

خشک کردن و پختن

سرامیک ها

مؤلف: مهندس محمود سالاریه

مدرس دانشگاه آزاد اسلامی - واحد ساوه

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی - واحد ساوه

سرشناسه	: سالاریه ، محمود ، ۱۳۴۱ -
عنوان و نام پدید آور	: خشک کردن و پختن سرامیک ها/ مؤلف محمود سالاریه.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه آزاد اسلامی (ساوه)، ۱۳۸۸ .
مشخصات ظاهری	: ۵۳۱ ص مصور، جدول ، نمودار .
شابک	: ۹۶۴-۹۲۴۲۶-۵-۱
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	Drying & Firing Of Ceramics:By M.Salarieh.:
یادداشت	: کتابنامه
موضوع	: سرامیک
شناسه افزوده	: دانشگاه آزاد اسلامی (ساوه)

نام کتاب : خشک کردن و پختن سرامیک ها

تالیف : محمود سالاریه

ویراستار: زهرا کاشانی

طراح جلد : احسان ترکمنی

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه

چاپ دوم : سال ۱۳۸۸

شمارگان : ۱۵۰۰ جلد

قیمت : ۴۰۰۰۰۰۰ ریال

چاپ و صحافی: مرکز نشر کتب دانشگاهی دانشگاه آزاد

حق چاپ: برای دانشگاه آزاد اسلامی

تقدیم به :

همسرم که در سایه تفاهم و با تقبیل زحمات، زمینه

انجام این مهم را برایم هموار نمودند

دل گرچه در این بادیه بسیار شتافت

یک موی ندانست، بسی موی شکافت

گرچه ز دلم هزار خورشید بتافت

آخر به کمال، ذره ای راه نیافت

(ابوسعید ابوالخیر)

پیشگفتار

کتاب و نوشتار حاصل، نتیجه سال‌ها زحمت و تجربه در صنعت سرامیک و تجارب دانشگاهی با مهندسين بسيارى است که در صنعت ايران عزيز با بنده همکارى داشته اند، به رشته تحرير در آمده است. از آنجائیکه در صنعت سرامیک با تنوع بسیار گسترده ای از مواد اولیه و معادنی با آنالیز متفاوت از مواد روبرو هستیم و تغییرات بی ضابطه در آمیز و فرمول بندی در هر کارخانه ای دردسر آفرین می باشد و تنوع در ضایعات و خسارات غیر قابل باوری برای مدیران سخت کوش، که بسیاری در تلاش برای شناسائی آن هستند که از کجا دچار این همه ضرر به منابع ملی می شوند، تصمیم گرفته ام آنچه که در این صنعت همواره غم نو دارد را جمع بندی کرده و آنچه را که قابل اجرا برای دانشجویان، محققین و صنعتگران می باشد به رشته تحرير در آورم. امید است متخصصین صنایع سرامیک با بکارگیری دانش فنی، هر چه سریعتر صنعت سرامیک را از دست افراد مبتدی خارج تا از خسارت سنگین به بنیه اقتصادی ایران عزیزمان جلوگیری کنند. در بین کلیه عملیات تولیدی در مهندسی سرامیک شاید بتوان گفت که عملیات مربوط به خشک کردن و بدنبال آن پختن مواد و در نهایت تولید محصولات قابل عرضه به بازار بیشترین کاربرد را دارد. به همین دلیل درک مکانیزم خشک کردن مواد یکی از مراحل مهم و حیاتی در فهم صحیح عیوب و ردیابی ریشه مشکلات و ضایعات پس از پخت می باشد. ارتباط تکنولوژی کوره شامل جامدات، مایعات، گازها و ابزار تبدیل این نوع انرژی ها به انرژی گرمایی توسط مشعل ها و نرخ احتراق و محصولات حاصل از واکنش و تاثیر آن بر فرآیند پخت محصولات سرامیکی از اهم درک فرآیند خشک کردن و پختن محصولات سرامیکی است. از آنجائیکه اغلب

کتاب ها در زمینه مهندسی سرامیک، فصل یا بخشی از یک فصل را به عملیات خشک کردن یا پختن سرامیک ها اختصاص داده اند هدف این کتاب ارائه منبعی است که در آن اصول تئوریک خشک کردن یا پختن محصولات به رشته تحریر در آمده و در عین حال، تقریباً در تمامی شاخه های صنایع سرامیک عیوب، کاملاً تجزیه و تحلیل و راهکارهای بهبود و رفع عیوب به ریز مورد بررسی قرار گرفته است.

با توجه به این که کتاب فوق از اولین کتب فارسی زبان در زمینه خشک کردن و پختن محصولات سرامیکی می باشد، ممکن است عاری از اشکال نباشد. امید است با ارائه پیشنهادات به پست الکترونیکی msalarieh2002@yahoo.com من را در بهتر ارائه نمودن چاپ های بعدی یاری نمایید.

با تشکر

محمود سالاریه

بهار ۸۸ - تهران

فصل اول خشک کردن	۱
۱) خشک کردن	۲
۱-۱) مکانیزم های انتقال حرارت	۲
۱-۱-۱) خشک کردن از طریق جابجایی	۳
۱-۱-۱-۱) خشک کردن از طریق هدایت	۴
۱-۲) دسته بندی مواد خشک شونده	۸
۱-۳) پارامتر های مؤثر در خشک کردن	۹
۱-۳-۱) انتقال حرارت	۹
۱-۳-۲) محیط خشک کن	۱۰
۱-۳-۳) خواص فیزیکی سیستم های جامد	۱۱
۱-۳-۴) خواص مواد جامد	۱۱
۱-۴) گروه های مختلف آب	۱۲
۱-۴-۱) آب پیوندی یا آب تبلور	۱۲
۱-۴-۲) آب خلل و فرج (آب تخلخل)	۱۶
۱-۴-۳) آب پلاستیسیته	۱۸
۱-۵) خشک شدن بدنه خام	Error! Bookmark not defined.
۱-۵-۱) مقدار رطوبت بحرانی	Error! Bookmark not defined.
۱-۵-۲) عوامل مؤثر بر سرعت خروج آب	Error! Bookmark not defined.
۱-۷-۱) تابش الکترومغناطیس	Error! Bookmark not defined.
۱-۵-۳) انقباض تر به خشک	Error! Bookmark not defined.
۱-۵-۴) اندازه گیری انقباض	Error! Bookmark not defined.
فصل دوم پخت بدنه	Error! Bookmark not defined.
۲-۱) پختن یا زینترینگ (Sintering)	Error! Bookmark not defined.
۲-۵) نیروی محرکه زینترینگ	Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined. نیروهای ماکروسکوپیک (۲-۵-۱)

Error! Bookmark not defined. نیروی محرکه میکروسکوپیک (۲-۵-۲)

Error! Bookmark not defined. مکانیزم های انتقال جرم در زیتترینگ (۱-۱-۲)

Error! Bookmark not defined. انواع زیتترینگ (۲-۲)

Error! Bookmark .. (Solid – State Sintering) جامد در حالت جامد (۱-۲-۲)
not defined.

Error! (Liquid Phase Sintering) زیتترینگ در حضور فاز مایع (۲-۲-۲)
Bookmark not defined.

Error! Bookmark (Viscoseflow Sintering) زیتترینگ با ویسکوزفلو (۲-۲-۳)
not defined.

Error! Bookmark not (Abnormal grain growth) رشد افراطی دانه ها (۳-۲)
defined.

Error! Bookmark not defined. دیفوزیون سطحی (۲-۶-۲)

Error! Bookmark not defined. تاثیر متغیرهای زیتترینگ (۲-۷)

Error! Bookmark not defined. زیتترینگ تحت فشار (۲-۸)

Error! Bookmark not defined. نیروی محرکه حاصل از اعمال فشار (۲-۹)

Error! Bookmark not defined. نیروی محرکه ناشی از انرژی سطحی (۲-۹-۱)

Error! Bookmark not defined. خزش تحت فشار (۲-۱۰)

Error! Bookmark not موانع عمده در برابر حرکت نابجائی در سرامیک ها (۲-۱۱)
defined.

Error! Bookmark not defined. مکانیزم های عمده خزش (۲-۱۲)

Error! Bookmark not defined. صعود نابجائی ها (۲-۱۲-۱)

Error! Bookmark not defined. خزش دیفوزیونی (۲-۱۲-۲)

Error! Bookmark not defined. سریدن در مرز دانه ها (خزش مرز دانه ای) (۲-۱۲-۳)

Error! Bookmark not defined. انتخاب پارامترهای پرس گرم (۲-۱۳)

Error! Bookmark not defined. اثر حرارت بر بدنه های سرامیکی (۲-۱۴)

Error! Bookmark not defined. اکسیداسیون (۲-۱۴-۱)

Error! Bookmark not defined. ۲-۱۴-۳) واکنش های تجزیه ای

Error! Bookmark not defined. ۲-۱۴-۵) گازهای محبوس

Error! Bookmark not defined. ۲-۱۴-۶) شیشه ای شدن (**vitriification**)

Error! Bookmark not defined. ۲-۱۴-۷) خنک کردن

Error! Bookmark not defined. ۲-۱۴-۸) مخلوط های ناهمگن

Error! Bookmark not defined. ۲-۱۴-۹) بیش پخت (**over Firing**)

Error! Bookmark not defined. فصل سوم پخت لعاب

Error! Bookmark not defined. ۳) پخت لعاب

Error! Bookmark not defined. ۳-۱) انواع پخت لعاب

Error! Bookmark not defined. ۳-۲) فرآیند پخت لعاب

Error! Bookmark not defined. ۳-۳) واکنش های ناشی از اثر حرارت بر لعاب

Error! Bookmark not defined. ۳-۳-۱) خشک شدن لعاب (**Drying**)

Error! ۳-۳-۲) تجزیه و استحاله لعاب (**Ceramic- Change& Decomposition**)
Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined. ۳-۳-۳) ترک موئی (**Dunting**)

Error! Bookmark not defined. ۳-۳-۴) شروع ذوب لعاب (**Fusion Starts**)

Error! Bookmark not . ۳-۳-۵) شیشه ای شدن لعاب (**Vitriification Continues**)
defined.

Error! Bookmark not defined. .. ۳-۳-۶) لایه واکنشی لعاب با بدنه (**Integration**)

Error! Bookmark not ۳-۴) اصطلاح تطابق و تناسب بین لعاب و بدنه (**Dodd**)
defined.

Error! Bookmark not defined. ۳-۵) سرد کردن لعاب (**Cooling**)

Error! Bookmark not defined. فصل چهارم راهبری کوره

Error! Bookmark not defined. ۴- اصول اولیه راهبری کوره

Error! Bookmark not defined. ۴-۱- طراحی منحنی حرارتی در کوره ها

Error! ۴-۲) مشعل هوای اضافه و کاربرد آن در صنعت (**Excess Air Burner**)
Bookmark not defined.

۴-۳ عوامل مؤثر در شکل شعله مشعل مخلوط سر نازل (NOZZLE MIXING)

- Error! Bookmark not defined.
- Error! Bookmark not defined. شکل شعله در مشعل های مایع سوز (۴-۳-۱)
- Error! Bookmark not defined. اثر شعله پخش کن در شکل شعله (۴-۳-۲)
- Error! Bookmark not defined. اثر فشار هوا در ورودی شعله پخش کن (۴-۳-۳)
- Error! Bookmark not defined. شکل شعله در مشعل های گازسوز (۴-۳-۴)
- Error! Bookmark not defined. عوامل مؤثر در شکل شعله مشعل های گازی (۴-۳-۴-۱)
defined.
- Error! Bookmark not defined. اثر شعله پخش کن (۴-۳-۴-۲)
- Error! Bookmark not defined. اثر فشار هوای ورودی شعله پخش کن (۴-۳-۴-۳)
- Error! Bookmark not defined. انواع کوره (۴-۴)
- Error! Bookmark not defined. دسته بندی بر اساس روش کار (۴-۴-۱)
- Error! Bookmark not defined. دسته بندی بر اساس مسیر شعله (۴-۴-۲)
- Error! Bookmark not defined. دسته بندی بر اساس حالت شعله (۴-۴-۳)
- Error! Bookmark not defined. دسته بندی بر اساس نوع سوخت (۴-۴-۴)
- Error! Bookmark not defined. دسته بندی بر اساس کاربرد (۴-۴-۵)
- Error! Bookmark not defined. کوره تونلی (۴-۴-۶)
- Error! Bookmark not defined. ساختار کلی کوره تونلی (۴-۴-۶-۱)
- Error! Bookmark not defined. انواع کوره های تونلی و مشخصه های آن ها (۴-۴-۶-۲)
defined.
- Error! Bookmark not defined. کوره رولری (۴-۴-۷)
- Error! Bookmark not defined. کوره الکتریکی (۴-۴-۸)
- Error! Bookmark not defined. مشخصه های کوره الکتریکی (۴-۴-۸-۱)
- Error! Bookmark not defined. فصل پنجم روش های مختلف اندازه گیری دما (۵)
- Error! Bookmark not defined. روش های مختلف اندازه گیری دما (۵-۱)
- Error! Bookmark not defined. مقدمه (۵-۱)
- Error! Bookmark not defined. اهمیت اندازه گیری دما در بدنه های سرامیکی (۵-۲)

Error! Bookmark not defined. Thermocouple ترموکوپل (۵-۳)

Error! Bookmark not defined. تئوری اساس کار ترموکوپل ها (۵-۳-۱)

Error! Bookmark not defined. طرح کلی ساختمان ترموکوپل ها (۵-۳-۲)

Error! Bookmark not defined. ترموکوپل های دارای المان های پلاتین و پلاتین-رادیم (۵-۳-۳)

Error! ترموکوپل های دارای المان های پلاتین - رادیم و پلاتین - رادیم (۵-۳-۴)

Bookmark not defined.

Error! Bookmark not .. ترموکوپل های دارای المان هایی از جنس فلزات پایه (۵-۳-۵)

defined.

Error! Bookmark not ترموکوپل های دارای المان های کرومیل و کوپل (۵-۳-۶)

defined.

Error! Bookmark not ترموکوپل های دارای المان های کرومیل و آلومیل (۵-۳-۷)

defined.

Error! Bookmark not ترموکوپل های دارای المان های سیلیک و سیلین (۵-۳-۸)

defined.

Error! Bookmark not ترموکوپل های دارای المان های مس و کنستانتان (۵-۳-۹)

defined.

Error! Bookmark ... ترموکوپل های دارای المان های تنگستن،رنیم و مولیبدن (۵-۳-۱۰)

not defined.

Error! Bookmark not ترموکوپل دارای المان هایی با ترکیبات دیرگداز (۵-۳-۱۱)

defined.

Error! Bookmark not defined. جزئیات ساختمانی ترموکوپل ها (۵-۳-۱۲)

Error! Bookmark not .. چگونگی اتصال المان ها برای تشکیل اتصال گرم (۵-۳-۱۲-۱)

defined.

Error! Bookmark not defined. پوشش سرامیکی المان ها (۵-۳-۱۳)

Error! Bookmark not .. پوشش ترموکوپل های فشار اتمسفری و فشار بالا (۵-۳-۱۳-۱)

defined.

Error! Bookmark not defined. مخروط های آذرسنجی (۵-۴)

Error! Bookmark not defined. تاریخچه (۵-۴-۱)

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۲) ویژگی، خواص و موارد کاربرد مخروط های آذرسنجی

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۳) مزایا و محدودیت های مخروط های آذرسنجی

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۴) آرایش مجموعه مخروط های آذرسنجی

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۵) انواع، اندازه و طبقه بندی مخروط های آذرسنجی

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۶) مواد اولیه

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۷) مراحل مختلف ساخت مخروط های آذرسنجی

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۸) روش کاربرد و طرز استفاده از مخروط های آذرسنجی

Error! Bookmark not defined. (۵-۵-۸-۱) تعیین نقطه ذوب مخروط بوسیله مخروط های زگر کوچک

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۸-۲) مقایسه کیفی مخروط های جدید

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۸-۳) قرار دادن صحیح و مناسب مخروط ها

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۹) تعیین نقطه ذوب مخروط

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۱۰) واکنش های فیزیکی شیمیایی در حرارت دهی مخروط

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۱۱) عوامل عمده در نرم شدن مخروط آذرسنجی

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۱۲) عوامل مؤثر بر نرم شدن مخروط های آذرسنجی از لحاظ شرایط استفاده

Bookmark not defined. (۵-۴-۱۲-۱) محل قرار دادن مخروط در کوره

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۱۲-۱) چگونگی قرار دادن مخروط در کوره

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۱۲-۲) زاویه قرار گرفتن مخروط روی نشیمنگاه

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۱۲-۳) ارتفاع مخروط از روی نشیمنگاه

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۱۲-۴) کیفیت مواد نشیمنگاه

Error! Bookmark not defined. (۵-۴-۱۲-۵) سوختن چسب آلی (**Organic Gluing Agent**)

Error! Bookmark not defined.۵-۴-۱۲-۶) خروج رطوبت و دی اکسید کربن

Error! Bookmark not defined.۵-۴-۱۲-۷) سرعت افزایش دما و پدیده انجماد

Error! Bookmark not defined.۵-۴-۱۲-۸) اتمسفر

Error!۵-۴-۱۳) انواع خطاهای حین اندازه گیری دما بوسیله مخروط های آذرسنجی

Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined. ...۵-۴-۱۳-۱) نصب و جا سازی ناصحیح آذرسنج ها

Error! Bookmark not defined.۵-۴-۱۳-۲) فقدان هوا

Error! Bookmark not defined.۵-۴-۱۳-۳) وجود گاز های گوگردی

Error! Bookmark not defined.۵-۴-۱۳-۴) گرم کردن سریع

Error! Bookmark not defined. ... (Kiln Furniture) فصل ششم چیدمان در کوره

Error! Bookmark not (Kiln Furniture) وسایل مخصوص چیدمان در کوره

defined.

Error!۶-۲) ساگار و ستر (setter) Saggar و علت استفاده از ساگار و ستر

Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined.۶-۲-۱) انواع و موارد مصرف ساگار و ستر

Error!۶-۳) وسایل و روش های مخصوص چیدن محصولات در کوره (براساس نوع بدنه)

Bookmark not defined.

Error! Bookmark not ... (Erthen ware) نحوه چیدن ارتن ور (سفالینه ها)

defined.

Error! Bookmark not۶-۳-۳) روش چیدن پرسلان نرم (soft porcelain)

defined.

Error! Bookmark not۶-۳-۴) روش چیدن پرسلان سخت (hard porcelain)

defined.

Error! Bookmark not۶-۳-۴) روش چیدن بدنه لعاب دار (Glazed body)

defined.

Error! Bookmark not defined. (Table ware) چیدن ظروف سفره تخت

Error! Bookmark not defined.۶-۳-۶) چیدن بدنه های توگرد

Error! Bookmark not defined.۶-۳-۷) چیدن کاشی (Tile)

Error! Bookmark not (Art ware) چیدن مجسمه یا قطعات هنری (۶-۳-۹)
defined.

Error! مواد مناسب برای ساخت ساگار ، ستر و وسایل نسوز چیدن مواد در کوره (۶-۴)
Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined. ترکیب ساگارها (۶-۵)

Error! Bookmark not defined. فصل هفتم چینی مظروف (۶-۶)

Error! Bookmark not defined. مشکلات موجود در بیسکویت چینی مظروف (۷)

Error! Bookmark not defined. تاب برداشتن بدنه (۷-۱)

Error! Bookmark not defined. (۷-۱-۱) گرادیان دمائی

Error! Bookmark not defined. (۷-۱-۲) جهت گیری ترجیحی ذرات فلسی شکل رسی

Error! Bookmark not defined. (۷-۱-۳) نیروی اصطکاک بین بدنه و ستر

Error! Bookmark not defined. (۷-۱-۴) طراحی شکل ها

Error! Bookmark not defined. (۷-۱-۵) روش های چیدن

Error! Bookmark not (۷-۲) پیدایش خطوط یا نوار های سیاه در چینی مظروف
defined.

Error! Bookmark not defined. (۷-۲) لکه یا خال در چینی مظروف

Error! Bookmark not defined. (۷-۲-۱) راه های رفع لکه در چینی مظروف

Error! Bookmark not (۷-۴) ترک های بوجود آمده در اثر حرارت در چینی مظروف
defined.

Error! Bookmark not .. (۷-۵) لبه های آبی بر روی قطعات پخته شده در چینی مظروف
defined.

Error! Bookmark not defined. (۷-۶) ایجاد رنگ زنده در چینی مظروف

Error! Bookmark not defined. (۷-۷) تاول زدگی در چینی مظروف

Error! Bookmark not defined. (۷-۸) متفاوت بودن جذب آب در چینی مظروف

Error! Bookmark not defined. (۷-۹) محصولات تابیده چینی مظروف

Error! Bookmark not . (۷-۱۰) خمیدگی پایه به هنگام پخت بیسکویت در چینی مظروف
defined.

Error! Bookmark not defined. (۷-۱۱) ترک های ایجاد شده در اثر خنک کردن در چینی مظروف

Error! Bookmark not defined. (۷-۱۲) چسبیدن یک قطعه به صفحه زیرین در چینی مظروف

Error! Bookmark not defined. (۷-۱۳) ریزش یا خرد شدن لبه ها در چینی مظروف ...

Error! Bookmark not defined. فصل هشتم محصولات تک پختی.....

Error! Bookmark not defined. (۸) روش های پیشنهادی برای اصلاح نواقص محصولات تک پختی.....

Error! Bookmark not defined. (۸-۱) ترک های ایجاد شده در خشک کن محصولات تک پختی ..

Error! Bookmark not defined. (۸-۲) ترک های پیش گرم کن کوره محصولات تک پختی

Error! Bookmark not defined. (۸-۲-۱) قاج یا ترک بزرگ محصولات تک پختی

Error! Bookmark not defined. (۸-۳) خطوط سیاه یا آبی رنگ محصولات تک پختی ..

Error! Bookmark not defined. (۸-۴) تابیدگی محصولات تک پختی

Error! Bookmark not defined. (۸-۵) لکه یا نوار قهوه ای رنگ در محل ورودی دوغاب محصولات تک پختی.....

Error! Bookmark not defined. (۸-۶) لک (خال) محصولات تک پختی

Error! Bookmark not defined. (۸-۷) تاول زدگی لعاب

Error! Bookmark not defined. (۸-۸) بریدگی لعاب محصولات تک پختی

Error! Bookmark not defined. (۸-۹) لعاب زبر یا کدر محصولات تک پختی

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۱) ریزش از سقف (چکه نمودن از سقف کوره) محصولات تک پختی

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۲) تیره شدن رنگ سبز لعاب محصولات تک پختی

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۳) ریزش و خرد شدن لعاب محصولات تک پختی

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۴-۱) منشاء سوزنی بدنه و پین هول لعاب محصولات تک پختی

Error! Bookmark not (۸-۱۴-۲) سوزنی بدنه و عامل های مؤثر در چینی بهداشتی defined.

Error! Bookmark not defined.: (۸-۱۴-۳) حرکت سیالات در لوله ها:

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۴-۳) افت فشار در لوله ها

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۴-۳-۱) افت فشار محلی

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۴-۴) پین هول در چینی بهداشتی

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۴-۵) عامل های مؤثر در سوزنی در چینی بهداشتی

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۴-۵-۱) حفرات و سوزنی غیر مدور در بدنه

Error! Bookmark not (۸-۱۴-۵-۲) حفرات مدور با سطوح هموزن در چینی بهداشتی defined.

Error! Bookmark not (۸-۱۴-۶) عامل های مؤثر در پین هول در چینی بهداشتی defined.

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۴-۷) اثر کربنات کلسیم و دامنه حرارتی

Error! Bookmark not defined. ... (۸-۱۴-۸) اثر آمیز بدنه روی پین هول چینی بهداشتی

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۴-۹) نتیجه گیری

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۴-۹-۱) سوزنی شدن سطح بدنه لعاب دار

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۴-۹-۲) پین هول در سطح لعاب دار

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۵) ترک شبکه ای لعاب

Error! Bookmark not defined. (۸-۱۶) ترک موئی

Error! Bookmark not defined. فصل نهم کاشی

Error! Bookmark not defined. (۹-۱) تعاریفی در مورد کاشی

Error! Bookmark not defined. (۹-۱-۱) اراتن ور (earthenware)

Error! Bookmark not defined. (۹-۱-۲) کاشی

Error! Bookmark not defined. (۹-۱-۳) کاشی دیواری

Error! Bookmark not defined. (۹-۱-۴) کاشی کف

Error! Bookmark not defined. (۹-۱-۵) انگوب

Error! Bookmark not defined. (۹-۱-۶) کاشی تک پختی

Error! Bookmark not defined. کاشی دو پختی (۹-۱-۷)

Error! Bookmark not defined. پخت بیسکویت (۹-۱-۸)

Error! Bookmark not defined. رسی ها (۹-۱-۹)

Error! Bookmark not defined. پخت کاشی (۹-۱-۱۰)

Error! Bookmark not defined. نفوذ پذیری کاشی (۸-۱-۱۱)

Error! Bookmark not defined. جذب آب در کاشی (۹-۱-۱۲)

Error! Bookmark not defined. ترک بدنه در کاشی (۹-۲)

Error! Bookmark not defined. عوامل ایجاد قاچ خوردگی در کاشی (۹-۲-۱)

Error! Bookmark not defined. بهبود قاچ خوردگی کاشی (۹-۲-۲)

Error! Bookmark not defined. متورم شدن یا بادکردن بدنه کاشی (**bloating**) (۹-۳)

Error! Bookmark not defined. راه حل متورم نشدن (۹-۳-۱)

Error! Bookmark not (**Lamination**) کاشی شدن در کاشی (۹-۴)
defined.

Error! Bookmark not کاشی شدن در کاشی (۹-۴-۱)
defined.

Error! Bookmark .. روش های محاسبه استحکام مکانیکی برای میزان دو پوستی .. (۹-۴-۲)
not defined.

Error! (**Brittle-Fracture Index**)BFI کاشی در کاشی شکست ترک (۹-۴-۳)
Bookmark not defined.

Error! Bookmark not دو پوستی برای دو پوستی (۹-۴-۴)
defined.

Error! Bookmark ... (**Lamination- Index**) کاشی شدن در کاشی (۹-۴-۵)
not defined.

Error! Bookmark not defined. عوامل ایجاد عیب لایه ای شدن در کاشی (۹-۴-۶)

Error! Bookmark not defined. دانه بندی و رطوبت در کاشی (۹-۴-۶-۱)

Error! Bookmark not مسائل ضربات اول و دوم و زمان ضربه اول (۹-۴-۶-۲)
defined.

Error! Bookmark not defined. طراحی و ساخت قالب در کاشی (۹-۴-۶-۳)

۹-۵) عیب تابدار شدن بدنه در کاشی (**Warped Ware**) Error! Bookmark not defined.

۹-۵-۱) اثر پلاستیسیته در تاب کاشی Error! Bookmark not defined.

۹-۵-۲) تاثیر میزان آب دوغاب در تاب کاشی Error! Bookmark not defined.

۹-۵-۳) اثر ضخامت بدنه پرس شده در تاب کاشی Error! Bookmark not defined.

۹-۵-۴) تاثیر میزان فشار پرس در تاب کاشی Error! Bookmark not defined.

۹-۶) عیب ترک بدنه و عوامل ایجاد آن در کاشی (**Cracking**) Error! Bookmark not defined.

۹-۶-۱) انقباض خام بیش از حد در کاشی Error! Bookmark not defined.

۹-۶-۳) پائین بودن استحکام مکانیکی کاشی های خام Error! Bookmark not defined.

۹-۶-۴) پایین بودن استحکام خشک در کاشی Error! Bookmark not defined.

۹-۶-۵) کافی نبودن استحکام پخت در کاشی Error! Bookmark not defined.

۹-۷) عیب بریدگی لعاب در کاشی (**Crowling**) Error! Bookmark not defined.

۹-۷-۱) بریدگی لعاب در کاشی Error! Bookmark not defined.

۹-۸) ترک شبکه ای یا شق لعاب در کاشی (**Crazing**) Error! Bookmark not defined.

۹-۸-۱) انواع ترک شبکه ای در کاشی Error! Bookmark not defined.

۹-۸-۲) طرز پیدایش شبکه ترک در کاشی Error! Bookmark not defined.

۹-۸-۳) تغییرات مطابق نظریه زگر Error! Bookmark not defined.

۹-۸-۳-۱) تغییرات در آمیز بدنه Error! Bookmark not defined.

۹-۸-۳-۲) تغییرات در آمیز لعاب کاشی Error! Bookmark not defined.

۹-۸-۳-۳) عیب ترک های تأخیری و راه حل آن در کاشی Error! Bookmark not defined.

۹-۹) پوسته شدن کاشی (**Peeling**) Error! Bookmark not defined.

۹-۱۰) عیب پین هول در کاشی (**Pinhole**) Error! Bookmark not defined.

۹-۱۱) جوش و تاول در کاشی (**Blistering**) Error! Bookmark not defined.

۸-۱۱-۱) راه های رفع آن Error! Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined. (Speaking) لک شدن لعاب در کاشی (9-12)

Error! ... (Blurring- Firing Away) کم رنگ شدن و رنگ پریدگی در کاشی (9-13)

Bookmark not defined.

Error! Bookmark not defined. عوامل موثر بر نوسان رنگ در کاشی (9-13-1)

Error! Bookmark not .. اثر دانسیته یا وزن لیتری لعاب و انگوب روی کاشی (9-13-2)

defined.

Error! Bookmark not defined. اثر اپک کننده (9-13-3)

Error! Bookmark not defined. اثر شرایط پخت در ایجاد نوسان رنگی (9-13-4)

Error! Bookmark not defined. حفظ تعادل کوره (9-13-5)

Error! Bookmark not defined. اتمسفر نا مطلوب (9-13-6)

Error! Bookmark not defined. اثر سایش لعاب (9-13-7)

Error! Bookmark not defined. اثر مطا بقت رنگ با ترکیب لعاب (9-13-8)

Error! Bookmark not defined. جدایش ذرات سوسپانسیون لعاب (9-13-9)

Error! Bookmark not defined. عوامل موثر در جدایش لعاب (9-13-10)

Error! Bookmark not defined. تغییر رنگ به علت تبخیر و مات شدگی (9-13-11)

Error! Bookmark not (پس از نصب) (9-13-12) تغییر رنگ ناشی از تجمع آب

defined.

Error! Bookmark not defined. تغییر رنگ ناشی از مهاجرت (9-13-13)

Error! Bookmark not (خرابی رنگ) (9-13-14) تغییر رنگ بوسیله مواد شیمیایی

defined.

Error! Bookmark not defined. فصل دهم ظروف سنگینه (9-10)

Error! Bookmark not defined. (Stone Ware) ظروف سنگینه (10-1)

Error! Bookmark not defined. ترک های ناشی از گرم کردن ظروف سنگینه (10-1-1)

Error! Bookmark not defined. مغزه سیاه با رنگ آبی تیره در ظروف سنگینه (10-1-2)

Error! Bookmark not ... (dull glaze) لعاب تیره و گرفته در ظروف سنگینه (10-1-3)

defined.

Error! Bookmark not defined. تمایل به بریدگی لعاب ظروف سنگینه (10-1-4)

Error! Bookmark not defined. (۱۰-۱-۵) خال یا لک آهن در لعاب یا بدنه در ظروف سنگینه

Error! Bookmark not .. defined. (۱۰-۱-۶) حباب و سوزنک لعاب در ظروف سنگینه (**Blister**)

Error! Bookmark not defined. (۱۰-۱-۷) ترک مویی در ظروف سنگینه

Error! Bookmark not ... defined. (۱۰-۱-۸) قطعات دفورمه (**Deformation**) در ظروف سنگینه

Error! Bookmark not defined. (۱۰-۲) لوله فاضلاب

Error! Bookmark not defined. (۱۰-۲-۱) تابیدگی در لوله ها

Error! Bookmark not defined. (۱۰-۲-۲) ترک های حرارت دهی

Error! Bookmark not defined. (۱۰-۲-۴) مغزه سیاه (**Black Core**)

Error! Bookmark not defined. (۱۰-۲-۶) حباب

Error! Bookmark not defined. (۱۰-۲-۷) لعاب خفه ، گرفته و کمرنگ

Error! Bookmark not defined. فصل یازدهم ساینده و دیرگداز

Error! Bookmark not defined. (۱۱-۱) ساینده ها (**abrasives**)

Error! Bookmark not defined. (۱۱-۱-۱) ترک های حرارت دهی در ساینده ها

Error! Bookmark not defined. (۱۱-۱-۲) صفحه برش دارای مرکزیت سیاه یا بی رنگ شده

Error! Bookmark not defined. (۱۱-۱-۳) صفحه برش خیلی نرم در ساینده ها

Error! Bookmark not defined. (۱۱-۱-۴) صفحه برش خیلی ترد و شکننده در ساینده ها

Error! Bookmark not defined. (۱۱-۱-۵) ترک های سرد کردن (ترک موئی) در ساینده ها

Error! Bookmark not defined. (۱۱-۲) دیرگداز ها (**Refractorys**)

Error! Bookmark not defined. (۱۱-۲-۱) ترک های شبکه ای یا ترک های غیر یکنواخت و نامنظم

Error! Bookmark not defined. (۱۱-۲-۲) پدیده کندگی سطحی یا پدیده گل کلمی در آجر

Error! Bookmark not defined.(۱۱-۲-۳) ترک های ناشی از افزایش حرارت

Error! Bookmark not(۱۱-۲-۴) محصولات با خال های تیره آهن یا رنگ و رو رفته defined.

Error! Bookmark not defined.(۱۰-۲-۵) ترک موئی یا ترک های سرد کردن

Error! Bookmark not defined.(۱۱-۲-۶) تابیدگی

Error! Bookmark not defined.(۱۱-۲-۷) علائم یا رگه پخت

Error! Bookmark not defined.(۱۱-۲-۸) حباب

Error! Bookmark not defined. فهرست منابع

امید است این نوشته به عنوان یک راهنما برای برطرف نمودن مشکلاتی که به هنگام خشک کردن و پختن قطعات در فرآیند تولید در کوره تونلی ایجاد و باعث بروز زیان های بسیاری در صنایع سرامیک می گردند، مورد استفاده قرار گیرد. متخصصان سرامیک در طول سال های متمادی با مشکلاتی روبرو شده و راه حل هایی جهت برطرف نمودن آن ها بدست آورده اند، در اینجا تلاش شده تا مشکلات گوناگونی را که تولید کنندگان برای هر محصول خاص، هنگام فعالیت های کاری، با آن روبرو شده اند، بصورت یک سر فصل معین عنوان و راه حل های مربوطه نیز جداگانه در آن فصل مطرح شود.

در اینجا لازم است به این نکته اشاره شود که در بسیاری از موارد، مشکلات ایجاد شده در پخت و راه های برطرف نمودن آن ها ممکن است در یک یا چند نوع از تولیدات مختلف مشابه باشد و این یک دلیل بزرگ برای تکرار چند باره نکات در این نوشتار می باشد. با توجه به نکته اخیر، پیشنهاد می شود که مسئولین برای برطرف نمودن مشکلات ایجاد شده در تولید محصولی خاص، بهتر است موارد مشابه آنرا که برای انواع تولیدات دیگر نیز پیش آمده مورد مطالعه قرار دهند. این اقدام باعث می شود که دید وسیعتری برای حل مشکلاتی که با آن روبرو شده پیدا نموده و روش هایی نیز برای برطرف نمودن آن ها بکار گرفته شود.

اولین نکته ای که در یک اقدام صحیح برای پخت محصولات در کوره تونلی باید به آن توجه شود، درست بودن حداکثر درجه حرارت در نظر گرفته شده در منطقه جهنم کوره است. با در نظر گرفتن این اصل مهم، که در فرآیند تولید معمولاً درجه حرارت مرکز کوره تا زمان مناسبی ثابت نگه داشته می شود به دلیل اینکه بیشترین مشکلات ایجاد شده به هنگام تولید و راه حل

های پیشنهادی برای برطرف نمودن آن‌ها مربوط به چینی بهداشتی، چینی مظروف، کاشی دیواری و قطعات هنری و تزئینی می‌باشد، آن‌ها را در ابتدا و به ترتیب مطرح کرده ایم و پیشنهاد می‌شود که همیشه برای حل مسائلی که ممکن است در ساخت محصولات دیگر با آن‌ها روبرو شوید، این نکات را نیز مطالعه و استفاده کنید. راه حل‌های عنوان شده در اینجا ساده بوده و تقریباً فهرست وار عنوان شده‌اند و فقط جهت مراجعه و اقدام سریع برای برطرف نمودن مشکلات احتمالی خطوط تولید مطرح می‌شوند. نکات ساده و مختصری را نیز که مربوط به پخت قطعات در کوره تونلی می‌باشد برای مسئولین مستقیم کوره در کارخانه‌های تولید محصولات سرامیکی مطرح می‌شود و امید است که مورد استفاده قرار گیرد.

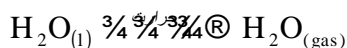
مؤلف

فصل اول

خشک کردن

۱) خشک کردن

مشخصه ویژه مواد جامد مرطوب (جامد + مایع) در این است که برای خارج کردن رطوبت همراه آن ها، ابتدا آن را به بخار تبدیل نموده و سپس به راحتی بخار آب را از مواد جامد جدا می سازند.



در شرایط عادی از حرارت به عنوان منبع انرژی برای تبخیر مایع استفاده می شود. در پاره ای موارد، اشکال دیگر انرژی نظیر میدان امواج رادیویی، کار مکانیکی، فیلتر پرس و یا فعل و انفعالات شیمیایی بکار گرفته می شوند.

۱-۱) مکانیزم های انتقال حرارت

برای خشک کردن فضای تحت کنترل نظیر سالن های تولید از خشک کن استفاده می شود. همان طوریکه در دبیرستان آموخته ایم انتقال حرارت معمولاً از سه فرآیند اصلی انجام می گیرد:

- فرآیند جابجایی (Convection)

- فرآیند هدایت (Conduction)

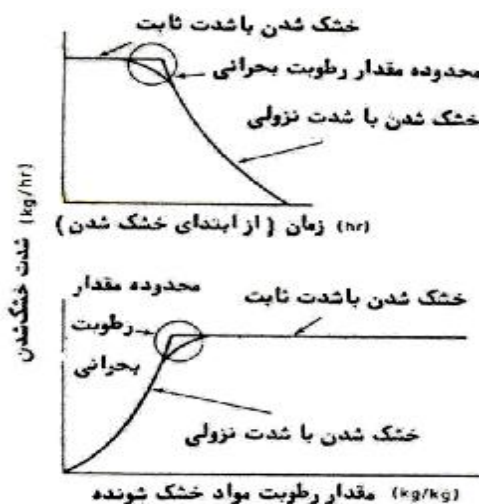
- فرآیند تشعشع (Radiation)

مکانیزم انتقال حرارت در خشک کن ها، اکثراً جابجایی و یا هدایت می باشد. اگر چه تقریباً در تمام خشک کن ها بخشی از حرارت از طریق تشعشع انتقال می یابد، ولی این مکانیزم بندرت عامل اصلی انتقال حرارت است. این امر ناشی از این واقعیت است که وسایلی برای انتقال حرارت به طریق جابجایی یا هدایت بکار برده می شوند به طور طبیعی امکان خارج کردن بخار

را فراهم می آورند در حالیکه در انتقال حرارت به طریق تشعشع که نیازی به این وسایل نیست بلکه حرارت فقط با کمک امواج و فوتون جابجا می شود. امکان خارج کردن همزمان بخار آب از سیستم وجود ندارد. به همین علت انتقال حرارت تشعشعی در بیشتر موارد عامل اصلی نیست پس می توان آن را به صورت جزء اصلاحی مکانیزم جابجایی و یا هدایت در نظر گرفت.

۱-۱-۲) خشک کردن از طریق جابجایی

در خشک کردن به روش جابجایی چون عامل اصلی انتقال گرما، بخار آب یا آب موجود در قطعه است. لذا ضریب انتقال حرارت در مجموع بالا بوده و در طول فرآیند خشک کردن تغییر زیادی نمی کند. محدودیت شدت خشک شدن در این حالت تا حدود زیادی ناشی از ضریب انتقال جرم است اگر منحنی خشک کردن قطعه ای را رسم کنیم دو ناحیه قابل تفکیک است این امر در دو مرحله متفاوت خشک شدن موسوم به «خشک شدن با شدت ثابت» و «خشک شدن با شدت نزولی» ظاهر می شود. شکل (۱-۱)



شکل (۱-۱) شدت خشک شدن با زمان و رطوبت

در خشک شدن با شدت ثابت، زمان عملیات به وسیله انتقال حرارت به مواد کنترل می شود. زیرا خشک شدن قطعات مانند تبخیر آب از سطح آزاد دریا بوده و قطعات با رطوبت بالا دارای ضریب هدایت حرارتی بسیار بزرگی هستند و روند آن قابل پیش بینی بوده که کم و بیش مستقل از کیفیت مواد نظیر دانه بندی عمل می کند. شکل (۱-۱) در خشک شدن با شدت نزولی، عملیات به وسیله انتقال جرم آب از عمق قطعه به سطح محدود شده و به خواص مواد در حال خشک شدن بستگی دارد.

۱-۱-۱) خشک کردن از طریق هدایت

خشک کردن از طریق هدایت با خشک کردن از طریق جابجایی اندکی تفاوت دارد. در حالت هدایت، مواد جامد مرطوب نظیر آجر فشاری یا چینی بهداشتی در محفظه ای که از بیرون حرارت داده می شود، قرار داده شده و بخارهای حاصله از اگزوزی که در نظر گرفته شده، خارج می شود.



شکل (۱-۲) آجر سفال در حال خشک شدن

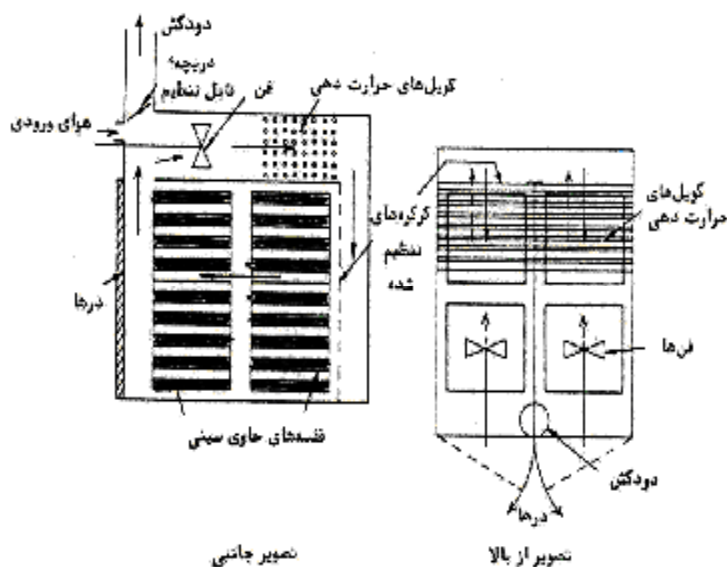
معمولاً فشار محفظه را پایین نگه می دارند تا جابجایی هوای داغ تسریع شده و نیروی محرکه حرارتی افزایش یابد. در حالت جابجایی، گاز داغ که حامل انرژی حرارتی است بر روی سطح مواد جامد مرطوب دمیده و در نتیجه انرژی حرارتی تأمین می شود که بطور همزمان امکان خارج نمودن بخار هم فراهم می شود.

در مدتی که عمل خشک کردن در یک خشک کن هدایتی صورت می گیرد، شدت خشک کردن معمولاً به طور یکنواخت کاهش می یابد که این امر ناشی از کاهش انتقال حرارت از سطح قطعه به عمق مواد جامد در حال خشک شدن می باشد. زیرا یکی از عوامل اصلی انتقال حرارت، آب موجود در خمیر بدنه بوده که به مرور در حال خارج شدن می باشد.

لازم به توضیح است که ضریب هدایت حرارتی آب برابر پودر بدنه یا پودر سرامیکی می باشد. بنابراین می توان تصور نمود که عملیات به وسیله انتقال حرارت از سطح به عمق مواد کنترل می شود و در این رابطه یک ضریب کلی انتقال حرارت از سطح قطعه برای مواد جامد در حال خشک شدن در نظر گرفته شده است با این فرض که دمای مواد جامد در حال خشک شدن را می توان نقطه جوش آب فرض کرد. (می توان بجای نقطه جوش مایع نقطه جوش محلول را در نظر گرفت.)

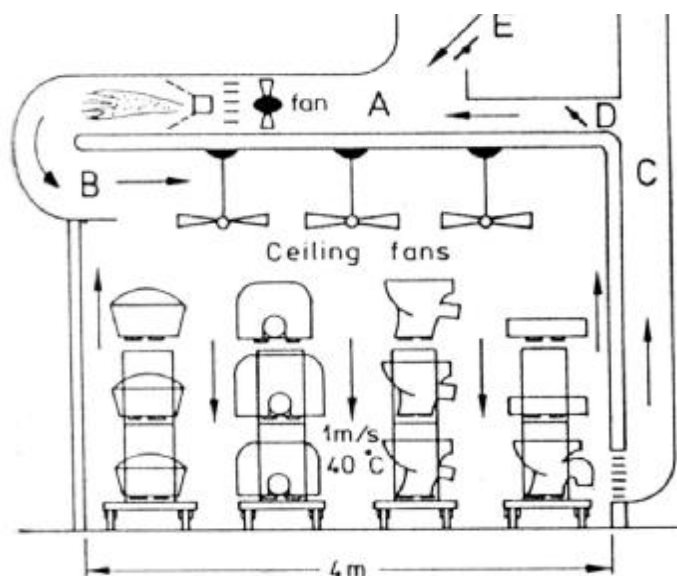
در پایان عمل خشک کردن، به خاطر رسیدن مقدار رطوبت به زیر نقطه چرمینگی (**Leather Hard**) و حذف پیوستگی ستون آب در تخلخل های مجاور، مکانیزم مزبور عمل نمی کند و عمل خشک کردن به تدریج به وسیله سرعت خارج نمودن بخار آب، کنترل می شود زیرا مقدار رطوبت در حد قابل ملاحظه ای کاهش یافته است ولی وجود تخلخل ها دارای آب و کشش

سطحی موجود بین آب با تخلخل عامل کند کننده سرعت خشک شدن یعنی انتقال بخار آب به سطح قطعه است و این مسئله را به وسیله افزایش دما تا بالای نقطه جوش محلول اشباع می توان دید و اینکه این امر معمولاً تأثیر چندانی در خشک کن های هدایتی ندارد. شکل (۱-۳)



شکل (۱-۳) خشک کن با کوئل حرارت دهی و دریچه مکش قابل تنظیم

بنابراین شدت خشک شدن در یک خشک کن هدایتی به سرعت انتقال جرم بستگی چندانی ندارد بلکه به سرعت تبخیر مایع و حرکت از داخل ماده به سطح بستگی دارد. ولی این موضوع به معنای عدم وابستگی شدت خشک شدن به خواص ماده جامد نیست، زیرا که ضریب انتقال حرارت تا حدودی به خواص ماده بستگی دارد. مسئله فوق در حالت انتقال حرارت از طریق جابجایی بسیار متفاوت است. شکل (۱-۴) در یک خشک کن جابجایی، بخش قابل ملاحظه ای از زمان خشک شدن (تقریباً همه زمان) صرف عمل خشک شدن با شدت نزولی می شود، زیرا ضریب انتقال حرارت از حالت هدایت حرارتی به حالت هدایت جرم تغییر می کند. زمان خشک



شکل (۴-۱) خشک کن هدایتی

شدن با شدت نزولی در خشک کن های جابجایی مشابه زمانی است که در یک خشک کن هدایتی درجه حرارت شروع به افزایش می کند که غالباً این عمل در پایان خشک کردن به طریق هدایتی صورت می گیرد.

نقطه ای که در آن خشک شدن با شدت ثابت به شدت نزولی تغییر پیدا می کند، رطوبت بحرانی نامیده می شود و تابعی از هر دو عامل خشک شدن با شدت ثابت (که به شرایط خارجی و شکل هندسی قطعه بستگی دارد) و انتقال جرم (که بستگی به خواص ماده خشک شونده دارد) است. بنابراین مفهوم مقدار رطوبت بحرانی با مفهوم رایج ثابت فیزیکی تفاوت دارد. زیرا هرگز یک نقطه ثابتی ندارد و بر اساس پارامترهای زیادی جابجا می شود.

به بیان دیگر بایستی توجه داشت عامل اصلی در خشک شدن انتقال جرم از مواد جامد مرطوب می باشد. از جنبه نظری هیچگونه شناخت کمی از مکانیزم انتقال جرم از جامد در حال خشک

شدن وجود ندارد. انتقال جرم در این حالت به اندازه، شکل و حالت ذرات تشکیل دهنده مواد جامد و چگونگی خروج مایعات و بخار از تخلخل و خلل و فرج داخل مواد جامد و سطح خارجی آن‌ها بستگی دارد.

در بعضی از انواع خشک کن‌ها (به خصوص خشک کن‌های هدایتی) و در بعضی مراحل (معمولاً مراحل اولیه) شدت خشک شدن به وسیله انتقال حرارت به ماده، بجای انتقال جرم از مواد جامد در حال خشک شدن، کنترل می‌شود. تحت این شرایط شدت خشک شدن توسط قواعد روشن انتقال حرارت تعیین می‌شود و تا حدودی مستقل از خواص مواد در حال خشک شدن می‌باشد، اما در حالت کلی، شدت خشک شدن به انتقال جرم از مواد جامد در حال خشک شدن بستگی دارد. با توجه به علائم دوگانه فوق، در عمل بایستی به مطالب زیر توجه نمود:

الف) تعیین شدت خشک شدن ماده فقط از طریق آزمایش امکان پذیر است و از لحاظ نظری قابل پیش بینی نیست.

ب) آزمایشات بایستی با توجه به نوع خشک کنی که مورد استفاده قرار خواهد گرفت، بررسی شود. یعنی شرایط بایستی مطابق محیط خشک کن باشد.

۲-۱) دسته بندی مواد خشک شونده

در صنایع، مواد خشک شونده را به طرق مختلفی می‌توان بسته بندی کرد که عبارتند از:

الف) بلورهای مواد آلی یا معدنی و مواد دانه ای شکل (معمولاً در مخلوط‌ها) که غالباً بزرگتر از یک میلی متر هستند.

ب) قطعات جامد متخلخل نظیر بدنه های سرامیکی و ذرات لاستیک مصنوعی.

ج) خمیر و مواد گلی شکل حاصل از فیلترپرس ها و سانتریفوژها. شکل (۵)



شکل (۵-۱)

د) پودرهای سیال (Free Flowing) که معمولاً کوچکتر از ۲۰۰ میکرون بوده که در حالت

مرطوب به طور نسبی سیال و در حالت خشک همچون گرد و غبار هستند.

ه) مایعات غلیظ که بدون جدا کردن مواد بایستی خشک شوند.

و) مایعاتی نظیر محلول های حاصل از استخراج، امولسیون ها و تعدادی از محلول های دیگر.

۳-۱) پارامتر های مؤثر در خشک کردن

۱-۳-۱) انتقال حرارت

۱- انتقال حرارت از منبع حرارتی به سطح مایع.

۲- انتقال حرارت در لایه بین مایع و جامد.

۳- انتقال حرارت از جامد به مایع.

۴- انتقال حرارت از جامد به مایع از طریق لایه مرزی و از لابلایتخلخل و خلل و فرج توده جامد.

۵- انتقال حرارت از منبع حرارتی به مواد جامد تقریباً خشک.

۶- ضریب هدایت حرارتی مایع .

۷- ضریب هدایت حرارتی مواد جامد مرطوب .

۸- ضریب هدایت حرارتی مواد جامد تقریباً خشک.

۹- گرمای نهان تبخیر مایع.

۱۰- گرمای نیدراسیون. هنگامی که بایستی آب تبلور تبخیر شود.

۱۱- رابطه بین دمای عمل تبخیر و نقطه ذوب ماده مرطوب، برخی از مواد قبل از اینکه تمام رطوبت شان تبخیر شود، ذوب می شوند.

۱۲- اثرات الکترولیت موجود در مایع بر روی مشخصات خشک کردن مواد.

۲-۳-۱) محیط خشک کن

۱- فشار و دمای محیط خشک کن.

۲- ترکیب گاز محیط خشک کن، شامل تغییرات فشار جزئی مایع در طول خشک کردن.

۳- سرعت نسبی یا چرخه هوایی داخل خشک کن

۴- فشار بخار مؤثر مایع با در نظر گرفتن تغییرات در افزایش نقطه جوش مایع در طول فرآیند

خشک کردن، به عنوان مثال در مورد خشک کردن NaOH .

۵- درجه اشباع محیط خشک کن یا رطوبت نسبی نسبت به قطعه.

۳-۳-۱) خواص فیزیکی سیستم های جامد

- ۱- کشش در سطح مشترک بین جامد و مایع. (پدیده تر شوندگی "Weting" یا آب دوستی)
- ۲- ضخامت لایه مرزی بین جامد و مایع.
- ۳- نسبت سطح به حجم مایع در داخل تخلخل.
- ۴- ضریب نفوذ بخار بین تخلخل.
- ۵- مکش موئین مایع در تخلخل.
- ۶- اختلاف غلظت مایع در تخلخل.
- ۷- وجود مواد رشته مانند یا کلوخه ای در مواد جامد (آگلومراسیون پودر)
- ۸- اندازه ملکول مایع در رابطه با بعضی از مایعات آلی
- ۹- حداکثر مقدار ناخالصی مایع در ماده خشک شونده. به عنوان مثال رسوب صاف شده ای که به درستی شسته نشده باشد و به علت وجود مقداری از حلال در آن، ممکن است موجب به هم چسبیدن ذرات ماده خشک شود.

۴-۳-۱) خواص مواد جامد

- ۱- اندازه ذرات
- ۲- سطح مؤثر مواد جامد
- ۳- تخلخل، یعنی اندازه و طولتخلخل و نحوه انشعاب آن ها
- ۴- حلالیت مواد جامد در مایع، در حالتی که مایع جزئی از ساختمان مواد جامد مرطوب است
- ۵- سفت شدن سطح مواد خمیری شکل در حالت خشک شدن، که سطحی تقریباً غیر متخلخل

ایجاد می شود

۶- تشکیل کیک در حین خشک شدن و استحکام کلوخه ها

۷- مقاومت مواد خشک شده در مقابل سائیدگی

۸- حداکثر مقدار مجاز مایع در محصول خشک شده

۴-۱) گروه های مختلف آب

در این قسمت به گروه های مختلف آب بر اساس نقش و وظایفی که در ساختمان بدنه خام

دارند، اشاره می شود که به طور خلاصه عبارتند از:

۱ - آب پیوندی (Bonded-water)

۲ - آب خلل و فرج (Por-water)

۳ - آب پلاستیسیته (Plasticity-water)

۱-۴-۱) آب پیوندی یا آب تبلور

آب پیوندی و یا آب تبلور در حقیقت به صورت مولکول های آب (H_2O) نبوده بلکه به

صورت گروه های هیدروکسیل (OH) است. اگر به ساختار بلوری کانی کائولینیت توجه کنید

خواهید دید که گروه هیدروکسیل (OH) در لایه بین گیبسیت و لایه سیلیسی قرار گرفته است که

این آب در واقع به صورت H - OH حضور دارد. شکل (۶-۱)

آب پیوندی جزئی از ساختمان کانی های رسی بوده و در مرحله خشک شدن ($110^{\circ}C$) به هیچ

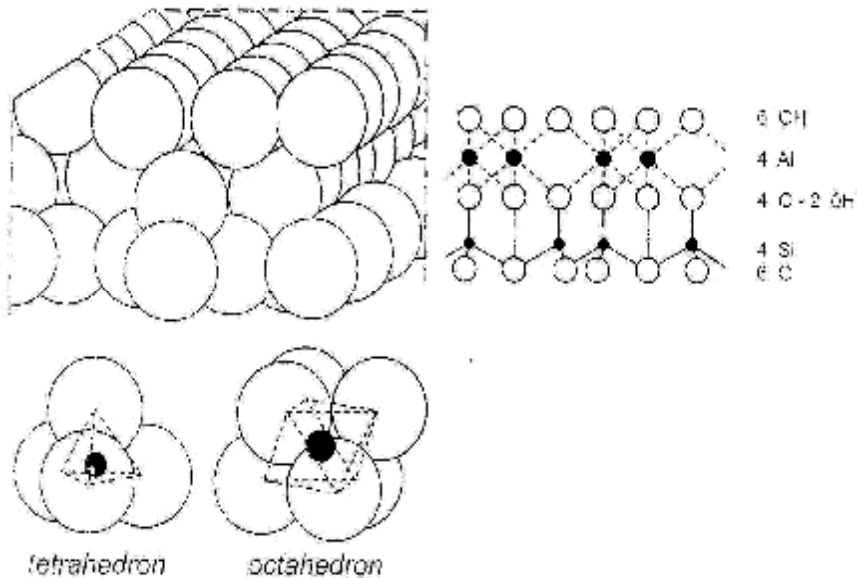
وجه خارج نمی شود. خروج آب پیوندی در درجه حرارت های بالا (حدود $700^{\circ}C - 420^{\circ}C$) به

وقوع پیوسته و در درجه حرارت های حدود $550^{\circ}C$ تا $600^{\circ}C$ به نهایت شدت خود می رسد.



کائولن

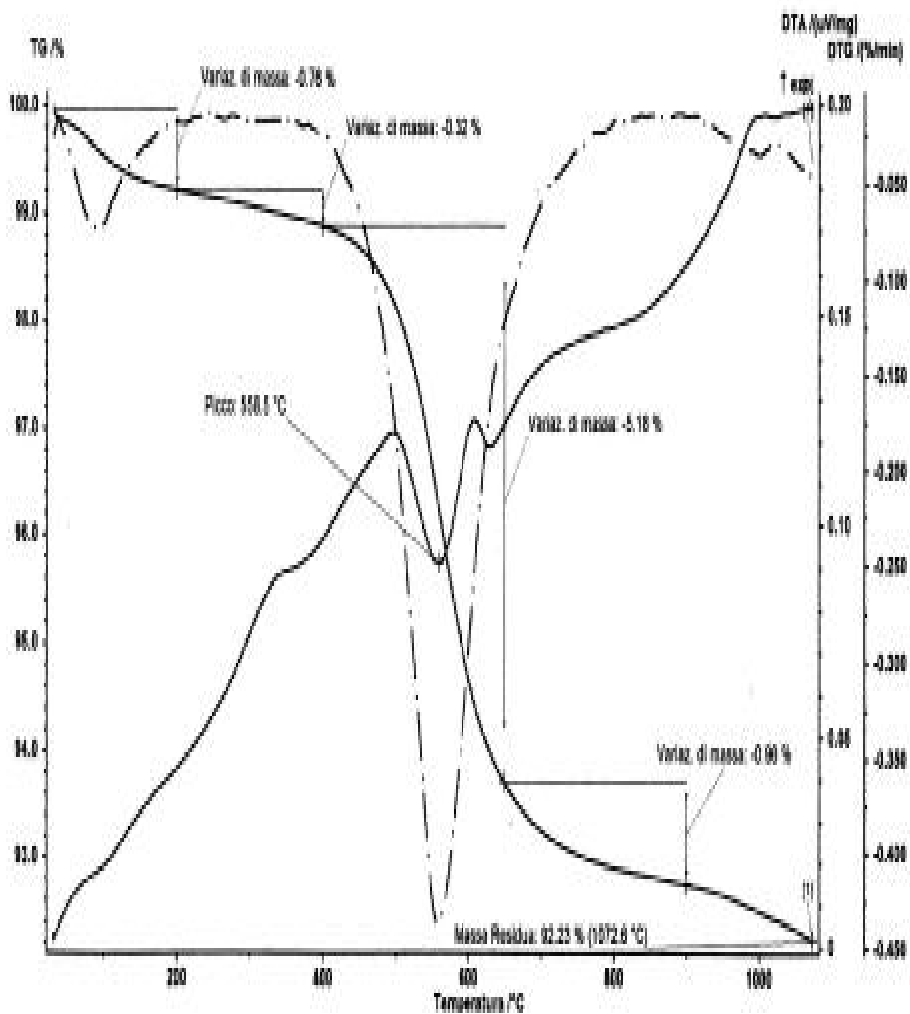
متاکائولن



شکل (۱-۶) آب پیوندی در لایه ی کائولنیت

در شکل (۱-۷) منحنی های T.G و D.T.A و D.T.G بدنه چینی بهداشتی و در شکل (۱-۸) تک خاک ایرانی HD81 آورده شده است. لذا منظور از منحنی T.G یعنی رسم منحنی افت حرارتی بر حسب درجه حرارت و D.T.A یعنی رسم نقاط استحاله گرماگیر یا گرما زا در درجه حرارت مختلف D.T.G یعنی رسم مشتق منحنی پرت حرارتی جهت تعیین دقیق تغییرات درجه حرارت، از روی منحنی ها مناطق استحاله شامل تجزیه یا سوختن یا کریستالیزاسیون کاملاً مشخص است. مثلاً تا درجه حرارت 130°C افت حرارتی ناشی از خروج رطوبت بوده و در درجه حرارت C 130° تا 350°C سوختن مواد آلی موجود در مواد اولیه خصوصاً بالکلی ها و در درجه حرارت C

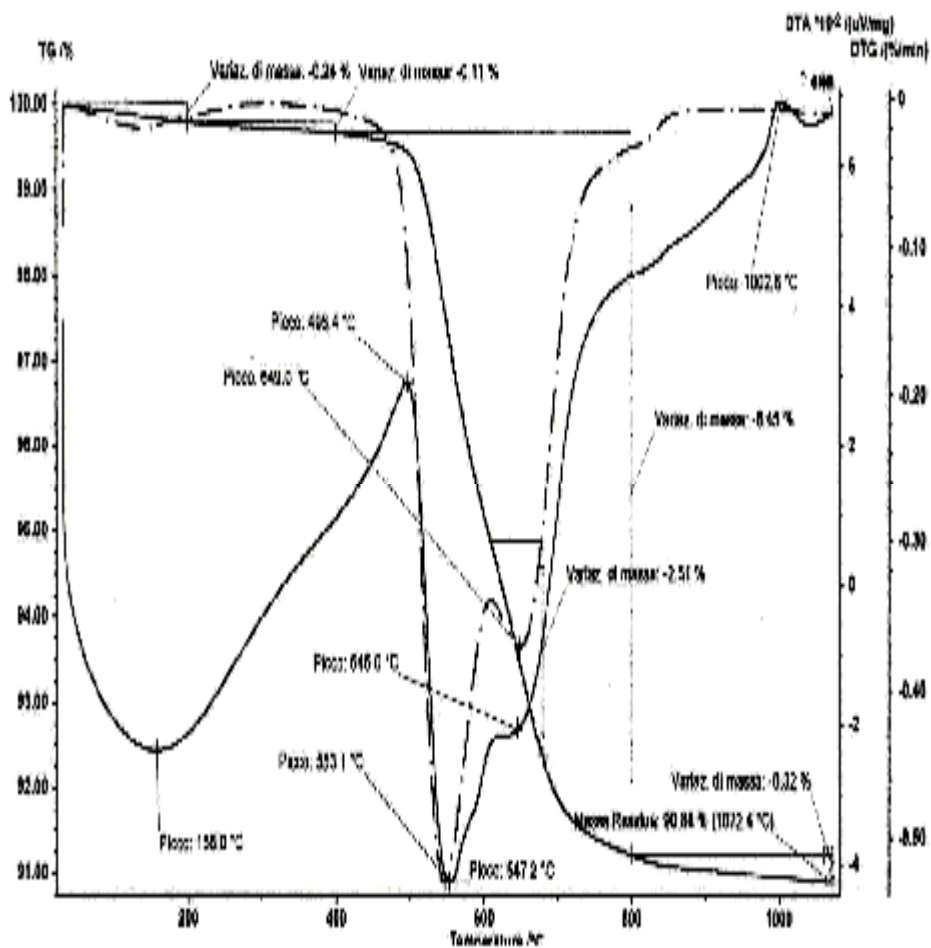
۴۰۰°C تا ۷۰۰°C تجزیه مواد کاتولنی و سولفات ها و غیره بوده و در درجه حرارت ۸۵۰°C تا C ۹۰۰°C استحالته گرمازا ناشی از تبدیل کاتولن به مولایت می باشد.



محور ها سمت چپ افت حرارتی (T.G) و سمت راست مشتق افت حرارتی (D.T.A) و محور

Xها درجه حرارت (C)

شکل (۷-۱) منحنی های T.G و D.T.A و D.T.G چینی بهداشتی



محور yها سمت چپ افت حرارتی (T.G) و سمت راست مشتق افت حرارتی (D.T.A) و محور

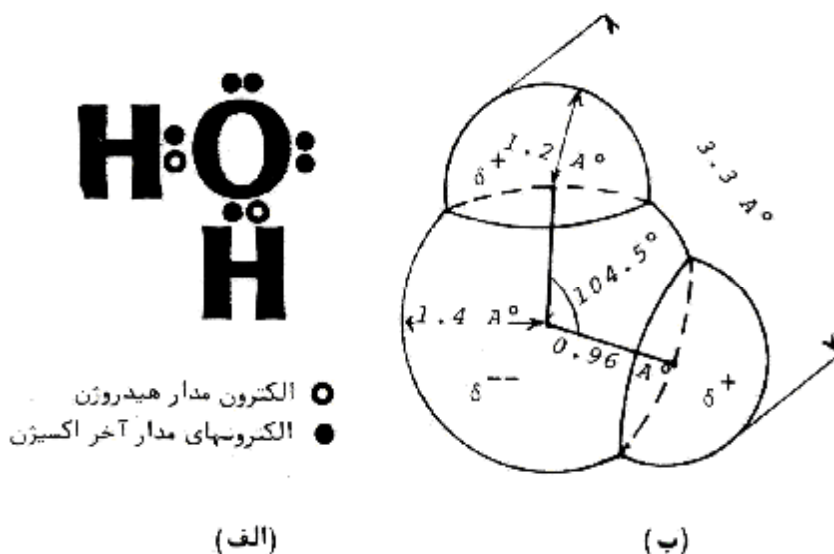
xها درجه حرارت (C)

شکل (۸-۱) منحنی های T.G و D.T.A و D.T.G خاک HD81

اگر سرعت حرارت دهی حین پختن به آرامی صورت پذیرد، به طور معمول خطر تغییر شکل و ترک در قطعه وجود ندارد. بنابراین به طور خلاصه آب پیوندی در مقدار انقباض تر به خشک هیچ نوع دخالتی نداشته بلکه در انقباض پخت تاثیر شدیدی دارد.

۲-۴-۱) آب خلل و فرج (آب تخلخل)

آب خلل و فرج با توجه به نقش آن هنگام خشک شدن و حضور در بین ذرات نامگذاری شده است. بطوریکه آب خلل و فرج به وسیله سطح رس جذب شده اند. در شکل (۹-۱) مولکول آب نشان داده شده است. در این شکل اتم های هیدروژن در پیوند مشترکی با اتم اکسیژن به صورت پیوند کوالانسی مشارکت دارند و چون تقارنی در استقرار دو اتم هیدروژن نداریم زاویه پیوندی با زاویه 104.5° در می آید که این باعث دو قطبی شدن مولکول های آب می شود. این خاصیت، موقعیت تمایل به جذب مولکول های آب به سطح پودرهای سرامیکی را که عموماً با سطوح دارای بار منفی هستند، را بوجود می آورد این آب همان آب خلل و فرج است.



شکل (۹-۱) مولکول آب و زوایای پیوند کوالانسی در آن

هنگام خشک شدن فرآورده ها اگر چه آب خلل و فرج خارج می شود، ولی در عمل همواره مقادیری از آب در لابلای ذرات رس باقی می ماند، مگر اینکه بدنه خام در درجه حرارتی بیشتر

از 110°C خشک شود. (همانطور که مشاهده می شود، این درجه حرارت بسیار بیشتر از نقطه جوش آب هست).

در مقیاس صنعتی معمولاً بدنه های خام در درجه حرارت های پایین تر از 110°C خشک می شوند. بنابراین همواره مقادیری از آب خلل و فرج در بدنه باقی مانده و این موضوع بدین معنا است که در حقیقت خشک شدن نهایی فرآورده ها در اولین مراحل پخت انجام می پذیرد. اصطلاح «خشک شدن کامل» به مرحله ای از روند خشک شدن اطلاق می شود که آب خلل و فرج کاملاً از بین رفته باشد.

هنگامی که یک بدنه خام به طور کامل خشک شده باشد بعد از خروج از خشک کن می تواند مجدداً مقادیری از رطوبت موجود در هوا را که اصطلاحاً به آن «مقدار رطوبت تعادلی» گفته می شود، در خلل و فرج خود جذب نماید. این عیب در صنایع کاشی که محصولات پس از پرس یا بعد از خروج از پخت بیسکویت، سرد و چند روزی دپو شده، با جذب رطوبت از محیط مشکل عیوب پایان هفته ای (Weakened-Defect) مشاهده می شود.

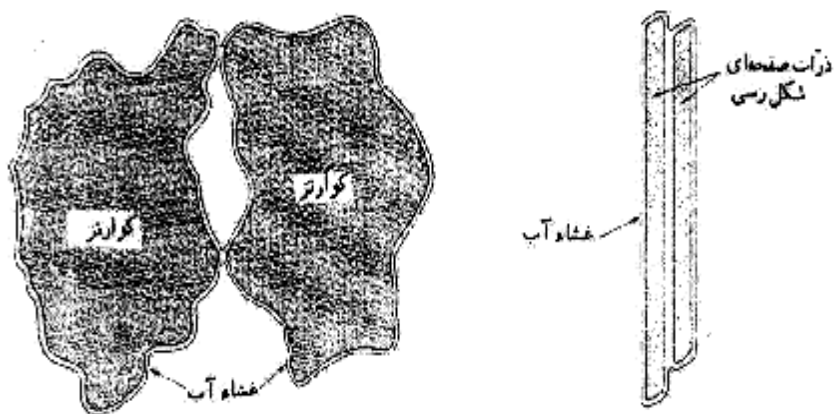
بنابراین جذب رطوبت از هوا به وسیله بدنه کاملاً خشک شده (اگر مقدار زیادی رس وجود داشته باشد) به طور معمول خطرناک نیست ولی با توجه به اینکه بعضی از بدنه های خام دارای مقادیر زیادی رسی هستند، این عمل در فصول خاصی (معمولاً پاییز و زمستان) و بخصوص در نواحی مرطوب می تواند باعث ایجاد تنش کششی در نتیجه انبساط خشک به تر شده و موجب وقوع ترک در بدنه های خام بعد از خروج از خشک کن شود. در بسیاری موارد این ترک ها تا مرحله نهایی تولید قابل تشخیص نبوده و فقط روی فرآورده های تولید شده لعاب دار مشاهده

می شوند. در چنین شرایطی افزایش استحکام تر به وسیله افزایش مقدار رسی در بدنه خام (در صورت امکان) و یا تغییر در روند خشک شدن مثلاً پوشاندن لبه قطعات با کمک یک قطعه پلاستیک و کند کردن سرعت خشک شدن، این مشکل را رفع خواهد کرد.

۳-۴-۱) آب پلاستیسیته

آب پلاستیسیته برعکس آب خلل و فرج به سادگی در درجه حرارت کمتر از 110°C تبخیر شده که این عمل با انقباض بسیار زیادی همراه است. زیرا:

اولاً به جهت مقدار بسیار زیاد این آب بین لایه ها، هنگام خروج، انقباض زیادی دارد. ثانیاً به جهت دور بودن از سطح دانه ها چندان تحت جاذبه قوی دانه ها قرار ندارد. بدنه هایی که دارای پلاستیسیته زیادی هستند، مقدار آب پلاستیسیته نیز در آن ها بیشتر است. شکل (۱۰-۱)



شکل (۱۰-۱) لایه آب بین دو ذره رسی و غیر رسی

به عبارت دیگر کلیه ذرات آب دوست نظیر رسی ها مانند کائولن در مقایسه با ذرات غیر آب دوست یا حتی آب گریز نظیر سیلیس یا فلدسپار دارای پلاستیسیته و حتی آب خلل و فرج بسیار بیشتری هستند.

بنابراین در هنگام خشک شدن نیز مقدار انقباض تر به خشک آن ها بسیار زیاد بوده و این مورد نیز به عنوان یک قانون کلی وسیله دیگری جهت تعیین پلاستیسیته است. با توجه به این توضیحات به طور خلاصه خروج آب پلاستیسیته مهمترین عامل ایجاد انقباض تر به خشک و یا به طور کلی تنها عامل ایجاد انقباض تر به خشک است. (چنانچه انقباض بسیار کم ناشی از خروج آب خلل و فرج همچنان که معمول است، مورد توجه قرار نگیرد)