

## پودمان ۳

### خشک کردن سرامیک‌ها



استفاده از آب برای شکل‌دهی سرامیک‌ها، ضروری است. بعد از شکل‌دهی، آب از درون قطعه باید خارج شود. این عمل با اعمال حرارت و جریان هوای گرم و خشک در خشک‌کن انجام می‌شود.

## واحد یادگیری ۳

### شایستگی کار با خشک کن

هدف از این شایستگی فراگیری دانش و مهارت انتخاب و به کارگیری خشک کن مناسب برای تولید محصولات سرامیکی است. همچنین چگونگی کارکرد و عوامل تعیین کننده خشک کن ها مورد بررسی قرار گرفته است.

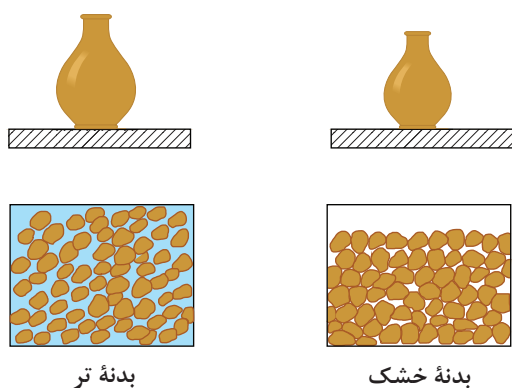
#### استاندارد عملکرد

در این پودمان ابتدا عوامل مؤثر بر خشک شدن یک قطعه سرامیکی آمده است و در ادامه انواع و اجزای خشک کن ها و نحوه عملکرد آنها آورده شده است. سپس عیوبی که هنگام خشک شدن یک قطعه سرامیکی ممکن است ایجاد شود توضیح داده شده است.

خشک شدن فرایندی است که در بخشی از زندگی روزمره در حال رخ دادن است. خشک کردن در موارد زیادی مانند خشک کردن لباس، چوب، ظروف و مواد غذایی مانند سبزیجات، میوه جات و خشکبار استفاده می شود.



شکل ۱



بدنه تر

بدنه خشک

شکل ۲- مقایسه بدنه تر و خشک

استفاده از آب برای شکل دهی قطعات سرامیکی بسیار اهمیت دارد. آب با ایجاد خاصیت پلاستیسیته در گل، به شکل پذیری آن کمک می کند. پس از تکمیل فرایند شکل دهی، آب موجود در بدنه باید از آن خارج شود.

خشک شدن فرایند خروج آب از قطعه سرامیکی یا ماده اولیه مرطوب است که نیاز به حرارت دارد. شکل ۲ مقایسه ساختار بدنه تر و خشک شده را نشان می دهد.

گرفتن آب دوغاب توسط فیلتر پرس که یک فرایند مکانیکی است، خشک کردن نامیده نمی شود.

نکته



کنجکاو



شکل ۳- صفحه گچی در حال جذب آب

آیا می توان گرفتن آب از دوغاب توسط قالب گچی را فرایند خشک کردن نامید؟



- ۱ چرا حجم قطعه پس از خشک شدن کاهش می‌یابد؟  
 ۲ به چه دلیل در بعضی از بدنه‌های سرامیکی پس از خشک شدن، در سطح قطعه ترک ایجاد می‌شود؟



شکل ۴- ترک و تغییر شکل در یک قطعه خشک شده

از دست دادن آب با انقباض قطعه همراه است. در طول فرایند خشک شدن باید آب موجود در بدنه به صورت کنترل شده از قطعه خارج شود به صورتی که در انسجام قطعه تغییری ایجاد نشود. کنترل نکردن این انقباض، باعث ایجاد شکستگی و تغییر شکل‌های نامطلوب در قطعه می‌شود.

### عوامل مؤثر بر خشک شدن سرامیک‌ها

در خشک شدن قطعات دارای رطوبت بالا، ابتدا رطوبت باید از مرکز قطعه به سطح آن منتقل شود و سپس از سطح قطعه جدا و دور شود. بنابراین خشک شدن این نوع قطعات در دو مرحله انجام می‌شود:

- ۱ حرکت آب از درون قطعه به سطح آن
  - ۲ تبخیر و دور شدن رطوبت از سطح قطعه
- بنابراین می‌توان عواملی را که بر خشک شدن مؤثر هستند، به عوامل بیرونی و درونی دسته‌بندی کرد.

در خشک شدن قطعات دارای رطوبت کم، فقط مرحله دوم خشک شدن اتفاق می‌افتد.



### جدول ۱

عوامل مؤثر بر خشک شدن		
شکل	مفهوم	عوامل
	روش‌های انتقال حرارت، میزان رطوبت و شدت جریان هوا در خشک‌کن از عوامل بیرونی است	بیرونی
	عواملی که در درون قطعه باعث می‌شود آب از لایه‌های ذرات به سطح خارجی آن منتقل شود.	درونی

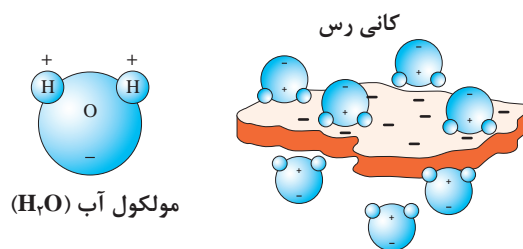
## انواع آب در بدنه های سرامیکی

آب موجود در بدنه های سرامیکی مطابق جدول زیر تقسیم بندی می شود.

جدول ۲

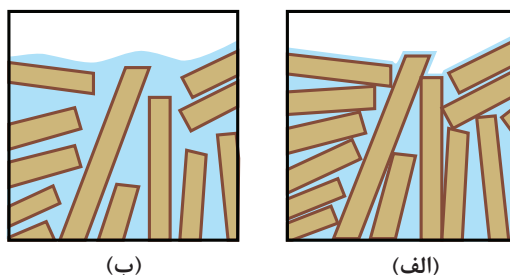
محل خروج		فرمول شیمیایی	انواع آب در بدنه های سرامیکی	
کوره	خشک کن			
-	✓	H <sub>2</sub> O	پلاستیسیته	آب آزاد
-	✓		تخلخل	
✓	-		جذب شده (مقید)	
✓	-	OH	آب ساختاری	

زمانی که آب به پودر سرامیکی کاملاً خشک اضافه می شود، ابتدا بخشی از آب سطح ذرات را می پوشاند که آب جذب شده یا مقید نامیده می شود. این پدیده به سبب ماهیت باردار بودن سطح ذرات و قطبی بودن مولکول های آب است.



شکل ۵- آب جذب شده

در تخلخل های بین ذرات، مقداری آب انباشته می شود که آب تخلخل نام دارد و افزودن آب بیشتر، باعث ایجاد فاصله بیشتر بین ذرات در ماده می شود. در فرایندهای شکل دهی پلاستیک، این جدایش باعث بهبود روانکاری و سهولت شکل دهی می شود. به آبی که باعث افزایش فاصله بین ذرات می شود، آب پلاستیسیته یا آب شکل دهی گفته می شود.



شکل ۶- (الف) آب تخلخل (ب) آب پلاستیسیته



در خشک‌کن‌ها، آب آزاد با حرکت از میان تخلخل‌ها و کانال‌هایی که در قطعه وجود دارند، خود را به سطح قطعه می‌کشانند. مکانیزم‌های مختلفی درون قطعه سبب این حرکت می‌شود که مهم‌ترین آنها نیروی مکشی است و در لوله‌های موئین ایجاد می‌شود.



### کار عملی ۱: اثبات حرکت آب درون قطعه

**مواد و ابزار:** ترازو با دقت ۰/۱، هاون چینی، قالب انقباض، کاردک، خشک‌کن ۱۱۰ درجه سلسیوس، تیغ ارّه، دستکش پلاستیکی، ۱۰۰ گرم کائولن، ۱۰۰ گرم فلدسپات، ۲ گرم پتاسیم پرمنگنات، ۶۵ گرم آب

### شرح فعالیت:

- ۱ مواد اولیه را با کمک هاون، نرم کنید و از الک با مش ۸۰ عبور دهید.
- ۲ مواد اولیه نرم شده را درون یک ظرف تمیز با هم مخلوط کنید.
- ۳ مقدار ۲ گرم پتاسیم پرمنگنات را وزن کرده و با ۶۵ گرم آب مخلوط کنید و محلول را به ترکیب مواد اولیه اضافه کنید.
- ۴ با کاردک ترکیب را مخلوط کنید و با کمک قالب انقباض ۲ نمونه بسازید.
- ۵ نمونه‌ها را برای خشک شدن درون خشک‌کن در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس به مدت زمان ۳ ساعت قرار دهید.
- ۶ نمونه‌های خشک شده را از خشک‌کن خارج کنید و به کمک تیغ ارّه از وسط برش دهید و مشاهدات خود را یادداشت کنید.



شکل ۷

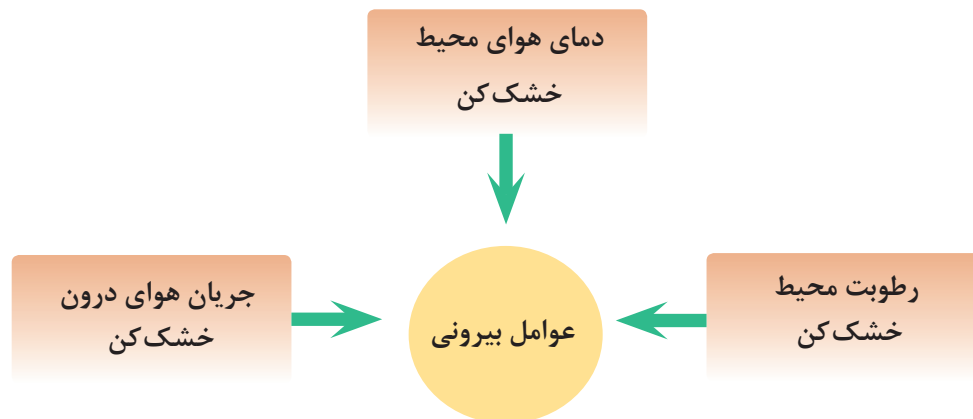


- ۱ به علت جذب شدن محلول پتاسیم پرمنگنات توسط پوست، سعی شود در طی انجام آزمایش از دستکش پلاستیکی استفاده شود.
- ۲ در هنگام خارج کردن قطعات از خشک‌کن از انبر و دستکش استفاده کنید.
- ۳ هنگام استفاده از ابزار تیز و برنده مراقب آسیب‌های احتمالی باشید و از شوخی کردن با دوستان خود بپرهیزید.



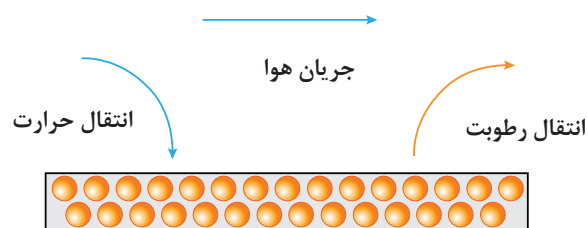
دو جسم با رطوبت یکسان را در نظر بگیرید. یکی از آنها درون اتاق و دیگری در هوای آزاد قرار داده می‌شود. چرا جسم در هوای آزاد زودتر خشک می‌شود؟

در فرایند خشک شدن سرامیک‌ها، بعد از رسیدن رطوبت از درون قطعه به سطح قطعه، مرحله جدا شدن و دور شدن رطوبت در بیرون از قطعه اتفاق می‌افتد. عوامل بیرونی که در دور شدن رطوبت از سطح قطعه مؤثر هستند، در نمودار زیر آمده است.



نمودار ۱- عوامل بیرونی مؤثر بر خشک شدن

۱ **سرعت جریان هوای درون خشک‌کن:** جریان هوای درون خشک‌کن به‌طور هم‌زمان وظیفه انتقال گرما به‌صورت همرفت به قطعه و دور کردن رطوبت تبخیر شده از سطح قطعه را به عهده دارد. بنابراین هرچه سرعت جریان هوای درون خشک‌کن بیشتر باشد، سرعت خشک شدن نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۸- عبور جریان هوا و انتقال گرما به قطعه



شکل ۹- خشک شدن لباس

۲ میزان رطوبت داخل خشک‌کن: هر چه از میزان رطوبت موجود در خشک‌کن کاسته شود سرعت خشک شدن بیشتر می‌شود. این موضوع را با مقایسه خشک شدن لباس‌ها در شهرهای گرم و خشک با شهرهای کنار دریا با رطوبت زیاد می‌توان بهتر درک کرد.

۲ انتقال گرما: با انتقال گرما از منبع حرارتی به سطح و داخل قطعه عمل خشک شدن انجام می‌گیرد.

## خشک‌کن‌ها در صنعت سرامیک

ساده‌ترین روش برای خشک کردن قطعات سرامیکی، مانند آجر و سفال، قرار دادن آنها در محیط باز یا در معرض گرمای آفتاب است.



شکل ۱۰- خشک شدن قطعات در گرمای آفتاب



شکل ۱۱- حمل و چیدن قطعات در محیط برای خشک شدن

برای تولید انبوه بدنه‌ها این شیوه کاربردی نیست، زیرا:

۱ شرایط آب و هوایی در نقاط مختلف دنیا متفاوت است، مثلاً در شهرهایی که رطوبت زیاد است و بارندگی وجود دارد، خشک شدن قطعات دشوار است.

۲ کارگران بیشتری برای چیدن و جمع‌آوری قطعات نیاز است.



- ۳ فضای زیادی برای خشک کردن نیاز است.
  - ۴ ضایعات قطعات در اثر حمل و نقل توسط کارگران افزایش می یابد.
  - ۵ حجم تولیدات کارخانه ها افزایش یافته است.
- بنابراین نیاز به طراحی خشک کن هایی ضرورت پیدا کرد تا ضمن حل مشکلات مطرح شده و بهبود کیفیت خشک کردن، کارایی بیشتری داشته باشند و در مصرف انرژی صرفه جویی شود.



چند مورد از مزایای استفاده از خشک کن های صنعتی در جدول زیر بیان شده است. با راهنمایی هنرآموز خود جدول زیر را کامل کنید.

جدول ۳

مزایای استفاده از خشک کن های صنعتی		
ردیف	ویژگی ها	
۱	حداقل فضا	فضای کمتری برای خشک کردن استفاده می شود.
۲	حداقل تعداد کارگر	نیروی انسانی کمتری به کار گرفته می شود.
۳	قابلیت کنترل	دما، رطوبت و جریان هوای درون خشک کن قابل کنترل است.
۴	استفاده بهینه از سوخت	.....
۵	افزایش سرعت خشک شدن	.....

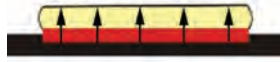
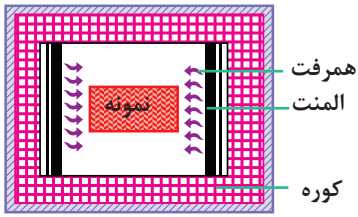
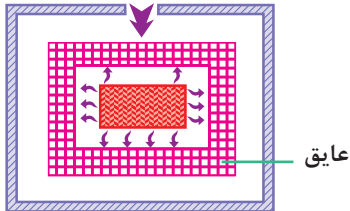
## انواع خشک کن

خشک کن ها بر اساس چگونگی انتقال حرارت و نوع عملیات مطابق نمودار زیر طبقه بندی می شوند.



نمودار ۲- انواع خشک کن

## جدول ۴

انواع خشک کن بر اساس انتقال حرارت		
توضیحات	شکل	نوع خشک کن
در خشک کن هدایتی گرما از کف خشک کن به قطعه منتقل می شود. این نوع خشک کن برای خشک کردن آجر و بلوک به کار می رود.		هدایتی
در خشک کن همرفتی، قطعات در معرض هوای داغ قرار می گیرند. هوای داغ حرارت لازم برای تبخیر آب قطعات را تأمین می کند و سپس آب تبخیر شده از طریق کانال خروجی هوای خشک کن به بیرون هدایت می شود.		همرفتی
در خشک کن تابشی از امواج الکترومغناطیس استفاده می شود. زمانی که امواج به قطعه سرامیکی مرطوب برخورد می کند، انرژی تابشی آن به آب در سطح یا درون قطعه جذب می شود و با گرم کردن و تبخیر شدن آبها موجب خشک شدن قطعه می شود.		تابشی

### خشک کن ناپيوسته

در خشک کن ناپيوسته (متناوب) چرخه بارگیری، خشک شدن و خروج قطعه از آن به صورت هم زمان انجام نمی شود. بعضی از قطعات بزرگ مانند لوله های فاضلاب، آجرهای ساختمانی و مقره های بزرگ الکتریکی در این نوع خشک کن ها خشک می شوند.



شکل ۱۲- خشک کن متناوب



شکل ۱۳- خشک کن پیوسته

### خشک کن پیوسته

خشک کن های تونلی، حلقوی (دوبین) و عمودی (مانگلی) از انواع خشک کن های پیوسته هستند. در این خشک کن ها قطعات شکل داده شده از یک طرف وارد خشک کن می شوند تا گرما به آنها منتقل شود و از طرف دیگر تخلیه می شوند. این عملیات با به صورت هم زمان انجام می شود.

### خشک کن تونلی (افقی)



شکل ۱۴- خشک کن تونلی

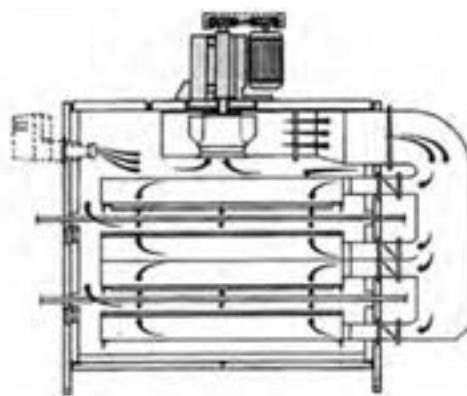
خشک کن های تونلی دارای تونل طولی هستند. در این خشک کن ها، محصولات را بر روی واگن یا رولر قرار می دهند و به داخل خشک کن هدایت می کنند. هوای گرم شده توسط مشعل یا در بعضی موارد توسط گرمای بازیافتی حاصل از کوره از میان تونل عبور داده می شود. واگن زمانی که وارد خشک کن می شود، به تدریج به طرف انتهای داغ تونل پیش می رود تا قطعات کاملاً خشک شوند.

### خشک کن های هوای داغ سریع کاشی

در خشک کن هوای داغ سریع، تغذیه کاشی در یک لایه انجام می شود تا هر کاشی از کاشی دیگر فاصله داشته باشد و تمام سطوح آن در معرض هوای محیط قرار گیرد. در نتیجه، مدت زمان کمتری برای گرم شدن یکنواخت قطعه لازم است. این تکنولوژی خشک شدن سریع نامیده می شود.



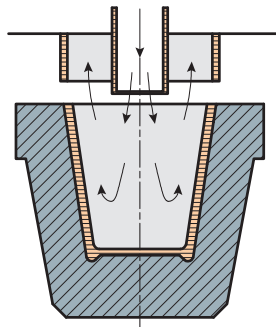
شکل ۱۶- دمش هوا از روزنه ها به قطعه



شکل ۱۵- خشک کن های هوای داغ سریع کاشی

## خشک کن های حلقوی (دوبین)

خشک کن های حلقوی مشابه تنور نان ماشینی است که برای خشک کردن ظروف خانگی استفاده می شود. خشک کن های حلقوی به شکل ۸ ضلعی هستند که ۶ ضلع آن بسته و ۲ ضلع دیگر آن باز است. در یک ضلع باز عمل بارگیری و در ضلع باز دیگر، عمل تخلیه انجام می شود. هوای گرم از قسمت گرم کن که در بالای خشک کن واقع شده است، با یک هواکش به قسمت پایین فرستاده می شود.



ب) خشک شدن قالب جولی در خشک کن حلقوی



الف) قرارگیری قالب جولی در خشک کن حلقوی

شکل ۱۷

## خشک کن های عمودی

خشک کن های عمودی به دلیل شباهتی که در عملکرد به چرخ و فلک دارند به آنها خشک کن های چرخ و فلکی یا مانگل نیز گفته می شود. در این خشک کن ها، قطعات بر روی سینی هایی قرار می گیرند که مانند سبدهای چرخ و فلک به صورت افقی توسط چرخ دنده یا نوار نقاله جابه جا می شوند. این سینی ها از یک سمت بارگیری می شوند و از سمت دیگر در حال تخلیه شدن هستند.

## خشک کن های عمودی سریع

امروزه استفاده از خشک کن های عمودی سریع در صنعت کاشی رایج است، زیرا کل چرخه خشک شدن در زمان بسیار کوتاهی صورت می گیرد.

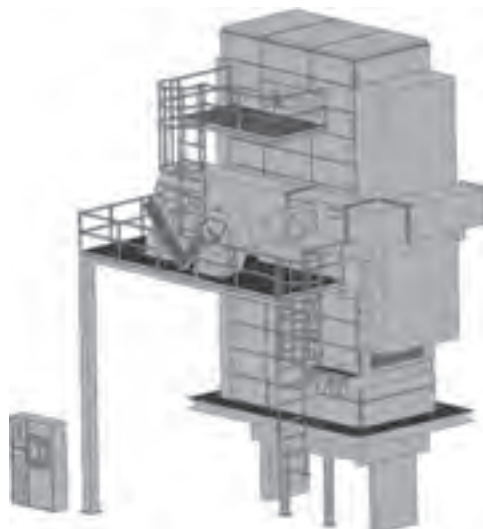
مزایای استفاده از این خشک کن ها عبارتند از:

۱ کاشی ها به صورت توده ای و انبوه بر روی یکدیگر قرار نمی گیرند و به صورت جداگانه و با فاصله روی قفسه مشبک قرار می گیرند.

۲ هوای گرم زیادی از جهات مختلف به کاشی برخورد می کند.

۳ اطراف کاشی مانع وجود ندارد و تغییرات طولی که در زمان خشک شدن برای کاشی رخ می دهد، بدون مانع صورت می گیرد.

۴ درجه حرارت خشک کن در محدوده ۱۳۰ تا ۱۴۰ درجه سلسیوس است و قطعه خارج شده حداکثر ۱ درصد رطوبت دارد.



شکل ۱۸- خشک کن عمودی سریع

### مقایسه خشک کن فرسرخ و ماکروویو

خشک کن فرسرخ برای خشک کردن قطعات نازک و لعاب دار (پوشش ها و رنگ) به کار می رود. در این نوع خشک کن، انتقال حرارت به روش تابشی انجام می شود. لامپ های حرارتی، المان های حرارتی و سطح گرم می توانند از عوامل تابش باشند. هرگاه قطعه درون این خشک کن قرار می گیرد، در اثر تابش سطح ماده گرم می شود و مولکول های آن مرتعش می شوند و حرارت به درون ماده نیز نفوذ می کند. عمق نفوذ حرارت زیاد نیست و فقط در سطح فرآورده ها نفوذ می کند. استفاده از این خشک کن ها برای خشک کردن قالب گچی باعث از بین رفتن قالب می شود و هزینه انرژی آنها بالا است.

در خشک کن ماکروویو از تابش امواج الکترومغناطیس استفاده می شود که با برخورد به قطعه سرامیکی خیس، انرژی تابشی آن جذب آب درون قطعه می شود. سپس آب در تمام ضخامت قطعه به طور یکنواخت و با سرعت زیاد توزیع می شود. آب بعد از تبخیر به راحتی به بیرون قطعه منتقل می شود.

در خشک کردن معمولی از طریق جابه جایی، انقباض از سطح قطعه رخ می دهد و به داخل قطعه گسترش می یابد ولی در خشک کردن با ماکروویو انقباض از مرکز قطعه شروع می شود و به سطح گسترش می یابد. با خشک کردن ماکروویو، مرکز قطعه به بالاترین دما می رسد و زودتر از سطح آن خشک می شود.



شکل ۱۹- خشک کن ماکروویو

بیشتر بدانید



## کنترل خشک کن



شکل ۲۰- نشانگر دما و درصد رطوبت خشک کن

برخی از قطعات سرامیکی به آسانی خشک می‌شوند و می‌توان آنها را در خشک کن سریع قرار داد؛ ولی برخی دیگر برای خشک شدن به محیط خشک کن تحت کنترل نیازمند هستند. برای جلوگیری از ترک خوردن، کاهش استحکام، اعوجاج یا دیگر عیوب، لازم است رطوبت و دمای خشک کن کنترل شود.

درصد رطوبت بالای خشک کن چه اثری بر روی سرعت خشک شدن دارد؟

پرسش



فعالیت  
کارگاهی



**کار عملی ۲:** مقایسه خشک شدن دو قطعه سرامیکی با آمیز متفاوت مواد و ابزار: کائولن شسته شده، فلدسپات به صورت پودر و کاملاً خشک شده، ترازوی آزمایشگاهی، سطل کوچک، قالب انقباض، کاردک، خشک کن آزمایشگاهی، آب

**شرح فعالیت:**

۱ دو آمیز مطابق جدول زیر آماده کنید.

نمونه	فلدسپات (گرم)	کائولن (گرم)	آب (گرم)
A	۸۰	۸۰	۵۰
B	۵۰	۱۱۰	۵۰

۲ آب را به آمیز اضافه کنید و گل یکنواخت و پلاستیک آماده کنید.

۳ با استفاده از قالب انقباض از هر آمیز قطعه‌ای بسازید و با کد A و B علامت گذاری کنید.

۴ قطعه A و B را درون خشک کن آزمایشگاهی قرار دهید.

۵ بعد از یک ساعت قطعات را از خشک کن بیرون آورید و سپس وزن کرده و در جدول زیر یادداشت کنید.

۶ قطعه را دوباره درون خشک کن آزمایشگاهی به مدت زمان ۲۴ ساعت قرار دهید تا کاملاً خشک شود.

۷ نمونه‌های کاملاً خشک شده را وزن کنید و سپس درصد رطوبت قطعه را بر مبنای تر محاسبه کنید.

نمونه	وزن اولیه	وزن بعد از یک ساعت	وزن بعد از ۲۴ ساعت	درصد رطوبت کل	درصد رطوبت باقی مانده بعد از یک ساعت خشک شدن	درصد رطوبت از دست داده بعد از یک ساعت خشک شدن
مثال	۸۰	۷۵	۶۹	۱۳/۷۵	۸	۵/۷۵
A						
B						



تأثیر نوع و مقدار ترکیب بر روی زمان خشک شدن را بررسی کنید.

پرسش



بیشتر بدانید



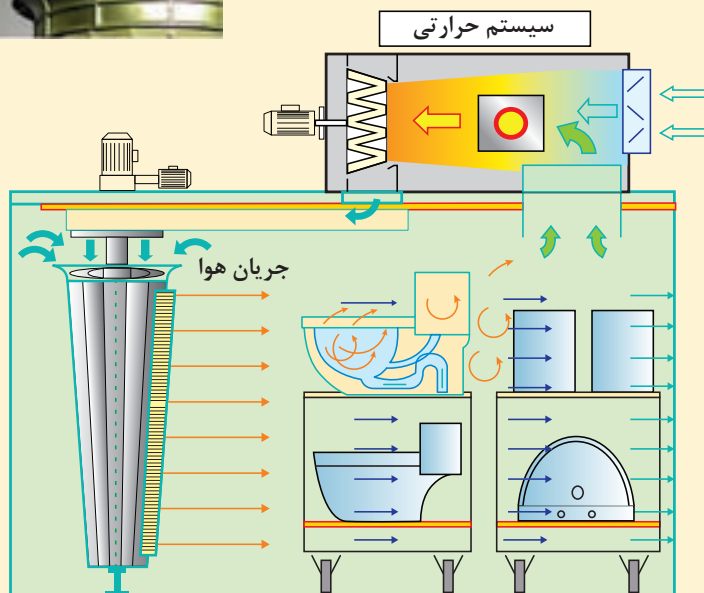
### خشک کردن رطوبتی

در خشک کردن رطوبتی قطعه سرامیکی وارد خشک کن می‌شود و به تدریج رطوبت و دما، هر دو افزایش می‌یابد. در این حالت قطعه خشک نمی‌شود، زیرا رطوبت محیط زیاد است و در سطح قطعه، تبخیر صورت نمی‌گیرد. ولی به سبب افزایش دمای خشک کن، دمای قطعه افزایش می‌یابد. بعد از این مرحله، به تدریج رطوبت را از محیط خشک کن خارج می‌کنند. با خروج رطوبت از محیط، خشک شدن قطعه از سطح شروع می‌شود. تبخیر از سطح قطعه باعث سرد شدن سطح آن می‌شود، ولی مرکز قطعه هنوز گرم است. گرانیروی آب موجود در مرکز قطعه کمتر و هدایت آبی بیشتر است؛ بنابراین آب راحت‌تر خارج می‌شود.

**نکته:** چون قطعه در سطح و مرکز اختلاف حرارتی زیادی ندارد، در نتیجه، احتمال ترک خوردن آن کمتر است.



سیستم ایجاد رطوبت



شکل ۲۱- خشک کن رطوبتی



**کار عملی ۳:** مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه‌بندی متفاوت در آمیز مواد و ابزار: کائولن و فلدسپات به صورت کلوخه و کاملاً خشک شده، ترازوی آزمایشگاهی، ظرف کوچک، قالب انقباض، کاردک، خشک‌کن آزمایشگاهی و آب.

**شرح فعالیت:**

۱ دو آمیز مطابق جدول زیر وزن کرده آماده کنید.

نمونه	فلدسپات (g)	کائولن (g)	آب (g)	الک با مش
A	۸۰	۸۰	۵۰	عبوری الک با مش ۳۰ مانده الک با مش ۴۰
B	۸۰	۸۰	۵۰	عبوری مش ۱۰۰

۲ آب را به آمیز اضافه کنید و گل یکنواخت و پلاستیک آماده کنید.

۳ با استفاده از قالب انقباض از هر آمیز قطعه‌ای بسازید و با کد A و B علامت‌گذاری کنید.

۴ قطعه A و B را درون خشک‌کن آزمایشگاهی قرار دهید.

۵ پس از یک ساعت، قطعات را از خشک‌کن بیرون آورید و بعد از وزن کردن وزن آنها را در جدول یادداشت کنید.

۶ قطعات را دوباره درون خشک‌کن آزمایشگاهی به مدت زمان ۲۴ ساعت قرار دهید تا کاملاً خشک شوند.

۷ نمونه‌های کاملاً خشک‌شده را وزن کنید و اعداد مربوط به وزن نمونه‌ها را در جدول یادداشت کنید و درصد رطوبت قطعه را بر مبنای تر محاسبه کنید.

نمونه	وزن اولیه	وزن قطعه بعد از یک ساعت	وزن قطعه بعد از ۲۴ ساعت خشک شدن	درصد رطوبت کل	درصد رطوبت باقی‌مانده بعد از یک ساعت خشک شدن	درصد رطوبت از دست داده در یک ساعت
A						
B						

قطعه‌ای که بعد از یک ساعت قرار گرفتن درون خشک‌کن، درصد رطوبت کمتری داشته باشد، نشان‌دهنده از دست دادن رطوبت بیشتر توسط آن قطعه و سرعت خشک‌شدن بیشتر است.





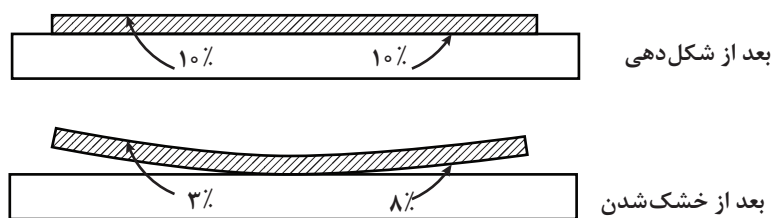


درباره تأثیر دانه‌بندی دو آمیز بررسی شده در کار عملی ۳ بر روی خشک شدن، با هم‌گروهی‌های خود گفت‌وگو کنید و نتایج آن را در کلاس ارائه دهید.

### عیوب قطعه هنگام خشک شدن

در فرایند خشک‌شدن قطعه ممکن است به دلایل مختلفی عیوبی مانند ترک و تاب در قطعه ظاهر شود. تعداد زیادی از ترک‌ها ناشی از نوع مواد اولیه، فرایند مخلوط کردن، روش شکل‌دهی یا طراحی قطعه است. تاب و ترک ایجاد شده در زمان خشک کردن قطعه، معمولاً به دلیل انقباض غیریکنواخت است. انقباض یک قطعه در زمان خشک شدن یک اتفاق بدیهی است که باید به‌صورت یکنواخت، در همه جهات انجام شود. اما ممکن است عواملی مانع انقباض یکنواخت قطعه شوند و بر بدنه تنش وارد کنند. این عوامل می‌توانند شامل موارد زیر باشند:

**الف) سرعت متفاوت خروج آب از سطوح مختلف قطعه مانند سطح فوقانی و زیر قطعه:** وقتی سطح فوقانی قطعه سریع خشک شود، منقبض می‌شود، در حالی که سطح زیری قطعه رطوبت بیشتری دارد؛ در نتیجه، انقباض کمتری در قطعه ایجاد می‌گردد و باعث به وجود آمدن تاب در آن می‌شود.



شکل ۲۲- ایجاد تاب در قطعه بعد از خشک شدن

**ب) توزیع غیریکنواخت رطوبت:** توزیع غیر یکنواخت رطوبت در قطعه قبل از مرحله خشک کردن و بعد از مرحله شکل‌دهی باعث ایجاد انقباض غیریکنواخت در قطعه می‌شود. برای مثال، در گل خروجی از دستگاه اکسترودر میزان رطوبت قسمت مرکزی و کناره‌های ستون گل متفاوت است؛ بنابراین هنگام خشک شدن، تفاوت در میزان رطوبت قسمت‌های مختلف ستون گل اکسترودر شده، باعث ایجاد ترک در آن می‌شود.



**کار عملی ۴:** بررسی تأثیر برخورد غیریکنواخت جریان هوا به قطعه  
**مواد و ابزار:** خاک رس، ترازوی آزمایشگاهی، ظرف کوچک، قالب انقباض، کاردک، خشک کن آزمایشگاهی، پنکه

### شرح فعالیت

- ۱ ابتدا گِل رس را آماده کنید.
- ۲ با استفاده از گِل آماده شده قطعه‌ای به شکل آجر درون قالب شکل دهید.
- ۳ قطعه خیس را به مدت ۲ ساعت در مقابل جریان باد پنکه قرار دهید.
- ۴ قطعه را از لحاظ وجود عیوب احتمالی در آن بررسی کنید.



**ج) اختلاف ضخامت:** اختلاف در ضخامت قسمت‌های مختلف نمونه می‌تواند باعث ایجاد ترک در آن شود. شکل ۲۳ دو نمونه با ۱۶ درصد رطوبت را نشان می‌دهد. هر دو با دمش یک فن دمنده و در دمای اتاق خشک شده‌اند. در نمونه الف ترک ایجاد نشده است، ولی در نمونه ب ترک مشاهده می‌شود. این ترک‌ها در بین بخش‌های نازک و ضخیم، شاخه شاخه شده و ادامه پیدا کرده است.



الف



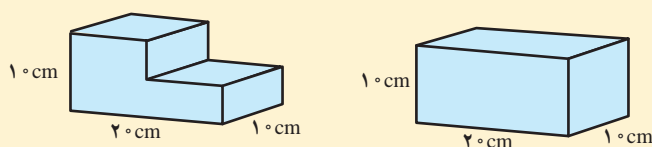
ب

شکل ۲۳- ترک ناشی از اختلاف ضخامت

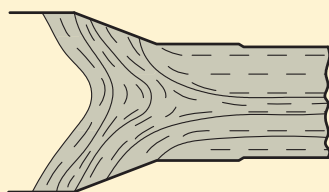


**کار عملی ۵:** مقایسه خشک شدن دو قطعه با ضخامت متفاوت  
**مواد و ابزار:** خاک رس، ترازوی آزمایشگاهی، ظرف کوچک، قالب انقباض، کاردک، خشک کن آزمایشگاهی  
**شرح فعالیت**

- ۱ ابتدا گل رس را آماده کنید.
- ۲ با استفاده از گل، دو قطعه با شکل های زیر بسازید.
- ۳ هر دو قطعه را داخل خشک کن قرار دهید تا کاملاً خشک شوند.
- ۴ قطعه را از لحاظ عیوب احتمالی در آن بررسی کنید.



**جهت گیری خاص ذرات هنگام شکل دادن:** در مواد رسی آرایش ترجیحی ذرات وجود دارد. مواد رسی به صورت ورقه ای شکل هستند. در نتیجه، هنگام شکل دهی (به عنوان مثال به روش ریخته گری دوغابی یا پلاستیک) در جهت اعمال نیرو جهت گیری می کنند. هنگام خشک شدن، اگر جهت انقباض این پولک ها متفاوت باشد، باعث ایجاد تنش و در نهایت، ایجاد ترک در قطعه می شود.



شکل ۲۶- آرایش ترجیحی ذرات



شکل ۲۵- اعمال نیروی خارجی و ایجاد ترک

## ارزشیابی نهایی شایستگی کسب مهارت خشک کردن سرمایه‌ها

### شرح کار:

- ۱- آماده‌سازی خشک‌کن
- ۲- انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آمیز متفاوت
- ۳- انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه‌بندی متفاوت
- ۴- انجام آزمون بررسی تأثیر برخورد غیریکنواخت جریان هوا به قطعه
- ۵- انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با ضخامت‌های متفاوت

### استاندارد عملکرد:

تنظیم دما، رطوبت و زمان خشک‌کن و خشک کردن قطعات با آمیز و دانه‌بندی و شرایط متفاوت خشک شدن از نظر نوع خشک‌کن

### شاخص‌ها:

رعایت اصول روشن کردن خشک‌کن  
کنترل دمای خشک و رطوبت بدنه  
آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آمیز و دانه‌بندی متفاوت و بررسی تأثیر این عوامل بر خشک شدن قطعه  
آزمون تأثیر برخورد غیریکنواخت جریان هوا به قطعه را هنگام خشک شدن انجام داده و اثر آن بر عیوب خشک شدن قطعه را بررسی کنید.  
دو قطعه با ضخامت‌های متفاوت ساخته و آزمون مقایسه خشک شدن آنها را انجام داده و تأثیر ضخامت متفاوت را بر روی عیوب خشک شدن بررسی کند.

### شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه استاندارد  
ابزار و تجهیزات: خشک‌کن، ماشین حساب، قطعه نمونه، ترازو با دقت ۰/۱ گرم، زمان‌سنج، لباس کار مناسب، تجهیزات اطفای حریق، دستکش نسوز

### معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	آماده‌سازی خشک‌کن	۱	
۲	انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آمیز متفاوت	۲	
۳	انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه‌بندی متفاوت	۲	
۴	انجام آزمون بررسی تأثیر برخورد غیریکنواخت جریان هوا به قطعه	۲	
۵	انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با ضخامت‌های متفاوت	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: دقت عمل و صحت، مسئولیت‌پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کارگیری فناوری مناسب			
میانگین نمرات			*

\* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ است.