



## فصل سوم

### خشک کردن سرامیک ها

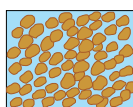
## خشک کردن سرامیک‌ها

تصویر ورودی پودمان، تصویر یک خشک کن متناوب است که داخل واگن‌های آن محصولات قرار می‌گیرد و درب خشک کن بسته می‌شود و بعد از خشک شدن در خشک کن باز و محصولات خارج می‌شود.

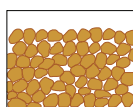


خشک کن متناوب

**شکل ۱ صفحه ۶۳:** خشک کردن جامدات یکی از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین عملیاتی است که در صنایع مختلف از جمله کشاورزی، سرامیک، شیمیایی، غذایی، دارویی، کاغذ، چوب، معدن، پلیمر و نساجی کاربرد دارد که این مرحله تا حدودی پیچیده است. زیرا با توجه به گوناگونی مواد و رفتار آنها با نکات مبهم و مهمی همراه است که هنوز بعضی از این نکات روشن نشده‌اند. علاوه بر این به دلیل اینکه مدل‌سازی و توضیح ریاضی فرایند خشک کردن نیازمند در نظر گرفتن سه پدیده انتقال که شامل انتقال حرارت، جرم و اندازه حرکت است بنابراین حل معادلات مربوطه پیچیده است. در نتیجه این عمل معمولاً بسیار مشکل و پیچیده خواهد بود. از این رو عملیات خشک کردن معمولاً ترکیبی از علم، تکنولوژی و هنر در نظر گرفته می‌شود، هنر در پدیده خشک کردن در این است که بتوان از مشاهدات تجربی و تجربیات فرایندی در طراحی و انتخاب خشک‌کن‌ها استفاده کرد.



بدنه تر



بدنه خشک

شکل ۲: هنگام مقایسه قطعه تر و خشک لازم است هنرجو به این نکته اشاره کند که بعد از خروج آب از لابه‌لای ذرات، آنها به هم نزدیک‌تر می‌شوند و قطعه انقباض پیدا می‌کنند.

#### سؤال



صفحه ۶۳: آیا می‌توان گرفتن آب دوغاب توسط قالب گچی را فرایند خشک کردن نامید؟

معمولاً فرایند خشک کردن به عملیاتی گفته می‌شود که در آن یک مایع توسط تبخیر از جامد جدا می‌شود یعنی ابتدا مایع را به بخار تبدیل کرده و سپس به راحتی از قسمت جامد جدا می‌شود.



ولی جداسازی رطوبت به روش مکانیکی مانند فیلتر پرس و قالب گچی را نمی‌توان خشک کردن نامید. البته معمولاً قبل از خشک کردن یک مرحله رطوبت‌زدایی مکانیکی و جداسازی رطوبت توسط عملیات مکانیکی در نظر گرفته می‌شود که آسان‌تر و ارزان‌تر از استفاده از روش‌های حرارتی است.



**شکل ۴ صفحه ۶۴:** هدف از آوردن این تصویر مشاهده اثر خشک شدن بر بدنه است. در صورتی که عملیات خشک شدن به صورت یکنواخت برای قطعه انجام نشود تغییر شکل و ترک در آن به وجود می آید.

**متن صفحه ۶۴:** مطابق با تعریف خشک شدن، دو عامل در فرایند خشک شدن سرامیک‌ها تأثیرگذار هستند:

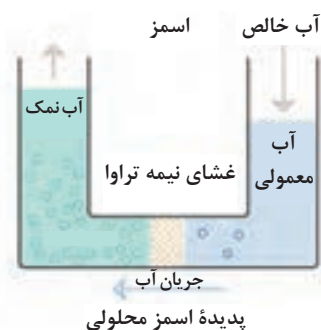
عواملی که در داخل قطعه باعث به حرکت درآوردن آب به سمت سطح می شوند و عواملی که در بیرون قطعه عامل جدا شدن و دور شدن آب از قطعه هستند.  
**عوامل درونی:** در درون قطعه چهار عامل باعث حرکت آب به سطح قطعه می شوند که عبارت‌اند از:

**۱ مکش لوله‌های موئین:** زمانی که یک قطعه از طرف سطح خشک می شود، فواصل بین ذرات رس که خیلی کوچک هستند به عنوان لوله موئین عمل می کنند. در اثر مکش آب توسط لوله‌های موئین، آب از مرکز قطعه به سطح حرکت می کند و در سطح قطعه تبخیر می شود.

#### عوامل مؤثر بر خشک شدن

| عوامل  | مفهوم   | شکل               |
|--------|---|-------------------|
| بیرونی | روش‌های انتقال حرارت، میزان رطوبت و شدت جریان هوا در خشک‌کن از عوامل بیرونی است.  |                   |
| درونی  | عواملی که در درون قطعه باعث می شود آب از لابه‌لای ذرات به سطح خارجی آن منتقل شود. | <p>حرکت رطوبت</p> |

**۲ اسمز محلولی:** وقتی درصد رطوبت خیلی کم شود، مکش لوله‌های موئین هر چقدر هم که زیاد باشد، نمی‌تواند آب را از مرکز قطعه به سطح آن بکشاند. در این حالت پدیده‌ای که باعث انتقال آب از مرکز قطعه به سطح آن می‌شود،



اسمز محلولی است، به طور مثال، بعد از مدتی دیده می‌شود در لوله آزمایشگاهی نشان داده شده در شکل روبه‌رو، آب از قسمتی که رقیق‌تر است به قسمت غلیظ‌تر نفوذ می‌کند و سطح آب نمک در لوله آزمایشگاهی بالاتر می‌رود که به این حالت اسمز محلولی گفته می‌شود.

در بدنه نیز در هنگام خشک شدن وقتی آب از سطح خارج می‌شود، یک سری کاتیون‌ها در سطح باقی می‌مانند، در نتیجه آبی که در مرکز قطعه است نسبت به آب موجود در سطح قطعه رقیق‌تر است و سطح لوله موئین مانند غشا نیمه تراوا عمل می‌کند و آب از محل رقیق‌تر به محل غلیظ‌تر (سطح قطعه) می‌رود و در آنجا تبخیر می‌شود.

**۳ اسمز حرارتی:** (طبق اسمز حرارتی آب از جای گرم به جای سرد می‌رود) در هنگام خشک شدن قطعه، سطح آن گرم‌تر است بنابراین زودتر خشک شده است و باید آب از سطح به مرکز بیاید. این شرایط باعث ایجاد انقباض‌های غیر یکنواخت در قطعه می‌شود زیرا در مرکز قطعه آب بیشتر و در سطح آن مقدار آب کم است و شیب رطوبتی وجود دارد. این امر باعث ترک خوردن شدید قطعه می‌شود. اگر روشی به کار برده شود که مرکز قطعه گرم‌تر از سطح آن باشد، آب از مرکز به آسانی به سطح می‌رود و شیب رطوبتی کمتر می‌شود، در نتیجه احتمال ترک خوردن قطعه کمتر می‌شود. بهترین روش برای کنترل شیب رطوبتی استفاده از خشک‌کن‌های رطوبتی است.

**۴ مکانیزم تبخیر و میعان:** وقتی که مقدار آب در لوله‌های موئین خیلی کم باشد، لوله‌های موئین نمی‌توانند آب را خارج کنند، زیرا مقدار آب خیلی کم است و این آب می‌تواند از طریق تبخیر و میعان خارج شود. در این مکانیزم هنگامی که دمای سطح قطعه بالا می‌رود و میزان آب درون قطعه کاهش می‌یابد آب از طریق مکش لوله‌های موئین می‌تواند خارج شود، بنابراین بر اثر افزایش دما این آب تبخیر شده و به صورت بخار در می‌آید و به طرف سطح قطعه حرکت می‌کند. اگر در اثر این حرکت قطر لوله موئین کم شود میعان صورت می‌گیرد و در نزدیکی سطح قطعه چون دما بالاتر است، مجدداً تبخیر صورت می‌گیرد و در این حالت بخار از سطح قطعه خارج می‌شود.

عوامل خارجی خشک شدن: در بیرون قطعه سه عامل به جدا شدن و دور شدن رطوبت از قطعه کمک می‌کند.

۱ **گرما:** با انتقال گرما به روش‌های سه گانه همرفتی، هدایت و تابش به قطعه، دمای لازم برای تبخیر مهیا می‌شود.

۲ **رطوبت محیط خشک‌کن:** رطوبت باید از محیط خشک‌کن خارج شود تا آب خروجی از قطعه دور شود و فشار بخار محیط کاهش یابد.

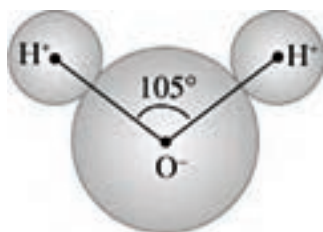
۳ **جریان هوای درون خشک‌کن:** جریان هوا به انتقال گرما به قطعه کمک می‌کند و رطوبت را از سطح قطعه جدا خواهد کرد.

## جدول ۲: انواع آب

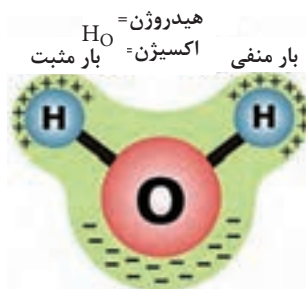
آب: در مولکول آب دو اتم هیدروژن با زاویه  $105^\circ$  درجه در اطراف یک اتم اکسیژن قرار گرفته‌اند. این زاویه از روابط اوربیتالی اتم‌های اکسیژن و هیدروژن به دست می‌آید. در مولکول آب اتم‌ها توسط پیوندهای کووالانت بسیار قوی به یکدیگر متصل شده‌اند این واقعیت آب را به صورت ماده‌ای بسیار پایدار در آورده است.

جدول ۲

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



مولکول آب کوچک است و قطری در حدود قطر اتم اکسیژن معادل  $1/4$  آنگستروم دارد حجم مولی آب در  $20^\circ$  درجه سلسیوس تقریباً  $18$  سانتی متر مکعب و یا  $18$  میلی لیتر



است. تقریباً  $6 \times 10^{23}$  (حدود نیم میلیون - میلیارد - میلیارد) مولکول در  $18$  میلی لیتر آب (حدود  $5/5$  اونس مایع یا  $14$  گرم مایع) وجود دارد. یکی از مشخصات بسیار مهم مولکول آب این است که می‌تواند به عنوان یک گشتاور دو قطبی در نظر گرفته شود به بیان دیگر مولکول آب دارای یک طرف با بار مثبت و یک طرف با بار منفی است.

### انواع آب در سیستم جامد - مایع

به طور کلی ۵ نوع آب داریم:

#### ۱ آب سوسپانسیون (آب دوغاب، suspension water)

آماده‌سازی مواد اولیه سرامیکی و بدنه همواره با افزودن آب همراه است. آب ذرات مواد اولیه موجود در بدنه را کاملاً از یکدیگر باز کرده به صورت دوغاب در می‌آورد. این آب را آب سوسپانسیون یا آب دوغاب می‌نامند که در هنگام شکل دادن یا قبل از آن به وسیله قالب، فیلتر پرس یا ته‌نشین‌سازی خارج می‌شود و دوغاب به گل تبدیل می‌شود.

#### ۲ آب بین لایه‌ای (بین ذره‌ای - پلاستیسته)

بعد از اینکه آب سوسپانسیون خارج شد ذرات تقریباً به یکدیگر نزدیک شده و آب به صورت لایه‌ای نازک (حدود  $30$  الی  $50$  نانومتر) بین ذرات باقی می‌ماند. این آب به آب بین لایه‌ای معروف است. این آب در دمای کمتر از  $100^\circ$  درجه سلسیوس از قطعه خارج می‌شود



#### ۳ آب تخلخل (آب خلل و فرج، آب درون حفرات، pore water)

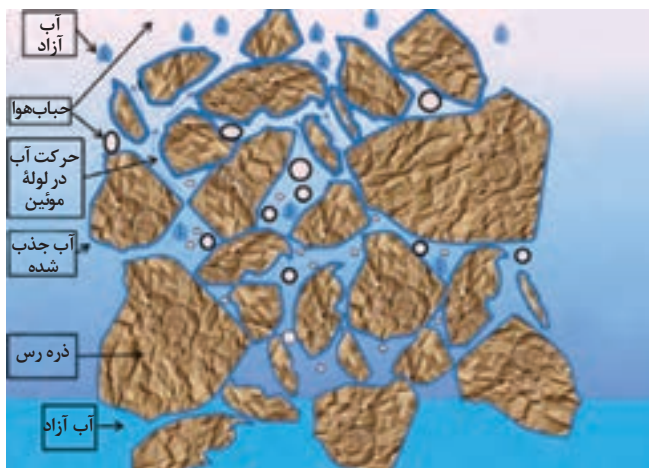
با خروج آب بین لایه‌ای ذرات با یکدیگر تماس پیدا می‌کنند در این حالت قطعه را



می‌توان مانند اسفنج فرض کرد زیرا قطعه دارای حفره‌ها و تخلخل‌های بی‌شماری است که مملو از آب هستند. آب خلل و فرج به طور کامل در دمای بالاتر از ۱۲۰ درجهٔ سلسیوس خارج می‌گردد اما در مقیاس صنعتی معمولاً بدنه‌ها در درجه حرارت‌های پایین‌تر از ۱۲۰ درجهٔ سلسیوس خشک می‌شوند. بنابراین همواره مقداری از آب در خلل و فرج بدنه باقی می‌ماند. خشک شدن نهایی فراورده‌ها در اولین مرحله پخت انجام می‌گیرد.

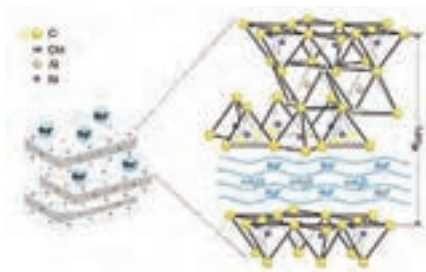
#### ۴ آب جذب شده (آب مقید)

مولکول آب به دلیل پیوند میان اکسیژن و هیدروژن دارای جهت است، به عبارت دیگر، پیوند اتمی در آب، مولکولی قطبی را ایجاد می‌کند. از سوی دیگر می‌دانیم ذرات رس دارای بار الکتریکی هستند زیرا در سطح ذرات پیوندهای اشباع نشده وجود دارد. شکست ذره رس عامل باردار شدن است. بنابراین اگر مولکول قطبی آب در مجاورت ذرهٔ رس شکسته شده قرار گیرد پیوند ضعیفی با ذره ایجاد می‌کند. آب دارای ابعاد مولکولی است و از طریق نیروی فیزیکی و واندروالس به ذره جذب می‌شود. این آب، آب جذب شده نامیده می‌شود. این آب در دمای بالاتر از ۱۰۰ درجهٔ سلسیوس از قطعه خارج می‌شود.



#### ۵ آب شیمیایی (آب هیدراته یا آب ساختاری)

آب یکی از اجزای سازنده شبکه مینرال به شماره می‌آید که به صورت OH در مینرال وجود دارد. در ساختمان کائولینیت دو مولکول آب وجود دارد که جزء ساختار شبکه کائولینیت است. این آب عملاً نمی‌تواند در دمای پایین از شبکه خارج شود، زیرا خروج آن مستلزم شکست پیوند OH در ساختمان کائولینیت است. برای شکست پیوند مولکول‌های آب و تأمین انرژی آن به دمای بالا نیاز است. برای مثال آب شیمیایی کائولینیت در دمای بالاتر از ۴۰۰ درجهٔ سلسیوس، آزاد شده و از آن خارج می‌شود. در ضمن این آب نقشی در انقباض خشک قطعه ندارد.



صفحه ۶۶:

### اثبات حرکت آب درون قطعه:

هدف از انجام این کار عملی بررسی حرکت آب در بدنه و مشاهده مسیر حرکت آن به سطوح تبخیر است. هنرآموز محترم برای کسب نتیجه‌گیری بهتر، دمای خشک‌کن را بالاتر از ۱۱۰ درجه سلسیوس انتخاب کند تا سطح تبخیر کمتری در داخل قطعه داشته باشد.



شکل ۷

فعالیت کارگاهی



گفت‌وگو کنید



صفحه ۶۷: دو جسم با رطوبت یکسان را در نظر بگیرید یکی درون اتاق و دیگری در هوای آزاد قرار داده می‌شود. چرا جسم در هوای آزاد زودتر خشک می‌شود؟

در محیط آزاد جریان هوا وجود دارد که این جریان باعث می‌شود:

- ۱- گرما به قطعه منتقل شود.
- ۲- آب جدا شده از قطعه دور شود.
- ۳- دور شدن رطوبت از قطعه که فشار بخار محیط را کاهش می‌دهد.

فعالیت کلاسی



صفحه ۶۹: هنرجویان با راهنمایی هنرآموز خود در مورد مزیت استفاده از خشک‌کن‌های صنعتی گفت‌وگو کرده و پاسخ‌های خود را به صورت جدول ارائه دهند.

۱- فضای موجود در خشک‌کن: خشک‌کن‌های صنعتی دارای حداقل مساحت در کف هستند و در صورتی که گرما از کف به مواد سرامیکی منتقل شود، سطح کف باید حداقل مقدار ممکن باشد.

۲- نیروی کار: معمولاً خشک‌کن‌های قدیمی و سنتی کارگر زیادی لازم دارند.

اما امروزه باید از خشک‌کن‌هایی استفاده کرد که نیاز به حداقل نیروی کارگری داشته باشند.

**۳- قابلیت کنترل:** یکی از مهم‌ترین مسائل در خشک‌کن‌های صنعتی این مورد است. دمای خشک‌کن، سرعت جریان هوای گرم و درصد رطوبت موجود در خشک‌کن باید کنترل شود زیرا این سه عامل، بر نحوه خشک شدن مؤثر هستند.

**۴- کارایی (بازدهی) سوخت:** عبارت است از مقدار سوخت محاسبه شده برای تبخیر مقدار معینی از آب موجود در بدنهٔ سرامیکی نسبت به مقدار سوخت مصرف شده به صورت عملی. اصولاً کارایی در خشک‌کن‌های صنعتی بیشتر از خشک‌کن‌هایی است که حرارت از کف به اشیاء داده می‌شود، هم‌چنین برای بالا بردن کارایی سوخت، عایق کاری خشک‌کن‌های قدیمی راه‌حل مؤثری است.

**۵- کارایی زمان:** عبارت است که از حداقل زمان لازم برای خشک کردن یک قطعه با رطوبت معین تحت شرایط ایده‌آل نسبت به زمان لازم برای خشک شدن که در خشک‌کن به آن نیاز دارد.

**۶- حداکثر سرعت خشک شدن با توجه به ایمنی قطعات و مقدار مطلوب درجه حرارت:** این موضوع نه تنها به ترکیب بدنه بستگی دارد، بلکه به اندازه و شکل قطعات ساخته شده نیز وابسته است. سرعت خشک شدن به عوامل بیرونی و درونی بستگی دارد.

**۷- توزیع حرارت:** برای توزیع حرارت باید طوری عمل کرد که با گردش هوا، گرما به میزان لازم به تمام قطعات برسد. هم‌چنین هم زمان بخار آب از محیط خارج شود. برای اینکه تمام قطعات شبیه به هم خشک شوند باید حجم زیادی از هوای گرم با توزیع مناسب و سرعت مناسب در خشک‌کن به گردش درآید.

**۸- صرفه جویی در گرما:** مقدار مشخصی گرما لازم است تا آب تبخیر شود. ولی علاوه بر این مقدار گرمای موجود در هوای خروجی از خشک‌کن و اتلاف حرارتی از دیواره‌های خشک‌کن نیز باید در نظر گرفته شود، در نتیجه یک خشک‌کن با بازده خوب باید حداقل حجم گازهای خروجی را داشته باشد، یعنی دوباره هوای مصرف شده به گردش درآید و دیواره‌های خشک‌کن به خوبی عایق‌بندی شوند تا از اتلاف گرما جلوگیری شود.

### صفحه ۷۳: خشک‌کن‌های مادون قرمز

خشک‌کن‌های مادون قرمز برای خشک کردن قطعات نازک به کار می‌رود و در این نوع خشک‌کن‌ها، انتقال حرارت به روش تشعشع صورت می‌گیرد. منبع یا منابع حرارت لامپ‌های الکتریکی یا صفحاتی هستند که به وسیلهٔ سوخت گاز گرم شده‌اند. در صنعت سرامیک تاکنون خشک‌کن‌های مادون قرمز به ندرت برای خشک کردن فراورده‌های خام مورد استفاده قرار گرفته است زیرا انتقال حرارت به وسیله تشعشع به طور عمده در سطح قطعات عمل می‌کند. خشک‌کن‌های مادون

قرمز به دلایل زیر در صنعت سرامیک بسیار محدود به کار می‌روند:

- ۱ این خشک‌کن‌ها فقط در سطح فراورده‌ها عملکرد دارند.
- ۲ می‌توانند باعث از بین رفتن قالب‌های گچی شوند.
- ۳ تأمین حرارت در این خشک‌کن‌ها به هزینه زیادی نیاز دارد.

### خشک‌کن‌های ماکروویو

ماکروویو قسمتی از طیف امواج الکترومغناطیسی است که دارای فرکانس بین ۳۰۰-۰/۰۳ هرتز (Hz) و طول موجی بین ۱ الی ۱۰۰۰ میلی‌متر است. هنگام برخورد امواج ماکروویو با جسم سه حالت به وجود می‌آید: ۱- جذب می‌شوند ۲- عبور می‌کنند ۳- انعکاس می‌یابند.

فلزات هادی نسبت به امواج ماکروویو کدر هستند و آن را منعکس می‌کنند. اجسام غیرهادی با اتلاف دی‌الکتریک کم در حرارت معمولی امواج ماکروویو را از خود عبور می‌دهند. اجسام غیرهادی که اتلاف دی‌الکتریک زیادی دارند، این امواج را جذب می‌کنند. ذرات باردار و پراکنده به کمک دو قطبی‌های موجود در جسم، امواج الکترومغناطیس را جذب کرده و جذب امواج مذکور در داخل یک قطعه دی‌الکتریک موجب حرکات انتقالی بارهای آزاد و همچنین چرخش دوقطبی‌های الکتریکی می‌شود. از طرف دیگر نیروهای اصطکاک، الاستیک و اینرسی در مقابل حرکت انتقالی ذرات باردار و چرخش دوقطبی‌ها مقاومت می‌کنند که نتیجه این مقاومت ایجاد گرما است. در خشک کردن به روش ماکروویو برعکس خشک‌کن‌های مادون قرمز حرارت ابتدا در مرکز و عمق جسم ایجاد می‌شود. بنابراین حرارت قسمت‌های داخلی همواره بیشتر از حرارت قسمت‌های بیرون می‌باشد. از این روش برای خشک کردن قطعات با ضخامت بیشتر نیز می‌توان استفاده کرد. براساس اطلاعاتی که تاکنون به دست آمده است، برخی از بیماری‌ها بر اثر تابش زیاد از حد ماکروویو به وجود می‌آید که عبارت‌اند از:

۱ آسیب دیدن عدسی چشم

۲ آسیب دیدن غدد تناسلی

۳ ازدیاد لنفوسیت درخون

۴ اختلال در گردش خون و قلب

با توجه به مطالب فوق، خشک‌کن‌های ماکروویو امروزه برای خشک کردن قطعاتی که شکل‌های پیچیده دارند مانند مقره‌های الکتریکی و چینی بهداشتی استفاده می‌شود. این خشک‌کن‌ها بسیار گران‌قیمت هستند که موجب محدودیت در کاربرد آنها شده است.





### مقایسه خشک شدن دو قطعه سرامیکی با آمیز متفاوت:

این فعالیت با این هدف انجام می‌گیرد که هنجار تأثیر مقدار و نوع مواد اولیه را در زمان خشک شدن یک قطعه مورد مقایسه قرار دهد و به این نتیجه برسد که حضور مواد اولیه پلاستیک، زمان خشک شدن را افزایش می‌دهد.

| نمونه | وزن اولیه | وزن بعد از یک ساعت | وزن خشک | درصد رطوبت کل | درصد رطوبت باقی مانده بعد از یک ساعت خشک شدن | درصد رطوبت از دست داده در یک ساعت |
|-------|-----------|--------------------|---------|---------------|--|-----------------------------------|
|       | ۸۰        | ۷۵                 | ۶۹      | ۱۳/۷۵         | ۸  | ۵/۷۵                              |

$$\text{درصد رطوبت کل} = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن تر}} \times 100 \rightarrow \frac{80 - 69}{80} \times 100 = 13.75\%$$

$$\text{درصد رطوبت باقی مانده بعد از یک ساعت} = \frac{75 - 69}{75} \times 100 = 8\%$$

$$5.75 = 13.75 - 8 = \text{درصد رطوبت از دست داده در یک ساعت}$$

در مقایسه ترکیب B نسبت به A مشاهده می‌شود مقدار ماده غیرپلاستیک کاهش و ماده پلاستیک افزایش یافته است. بنابراین قطعه در مدت زمان بیشتری آب موجود در بدنه از دست می‌دهد.

**پرسش صفحه ۷۵:** تأثیر نوع و مقدار ترکیب بر روی زمان خشک شدن را بررسی کنید.

**تأثیر نوع ترکیب:** ترکیب‌های پلاستیک دانه‌بندی ریزتری دارند و آب بیشتری جذب می‌کنند و همچنین کانال‌ها و لوله‌های مؤین طولانی‌تری ایجاد می‌کنند. بنابراین زمان بیشتری برای از دست دادن آب نیاز دارند. **تأثیر مقدار ترکیب:** هر چه مقدار ماده اولیه پلاستیک در آمیز بدنه کاهش یابد و بر مقدار ماده اولیه غیرپلاستیک اضافه شود، زمان کوتاه‌تری برای خروج آب نیاز است.

فعالیت کارگاهی



**صفحه ۷۶:** مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه‌بندی متفاوت در آمیز نمونه A نسبت به نمونه B دانه‌بندی درشت‌تری دارد و در نتیجه باید در زمان یک ساعت آب بیشتری از دست داده باشد.

گفت‌وگو کنید



تأثیر دانه‌بندی این دو آمیز بر روی خشک شدن را بررسی کنید. هرچه دانه‌بندی ریزتر باشد آب بیشتری جذب می‌کند و همچنین مدت زمان بیشتری نیاز دارد تا آب را از لابه‌لای ذرات ریز و کانال‌های طولانی عبور دهد تا به سطح برسد.

فعالیت کارگاهی



**صفحه ۷۸:** بررسی تأثیر برخورد غیریکنواخت جریان هوا به قطعه: شکل محصولی که در جریان هوای پنکه قرار می‌گیرد خیلی مهم نیست. یک قطعه مکعبی شکل از گل رس تا یک قطعه به شکل دلخواه را می‌توان انتخاب کرد.

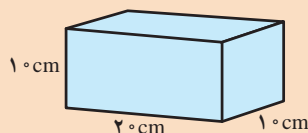
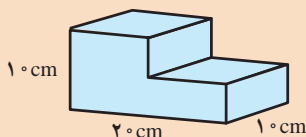


معمولاً در قطعات سرامیکی که به روش ریخته‌گری دوغابی و گل پلاستیک شکل داده می‌شوند احتمال بروز تنش و ترک شدیدتر مشاهده است.

فعالیت کارگاهی



**صفحه ۷۹:** مقایسه خشک شدن دو قطعه با ضخامت متفاوت: هنرآموز محترم، در هنگام انتخاب قطعات می‌توانید از گلدانی که لبه آن نسبت به پایه ضخامت کمتری دارد استفاده کنند. همچنین در صورتی که قطعه‌ای انتخاب شود که اجزا آن به دو روش مختلف شکل داده شده باشد بروز عیب در محل اتصال آنها قابل مشاهده است مانند فنجان‌هایی که دسته آن با روش ریخته‌گری دوغابی توپر و بدنه آن به روش جولی شکل‌دهی شده است.



## ارزشیابی نهایی شایستگی کسب مهارت خشک کردن سرامیک ها

### شرح کار:

- ۱- آماده سازی خشک کن
- ۲- انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آمیز متفاوت
- ۳- انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه بندی متفاوت
- ۴- انجام آزمون بررسی تأثیر برخورد غیریکنواخت جریان هوا به قطعه
- ۵- انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با ضخامت های متفاوت

### استاندارد عملکرد:

تنظیم دما، رطوبت و زمان خشک کن و خشک کردن قطعات با آمیز و دانه بندی و شرایط متفاوت خشک شدن از نظر نوع خشک کن

### شاخص ها:

رعایت اصول روشن کردن خشک کن  
کنترل دمای خشک و رطوبت بدنه  
آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آمیز و دانه بندی 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 ضخامت های متفاوت ساخته و آزمون مقایسه خشک شدن آنها را انجام داده و تأثیر ضخامت متفاوت را بر روی عیوب خشک شدن بررسی کنید.

### شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

مکان: کارگاه استاندارد

ابزار و تجهیزات: خشک کن، ماشین حساب، قطعه نمونه، ترازو با دقت ۰/۱ گرم، زمان سنج، لباس کار مناسب، تجهیزات اطفای حریق، دستکش نسوز

### معیار شایستگی:

| ردیف   | مرحله کار   | حداقل نمره<br>قبولی از ۳ | نمره هنرجو |
|--|---|--------------------------|------------|
| ۱  | آماده سازی خشک کن   | ۱                        |            |
| ۲  | انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آمیز متفاوت           | ۲                        |            |
| ۳  | انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه بندی متفاوت      | ۲                        |            |
| ۴  | انجام آزمون بررسی تأثیر برخورد غیریکنواخت جریان هوا به قطعه | ۲                        |            |
| ۵  | انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با ضخامت های متفاوت      | ۲                        |            |
| شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:                              |   |                          |            |
| دقت عمل و صحت، مسئولیت پذیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان، به کار گیری فناوری مناسب |   |                          |            |
| میانگین نمرات  |   |                          | *          |

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

| ردیف   | مراحل کار  | شرایط عملکرد (ابزار مواد، تجهیزات، زمان، مکان و...)                                  | نتایج ممکن  | استاندارد (شاخص‌ها/ داوری/ نمره دهی)   | نمره |
|--|--|--|---|--|------|
| ۱  | آماده‌سازی خشک‌کن  | مکان: کارگاه استاندارد<br>زمان:<br>مواد مصرفی: مواد اولیه<br>ابزار و تجهیزات: خشک‌کن | آماده‌سازی خشک‌کن بالاتر از انتظار                                      | تنظیم صحیح و دقیق خشک‌کن شامل مشعل، ترموکوپل و چرخه هوایی، درجه‌های مکش رطوبتی و...  | ۳    |
|  |  |  | آماده‌سازی خشک‌کن قابل قبول   | تنظیم نسبتاً صحیح و دقیق خشک‌کن شامل مشعل، ترموکوپل و چرخه هوایی، درجه‌های مکش رطوبتی و... با خطای مجاز                                      | ۲    |
|  |  |  | آماده‌سازی خشک‌کن غیرقابل قبول  | عدم توانایی در تنظیم خشک‌کن  | ۱    |
| ۲  | انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آزمون متفاوت           | مکان: کارگاه استاندارد<br>زمان:<br>مواد مصرفی: مواد اولیه<br>ابزار و تجهیزات: خشک‌کن | انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آزمون متفاوت بالاتر از انتظار     | آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه را با آزمون متفاوت انجام دهد و تأثیر این عوامل را بر خشک شدن بررسی و اثبات کند.                                 | ۳    |
|  |  |  | انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آزمون متفاوت قابل قبول            | آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه را با آزمون متفاوت انجام دهد.   | ۲    |
|  |  |  | انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با آزمون متفاوت غیرقابل قبول         | عدم توانایی در انجام آزمون یا ناقص انجام دادن آن   | ۱    |
| ۳  | انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه‌بندی متفاوت       | مکان: کارگاه استاندارد<br>زمان:<br>مواد مصرفی: مواد اولیه<br>ابزار و تجهیزات: خشک‌کن | انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه‌بندی متفاوت بالاتر از انتظار | آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه را با داده‌بندی متفاوت انجام داده و تأثیر این عوامل بر خشک شدن را بررسی و اثبات کند.                            | ۳    |
|  |  |  | انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه‌بندی متفاوت قابل قبول        | آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه را با داده‌بندی متفاوت انجام دهد.   | ۲    |
|  |  |  | انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با دانه‌بندی متفاوت غیرقابل قبول     | عدم توانایی در انجام آزمون یا ناقص انجام دادن آن   | ۱    |
| ۴  | انجام آزمون بررسی تأثیر برخورد غیر یکنواخت جریان هوا به قطعه | مکان: کارگاه استاندارد<br>زمان:<br>مواد مصرفی: مواد اولیه<br>ابزار و تجهیزات: خشک‌کن | آزمون تأثیر برخورد هوا بالاتر از انتظار                                 | آزمون تأثیر برخورد غیر یکنواخت جریان هوا به قطعه را هنگام خشک شدن انجام داده و اثر آن بر غیوب خشک شدن بررسی و تشریح کند.                     | ۳    |
|  |  |  | آزمون تأثیر برخورد هوا قابل قبول  | آزمون تأثیر برخورد غیر یکنواخت جریان هوا به قطعه را هنگام خشک شدن انجام دهد.   | ۲    |
|  |  |  | آزمون تأثیر برخورد هوا غیرقابل قبول                                     | عدم توانایی در انجام آزمون یا ناقص انجام دادن آن   | ۱    |
| ۵  | انجام آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با ضخامت متفاوت           | مکان: کارگاه استاندارد<br>زمان:<br>مواد مصرفی: مواد اولیه<br>ابزار و تجهیزات: خشک‌کن | آزمون خشک شدن قطعه با ضخامت متفاوت بالاتر از انتظار                     | دو قطعه با ضخامت‌های متفاوت ساخته و آزمون مقایسه خشک شدن آنها را انجام داده و تأثیر ضخامت متفاوت را بر روی غیوب خشک شدن بررسی و تشریح نماید. | ۳    |
|  |  |  | آزمون خشک شدن قطعه با ضخامت متفاوت قابل قبول                            | آزمون مقایسه خشک شدن دو قطعه با ضخامت‌های متفاوت را انجام دهد.   | ۲    |
|  |  |  | آزمون خشک شدن قطعه با ضخامت متفاوت غیرقابل قبول                         | عدم توانایی در انجام آزمون یا ناقص انجام دادن آن   | ۱    |
| ماسک ایمنی، دستکش، کلاه ایمنی، لباس کار، کفش ایمنی، مسئولیت‌پذیری (N۷۲) سطح ۱، مدیریت مواد و تجهیزات (N۶۶) سطح ۱، انتخاب فناوری مناسب (N۴۹) سطح ۱، درستی کاری و کسب حلال (N۷۲) |  | قابل قبول  |   | رعایت همه موارد  | ۲    |
| شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش  |  | غیر قابل قبول  |   | عدم رعایت نکات ایمنی   | ۱    |
| ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)   |  |  |   |  |      |
| معیار شایستگی انجام کار:   |  |  |   |  |      |
| کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ... و ...  |  |  |   |  |      |
| کسب حداقل نمره ۲ از بخش‌های شایستگی غیرفنی، ایمنی و بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش   |  |  |   |  |      |
| کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار.  |  |  |   |  |      |