۸ و ۱۹ را بنویسید:

- ۱- ..... ۲- ..... ۳- ..... ۴- .....  
 ۵- ..... ۶- ..... ۷- .....

فعالیت کلاسی

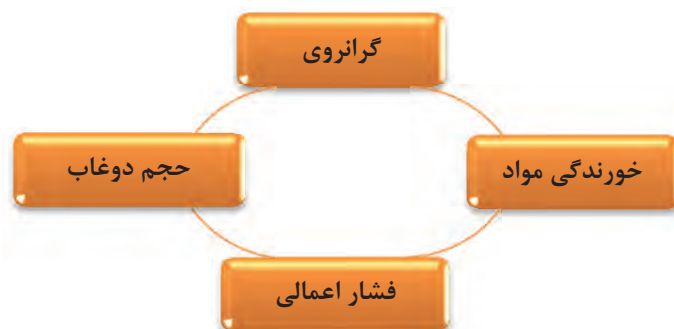


نکته



آمیز دوغاب برای اسپری کردن غلیظ بوده و برای انتقال دادن آن نیاز به پمپ‌های قوی است.

پمپ‌های مورد استفاده در اسپری درایر باید قدرت بالایی داشته باشند. عوامل تأثیرگذار بر روی انتخاب پمپ عبارت‌اند از:



نمودار ۴- عوامل مؤثر بر روی انتخاب پمپ

به طور معمول در اسپری درایرها از پمپ‌های دیافراگمی و پیستونی استفاده می‌شود (شکل ۲۰).



پمپ پیستونی



پمپ دیافراگمی

شکل ۲۰

افزایش یا کاهش چگالی دوغاب چه تأثیری بر موارد ذکر شده در جدول زیر دارد؟

جدول ۳

گرفتگی افشانک	فرسایش پمپ	اندازه گرانول	گرانروی دوغاب	
				افزایش چگالی دوغاب
				کاهش چگالی دوغاب

فکر کنید



## تأمین کننده هوای داغ

در دستگاه اسپری درایر، هوای داغ تأمین شده توسط مشعل می‌تواند به صورت مستقیم وارد محفظه شده یا توسط مبدل‌های حرارتی به صورت غیرمستقیم جدارهٔ محفظه را گرم کند. در صنعت سرامیک هوای داغ با دمای بین ۴۵۰ تا ۸۰۰ درجهٔ سلسیوس به صورت مستقیم تأمین می‌شود. از مکانیزم تأمین هوای داغ به صورت غیرمستقیم برای مواد حساس به حرارت مانند مواد غذایی، دارویی، رنگ‌ها و دیگر مواد افزودنی استفاده می‌شود.



شکل ۲۱- تأمین کننده هوای داغ

## افشانک<sup>۱</sup>

مجموعهٔ اسپری کننده شامل یک یا چند افشانک است که برای تبدیل دوغاب به قطرات کوچک استفاده می‌شود.

در هر یک از تصاویر زیر از چه روشی برای پخش کردن قطرات استفاده شده است؟

فکر کنید



پ



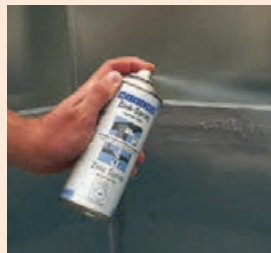
ب



الف



ج



ث



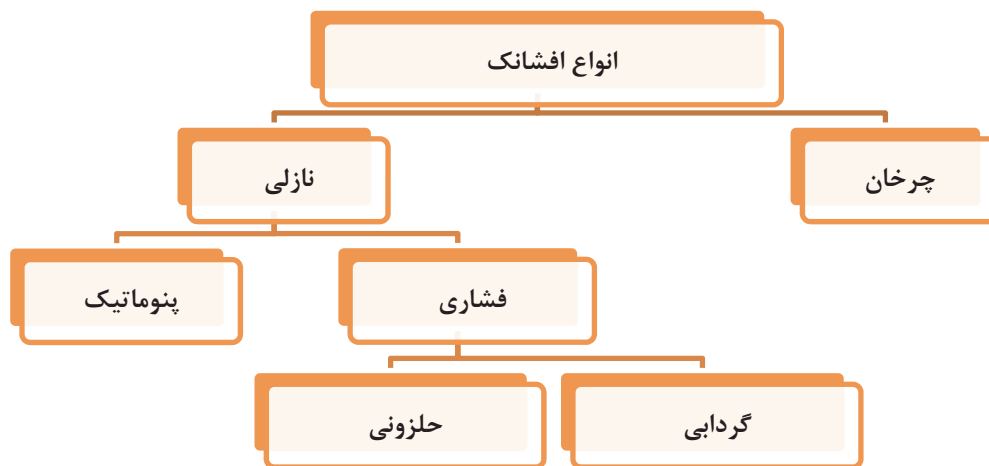
ت

شکل ۲۲

۱. Atomizer

## گرائول سازی

انواع افشانک به دو دسته کلی چرخان و نازلی تقسیم می‌شوند. در نوع چرخان، دوغاب از دریچه‌های یک محفظه در حال چرخش، در اثر نیروی گریز از مرکز، به بیرون پخش می‌شود در حالی که در نوع نازلی آن، دوغاب، تحت فشار، از یک روزنه به بیرون پخش می‌شود.

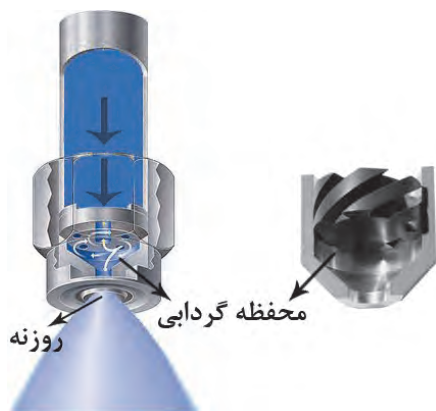


نمودار ۵- انواع افشانک‌ها



شکل ۲۳- افشانک‌های چرخان

در افشانک‌های نازلی از نوع فشاری، دوغاب تحت فشار بالا از روزنه نازل اسپری می‌شود، در حالی که در افشانک‌های نوع پنوماتیک، دوغاب به کمک هوای فشرده اسپری می‌شود. تأمین فشار بالای دوغاب در افشانک‌های نوع نازلی با کمک پمپ‌های بسیار قوی مقدور است که هزینه تعمیر و نگهداری زیادی دارد.

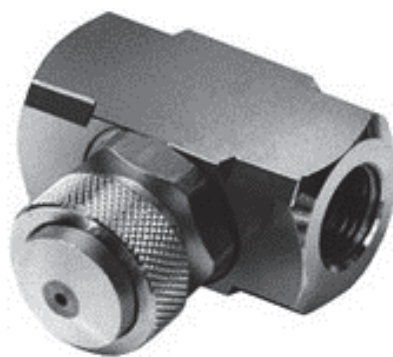
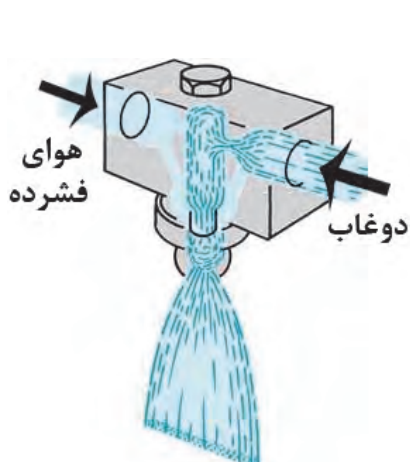


شکل ۲۵- افشانک نازلی نوع گردابی



شکل ۲۴- افشانک نازلی نوع حلزونی

انتخاب نوع افشانک بر اساس خصوصیات دوغاب، خواص گرانول مورد نظر، ابعاد و نوع خشک کن و میزان انرژی مصرفی صورت می‌پذیرد.



شکل ۲۶- افشانک نازلی نوع پنوماتیک



مزایا و معایب مربوط به انواع افشانک‌های چرخان و نازلی به طور کلی به صورت زیر است:

جدول ۴

افشانک	مزایا	معایب
چرخان	فشار کم انسداد و گرفتگی کم خوردگی و فرسایش کم مناسب برای دوغاب‌های با گرانروی بالا	توزیع اندازه گرانول گسترده نیاز به محفظه خشک‌کن با قطر زیاد
نازلی	توزیع اندازه گرانول باریک مناسب برای دوغاب‌های با چگالی کم	هزینه تعمیر و نگهداری بالا انسداد زیاد نیاز به محفظه خشک‌کن با ارتفاع زیاد

فکر کنید



در اسپری درایر با جریان ناهمسو چه نوع افشانکی مناسب‌تر است؟ چرا؟

فعالیت کلاسی



در هر یک از انواع افشانک‌ها، افزایش هر یک از عوامل مؤثر چه تأثیری بر اندازه گرانول دارد؟

جدول ۵

افشانک	افزایش عوامل مؤثر	اندازه گرانول
چرخان	سرعت چرخش	
	اندازه دریچه‌ها	
نازلی	فشار دوغاب یا هوا	
	قطر نازل یا حلزونی	

افشانک‌های نازلی متداول‌ترین نوع افشانک مورد استفاده در اسپری درایر است. به طور کلی این افشانک‌ها در مقایسه با افشانک‌های چرخان، گرانول ریز با توزیع اندازه باریک‌تر و جریان‌یابی مناسب‌تر تولید می‌کند.

نکته



برای افزایش ظرفیت تولید دستگاه اسپری درایر از چندین نازل به صورت حلقه‌ای در کنار هم استفاده می‌شود.



شکل ۲۷- چیدمان چندین افشانک نازلی در یک اسپری درایر

نکته



از افشانک‌های نازلی بیشتر در صنعت سرامیک استفاده می‌شود در حالی که افشانک‌های چرخان، کاربرد بیشتری در صنعت داروسازی دارند.

## محفظه خشک کن

فرایند اسپری کردن، خشک شدن قطرات دوغاب و تبدیل شدن به گرانول در محفظه خشک کن انجام می‌شود.



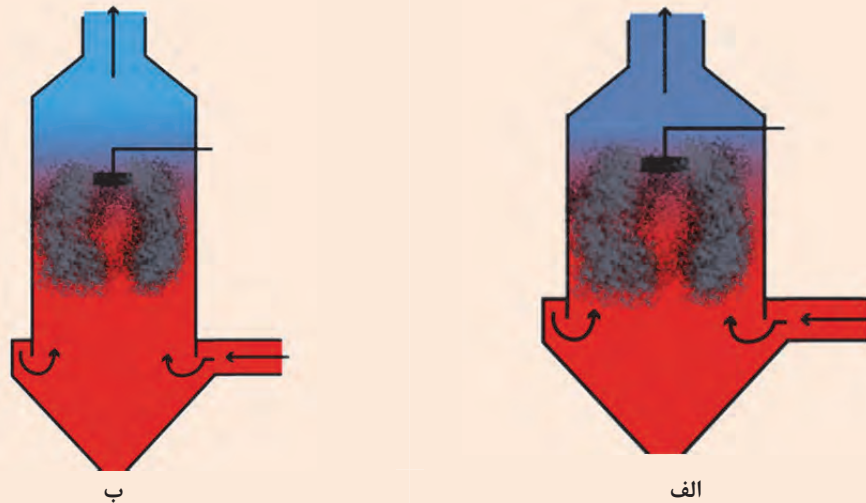
شکل ۲۸- محفظه خشک کن اسپری درایر صنعتی

تعیین قطر و ارتفاع محفظه خشک‌کن بر اساس دو معیار است:

- ۱- محفظه باید فضای مناسب برای تأمین زمان تماس کافی بین قطرات دوغاب و هوای داغ را داشته باشد.
- ۲- تمام قطرات باید قبل از اینکه با سطح محفظه خشک‌کن تماس یابند، به اندازه کافی خشک شده باشند.

با در نظر گرفتن ارتفاع محفظه خشک‌کن درصد رطوبت گرانول‌های به دست آمده را در دو حالت زیر مقایسه کنید.

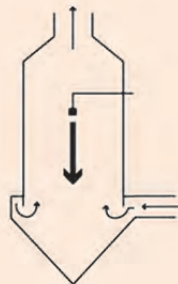
فکر کنید



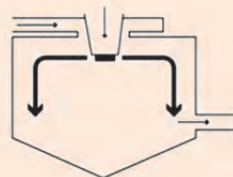
شکل ۲۹

در افشانک‌های چرخان، محفظه خشک‌کن باید قطر بزرگ‌تر و ارتفاع کمتری داشته باشد. در حالی که در افشانک نازلی شرایط خلاف این حالات نیاز است.

تکته



شکل ۳۱ - اسپری درایر با افشانک نازلی



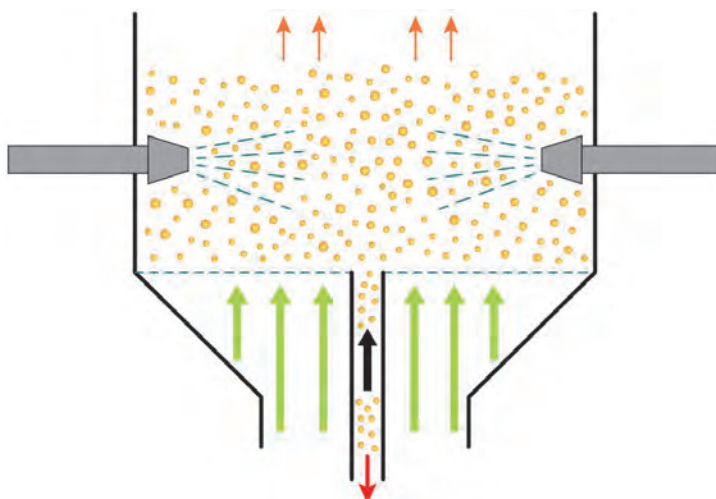
شکل ۳۰ - اسپری درایر با افشانک چرخان

فکر کنید



چرا در صورت استفاده از افشانک‌های چرخان باید از محفظه‌ای با قطر زیاد و ارتفاع کم استفاده کرد؟

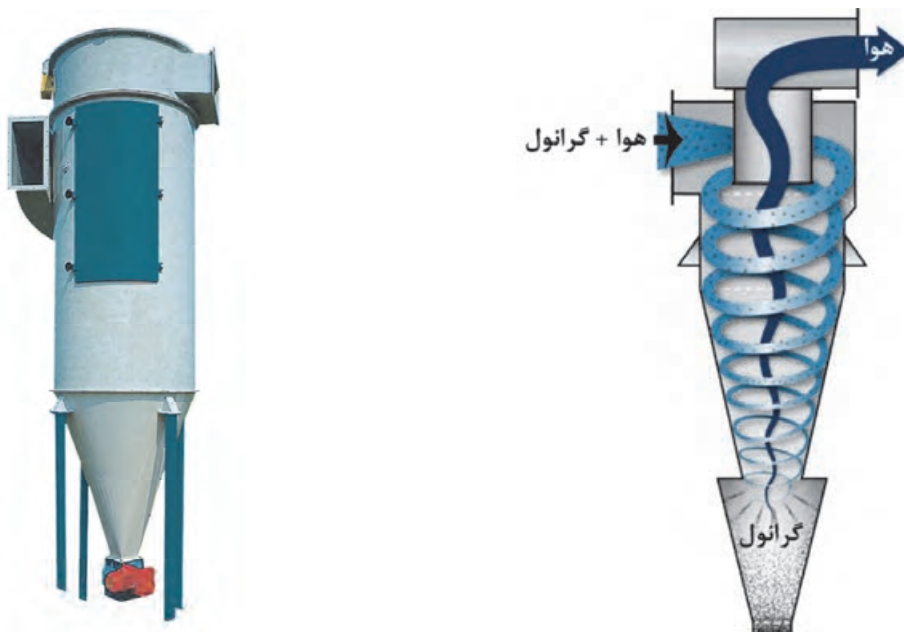
محفظه خشک کن در اسپری درایرها معمولاً عمودی است. افشانک‌ها و محل ورودی هوای داغ نیز می‌تواند بالا یا پایین و حتی از جوانب محفظه باشد.



شکل ۳۲

## سیکلون

هوای گرم خارج شده از اسپری درایر حاوی برخی از ذرات ریز خشک شده است که باید جدا شوند. برای دستیابی به این هدف، از سیستم سیکلون که نحوه کارکرد آن بر اساس نیروی گریز از مرکز است، استفاده می‌شود.



شکل ۳۳- سیکلون برای تفکیک گرانول و ذرات معلق در هوا

## گرانول‌سازی

بازده کاری سیکلون‌ها به مخلوط ورودی (پودر و هوا) و ابعاد ذرات بستگی دارد و می‌تواند تا حدود ۹۵ درصد ذرات را از هوا تفکیک کند.

ساده‌ترین نوع اسپری درایر، سیستم تولید گرانول با رطوبت زیر ۱۰ درصد در یک مرحله است.

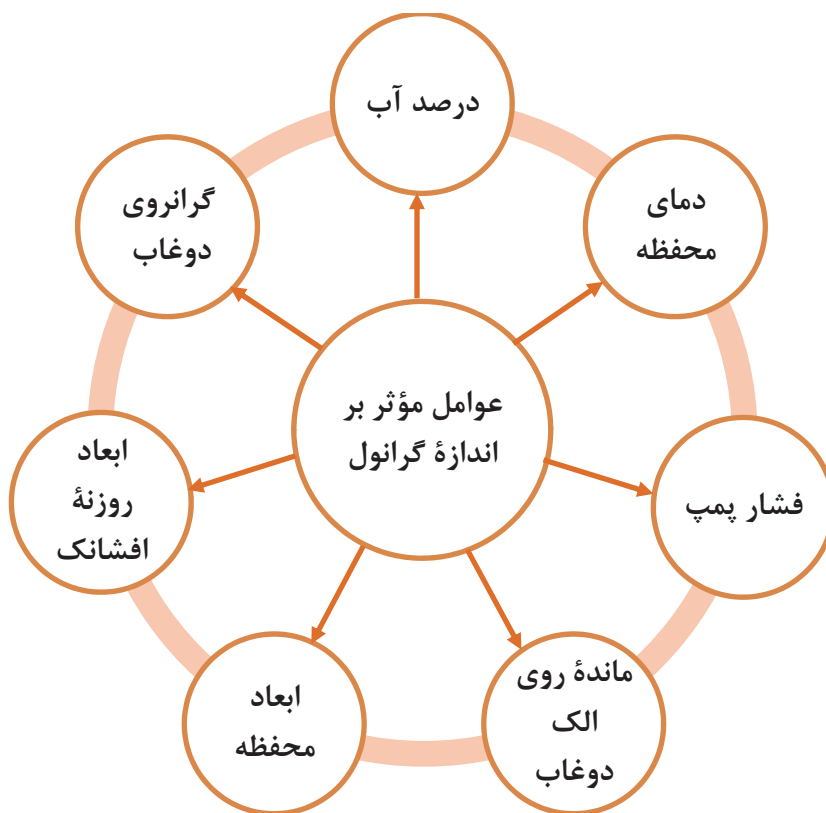
در برخی مواد حساس به دما، می‌توان از دو مرحله برای خشک کردن استفاده کرد. بدین ترتیب که درصد رطوبت گرانول خروجی از اسپری درایر بیشتر از ۱۰ درصد بوده و کاهش آن در خشک‌کن‌های دیگر و در مدت زمان‌های طولانی‌تر انجام می‌پذیرد.

آیا می‌دانید



## عوامل مؤثر با اندازه گرانول

عوامل مختلفی باعث تغییر کیفیت و توزیع اندازه گرانول‌ها می‌شود. در زیر مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر روی اندازه گرانول‌ها ذکر شده است.



نمودار ۶- عوامل مؤثر بر اندازه گرانول‌ها

## نکات مهم در فرایند گرانول سازی

- ۱- بهتر است از دوغابی که به مدت ۲۴ ساعت کهنه شده است توسط پمپ به اسپری درایر فرستاده می شود.
- ۲- دوغاب توسط لوله‌هایی به افشانک‌ها منتقل می شود که دارای ۶، ۸ یا ۱۲ لنس است.
- ۳- دمای هوای داغ ورودی به اسپری درایر ۴۰۰ تا ۷۰۰ درجه سلسیوس است.
- ۴- هنگام روشن کردن اسپری درایر باید دقت کرد شیر فلکه لنس‌ها به طور متقارن باز شوند.
- ۵- دمای هوای خروجی ۱۱۵-۱۲۰ درجه سلسیوس است.



شکل ۳۴- لنس‌های متصل به لوله‌های اسپری درایر

تحقیق کنید

کاهش یا افزایش دمای هوای خروجی اسپری درایر نشان‌دهنده چیست؟



## راه‌اندازی اسپری درایر

در زیر دستورالعمل کلی برای راه‌اندازی اسپری درایر به صورت شماتیک شرح داده شده است:



نمودار ۷

## نحوه خاموش کردن اسپری درایر

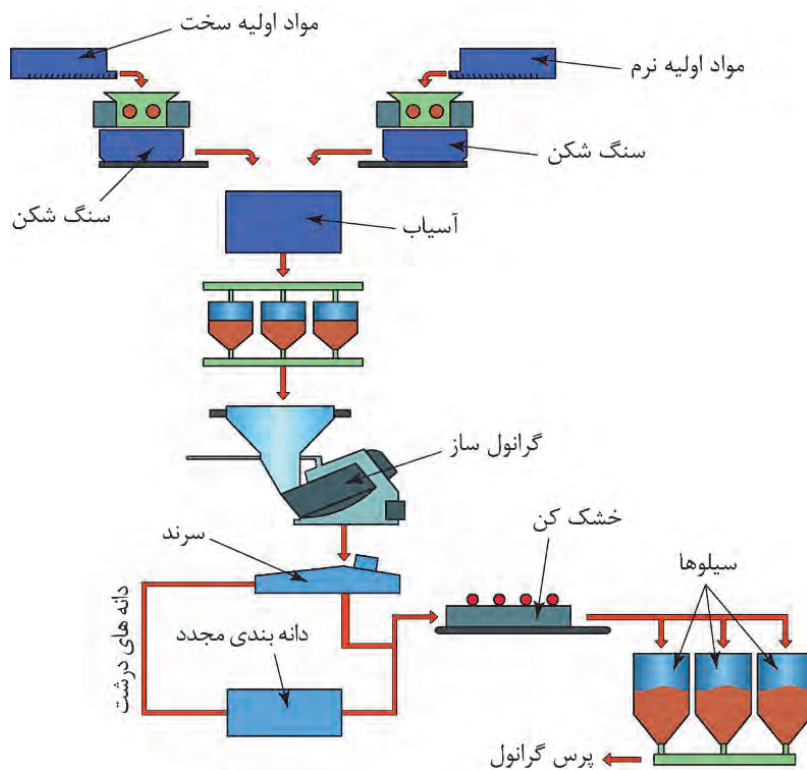
برای خاموش کردن اسپری درایر نیز نکاتی را باید مدنظر داشت که عبارت‌اند از:



نمودار ۸

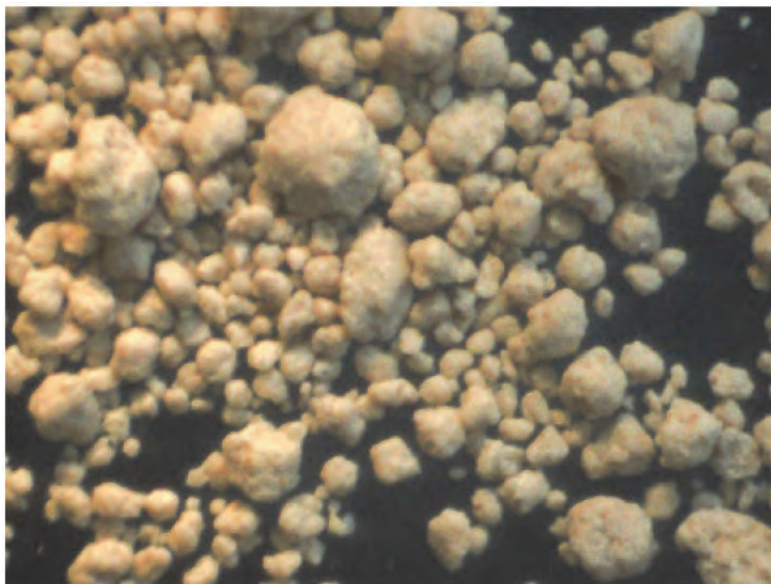
## گرانول سازی به روش خشک

با توجه به بحران آب و مسائل زیست محیطی، گرانول سازی به روش خشک توسعه یافته است. در این روش، گرانول با افزودن رطوبت به آمیز تولید می‌شود. گرانول سازی به روش خشک به طور شماتیک در شکل ۳۵ نشان داده شده است.



شکل ۳۵- گرانول سازی به روش خشک

گرانول‌های به دست آمده از روش خشک، ویژگی‌هایی مشابه با گرانول‌های به دست آمده از روش تر دارند. همان‌طور که در شکل ۳۶ مشاهده می‌کنید، گرانول‌های تولید شده با این روش تقریباً کروی شکل هستند.



شکل ۳۶- گرانول‌های تهیه شده به روش خشک

همچنین گرانول‌های تولید شده با این روش از نظر رفتار جریان‌یابی نیز شبیه به گرانول‌های تهیه شده به روش تر هستند.



شکل ۳۷- شکل رفتار جریان‌یابی گرانول‌های خشک (سمت چپ) و تر (سمت راست)



## مقایسه انرژی و آب مصرفی در گرانول سازی به روش خشک و تر

مهم ترین مزیت گرانول سازی به روش خشک در مقایسه با روش تر، کاهش قابل ملاحظه آب و انرژی مصرفی است.

در جدول زیر این دو روش از نظر انرژی و مصرف آب با یکدیگر مقایسه شده اند.

جدول ۴

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

آیا می دانید



## ارزیابی گرانول تولید شده

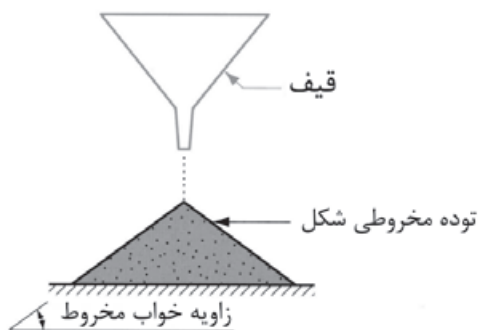
به طور معمول ۴ آزمایش جهت بررسی کیفیت گرانول انجام می گیرد که عبارت اند از:

۱- درصد رطوبت: قابل محاسبه با وزن خشک و تر و یا با تجهیزات رطوبت سنجی است.

۲- چگالی: برای تعیین چگالی گرانول ها، چگالی انباشتگی گرانول ها تعیین می شود.

۳- توزیع اندازه ذرات: قابل ارزیابی با آزمون الک

۴- جریان یابی: با ریختن مقدار مشخصی از پودر بر یک سطح صاف، توده ای مخروطی شکل تشکیل می شود. زاویه شیب سطح خارجی مخروط نسبت به سطح افق، به عنوان معیاری برای جریان یابی آن پودر در نظر گرفته می شود. این زاویه با عنوان زاویه خواب<sup>۱</sup> مخروط نام برده می شود و هرچه جریان یابی پودر بیشتر باشد، ذرات به سمت پایین جریان یافته و زاویه خواب کمتر می شود.



شکل ۳۸- آزمون مخروط برای مقایسه جریان یابی پودر

۱. Angle of repose

جدول ۷- رابطه زاویه خواب مخروط با جریان یابی

زاویه خواب مخروط	جریان یابی گرانول
۲۵-۳۰	بسیار زیاد
۳۱-۳۵	خوب
۳۶-۴۰	متوسط
۴۱-۵۵	قابل عبور از مجراها
>۵۵	ضعیف (نیاز به ویبره برای عبور یا تخلیه شدن)

در شکل های ۳۹- الف و ب، کدامیک از مواد جریان یابی بهتری دارند؟

فعالیت کلاسی



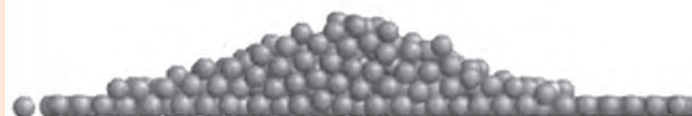
(۲)

(۱)

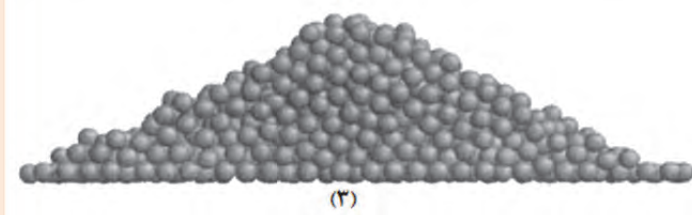
الف



(۱)



(۲)



(۳)

ب

شکل ۳۹



### کار عملی ۱: گرانول سازی دستی

**مواد و ابزار:** مواد فرموله آماده و خشک ۵ کیلوگرم، آب شهری، آبغشان، سینی بزرگ، هاون بزرگ، سرتاس، الک مش‌های ۴۰ و ۶۰، سطل پلاستیکی دردار (یا کیسه پلاستیک ضخیم)، ترازو، کاردک، سفره یک بار مصرف، دستکش کار و ماسک تنفسی.

#### شرح فعالیت:

- در این کار عملی هدف تهیه گرانول از مواد فرموله آماده با رطوبت ۱۰ درصد است.
- ۱- مقدار ۱ کیلوگرم آمیز خشک شده در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس را وزن کنید.
- ۲- آب تقریبی مورد نیاز برای افزودن به مواد به منظور رسیدن به رطوبت حدود ۱۰ درصد را محاسبه کرده، وزن کنید.
- ۳- مواد را روی سینی یا یک سطح تمیز با ضخامت کم (۱۰-۵ میلی‌متر) پهن کنید.
- ۴- با کمک آب فشان، آب وزن شده را روی مواد خشک اسپری کنید.
- ۵- در حین اسپری آب، به طور مرتب مواد را با کاردک مخلوط و دوباره پهن کنید و هم‌زمان آب را روی آن اسپری کنید تا آب تمام شود (بهتر است اسپری آب به آرامی و با فرصت دادن جهت جذب توسط مواد انجام شود).
- ۶- روی مواد را با استفاده از یک پلاستیک پوشانده و حدود دو ساعت به آن فرصت استراحت و جذب آب بدهید.
- ۷- بعد از گذشت زمان جذب آب اولیه، مواد را به ترتیب از الک‌های با مش ۴۰ و ۶۰ عبور دهید و با فشار آرام دست کمک کنید تا تمام کلوخه‌های به وجود آمده از الک عبور کنند. این عمل را برای بار دوم تکرار کنید.
- ۸- گرانول‌های تهیه شده را برای یکنواخت شدن رطوبت و همچنین کار عملی بعدی درون سطل دردار ریخته و در آن را ببندید و حداقل ۲۴ ساعت در محلی دور از نور آفتاب قرار دهید (برای این بخش از کیسه پلاستیک هم می‌توان استفاده کرد).



- ۱- در هنگام کار از ماسک تنفسی و دستکش استفاده کنید.
- ۲- دقت کنید هنگام خرد کردن مواد خشک و الک کردن آنها گرد و غبار ایجاد نکنید.
- ۳- سعی کنید مرحله نرم کردن و الک کردن مواد را زیر هواکش هود با فیلتر مناسب انجام دهید.
- ۴- به هیچ عنوان برای عبور دادن مواد تر از الک، از ابزار نوک تیز و یا فلزی استفاده نکنید.



## کار عملی ۲: گرانول سازی دستی آلومینا

**مواد و ابزار:** آلومینا ۵ کیلوگرم، محلول آب حاوی ۵ درصد چسب، آب‌فشان، سینی بزرگ، هاون بزرگ، سرتاس، الک مش‌های ۳۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰، سطل پلاستیکی در دار (یا کیسه پلاستیک ضخیم) ترازو، کاردک، سفره یک بار مصرف، دستکش کار و ماسک تنفسی.

### شرح فعالیت:

در این کار عملی، هدف تهیه گرانول آلومینا با رطوبت ۱۰ درصد است.

۱- ابتدا آگلومره‌های مواد را با استفاده از هاون خرد کرده و از الک مش ۶۰ یا ۸۰ عبور دهید. خرد کردن مواد را تا عبور همه مواد از الک ادامه دهید.

۲- محلول آب حاوی ۵ درصد چسب مورد نیاز به منظور رسیدن به رطوبت حدود ۱۰ درصد را محاسبه و وزن کنید.

۳- مواد را روی سینی یا یک سطح تمیز با ضخامت کم (۱۰-۵ میلیمتر) پهن کنید.

۴- با کمک آب فشان، آب وزن شده را روی مواد خشک اسپری کنید.

۵- در حین اسپری آب، به طور مرتب مواد را با کاردک مخلوط و مجدداً پهن کنید و هم‌زمان آب را روی آنها اسپری کنید تا آب تمام شود (بهتر است اسپری آب به آرامی و با فرصت دادن جهت جذب توسط مواد انجام شود).

۶- روی مواد را با استفاده از یک پلاستیک پوشانده و یک تا دو ساعت به آن فرصت دهید تا رطوبت آن جذب شود.

۷- بعد از گذشت زمان اولیه جذب آب، مواد را به ترتیب از الک‌های درشت تا ریز (مش ۲۰، ۳۰ و ۴۰) عبور دهید و با فشار آرام دست کمک کنید تا تمام کلوخه‌های به وجود آمده از الک عبور کنند. این عمل را برای بار دوم و سوم تکرار کنید به طوری که گرانول‌هایی در سه دانه بندی به دست آید.

۸- گرانول‌های تهیه شده را برای یکنواخت شدن رطوبت در سطل در دار ریخته و در آن را ببندید و حداقل ۲۴ ساعت در محلی دور از نور آفتاب قرار دهید (برای این بخش از کیسه پلاستیک هم می‌توان استفاده کرد).

۹- بعد از طی زمان یکنواخت سازی رطوبت، در سطل را باز و گرانول‌ها را بررسی کنید در صورت آگلومره شدن یک بار دیگر از الک عبور داده شود.

۱۰- چگالی انباشتگی گرانول را اندازه‌گیری کنید.

۱۱- ۱۰۰ گرم از گرانول را در یک دقیقه و از ارتفاع حدود ۱۵ گرم سانتی‌متری بر روی سطحی صاف بریزید. زاویه خواب مخروط حاصل را اندازه‌گیری کرده و با جدول مقایسه کنید.

۱۲- به کمک پرس موجود در کارگاه، چند قطعه نمونه از گرانول‌های تولیدی تهیه کنید.



- ۱- در هنگام کار از ماسک تنفسی و دستکش استفاده کنید.
- ۲- دقت کنید هنگام خرد کردن مواد خشک و الک کردن آن گرد و غبار ایجاد نکنید.
- ۳- سعی کنید مرحله نرم کردن و الک کردن مواد را در زیرهواکش (هود) با فیلتر مناسب انجام دهید.
- ۴- به هیچ عنوان برای عبور دادن مواد تر از الک، از ابزار نوک تیز و یا فلزی استفاده نکنید.



### کار عملی ۳: آزمایش مخروط برای تعیین جریان یابی پودر گرانول دستی

مواد و ابزار: گرانول آماده، دستکش کار، ماسک تنفسی، ترازو و قیف.

#### شرح فعالیت:

- ۱- گرانول تولید شده دستی در کار عملی ۱ را که درون سطل سرپوشیده نگهداری می شود بررسی کنید و در صورت آگلومره شدن یک بار دیگر آنها را از الک عبور دهید.
- ۲- ۱۰۰ گرم گرانول را در یک قیف ریخته و از ارتفاع حدود ۱۵ سانتی متری بر روی سطحی صاف بریزید. زاویه خواب مخروط حاصل را اندازه گیری کرده و با جدول مقایسه کنید.



### کار عملی ۴: تعیین درصد رطوبت پودر گرانول دستی

مواد و ابزار: گرانول آماده، دستکش کار، ماسک تنفسی، ترازو، بوته و دسیکاتور.

#### شرح فعالیت:

- ۱- گرانول تولید شده دستی در کار عملی ۱ را که درون سطل سرپوشیده نگهداری می شود را بررسی کنید و در صورت آگلومره شدن یک بار دیگر آنها را از الک عبور دهید.
- ۲- بوته ای انتخاب کرده و با ترازو وزن خالی آن را وزن کنید.
- ۳- ۱۰۰ گرم گرانول دستی تهیه شده را درون بوته ریخته و درون خشک کن قرار دهید.
- ۴- بعد از رسیدن به وزن ثابت، بوته را از خشک کن بیرون آورده و درون دسیکاتور قرار دهید تا سرد شود.
- ۵- بوته را وزن کرده و با کسر وزن بوته، وزن پودر خشک شده را یادداشت کنید.
- ۶- به کمک رابطه زیر، مقدار دقیق درصد رطوبت داخل گرانول را به دست آورید.

$$\text{درصد رطوبت گرانول} = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن تر}} \times 100$$



### کار عملی ۵: تعیین چگالی انباشتگی پودر گرانول دستی

مواد و ابزار: گرانول آماده، دستکش کار، ماسک تنفسی، ترازو، پیکنومتر، خطکش و بشر.

#### شرح فعالیت:

- ۱- گرانول تولید شده دستی در کار عملی ۱ را که درون سطل سرپوشیده نگهداری می‌شود را بررسی کنید و در صورت آگلومره شدن یک بار دیگر آنها را از الک عبور دهید.
- ۲- پیکنومتر فلزی خشک را وزن کرده و مقدار آن را یادداشت کنید.
- ۳- پودر گرانول را درون پیکنومتر بریزید و بعد از پر شدن پیکنومتر سطح گرانول درون آن را با خطکش صاف کنید.
- ۴- پیکنومتر حاوی پودر گرانول را وزن کنید. با کسر کردن وزن پیکنومتر فلزی خالی از وزن به دست آمده، وزن پودر به دست می‌آید.
- ۵- برای محاسبه چگالی انباشتگی، وزن ماده را بر حجم پیکنومتر تقسیم کنید و با چگالی پودر گرانول صنعتی مقایسه کنید.



### کار عملی ۶: تعیین دانه بندی با الک به روش خشک

مواد و ابزار: ترازو، الک در مش‌های مختلف (۳۰، ۵۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰)، زیر الک (سینی) دستگاه لرزاننده شیکر و گرانول دستی.

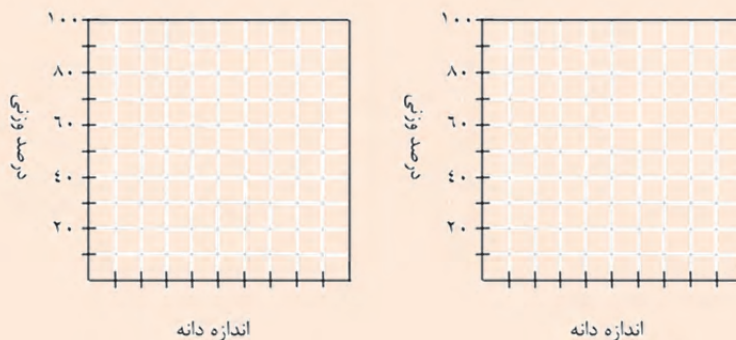
#### شرح فعالیت:

- ۱- گرانول را ابتدا در خشک کن به مدت ۲ ساعت خشک کنید.
- ۲- الک‌ها را با رعایت نکات مربوطه روی یکدیگر بچینید. ۱۰۰ گرم گرانول وزن کرده و روی مجموعه الک‌ها بریزید. در زیر ریزترین الک، زیر الک یا سینی قرار می‌گیرد.
- نکته: دقت کنید که الک‌های مورد استفاده خشک و تمیز باشند. الک‌ها و سینی را می‌توانید قبل از استفاده وزن کرده و وزن آنها را یادداشت کنید. به نظر شما این کار چه کمکی به شما خواهد کرد؟
- ۳- دستگاه الک را به مدت ۱۰ دقیقه روشن کنید. در صورت عدم دسترسی به لرزاننده مکانیکی مراحل را به صورت دستی انجام دهید و جدول را تکمیل کنید.

جدول ۸

الک	روزنه الک	وزن باقی‌مانده	درصد باقی‌مانده	درصد عبوری	درصد تجمعی
۱۲					
۲۰					
۳۰					
۵۰					
۱۰۰					
۱۲۰					
کف الک					

نمودار درصد باقی‌مانده و درصد عبوری از هر الک را برحسب اندازه منفذ الک رسم کنید.



**کار عملی ۷: تعیین چگالی انباشتگی پودر گرانول تولید شده با دستگاه اسپری درایر مواد و ابزار:** گرانول ۲۰۰ گرم، دستکش کار، ماسک تنفسی، ترازو، پیکنومتر، خط‌کش و بشر.  
**شرح فعالیت:**

فعالیت کارگاهی



- ۱- پیکنومتر فلزی خشک را وزن کرده و مقدار آن را یادداشت کنید.
- ۲- پودر گرانول را درون پیکنومتر بریزید و بعد از پر شدن پیکنومتر سطح گرانول درون آن را با خط‌کش صاف کنید.
- ۳- پیکنومتر حاوی پودر گرانول را وزن کنید. با کسر کردن وزن پیکنومتر فلزی خالی از وزن به دست آمده، وزن پودر به دست می‌آید.
- ۴- برای محاسبه چگالی انباشتگی، وزن ماده مورد نظر را بر حجم پیکنومتر تقسیم کنید و نتیجه را با چگالی پودر گرانول صنعتی و گرانول دستی مقایسه کنید.

**کار عملی ۸: مشاهده شکل گرانول زیر میکروسکوپ چشمی**

**مواد و ابزار:** گرانول دستی و گرانول تولید شده با دستگاه اسپری درایر، دستکش کار، ماسک تنفسی و میکروسکوپ چشمی.

فعالیت کارگاهی



**شرح فعالیت:**

- ۱- مقداری گرانول دستی را روی یک کاغذ سفید بریزید و زیر لنز میکروسکوپ قرار دهید. با تاباندن نور لامپ از کنار و تنظیم دوربین چشمی شکل گرانول قابل دیدن خواهد بود.
- ۲- مقداری گرانول تولید شده با دستگاه اسپری درایر را روی یک کاغذ سفید بریزید و زیر لنز میکروسکوپ قرار دهید. با تاباندن نور لامپ از کنار و تنظیم دوربین چشمی شکل گرانول قابل دیدن خواهد بود.
- ۳- از تصاویر به کمک دوربین عکس‌برداری کنید.

## ارزشیابی نهایی شایستگی گرانول‌سازی

<b>شرح کار:</b>			
۱- آماده‌سازی اسپری درایر			
۲- تغذیه مواد			
۳- کنترل مشعل و نازل و سیستم پمپاژ			
۴- تهیه و جمع‌آوری گرانول			
۵- کنترل دانه‌بندی گرانول			
<b>استاندارد عملکرد:</b>			
کسب مهارت در آماده‌سازی دوغاب مناسب برای گرانول‌سازی، تهیه گرانول و دانه‌بندی آن			
کسب مهارت در راه‌اندازی دستگاه تولید گرانول (اسپری درایر) و گرانول‌سازی			
<b>شاخص‌ها:</b>			
آماده‌سازی اسپری درایر			
تولید گرانول مناسب با توجه به ملاک‌های مورد نظر از لحاظ دانه‌بندی، توزیع دانه و درصد رطوبت			
کنترل دانه‌بندی گرانول از لحاظ توزیع اندازه دانه، شکل ذرات و آگلومره بودن پودرها			
<b>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:</b>			
مکان: کارگاه استاندارد مجهز به تجهیزات ایمنی، سیستم تهویه و نور کافی			
ابزار و تجهیزات: دستگاه اسپری درایر، انواع نازل، هیدروسیکلون، انواع الک، دستگاه خشک‌کن			
<b>معیار شایستگی:</b>			
نمره هنرجو	حداقل نمره قبولی از ۳	مرحله کار	ردیف
	۲	آماده‌سازی اسپری درایر و تغذیه مواد	۱
	۱	تولید و جمع‌آوری گرانول	۲
	۲	دانه‌بندی و کنترل گرانول تولیدی از لحاظ ابعاد، شکل و رطوبت	۳
	۲	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به‌کارگیری فناوری مناسب	
*	میانگین نمرات		
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.			