بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

عملیات تغییر خواص متالورژیکی فلزات

رشتهٔ متالورژی

گروه مواد و فراوری

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: عملیات تغییرخواص متالورژیکی فلزات ـ ۲۱۲۵۳۵

پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: حسن حامد، حسن طبیب‌زاده، امیر ریاحی، حسن عبداله‌زاده، محمد معتمدی، اسداله عابدی و غلامرضا خلج (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
مهدی احمدی قراملکی، موسی بابازاده، بهرام شکریان و ابراهیم آقازاده (اعضای گروه تألیف)

مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی: مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری)ـ مریم کیوان (طراح جلد)ـ ایمان اوجیان (صفحه‌آرا) ـ سعید آقایی(رسام)

نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱ ، **دورنگار:** ۸۸۳۰۹۲۶۶، **کد پستی:** ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب سایت: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir

ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)
تلفن :۵ ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، **دورنگار:** ۴۴۹۸۵۱۶۰، **صندوق پستی:** ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ دوم ۱۳۹۸

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان، ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۴- ۳۱۹۱ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 - 964 - 05 - 3191-4**

ملت شریف ما اگر در این انقلاب بخواهد پیروز شود باید دست از آستین برآرد و به کار بپردازد. از متن دانشگاه‌ها تا بازارها و کارخانه‌ها و مزارع و باغستان‌ها تا آنجا که خودکفا شود و روی پای خود بایستد.

امام خمینی (قُدِّسَ سِرُّهُ)

فهرست

پودمان ۱: آزمایشگاه مواد قالب‌گیری (آزمایش‌های ماسه) ۹

پودمان ۲: آزمایش‌های متالوگرافی ۵۹

پودمان ۳: سخت‌کاری ۹۳

پودمان ۴: عملیات حرارتی آنیل و نرماله ۱۴۱

پودمان ۵: خوردگی و پوشش دهی ۱۶۱

منابع ۲۰۸

سخنی با هنرجویان عزیز

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار واقعی به‌طور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی – حرفه ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

۱. شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی عملیات حرارتی
۲. شایستگی‌های غیر فنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه
۳. شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم افزارها
۴. شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

براین اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعهٔ اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخهٔ فنی و حرفه‌ای را تدوین کرده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است.

این درس، پنجمین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژهٔ رشته متالورژی در پایه ۱۲ تألیف شده است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آیندهٔ شغلی و حرفه‌ای شما بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی کنید تمام شایستگی‌های آموزش داده شده دراین کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی عملیات تغییر خواص متالورزیکی فلزات شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب کنید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌کنید و نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ است. در صورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا آخر سال تحصیلی وجود دارد. کارنامه شما در این درس شامل ۵ پودمان و از دو بخش نمرهٔ مستمر و نمرهٔ شایستگی برای هر پودمان خواهد بود و اگر دریکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، تنها در همان پودمان لازم است مورد ارزشیابی قرار گیرید و پودمان‌های قبول شده در مرحلهٔ اول ارزشیابی مورد تأیید و لازم به ارزشیابی دوباره نیست. همچنین نمرهٔ این درس دارای ضریب ۸ است و در معدل کل شما بسیار تأثیرگذار است.

همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزای بسته آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو می‌باشد که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده نمایید. کتاب همراه خود را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید. اجزای دیگری نیز برای بسته آموزشی شما در نظر گرفته شده است که با مراجعه به وبگاه رشتهٔ خود به نشانی www.tvoccd.oerp.ir می‌توانید از عناوین آن مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است بنابراین توصیه‌های هنرآموز محترمتان در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است را در انجام کارها جدی بگیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرآموزان گرامی

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامـه درسی رشته متالورژی طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می‌باشد که برای سال دوازدهم تدوین و تألیف گردیده است. این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از یک یا چند واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی باید برای هر پودمان یک نمره در سامانهٔ ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ است و نمرهٔ هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌گردد که شامل ارزشیابی پایانی در هر پودمان و ارزشیابی مستمر برای هریک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت‌یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست‌محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزای بستهٔ آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. لازم به یادآوری است،کارنامه صادر شده در سال تحصیلی قبل بر اساس نمرهٔ ۵ پودمان بوده است و در هنگام آموزش و سنجش و ارزشیابی پودمان‌ها و شایستگی‌ها، می‌باید به استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی منتشر شده توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی مراجعه گردد. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و مراحل کلیدی براساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی هستند. همچنین برای هنرجویان تبیین شود که نمرهٔ این درس با ضریب ۸ در معدل کل محاسبه می شود و دارای تأثیر زیادی است.

کتاب شامل پودمان‌های زیر است:

پودمان اول: آزمایشگاه مواد قالب‌گیری (آزمایش‌های ماسه)

پودمان دوم: آزمایش‌های متالوگرافی

پودمان سوم: سخت‌کاری

پودمان چهارم: عملیات حرارتی آنیل و نرماله

پودمان پنجم: خوردگی و پوشش‌دهی

امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق گردد.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان اول

آزمایشگاه مواد قالب‌گیری (آزمایش‌های ماسه)

واحد یادگیری: آزمایش‌های مخلوط ماسه قالب‌گیری

به‌طور کلی خصوصیات ماسه‌های ریخته‌گری را به کمک آزمایش‌های استاندارد ماسه تعیین می‌کنند. روش هر آزمایش و شرایط کار به‌صورت استاندارد معین شده است. آزمایش‌های ماسه راه مناسبی برای تعیین خصوصیات ماسه‌های مصرفی در صنایع ریخته‌گری هستند. در این واحد یادگیری روش انجام آزمایش‌های مختلف ماسه قالب‌گیری توضیح داده شده است و به‌صورت عملی انجام خواهند شد.

استاندارد عملکرد

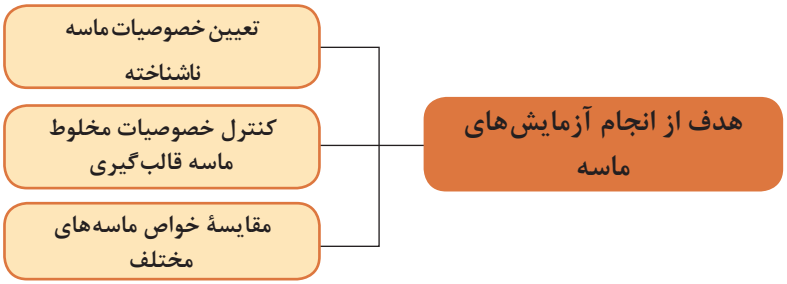
انجام آزمایشات مربوط به ماسه با استفاده از ابزار و تجهیزات مربوطه بر اساس استانداردهای مرتبط.

پیش‌نیاز و یادآوری

آشنایی با انواع ماسهٔ قالب‌گیری و نحوهٔ ساخت مخلوط ماسه قالب‌گیری.

تعیین خواص و مشخصات ماسه ریخته‌گری (آزمایش‌های ماسه قالب‌گیری)

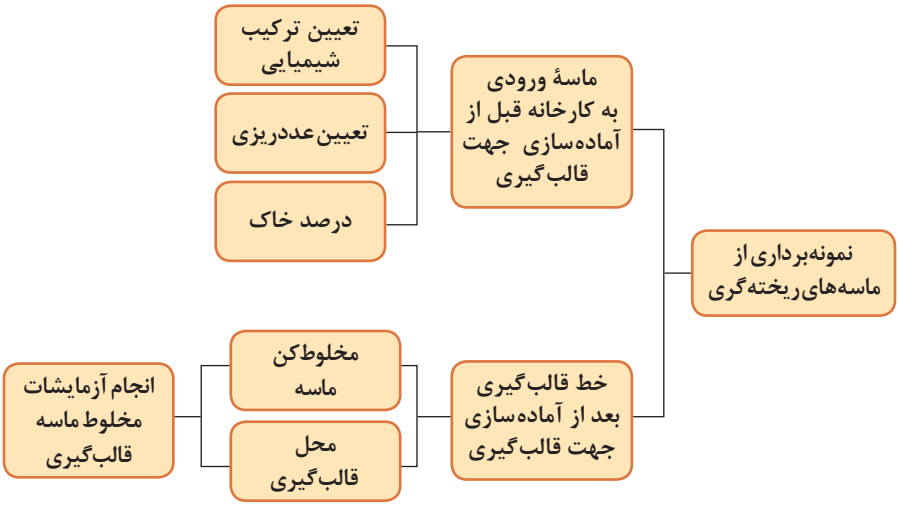
ماهیت و طبیعت ماسهٔ قالب‌گیری را می‌توان به کمک نتایج آزمایش‌های استاندارد ماسه تشریح و توصیف کرد. جزییات کامل آزمایش‌ها، روش و تجهیزات مورد نیاز برای هر آزمایش مشخص و تبیین شده است و هر آزمایش به‌صورت استاندارد و به‌شکل معین اجرا می‌شود.



کلیهٔ آزمایش‌های ماسه باید بر روی نمونه‌هایی که از قبل آماده شده است، انجام گیرد. در حقیقت، چنین نمونه‌هایی شامل مقدار کمی از ماسهٔ مورد نظر است که با شیوه‌ای مشخص از انبوه ماسه اصلی برداشته شده است. بسیاری از اوقات هم این‌گونه نمونه‌ها از طریق مخلوط کردن ماسهٔ خشک با چسب خاک رس و آب و یا مواد دیگر و نیز از طریق روش‌های دیگری که در تهیهٔ قالب به‌کار برده می‌شود، نظیر روش گاز CO_2 یا روش قالب‌گیری پوسته‌ای، تهیه و آماده می‌شوند و پس از فراهم شدن نمونه‌های لازم، آزمایش‌های مورد نظر انجام می‌شود.

نمونه‌برداری از ماسه‌های ریخته‌گری

قبل از انجام آزمایش‌ها، نمونه‌برداری و تهیهٔ نمونه از ماسه‌های ریخته‌گری صورت می‌پذیرد و برای این کار روش‌های ویژه‌ای به اجرا در می‌آید. منظور از تهیهٔ نمونه، به‌دست آوردن مقدار قابل توجهی از ماسه مورد نظر است تا با استفاده از آن آزمایش‌های متداول برای کنترل وضعیت ماسهٔ مصرفی، بررسی تودهٔ ماسه و ارزیابی ماسه‌ای که در آینده مورد استفاده قرار خواهد گرفت، انجام شود.



مقدار ماسه‌ای که به عنوان نمونه مورد استفاده قرار می‌گیرد باید به اندازه‌ای باشد که برای انجام کلیهٔ آزمایش‌های مورد نظر کفایت کند.
نمونه‌های ماسه نباید در ظروف سرباز قرار داده شوند و جابه‌جا گردند. پاکت‌ها و ظروف پلاستیکی در بسته یا انواع دیگر ظروف ضدزنگ توصیه شده است تا از آلودگی ماسه به رطوبت و مرطوب شدن آن و نیز بالعکس از کاهش رطوبت ماسهٔ نمونه جلوگیری به عمل آید.
نکتهٔ مهم دیگر اینکه نمونه‌های برداشته شده از تودهٔ ماسه باید به سرعت و در اولین فرصت تحت آزمایش قرار گیرند تا از ارتباط ما بین خواص نمونه‌ها و تودهٔ ماسه یا ماسه‌ای که در سیستم قالب‌گیری به‌کار می‌رود اطمینان حاصل شود. از آنجا که رطوبت بر روی خواص ماسه اثر قطعی دارد، این نکته اهمیت دارد که میزان رطوبت نمونهٔ ماسه معادل میزان رطوبت تودهٔ ماسه اولیه باشد.
لازم به ذکر است که برای بررسی تودهٔ ماسه یا انباشته، نمونه‌برداری از ابتدا، وسط و انتهای توده انجام می‌شود.

نکته

نمونه‌برداری و آزمایش باید در حداقل زمان ممکن و پس از آماده کردن مخلوط ماسه قالب‌گیری انجام شود.

تهیهٔ نمونهٔ استاندارد: در کنترل کیفیت مخلوط ماسه قالب‌گیری آزمایش‌های استحکام فشاری‌تر و خشک، استحکام کششی‌تر و خشک، استحکام برشی‌تر و خشک، قابلیت عبور گاز و تعیین متلاشی شدن و خرد شوندگی ماسه نقش ویژه‌ای دارند. برای انجام کلیهٔ آزمایش‌ها نمونه استوانه‌ای به قطر و ارتفاع ۲ اینچ (۵/۰۸ سانتی‌متر) از مخلوط ماسه قالب‌گیری تهیه می‌شود. به‌دلیل اهمیت این نمونهٔ استاندارد ضروری است که تهیهٔ آن با دقت کافی صورت گیرد.

نکات مهم در تهیهٔ نمونه استاندارد

نمونهٔ مخلوط ماسه قالب‌گیری: برای دستیابی به نتایج قابل قبول و تکرارپذیر در تهیهٔ نمونهٔ استاندارد باید در نمونه‌برداری از مخلوط ماسه موارد زیر مد نظر قرار گیرد:

- نمونهٔ ماسه باید از خط قالب‌گیری تهیه شود و استفاده از ماسه‌ای که در معرض هوا قرار گرفته توصیه نمی‌شود.
- نمونهٔ ماسه باید از الک $\frac{۱}{۴}$ اینچ عبور داده شود و سپس در یک ظرف در بسته محافظت گردد.
- برای انجام کلیه آزمایش‌های مذکور حداقل ۳ کیلوگرم ماسه از خط برداشته شود.
- برای اجتناب از کاهش رطوبت باید فاصله نمونه‌گیری و انجام آزمایش‌ها به حداقل زمان ممکن برسد.

برای آماده‌سازی نمونهٔ استاندارد، دستگاه نمونه‌ساز (کوبه آزمایشگاهی) مطابق شکل (۱) به‌کار گرفته می‌شود. با استفاده از این دستگاه نمونه‌های استاندارد برای آزمایش‌های استحکام، قابلیت نفوذ گاز، تعیین ضریب فشردگی و تعیین متلاشی شدن و خرد شوندگی ماسه تهیه می‌شود. روش آماده کردن نمونه‌های استاندارد توسط سازندهٔ دستگاه به همراه آن ارائه می‌شود. ولی درهرحال برای تهیهٔ یک نمونهٔ دقیق باید نکات زیر را رعایت کرد:

شکل ۱ـ دستگاه کوبه آزمایشگاهی

- دستگاه کوبه باید به یک پایه سفت و محکم پیچ شود.
- جهت تهیهٔ نمونه‌های استاندارد معمولاً ۱۴۵ تا ۱۷۵ گرم ماسه در استوانه (لوله یا سیلندر) استاندارد ریخته شده و سپس به‌وسیلهٔ دستگاه کوبهٔ آزمایشگاهی استاندارد سه ضربه، تا ارتفاع ۲ اینچ که در دستگاه نیز مشخص گردیده است تحت کوبش قرار می‌گیرد. توجه شود که فاصلهٔ بین سه ضربه متوالی باید استاندارد شود و تکرارپذیر باشد؛
- ماسه ترجیحاً توسط یک قیف به داخل لوله ریخته شود؛
- سطوح داخل لوله همیشه تمیز و صیقلی نگهداری شود؛
- هنگام جدا کردن نمونه از لوله باید از میله‌ای به قطر ۲ اینچ استفاده شود؛
- دستگاه کوبه باید به‌صورت مداوم تمیز و بخش‌های متحرک آن روغن‌کاری شوند.

فعالیت عملی ۱

نمونه‌برداری از مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری

در گروه دو یا سه نفره با رعایت نکات ایمنی نمونه‌برداری از مخلوط ماسه را مطابق مراحل زیر انجام دهید.

۱ـ نمونه‌برداری از قسمت‌های مختلف تودهٔ ماسه انباشته (قبل از آماده سازی مخلوط ماسه)

۲ـ نمونه‌برداری از قسمت‌های مختلف مخلوط ماسه‌ای که در کارگاه ریخته‌گری برای قالب‌گیری به‌کار می‌رود (ماسه دان کارگاه)

۳ـ نمونه‌برداری از مخلوط ماسه‌ای که در مخلوط کن ماسه در آزمایشگاه تهیه شده است.

پس از نمونه‌برداری از ماسه‌ها هر گروه توسط دستگاه کوبه آزمایشگاهی مطابق با روش‌ها و دستورالعمل‌های گفته شده سه عدد نمونهٔ استاندارد استوانه‌ای با قطر و ارتفاع ۲ اینچ از ماسه‌های نمونه‌برداری شده تهیه کرده و سپس کیفیت و استحکام نسبی نمونه‌های تهیه شده را با یکدیگر مقایسه کرده و در جدول زیر یادداشت کرده و نتیجه را به‌صورت گزارش کار ارائه دهید.

محل نمونه‌برداری	کیفیت			استحکام نسبی			علت
	خوب	متوسط	ضعیف	خوب	متوسط	ضعیف	
ماسه دان کارگاه							
محل قالب‌گیری							
تهیه شده در آزمایشگاه							

پرسش

۱ به نظر شما و با توجه به نتایج به‌دست آمده بهترین محل برای نمونه‌برداری از ماسه جهت انجام آزمایش‌ها کجا است؟ چرا؟

۲ به نظر شما عدم نمونه‌برداری صحیح از مخلوط ماسه قالب‌گیری ممکن است باعث بروز چه عیوبی در قطعات ریختگی شود؟

نتیجه را به همراه پاسخ تحلیلی پرسش‌های بالا به‌صورت گزارش کار به هنرآموز تحویل دهید.

آزمایش‌های مخلوط ماسه قالب‌گیری

برای کنترل و تعیین خواص مخلوط ماسه قالب‌گیری آزمایش‌های مختلفی انجام می‌گیرد که آگاهی از آنها برای افرادی که در صنایع ریخته‌گری مشغول به کار هستند لازم و ضروری است که در ادامهٔ بحث مهم‌ترین آنها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

آزمایش تعیین اندازه و پخش ذرات ماسه

هدف از این آزمایش تعیین عدد ریزی ماسه قالب‌گیری است، عدد ریزی ماسهٔ ریخته‌گری توسط اندازه و توزیع ذرات آن تعیین می‌شود. به عبارت دیگر دو عامل اندازهٔ دانه‌ها و نحوهٔ توزیع دانه‌ها تعیین‌کنندهٔ عدد ریزی ماسه است. منظور از آزمایش ریزی تعیین درصد اندازهٔ مختلف دانه‌های ماسه و مقدار خاک رسی است که در ماسه موجود است. ذراتی از ماسه که اندازهٔ آنها از ۲ میکرون (۰/۰۰۲میلی‌متر) کوچک‌تر باشند، خاک رس محسوب می‌شوند. مقدار خاک رس موجود در ماسه را می‌توان جداگانه و به روش خاص تعیین کرد و درصد اندازهٔ مختلف دانه‌های ماسه نیز از طریق آزمایش ریزی قابل تعیین است.

اهمیت میزان عدد ریزی: عدد ریزی اثر قابل توجهی بر خواص ماسه ریخته‌گری دارد که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:

- استحکام
- نفوذپذیری
- کارپذیری
- هزینهٔ آماده‌سازی ماسه
- سطح نهایی قطعات ریختگی

آزمایش تعیین اندازه و پخش ذرات ماسه (عدد ریزی) جزء آزمایش‌های اولیه ماسه است و معمولاً این آزمایش بر روی ماسهٔ ورودی به کارخانه انجام می‌شود و نتایج حاصل از آن می‌تواند کاربردهایی به‌صورت زیر داشته باشد:

حفظ خواص یکنواخت در ماسهٔ مورد مصرف	راهنمایی برای نسبت صحیح مواد ریز و توزیع صحیح اندازه دانه‌های ماسه
مبنایی برای بیان مشخصات ماسه به هنگام سفارش خرید	راهنمایی برای مقدار چسب مورد نیاز در ماسهٔ جدید

روش انجام کار: روش آزمایش عدد ریزی برای ماسه‌هایی که حاوی مواد چسبندهٔ خاک رس هستند با ماسه‌هایی که دارای خاک رس نیستند متفاوت است. اما الک‌های اندازه‌گیری ریزی دانه‌ها برای هر دو نوع یکسان است. سری الک‌های مورد استفاده برای انجام آزمایش جدا کردن با الک در جدول (۱) مطابق استاندارد جامعهٔ ریخته گران آمریکا (American Foundry Society) آمده است.

در سیستم جامعهٔ ریخته گران آمریکا (AFS) سیستم آزمایش از ۱۴ غربال (الک) تشکیل شده است که درشت‌ترین غربال آن تحت شمارهٔ ۴، در هر اینچ طولی دارای ۴ سوراخ و ریزترین غربال آن تحت شمارهٔ ۲۷۰، در هر اینچ طولی دارای ۲۷۰ سوراخ است. در آزمایشگاه‌های مختلف معمولاً از ۱۱ ردیف غربال یا الک بر حسب ریزی و درشتی ذرات ماسه استفاده می‌کنند.

واژهٔ شبکه یا مش (mesh) به معنی تعداد سوراخ‌ها در طول یک اینچ است. واژهٔ مِش به تنهایی بدون معنی است مگر اینکه قطر یا ضخامت سیم نیز داده شود. به‌طوری‌که با استفاده از اندازه قطر سیم بتوان اندازه سوراخ را تعیین کرد. اندازه سوراخ در حقیقت اندازهٔ ذرات عبور کرده را مشخص می‌کند و مش به همراه قطر سیم فقط برای تعیین اندازهٔ سوراخ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۱ــ مشخصات و ضریب الک‌های استاندارد انجمن ریخته‌گران آمریکا (AFS)

شمارهٔ الک استاندارد(AFS)	قطر سیم	تلرانس مجاز ٪+	اندازهٔ طول دهانه (میلی‌متر)	ضریب الک a_i
۴	۱٫۶۵۱	۳	۴٫۶۹۹	۴
۶	۰٫۹۱۴	۳	۳٫۳۲۷	۶
۸	۰٫۸۸۹	۳	۳٫۳۶۲	۸
۱۰	۰٫۸۱۳	۳	۱٫۶۵۱	۱۰
۱۴	۰٫۶۳۵	۳	۱٫۱۶۷	۱۲
۲۰	۰٫۴۳۷	۵	۰٫۸۳۳	۱۶
۲۸	۰٫۳۲۸	۵	۰٫۵۸۹	۲۰
۳۵	۰٫۳۰۹	۵	۰٫۴۱۴	۳۰
۴۸	۰٫۲۳۳	۵	۰٫۲۹۵	۴۰
۶۵	۰٫۱۸۳	۵	۰٫۲۰۸	۵۰
۱۰۰	۰٫۱۰۶	۶	۰٫۱۴۷	۷۰
۱۵۰	۰٫۰۷۶	۶	۰٫۱۰۴	۱۰۰
۲۰۰	۰٫۰۷۴	۷	۰٫۰۷۴	۱۴۰
۲۷۰	۰٫۰۴۰	۷	۰٫۰۵۳	۲۰۰

در رده بندی الک‌ها یک نسبت ثابت بین اندازه‌های مختلف وجود دارد. این نسبت ثابت برابر ۱/۴۱۴ یا ریشهٔ دوم عدد ۲ است. مثلاً در رده بندی سری الک‌های استاندارد آمریکایی، اندازهٔ ضلع یا سوراخ یک الک معادل ۱/۴۱۴ برابر اندازهٔ سوراخ الک پایینی است. به عبارت دیگر در این سری الک‌ها، اندازهٔ مساحت و سوراخ یک الک معادل نصف مساحت سوراخ الک بالایی است. هریک از الک‌های موجود در یک سری از الک‌های استاندارد با یک شمارهٔ الک و یک ضریب الک (a_i) مشخص می‌شود. شماره الک عبارت است از: تعداد سوراخ‌های موجود در طول یک اینچ از الک و ضریب الک عددی است که در محاسبهٔ عدد ریزی از آن استفاده می‌شود. معمولاً یک درپوش بر روی بالاترین الک در سری الک‌ها قرار می‌گیرد و یک کفه در زیر پایین‌ترین الک (الک شماره ۲۷۰ در استاندارد آمریکا) قرار داده می‌شود تا موادی که از آخرین الک عبور می‌کند، در آن جمع شود.

وسایل مورد نیاز انجام آزمایش

۱ـ دستگاه تعیین دانه‌بندی ماسه: این دستگاه‌ها معمولاً برقی با عملکرد اتوماتیک است. دارای حداقل شش الک هرکدام با یک مش جداگانه و یک عدد درپوش و یک عدد کفهٔ تحتانی. در شکل (۲) دو نمونه از این دستگاه‌ها نشان داده شده است.

شکل ۲ـ دو نمونه از دستگاه‌های تعیین عدد ریزی ماسه

۲ـ ترازوی آزمایشگاهی: جهت توزین نمونه‌های مورد آزمایش از ترازوهای آزمایشگاهی استفاده می‌شود که معمولاً در دو نوع مکانیکی و دیجیتالی هستند که در شکل (۳) نمونه‌هایی از این ترازوها نشان داده شده است.

ب الف

شکل ۳ـ الف) ترازوی دیجیتالی ب) ترازوی مکانیکی

۳ـ برس مخصوص تمیز کردن الک‌های آزمایشگاهی: نگهداری صحیح از الک‌های آزمایشگاهی موجب می‌شود عمر الک بیشتر شده و همچنین در آزمایش‌های بعدی میزان خطای محاسبه کمتر شود. همیشه بعد از استفاده از الک‌ها بهتر است آن را با برس‌های مخصوص و یا فشار باد تمیز کنیم تا روزنه‌های آن تمیز و بدون گرفتگی باقی بماند. در صورت عدم رعایت این مسایل عمر الک بسیار کم می‌شود و از دقت و کارایی آن کم می‌شود. در شکل (۴) برس‌های مخصوص تمیز کردن الک‌های آزمایشگاهی نشان داده شده است.

شکل ۴ـ برس‌های مخصوص تمیز کردن الک‌های آزمایشگاهی

دستورکار انجام آزمایش: ابتدا یک نمونه از ماسهٔ خشک شده یا یک نمونه از ماسه‌ای که قبلاً خاک رس آن جدا شده است را به وزن ۵۰ گرم توسط ترازوی دیجیتالی توزین کرده و سپس آزمایش را به‌صورت زیر ادامه دهید:

۱ نمونهٔ تهیه شده را بر روی بالاترین الک ریخته و درپوش را روی آن قرار داده و دستگاه را ببندید.

نکته

قبل از شروع آزمایش، الک‌ها را به‌دقت بررسی کنید تا از نظر عدم افزایش قطر سوراخ‌ها یا پارگی سیم‌های شبکه اطمینان حاصل شود.

۲ تایمر دستگاه را تنظیم کنید تا به مدت ۱۵ دقیقه لرزش انجام گیرد.

۳ پس از پایان لرزش الک‌ها، درپوش را برداشته و هریک از الک‌ها را به نوبت از بالا به پایین باز کنید.

۴ توسط ترازوی دیجیتالی جرم ماسه‌های باقی‌مانده بر روی هر الک را تعیین کنید.

نکته

جهت انجام این کار بهتر است که ماسه‌های باقی‌مانده روی هر الک بر سطح کاغذی سخت برگردانده شده و سپس جرم آن تعیین شود. برای این کار نیز باید از برس‌های مخصوص برای تمیز کردن و خارج کردن ماسه از لابه‌لای شبکهٔ هر الک استفاده شود.

۵ پس از تعیین جرم ماسه‌های باقی‌مانده بر روی کلیه الک‌ها، عدد ریزی ماسه محاسبه و تعیین می‌شود. لازم به ذکر است که پس از اتمام کار، مجموع جرم ماسه‌های باقی‌مانده برروی همه الک‌ها بعلاوهٔ جرم ماسهٔ باقی‌مانده بر کفه باید برابر جرم نمونهٔ اولیه باشد.
۶ برای محاسبه و تعیین عدد ریزی یک ماسه لازم است که موارد زیر انجام گیرد:

الف) پس از انجام آزمایش و جدا کردن الک‌ها، درصد باقی‌مانده بر روی هر الک از رابطهٔ زیر تعیین شود:

$$g_i = \text{(درصد باقی‌مانده بر روی هر الک)} = \frac{\text{جرم مواد باقی‌مانده در هر الک}}{\text{جرم نمونه اولیه}} \times ۱۰۰$$

ب) مقدار درصد باقی‌مانده بر روی هر الک در ضریب آن الک ضرب شود.
ج) مجموع حاصل ضرب‌های به‌دست آمده در بند (ب) را به‌دست آورید.
د) عدد به‌دست آمده در بند (ج) یا مجموع حاصل ضرب‌ها بر مجموع درصد باقی‌مانده روی کلیه الک‌ها و کفه تقسیم شود.

مقدار عدد ریزی ماسه را می‌توان توسط رابطهٔ زیر به‌دست آورد:

$$a = \text{(عدد ریزی ماسه)} = \frac{\text{مجموع حاصل ضرب درصد باقی‌مانده بر روی هر الک در ضریب آن الک}}{\text{مجموع درصد باقی‌مانده بر روی کلیه الک‌ها و کفه}} = \frac{\sum ai\ gi}{\sum gi}$$

ai: ضریب الک gi: درصد جرم ماسه باقی‌مانده در هر الک a: عدد ریزی Σ: مجموع چند کمیت

مثال زیر نحوهٔ محاسبهٔ عدد ریزی دانه یک ماسه را نشان می‌دهد:
نمونه‌ای از یک ماسه ریخته‌گری تحت آزمایش جدا کردن با الک قرار گرفته است که نتایج آزمایش به قرار زیر می‌باشد:
مقدار نمونه: ۵۰ گرم
مقدار خاک رس: ۶٫۳ گرم معادل ۱۲٫۶ درصد
مقدار دانه‌های ماسه: ۴۳٫۷ گرم معادل ۸۷٫۴ درصد.

جدول ۲ــ نتایج آزمایش جداکردن با الک برای نمونه صفحه قبل

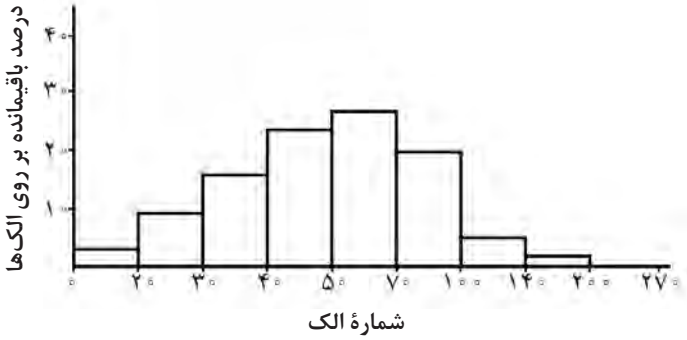
شماره سری الک استاندارد آمریکا	جرم باقی‌مانده برروی هر الک (گرم)	درصد باقی‌مانده برروی هر الک gi	ضریب الک ai	حاصل ضرب ai و gi
۶	۰	۰/۰	۳	۰
۱۲	۰	۰/۰	۵	۰
۲۰	۰	۰/۰	۱۰	۰
۳۰	۰	۰/۰	۲۰	۰
۴۰	۰/۲	۰/۴	۳۰	۱۲
۵۰	۰/۶۵	۱/۳	۴۰	۵۲
۷۰	۱/۲	۲/۴	۵۰	۱۲۰
۱۰۰	۲/۲	۴/۴	۷۰	۳۰۸
۱۴۰	۸/۲	۱۶/۴	۱۰۰	۱۶۴۰
۲۰۰	۱۱/۰۵	۲۲/۱	۱۴۰	۳۰۹۴
۲۷۰	۱۰/۹	۲۱/۸	۲۰۰	۴۳۶۰
کفه	۹/۳	۱۸/۶	۳۰۰	۵۵۸۰
مجموع	۴۳/۷	۸۷/۴		۱۴۲۶۶

با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول (۲) عدد ریزی ماسه به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$a = \frac{\sum ai\ gi}{\sum gi} = \frac{۱۴۲۶۶}{۸۷/۴} = ۱۶۳/۲$$

نتیجه‌گیری و بحث

روش‌های مختلفی برای بیان نتایج و ارائهٔ وضعیت عددریزی ماسه وجود دارد، که یکی از پر کاربردترین آنها رسم نمودار درصد باقی‌مانده به‌صورت ستونی است، بدین ترتیب که درصد باقی‌مانده بر روی هر الک محاسبه شده و ستونی متناسب با مقدار آن در نقطهٔ شمارهٔ الک رسم می‌شود. از چنین نموداری که نمونه‌ای از آن در شکل (۵) آمده است، می‌توان چند الکه بودن ماسه را تعیین کرد. هر یک از الک‌ها که درصد باقی‌مانده ماسه بر روی آن بیش از ۱۰ درصد باشد یک الک محسوب می‌شود و مجموع تعداد این‌گونه الک‌ها مشخص کنندهٔ چند الکه بودن ماسهٔ مورد آزمایش است. به شرط آنکه مطابق استاندارد (AFS) مجموع درصد باقی‌مانده بر روی همهٔ الک‌های نام برده شده بیش از ۷۵ درصد باشد. به عنوان نمونه مثال آورده شده در این آزمایش که عددریزی (AFS) آن حدوداً ۱۶۳/۲ محاسبه شد، یک ماسهٔ چهار الکه است (در حقیقت ۳ الک و یک کفه).



شکل ۵ــ نمودار ستونی درصد باقی‌مانده بر هر الک بر حسب شماره الک

نکته

لازم به ذکر است در مورد ماسه‌هایی که دارای خاک رس هستند، برای محاسبه و تعیین عددریزی ابتدا باید ماسه کاملاً شسته شود و خاک رس آن جدا شود و سپس ماسه بدون خاک رس در درجه حرارت و زمان معین و مناسب حرارت داده شود تا خشک گردد. بعد از این مرحله می‌توان آزمایش جدا کردن با الک یا غربال را انجام داد.

به‌طور کلی عدد ریزی ماسه راهی سریع برای بیان متوسط اندازهٔ دانه‌های یک ماسه است و مقدار آن می‌تواند برای مقایسه درجهٔ ماسه با ماسه‌های دیگر به‌کار رود یا برای کنترل ماسهٔ ذخیره یا ماسهٔ در گردش یک کارگاه ریخته‌گری مورد استفاده قرار گیرد. عدد ریزی ماسه همچنین برای محاسبهٔ دیگر اطلاعات مربوط به عملیات ماسه ریخته‌گری مفید است.

عددریزی، اطلاعات مربوط به توزیع اندازه دانه‌ها در ماسه را ارایه نمی‌کند. بنابراین احتمال دارد دو ماسه که دارای یک عدد ریزی هستند، توزیع دانه متفاوت داشته باشند و نفوذپذیری و قابلیت عبور گاز آنها نیز متفاوت باشد. گذشته از آن، خواص دو ماسه که عددریزی یکسانی دارند می‌توانند به واسطهٔ تفاوت در شکل دانه‌های آنها یکسان نباشد. نمونه‌ای از دو ماسهٔ مختلف که عدد ریزی یکسان دارند ولی توزیع دانه‌های آنها متفاوت است در جدول شماره (۳) آمده است.

جدول ۳ــ درصد باقی‌مانده بر روی هر الک برای دو ماسه با عددریزی یکسان و توزیع اندازه متفاوت

شمارهٔ الک استاندارد آمریکا	درصد باقی‌مانده (ماسهٔ الف)	درصد باقی‌مانده (ماسهٔ ب)
۶	۰/۰	۰/۰
۱۲	۰/۰	۰/۰
۲۰	۰/۰	۰/۰
۳۰	۱	۰/۰
۴۰	۲۴	۱
۵۰	۲۲	۲۴
۷۰	۱۶	۴۱
۱۰۰	۱۷	۲۴
۱۴۰	۱۴	۷
۲۰۰	۴	۲
۲۷۰	۱/۷	۰/۰
کفه	۰/۳	۱
مجموع	۱۰۰	۱۰۰
عددریزی (AFS)	۶۰	۶۰

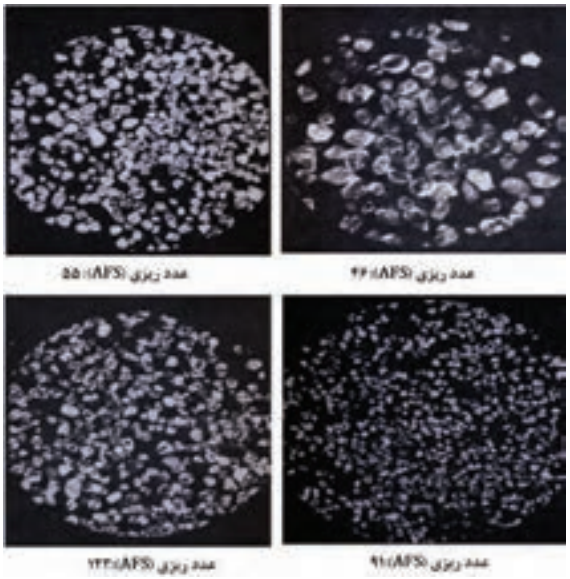
جدول شماره (۴) نیز نتایج آزمایش تفکیک با الک و عدد ریزی سه نوع ماسه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود ماسهٔ دریاچه دارای عدد ریزی (AFS) معادل ۶۵ است و سه الکه است. ماسهٔ انباشته مورد آزمایش چهار الکه و عدد ریزی(AFS) آن معادل ۸۸/۱ است، برای تهیهٔ ماسه‌ای که از نظر وضعیت دانه‌بندی مابین دو ماسه نام برده قرار داشته باشد، ۴۰٪ ماسهٔ انباشته و ۶۰٪ ماسهٔ دریاچه مخلوط شده و ماسه‌ای چهار الکه با عدد ریزی (AFS) معادل ۶۸/۷ حاصل شده است.

جدول ۴ـ نتایج آزمایش تفکیک با الک و عدد ریزی برای چند نوع ماسه

نوع ماسه / شمارهٔ الک	ماسهٔ دریاچه (درصد باقی‌مانده)	ماسهٔ انباشته (درصد باقی‌مانده)	ماسه‌ای مرکب از ۶۰٪ ماسهٔ دریاچه و ۴۰٪ ماسهٔ انباشته
۲۰	۰/۱۳	۰	۰/۰۸
۳۰	۰/۶۷	۰/۰۳	۰/۴۱
۴۰	۲/۳۵	۰/۰۶	۱/۴۳
۵۰	۱۶/۰۲	۱/۴۸	۱۰/۲۰
۷۰	۴۵/۸۲	۱۳/۳۰	۳۲/۸۱
۱۰۰	۳۳/۲۸	۴۳/۲۷	۳۷/۲۸
۱۴۰	۱/۲۳	۲۷/۶۶	۱۱/۸۰
۲۰۰	۰/۱	۱۰/۹۰	۴/۴۲
۲۷۰	۰/۰۱	۱/۸۹	۰/۷۶
کفه	۰/۳۹	۱/۴۲	۰/۸
عددریزی (AFS)	۵۶	۸۸/۱	۶۸/۷

اندازه و پخش ذرات ماسه بسیاری از خواص مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ذرات ریز ماسه در حالی‌که سطوح صافی را در قالب به‌وجود می‌آورند باعث کاهش قابلیت نفوذ گاز می‌شوند. اما ذرات درشت از دیرگدازی و قابلیت نفوذ گاز بیشتری برخوردار هستند. از طرفی ذرات درشت از استحکام کمتری برخوردار می‌باشند. به همین دلیل اکثر ماسه‌های ریخته‌گری به منظور قابلیت نفوذ گاز و استحکام کافی و دیرگدازی مناسب از چند ماسه با اندازه دانهٔ مختلف تشکیل می‌شوند. لازم به توضیح است که شکل ذرات ماسه ممکن است کروی، گوشه‌دار و یا حالتی بین آن دو داشته باشند، معمولاً ماسه‌های کروی از قابلیت نفوذ عالی، استحکام و شکل‌پذیری کمتری برخوردارند در حالی‌که ماسه‌های گوشه‌دار استحکام و شکل‌پذیری خوبی داشته ولی قابلیت نفوذ نامطلوبی دارند. در عمل به دلیل فراهم کردن مجموعهٔ مناسبی از خواص ذکر شده معمولاً از ماسه‌هایی با شکل‌های مختلف (نیمه‌گوشه‌دار) استفاده می‌شود. در شکل (۶) تصاویر میکروسکوپی نمونه‌هایی از ماسه‌های نیمه گوشه دار مورد استفاده در ریخته‌گری با عدد ریزیِ مختلف آورده شده است.

به‌طـور کلـی و بـا توجه به مباحث ذکر شـده، چنین اسـتنباط می‌شـود که، اندازه و پخش ذرات ماسـه و شـکل آنهـا مجموعـاً خـواص عمومی ماسـه از نظر دیرگدازی، شـکل پذیری، قابلیـت نفوذ گاز و صافی سـطوح قالب را تحـت تأثیـر قـرار می‌دهنـد و بـه همین دلیل آزمایـش تعیین انـدازه و پخش ذرات ماسـه یکـی از آزمایش‌های اولیـه و مهـم در تعیین خواص مواد قالب اسـت.



شکل ۶ــ تصاویر میکروسکوپی چند نمونه ماسهٔ نیمه گوشه دار

فعالیت کارگاهی

کار عملی ۲ــ انجام آزمایش تعیین اندازه و پخش ذرات ماسه:

پـس از تشـکیل گروه‌هـای دو یـا سـه نفـره از ماسـه‌های قالب‌گیـری و ماهیچه‌گیـری موجـود در کارگاه ریخته‌گـری بـا رعایـت نـکات ایمنـی نمونه‌بـرداری کنیـد.

در صـورت امـکان از ۲ یـا ۳ نـوع ماسـهٔ مختلـف (ماننـد ماسـهٔ سیلیسـی طبیعـی و مصنوعـی و ماسـه کرومیتـی یـا زیرکنـی) نمونه‌بـرداری شـود کـه امـکان مقایسـه نتایـج وجـود داشـته باشـد. سـپس آزمایش را مطابـق دسـتور کار گفتـه شـده بـرای هریـک از ماسـه‌ها انجـام دهیـد. و بـا توجـه بـه سـری الک‌هـای موجـود در آزمایشـگاه، جـدول مربـوط بـه نتایـج هـر ماسـه را تنظیـم کـرده و از روی آن "عـدد ریـزی ماسـه" و "چنـد الکـه بـودن " هـر ماسـه را تعییـن کـرده و سـپس نحـوهٔ توزیـع ذرات را به‌صـورت نمـودار بـرای هـر کـدام ترسـیم کـرده و نتیجـه را به‌صـورت گـزارش کار ارائـه دهیـد.

نکته

- در توزین نمونه‌ها حتماً از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم استفاده کنید و از ضربه زدن به آن خودداری کنید.
- از آماده به‌کار بودن دستگاه تعیین دانه بندی و سالم بودن الک‌های آن اطمینان حاصل کنید.
- پس از اتمام آزمایش الک‌ها را به ترتیب روی دستگاه ببندید و همیشه به‌خاطر داشته باشید که الک‌ها را باید همواره تمیز نگه داشت.

نکته زیست محیطی

پس از اتمام آزمایش ماسه‌های مورد آزمایش را از محیط آزمایشگاه جمع‌آوری کرده و به ماسه دان کارگاه بریزید و محل انجام آزمایش را تمیز و مرتب کنید.

آزمایش تعیین مقدار خاک رس

خاک رس متداول‌ترین چسب مورد استفاده در مخلوط‌های ماسه قالب‌گیری است. خاک دارای ماسه که عامل چسبندگی ذرات ماسه است تأثیر زیادی روی خواص ماسه از جمله استحکام‌تر، استحکام خشک و قابلیت نفوذ گاز دارد. خاک رس اساساً آلومینیم سیلیکات است اما از آنجا که این ماده محصول تجزیه شده از انواع سنگ‌های آذرین است، انواع مختلف آن از نظر ترکیب شیمیایی طیف وسیعی را در بر می‌گیرند. خاک رس سه خصوصیت عمده دارد:

شکل ۷ـ نمونه‌ای از خاک رس

الف) خاک رس می‌تواند پس از مخلوط شدن با ماسه و آب کافی، شکل‌پذیری و چسبندگی در مخلوط ایجاد کند.

ب) خاک رس می‌تواند خشک شود و سپس با اضافه کردن آب، مجدد خاصیت شکل‌پذیری را کسب کند. البته درجه حرارت خشک کردن نباید زیاد بالا باشد.

ج) اگر خاک رس به دمای خیلی بالا برده شود، کلسینه می‌شود و از بین می‌رود و در آن صورت با افزودن آب نمی‌توان آن را دوباره شکل‌پذیر ساخت. دمای کلسینه شدن برای انواع مختلف خاک رس متفاوت است.

از نقطه نظر تهیهٔ مخلوط ماسه قالب‌گیری، مهم‌ترین خاصیت خاک رس تشکیل ساختمان لایه‌ای نازک و توانایی جذب یون‌های فلزی و آب است. لایه‌های خاک رس بسیار نازک (در حدود ۱۵ تا ۳۰ آنگستروم) است و به سهولت یون‌های فلزی را جذب می‌کند و سپس آب بر روی این یون‌ها جذب می‌شود. آب جذب شده یک ذره خاک رس را به دیگری اتصال می‌دهد و لایه‌های خاک رس از طریق آب بر روی سطوح ماسه اصلی گسترده می‌شوند و به کمک نیروهای مولکولی اتصال لازم را فراهم می‌سازند. در حقیقت رطوبت کافی ماسه (آب فیزیکی) عامل یونیزه شدن آب تبلور (آب مولکولی) خاک رس می‌شود.

خاک رس خالص یا کائولن دارای ترکیب متبلور آلومینیوم سیلیکات ($Al_2O_3 . 2SiO_2 . 2H_2O$) می‌باشد و ناخالصی‌هایی که مانند سدیم، پتاسیم، آهن و کلسیم به‌صورت سیلیکات در این خاک پدید می‌آیند رنگ آن را از صورتی روشن به قهوه‌ای تیره مبدل می‌سازد. خاک رس معمولی‌ترین ترکیب ناخالص کائولن است و در ریخته‌گری به‌کار می‌رود. از نقطه نظر قالب‌گیری مهم‌ترین خاصیت خاک‌ها جذب آب است که پس از یونیزاسیون تولید یون‌های $2H^+$ و O^- می‌کند. این یون‌ها که دارای بارهای مثبت و منفی هستند و در لابه‌لای ذرات سیلیس قرار می‌گیرند، باید چسبندگی لازم را برای ماسه تأمین کنند زیرا این بارها مختلف

هستند و یکدیگر را جذب می‌کنند. باید توجه داشت که عمل یونیزاسیون در داخل آب و رطوبت ماسه انجام می‌شود. بنابراین کنترل آن اهمیت زیادی دارد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که خاک رس در آب و رطوبت ماسه فعال می‌شود.
به‌طور کلی میزان خاک مخلوط ماسه قالب‌گیری به ذراتی اطلاق می‌گردد که قطر آنها کمتر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر باشد. در مخلوط‌های ماسه قالب‌گیری که حاوی بنتونیت و پودر زغال غیرفعال است این ذرات نیز همراه با خاک واقعی مخلوط خارج می‌شوند، بنابراین برای اندازه‌گیری میزان واقعی خاک باید به این مسأله توجه کرد.

وسایل مورد نیاز جهت تعیین مقدار خاک رس ماسه

۱ **ترازوی دقیق دیجیتالی:** جهت توزین نمونه‌های مورد آزمایش از یک ترازوی دقیق دیجیتالی با دقت یک صدم گرم استفاده می‌شود.
۲ **خشک کن ماسه (آون):** از این کوره جهت خشک کردن نمونه‌های مورد آزمایش استفاده می‌شود. این خشک‌کن‌ها که معمولاً به آنها آون نیز گفته می‌شود در انواع و مدل‌های مختلفی وجود دارند. این کوره‌ها دارای محفظه استیل بوده و مجهز به زمان سنج و چند عدد سینی استیل جهت قرار دادن نمونه‌ها هستند که توسط المنت‌های اطراف محفظه، ایجاد حرارت قابل کنترل ۵۰ الی ۲۵۰ درجهٔ سلسیوس با دقت ۱۰ ± درجهٔ سلسیوس کرده که جهت خشک کردن نمونه‌های آزمایش مورد استفاده قرار می‌گیرند. در شکل (۸) نمونه‌ای از این کوره‌ها نشان داده شده است.

شکل ۸ـ خشک‌کن (آون)

۳ **دستگاه شست‌وشوی ماسه:** از این دستگاه جهت شست‌وشوی ماسه و جداسازی خاک رس از دانه‌های ماسه استفاده می‌شود که معمولاً در دو نوع معمولی و خودکار وجود دارد. که دستگاه شست‌وشوی خودکار به منظور جداسازی خاک رس از ماسه و خارج ساختن آن همراه با آب، طراحی و ساخته شده است. به‌طوری‌که عملیات جداسازی به‌طور خودکار انجام می‌گیرد و فرصت لازم برای رسوب ذرات ماسه و نیز زمان مناسب برای تخلیه آب و ذرات خاک رس معلق در آن توسط دستگاه تنظیم می‌شود. در شکل (۹) دو نمونه از دستگاه‌های شست‌وشوی ماسه نشان داده شده است.

الف) دستگاه شست‌وشوی خودکار ب) دستگاه شست‌وشوی معمولی

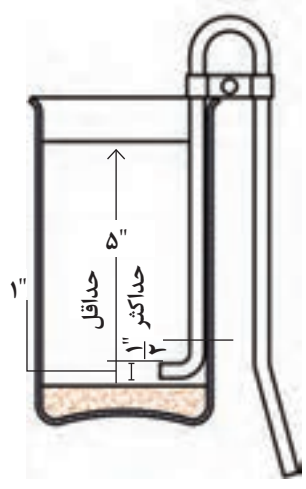
شکل ۹ــ دو نمونه از دستگاه‌های شست‌وشوی ماسه

۴ **بِشــر یک لیتــری به همراه ســیفون:** شـکل (۱۰) بشـر مورد اسـتفاده در آزمایـش تعیین خاک رس ماسـه ریخته‌گـری و وضعیت صحیـح لولـهٔ سـیفون مـورد اسـتفاده جهت تخلیـه آب و جداسـازی ذرات خـاک رس از دانه‌هـای ماسـه را نشـان می‌دهـد.

۵ **میلهٔ شیشه‌ای جهت هم زدن محلول آب و ماسه.**

۶ **قیف شیشه‌ای و کاغذ صافی.**

۷ **تایمر.**



شکل ۱۰ــ بشر و سیفون مورد استفاده در آزمایش تعیین درصد خاک رس

دسـتور کار انجـام آزمایش: پـس از نمونه‌بـرداری و آماده‌سـازی نمونه‌هـای مـورد نیاز، مقدار ۵۰ گرم ماسـه را توزیـن کرده و آزمایش را به‌صـورت زیر ادامـه دهید:

۱ ماسـهٔ وزن شـده را بـه مـدت یک سـاعت در دمایی بیـن ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجـهٔ سلسـیوس داخل کـوره الکتریکی خشـک کنید.

به منظور اطمینان از خشـک شـدن کامل ماسـه و نیز سـهولت کار، بهتر اسـت ماسـه در سـطح وسـیعی گسـترده شـود به‌طوری‌کـه فقـط لایـهٔ نازکـی از آن در هـر ناحیه از سـطح موجود باشـد و رطوبت به آسـانی در مـدت مورد نظـر تبخیر و خارج شـود.

۲ پـس از خشـک شـدن کامـل ماسـه، وزن دقیـق آن را با تـرازوی دقیق دیجیتالـی اندازه‌گیری کنید. ماسـه را به داخـل یـک مخلوط‌کـن یـا همزن برقی که همان دسـتگاه شست‌وشـوی ماسـه اسـت بریزید.

۳ مقـدار ۴۷۵میلی‌لیتـر آب مقطر ۲۵ درجهٔ سلسـیوس به ماسـه اضافه کنید، دقت داشـته باشـید کـه آب اضافه شـده خنثـی باشـد زیـرا در غیر این صـورت در تعیین مقـدار خاک رس خطـای قابل توجهی ظاهر می‌شـود.

۴ پـس از افـزودن آب مقدار ۲۵ میلی‌لیتر از یک محلول اسـتاندارد ۱/۵ درصد پیروفسـفات ($Na_4P_2O_7$) به‌محلول اضافه کنید.

نکته

افزودن محلول استاندارد ۱/۵ درصد پیروفسفات ($Na_4P_2O_7$) به منظور جلوگیری از کلوخه شدن و یا لخته شدن و به هم چسبیدن ذرات ماسه و خاک رس صورت می‌گیرد. در برخی موارد از سدیم هیدروکسید یا سود سوزآور (NaOH) نیز برای جلوگیری از کلوخه شدن ذرات استفاده می‌شود ولی ترکیب ترا سدیم پیروفسفات بر سدیم هیدروکسید ارجحیت دارد زیرا سدیم هیدروکسید باعث ژلاتینی شدن ماسه شده و در نتیجه از رسوب صحیح و کامل ذرات ماسه جلوگیری می‌کند.

۵ پـس از افـزودن آب مقطـر و محلـول ترا سـدیم پیروفسـفات درپوش دسـتگاه شست‌وشـوی ماسـه را محکم بسـته و دسـتگاه را بـه مـدت یک سـاعت بـا سـرعت ۶۰ دور بر دقیقه بـه چرخـش در بیاورید.

۶ پس از مدت زمان یک سـاعت دسـتگاه شست‌وشـوی ماسـه را خاموش کرده و سـپس، ماسـه‌ای را که هم زده شـده را وارد بِشـر کـرده و بـر روی آن آب مقطـر بریزیـد به‌طـوری که ارتفاع آب به حدود ۱۵ سـانتی‌متر برسـد. شـرایط بایـد به‌گونه‌ای باشـد که کلیـه ذرات موجود در محلـول به خوبی مخلوط و در هم باشـند.

۷ سـپس بِشـر را روی سـطح صـاف و تـراز یـک میز قـرار داده و به مـدت ۱۰ دقیقه (توسـط زمان‌سـنج) اجازه دهید تا ذرات ماسـه رسـوب کنند. در چنین شـرایطی ذرات خاک معلق خواهند بود و می‌توانیم با یک سـیفون مطابق شـکل (۱۰) که ارتفاعش ۱۲/۵ سـانتی‌متر اسـت مایع بِشـر را تخلیه کنیم.

۸ مجـدداً آب مقطـر بـه بِشـر اضافـه کنیـد و توسـط یک میله شیشـه‌ای هـم زدن محلـول را انجـام دهید. ۱۰ دقیقـه بـرای رسـوب ذرات فرصـت داده و دوباره آب را به کمک سـیفون تا عمق ۱۲/۵ سـانتی‌متری تخلیه کنید.

نکته

عملیات اضافه کردن آب، هم زدن و زمان دادن جهت رسوب ذرات و خارج کردن آب به کمک سیفون تا عمق ۱۲/۵ سانتی‌متری را آن‌قدر تکرار کنید تا آب اضافه شده، پس از ۵ دقیقه زمان دادن، در عمق ۱۲/۵ سانتی‌متری کاملاً شفاف به نظر برسد. با این روش موادی که با سرعت یک اینچ بر دقیقه به سمت پایین حرکت می‌کنند از دانه‌های دیگر جدا می‌شوند. این‌گونه ذرات دارای قطری معادل ۲ میکرون یا کوچک‌تر از آن هستند و خاک‌رس (Clay) محسوب می‌شوند.

۹ پـس از تکمیـل مراحـل بـالا آب داخل بشـر را روی کاغـذ صافی که بر روی یک قیف شیشـه‌ای گذاشـته شـده بریزیـد و صبـر کنیـد تا آب کامـلاً از کاغذ صافی عبور کند، سـپس ماسـهٔ باقی‌مانـده روی کاغذ صافی خشـک کـرده و با تـرازوی دیجیتالی دقیـق جرم ماسـه را تعیین کنید.

۱۰ اختـلاف بیـن وزن ماسـهٔ خشـک شـدهٔ باقی‌مانده و نمونـهٔ اولیه، مقدار خـاک رس را نشـان می‌دهد. پس از تعییـن مقـدار خـاک رس، میزان آن معمـولاً به‌صورت درصد بیان می‌شـود.

میزان خاک رس مخلوط ماسه قالب‌گیری با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

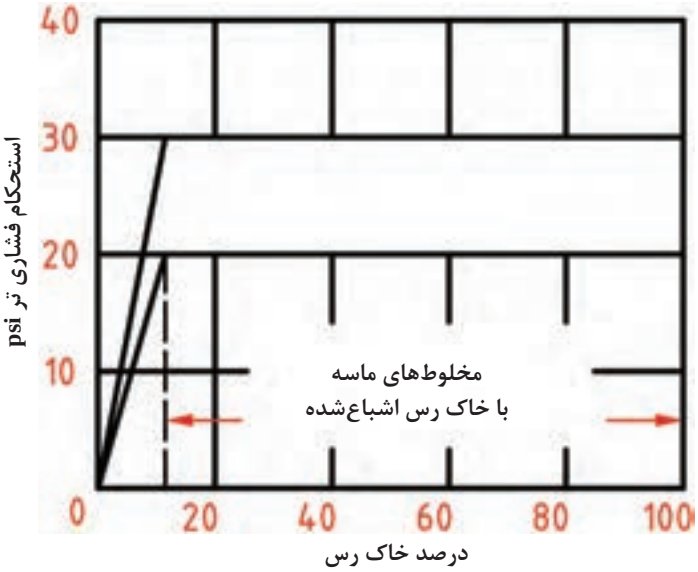
$$\text{درصد خاک ماسه} = \frac{\text{جرم ماسه بعد از آزمایش} - \text{جرم اولیهٔ ماسه}}{\text{جرم اولیهٔ ماسه}} \times ۱۰۰$$

نتیجه‌گیری و بحث

میـزان خـاک رس موجـود در مخلوط‌های ماسـه قالب‌گیری با چسـب خـاک رس بر روی بسـیاری از خواص فیزیکـی ماسـه ریخته‌گـری تأثیـر دارد. به‌طـوری کـه مقـدار خـاک رس موجـود در ماسـه بـه شـرط آنکـه رطوبـت کافـی بـرای فعال شـدن خاک رس وجود داشـته باشـد، تعیین‌کنندهٔ اسـتحکام و نفوذپذیری ماسـه ریخته‌گـری اسـت. همچنیـن اطـلاع از میـزان خـاک رس می‌توانـد امـکان پیش‌بینـی خصوصیات ماسـه را فراهم سـازد.

به‌طورکلـی ماسـه‌های قالب‌گیـری را می‌تـوان براسـاس میـزان خـاک رسـی کـه بـه همـراه دارنـد بـه دو صـورت ماسـهٔ اشـباع شـده از خـاک رس یـا ماسـه اشـباع نشـده از خـاک رس دسـته‌بندی کـرد.

ماسـهٔ اشـباع شـده از خـاک رس، ماسـه‌ای اسـت کـه حـاوی مقـدار بسـیار زیـادی از خـاک رس اسـت به‌طوری‌کـه افزایـش بیشـتر خـاک رس به آن باعث افزایش اسـتحکام فشـاری تر چنین ماسـه‌ای نمی‌شـود. ایـن مطلـب در شـکل شـماره (۱۱) به‌صـورت یـک نمـودار نشـان داده شـده اسـت، درایـن نمـودار حداکثر اسـتحکام فشـاری تـر بـر حسـب درصد خاک رس ترسـیم شـده اسـت.



شکل ۱۱ـ نمودار تأثیر میزان خاک رس بر روی استحکام فشاری تر نهایی مخلوط‌های ماسه ـ آب ـ خاک رس

از بررسـی نمـودار شـکل (۱۱) نتیجـه می‌شـود که وقتی مقدار خـاک رس موجود به یک حد خـاص افزایش یابد و ماسـه بـه حالـت اشـباع از خاک رس برسـد، ادامهٔ افزایـش خاک رس اثری بر اسـتحکام نهایی نخواهد داشـت. همچنیـن منطقـهٔ پهن شـده نمودار، تغییرات حداکثر اسـتحکام فشـاری‌تر را کـه بر اثر خلوص خـاک رس و نوع آن، وضعیـت انـدازه و توزیـع دانه‌ها و دیگر عوامل مشـابه پدید آمده اسـت نشـان می‌دهد.

فعالیت عملی ۳

تعیین میزان خاک رس ماسهٔ قالب‌گیری

پـس ازتشـکیل گروه‌هـای سـه یـا چهـار نفـره ماسـه‌های قالب‌گیـری موجـود در کارگاه ریخته‌گـری را نمونه‌بـرداری کنیـد و آزمایـش را مطابـق دسـتور کار گفته شـده انجـام داده و نتیجه را به‌صورت گـزارش کار ارائـه دهید.

نکته

- قبل از شروع و انجام آزمایش از سالم بودن و آماده به‌کار بودن وسایل مورد استفاده در آزمایش اطمینان حاصل کنید.
- پس از اتمام آزمایش وسایل مورد استفاده را تمیز کرده و سر جای خود قرار دهید.

نکته زیست محیطی

پس از اتمام کار محیط آزمایشگاه را تمیز کرده و ماسه‌های اضافی را به ماسه دان کارگاه برگردانید و از پراکنده شدن ماسه در محیط کارگاه جلوگیری شود.

نکته ایمنی

هنگام تهیهٔ محلول استاندارد پیروفسفات یا سود سوزآور حتماً از دستکش پلاستیکی و ماسک تنفسی استفاده کنید و حتی‌الامکان محلول را زیر هود آزمایشگاهی تهیه کنید.

پرسش

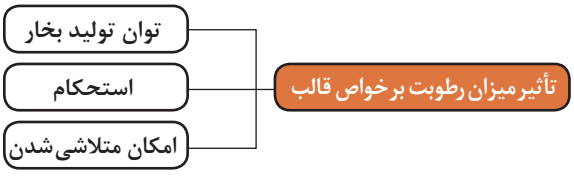
میزان بهینهٔ خاک رس در یک ماسهٔ ایدئال ریخته‌گری چه مقدار است؟ کم یا زیاد بودن آن چه تأثیراتی می‌تواند بر خواص قالب داشته باشد؟

بحث گروهی

پس از بحث و گفت‌وگو در رابطه با پرسش بالا پاسخ تحلیلی را به همراه گزارش کار به هنرآموز تحویل دهید.

آزمایش‌های تعیین رطوبت

رطوبت عبارت است از آب ظاهری موجود در ماسه به میزان ۳/۵ تا ۸ درصد که با وجود خاک رس باعث بالا رفتن خاصیت شکل‌پذیری (پلاستیسیته) و استحکام تر ماسه می‌شود. خاک رس آب و رطوبت ماسه را جذب می‌کند و به حد اشباع می‌رسد، در نتیجه بر اثر فشرده شدن ماسه و نزدیک شدن ذرات به یکدیگر استحکام ماسه افزایش می‌یابد. به‌طور خلاصه می‌توان گفت که وجود مقدار معینی آب در ماسه قابلیت شکل‌پذیری ماسه را بالا می‌برد ولی اگر مقدار آن از حد مجاز بیشتر شود استحکام ماسه کاهش می‌یابد. از این رو کنترل و تنظیم میزان رطوبت ماسه خیلی مهم است و در فرایند قالب‌گیری تأثیر فراوانی دارد.



لازم به توضیح است که میزان آب مورد استفاده در ماسهٔ قالب‌گیری باید در حداقل مقدار خود درنظر گرفته شود. برای بررسی میزان آب مورد استفاده موارد زیر باید مد نظر قرار گیرد:

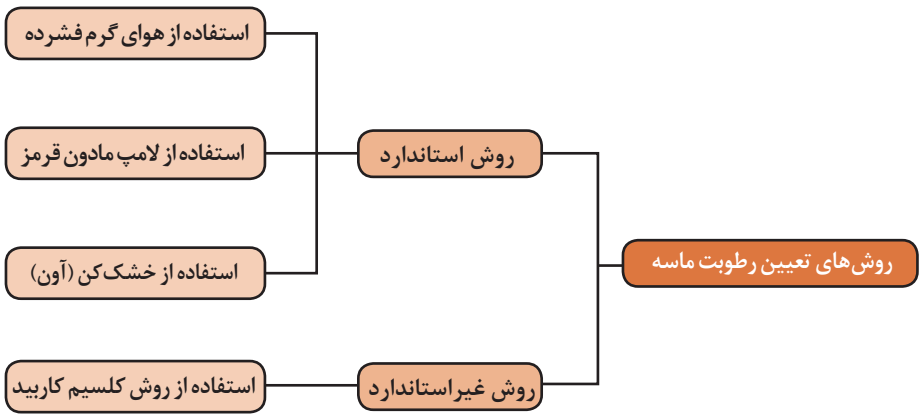
۱ **اطمینان پیدا کردن از حصول خواص چسبندگی بالا:** در صورت افزایش درصد آب، تمامی خواص استحکامی به شدت کاهش پیدا می‌کند. در صورت پایین بودن استحکام فشاری تر احتمال تخریب قالب در حین حمل و نقل بیشتر می‌شود.

۲ **به‌دست آوردن قابلیت پلاستیسیته (شکل‌پذیری) مناسب در ماسهٔ قالب‌گیری:** با افزایش درصد آب، قابلیت پلاستیسیته ماسه قالب‌گیری کاهش پیدا می‌کند. پلاستیسیته بالاتر به معنی قالبی با پایداری بیشتر است که باعث برطرف شدن عیوبی مانند انقباض، مک، تخلخل و عیوب ابعادی می‌شود. برای مقابله با انبساط حرارتی دانه‌های سیلیس به پلاستیسیته بالاتری نیاز است که باعث برطرف شدن عیوب ناشی از آن می‌شود.

۳ **جلوگیری از به‌وجود آمدن قالب‌هایی با فشردگی بسیار زیاد:** با افزایش درصد آب، سرعت فشرده شدن ماسه قالب‌گیری افزایش پیدا می‌کند.

۴ **اطمینان از به حداقل رساندن گاز تولید شده در هنگام ریخته‌گری:** حجم گاز تولید شده از ماسهٔ تر و بعد از ریخته‌گری با درصد آب موجود در ماسهٔ قالب رابطه مستقیم دارد. به‌طوری‌که تعداد زیادی از عیوب به‌وجود آمده در قطعات ریختگی نتیجهٔ تولید گاز حاصل از رطوبت است مانند حفره‌های گازی.

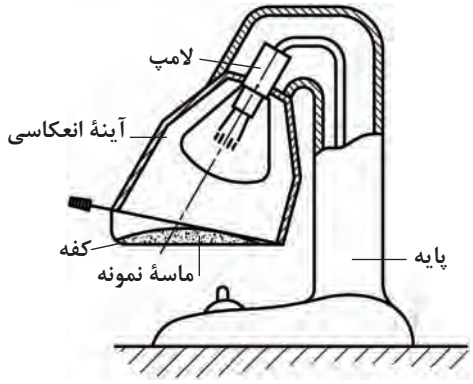
به‌طور کلی مقدار رطوبت ماسه، نباید از حد معینی بیشتر شود، از طرفی کاهش مقدار رطوبت نیز باعث از هم پاشیدگی و کاهش شکل‌پذیری قالب می‌گردد به همین دلیل تعیین مقدار مناسب رطوبت لازم است. معمولاً ریخته‌گران با تجربه به سهولت میزان این رطوبت را تخمین می‌زنند ولی در کارهای بزرگ و موارد مصرف زیاد، تعیین رطوبت ماسه از اهمیت زیادی برخوردار است و نمی‌توان تنها به تجربه متکی بود.



روش استاندارد: این روش برای تمامی مخلوط‌های ماسه قابل اجرا است، به‌جز مخلوط‌هایی که علاوه بر آب دارای مواد فرار و اکسید شدنی هستند. به‌طور کلی در این روش ماسه توسط تجهیزات مختلف خشک کن ماسه خشک می‌شود و اساس اندازه‌گیری میزان رطوبت ماسه بر مبنای کاهش وزن نمونه نسبت به وزن اولیهٔ آن است و معمولاً برحسب درصد بیان می‌شود. در شکل (۱۲) تجهیزات اندازه‌گیری رطوبت ماسه به روش استاندارد نشان داده شده است.

دستگاه هوای گرم فشرده

خشک‌کن (آون)



دستگاه مادون قرمز

شکل ۱۲ــ تجهیزات اندازه‌گیری رطوبت به روش استاندارد

لازم بـه ذکـر اسـت کـه با توجه به مدت زمان کم خشـک شـدن ماسـه در روش مـادون قرمز (حـدوداً ۳ الی ۵ دقیقـه) در صنایـع و کارخانه‌هـای ریخته‌گـری، بـه هنـگام تعیین میزان رطوبت ماسـه به روش اسـتاندارد بیشـتر از روش مـادون قرمز اسـتفاده می‌کنند.

تعییـن میـزان رطوبـت ماسـه به روش مـادون قرمـز: در ایـن روش یـک لامـپ اشـعه مـادون قرمز به‌عنـوان منبـع گرمـا بـرای تبخیـر رطوبت از ماسـه بـه‌کار مـی‌رود. به‌طـوری که یـک نمونه از ماسـه مورد نظر وزن شـده و بر روی کفه دسـتگاه قرار داده می‌شـود (در برخی از دسـتگاه‌ها کفه مسـتقیماً به سیسـتم تـرازو متصل اسـت و امکان توزین ماسـه به سـهولت وجود دارد)، گرمای لازم توسـط اشـعه مـادون قرمز که در بـالای کفـه قـرار دارد فراهـم می‌شـود. پس از تبخیـر کامل رطوبت ماسـه، توزین دوباره صـورت می‌گیرد و اختـلاف دو وزن نمایان‌گـر میـزان رطوبت اسـت.

وسایل مورد نیاز:

- ظرف نمونه‌گیر
- کورهٔ الکتریکی کوچک (آون) یا دستگاه مادون قرمز
- ظرف فلزی
- ترازوی دقیق دیجیتالی
- دسیکاتور

مراحل انجام آزمایش: توسط یک ظرف نمونه‌گیر تمیز و خشک از مخلوط ماسه مورد استفاده در محل قالب‌گیری به مقدار کافی نمونه‌برداری کنید. سپس به کمک ترازوی دقیق دیجیتالی مقدار ۵۰ گرم از ماسه نمونه‌برداری شده را توزین کنید. بعد از این مرحله، عملیات خشک کردن ماسه را انجام دهید.

لازم به ذکر است که عملیات خشک کردن ماسه می‌تواند در داخل کوره الکتریکی کوچک (آون) و یا در دستگاه مادون قرمز صورت گیرد. که نحوهٔ خشک کردن با هر کدام به شرح زیر است:

الف) خشک کردن توسط کوره الکتریکی (آون)

۱ ابتدا ماسهٔ توزین شده را داخل یک ظرف فلزی پهن کرده و در داخل آون قرار دهید سپس در آون را بسته و دمای آن را در محدودهٔ ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجهٔ سلسیوس تنظیم کرده و به مدت ۲ ساعت حرارت دهید.

۲ بعد از مرحله خشک کردن، نمونه را داخل دسیکاتور قرار دهید تا دمای آن کاهش یافته و به دمای محیط برسد.

نکته

بهتر است دسیکاتور مجهز به یک فن تخلیه باشد تا بخار آب حاصل را از محیط خارج کند.

۳ پس از رسیدن دمای نمونه به دمای محیط، جرم نمونه را دوباره با همان ترازو به دقت تعیین کنید. کاهش جرم معادل جرم آبی است که در مخلوط ماسه وجود داشته است.

نکته

روش تعیین میزان رطوبت به روش استاندارد بهترین روش کاربردی برای کارهای تحقیقاتی است اما به دلیل طولانی بودن زمان انجام کار برای کنترل مخلوط ماسه در کارخانه‌های ریخته‌گری که به‌طور مداوم انجام می‌گیرد، قابل اجرا نیست.

نحوهٔ محاسبه درصد رطوبت مخلوط ماسه قالب‌گیری: به‌طور کلی در هر دو روش خشک کردن چنانچه جرم‌های اندازه‌گیری شده، قبل و بعد از خشک کردن ماسهٔ نمونه (برحسب گرم) به ترتیب برابر با m و m_1 باشد در این صورت درصد رطوبت ماسه (%W) از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$\%W = \frac{m - m_1}{m} \times 100$$

از طرفی چون جرم ماسهٔ مرطوب (m) ۵۰ گرم است بنابراین:

$$\%W = \frac{m - m_1}{m} \times 100 \quad \Rightarrow \quad \%W = 2 \times \text{کاهش جرم}$$

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه مخلوط ماسه‌های قالب‌گیری دارای خاک رس و یا چسب‌های خاکی جهت چسبندگی ذرات ماسه به یکدیگر می‌باشند و از آن‌جایی که از نقطه نظر قالب‌گیری مهم‌ترین خاصیت خاک‌ها جذب رطوبت است که به‌دلیل جذب آب توسط خاک ذرات آن و ذرات ماسه به هم اتصال می‌یابند، که این عمل در داخل آب و رطوبت ماسه انجام می‌شود بنابراین کنترل میزان رطوبت مخلوط ماسه قالب‌گیری جهت بالابردن قابلیت قالب‌گیری و تولید قطعات سالم و بدون عیب اهمیت فراوانی دارد.

به‌طورکلی میزان رطوبت مخلوط ماسه علاوه بر میزان چسب موجود در آن، با توجه به روش‌های قالب‌گیری هم می‌تواند متغیّر باشد به‌طوری‌که در قالب‌گیری دستی میزان رطوبت ماسه معمولاً بین ۶ تا ۸ درصد است، در حالی که در قالب‌گیری‌های ماشینی و تحت فشار بالا میزان رطوبت بین ۳/۵ تا ۴/۵ درصد است.

فعالیت عملی ۴

تعیین درصد رطوبت مخلوط ماسه قالب‌گیری

پس از تشکیل گروه‌های سه یا چهار نفره با رعایت نکات ایمنی از محل قالب‌گیری نمونه‌برداری کرده و به دو روش ذکر شده در دستور کار آزمایش، نمونه‌های توزین شده را خشک کنید. سپس با استفاده از روابط موجود درصد رطوبت نمونه‌ها را محاسبه کرده و نتایج هر دو روش را با یکدیگر مقایسه کنید و نتیجه را به‌صورت گزارش کار ارائه دهید.

نکته

هنگام توزین نمونه‌ها از سالم و کالیبره بودن ترازوی دیجیتالی اطمینان حاصل کنید و به ترازو ضربه نزنید.

نکته ایمنی

- هنگام خشک کردن نمونه‌ها در خشک‌کن نکات ایمنی را رعایت کرده و از دستکش ایمنی استفاده کنید.
- هنگام استفاده از دستگاه مادون قرمز از سالم بودن لامپ و تایمر آن اطمینان حاصل کرده و هیچ‌گاه به لامپ دستگاه ضربه نزنید.
- وسایل و تجهیزات مورد استفاده را پس از اتمام آزمایش تمیز کرده و در سر جای خود قرار دهید.

نکته زیست محیطی

پس از اتمام آزمایش محیط آزمایشگاه را کاملاً تمیز کرده و ماسه‌های اضافی را از آزمایشگاه جمع‌آوری کرده و در ماسه‌دان کارگاه بریزید.

پرسش

اگر رطوبت مخلوط ماسهٔ قالب‌گیری در حد بهینه نباشد ممکن است باعث بروز چه عیوبی در قطعات ریختگی شود؟ درباره پرسش بالا بحث و گفت‌وگو کنید و نتیجه را به‌صورت گزارش کار به هنرآموز خود تحویل دهید.

روش‌های تعیین استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری

استحکام مخلوط ماسه‌های قالب‌گیری را می‌توان در آزمایش‌های استحکام فشاری، برشی، کششی یا خمشی تعیین کرد. برای هر یک از خواص فوق روش‌های آزمایش خاصی وجود دارد. اطلاع از استحکام مخلوط ماسه‌های قالب‌گیری و مبانی کنترل این خواص برای بهترین کاربرد و استفادهٔ بهتر از ماسه‌های ریخته‌گری ضروری است. برای اندازه‌گیری استحکام، ماسه‌های ریخته‌گری دستگاه‌های مختلفی به‌صورت تجاری ارائه می‌شود که در شکل (۱۳)چند نمونه از آنها نشان داده شده است.

شکل ۱۳ـ انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری استحکام ماسه

لازم به ذکر است که کلیهٔ این دستگاه‌ها چندکاره (universal) بوده و تمامی آزمایشات مربوط به استحکام ماسه را انجام می‌دهند. کافی است که فک‌های مربوط به هر آزمایش روی دستگاه سوار شود.

تعیین استحکام فشاری تر

استحکام تر: پس از آنکه ماسه با آب و چسب مخلوط شد، ماسهٔ تر حاصل می‌شود. ماسهٔ تر باید استحکام کافی و شکل‌پذیری مناسب را برای ساخت و نگهداری قالب داشته باشد. همچنین استحکام لازم به هنگام خارج کردن مدل از قالب و پس از آن را از خود نشان دهد. داشتن استحکام کافی به‌منظور حفظ شکل قالب پس از قالب‌گیری و در خلال جابه‌جا کردن قالب ضروری است.

استحکام تر یک مخلوط قالب‌گیری به عوامل مختلفی چون میزان رطوبت، مقدار چسب، شکل و اندازه و عددریزی ماسه بستگی دارد.

استحکام فشاری تر عبارت است از بیشترین تنش فشاری بر حسب psi (پوند بر اینچ مربع) که یک نمونه ماسهٔ تر با ابعاد استاندارد (۲ in × ۲ in) می‌تواند تحمل کند. چنین نمونه‌ای از مخلوط ماسهٔ مورد نظر تهیه و به کمک کوبهٔ استاندارد آزمایشگاهی پس از کوبش لازم آماده می‌شود. سپس نمونه مطابق روش استاندارد با استفاده از دستگاه تعیین استحکام فشاری ماسه تحت اعمال بار قرار می‌گیرد.

وسایل مورد نیاز:

- استوانهٔ استاندارد آماده‌سازی نمونه.
- دستگاه کوبهٔ آزمایشگاهی.
- ترازوی آزمایشگاهی
- دستگاه اندازه‌گیری استحکام ماسه، دارای دو فک استوانه‌ای هم محور روبه‌روی هم که نمونه ماسه بین آن قرار می‌گیرد.

مراحل انجام آزمایش: پس از آماده شدن مخلوط ماسه قالب‌گیری مورد استفاده در کارگاه ریخته‌گری به اندازهٔ مورد نیاز نمونه‌برداری کرده و آزمایش را به‌صورت زیر ادامه دهید:

۱ ابتدا نمونه‌ای استوانه‌ای به قطر و ارتفاع ۲ اینچ (۵/۰۸ سانتی‌متر) توسط کوبهٔ استاندارد تهیه کنید. برای ساختن نمونه مطابق شکل (۱۴)، ۱۴۵ تا ۱۷۵ گرم ماسه داخل استوانه استاندارد بریزید.

شکل ۱۴

۲ مطابق شکل (۱۵) استوانه را در پایین کوبه استاندارد در محل خود قرار دهید و با چرخاندن دستگیره آن سه ضربه به ماسه وارد کنید تا ارتفاع نمونه ماسه ۲ اینچ شود.

شکل ۱۵

۳ فک‌های مربوط به آزمایش استحکام فشاری تر (دو کفه دایره‌ای تخت) را روی دستگاه اندازه‌گیری استحکام ماسه ببندید.
۴ نمونهٔ ساخته شده را مطابق شکل (۱۶) در بین دو فک دستگاه آزمایش استحکام ماسه قرار دهید و با چرخاندن اهرم دستگاه به نمونه فشار وارد کنید تا نمونه تخریب شود.
۵ میزان فشار وارد شده را از روی دستگاه بخوانید این فشار نشان‌دهنده استحکام فشاری تر ماسه است.

شکل ۱۶

نتیجه‌گیری و بحث

عواملی چون میزان فشردگی، مقدار خاک رس، مقدار رطوبت و اندازهٔ ذرات ماسه بر استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری اثر می‌گذارد. افزایش کوبش و در نتیجه بالا رفتن میزان فشردگی مخلوط ماسه، باعث افزایش استحکام فشاری می‌شود. اگر میزان فشردگی ثابت باشد، افزایش مقدار خاک رس باعث بالا رفتن استحکام خواهد شد.

فعالیت کارگاهی

کار عملی ۵:
تعیین استحکام فشاری تَر

پس از تعیین گروه‌های سه یا چهار نفره و با رعایت نکات ایمنی از مخلوط ماسه‌ای که در کارگاه برای قالب‌گیری استفاده می‌شود نمونه‌برداری کرده و استحکام فشاری تر آن را مطابق مراحل انجام آزمایش تعیین استحکام فشاری تر ماسه تعیین کنید و نتیجه را به‌صورت گزارش کار ارائه دهید.

نکته

برای نتیجه‌گیری بهتر، هر گروه ۳ یا ۴ عدد نمونهٔ استاندارد تهیه کند.

نکته فنی

۱ هنگام تهیهٔ نمونهٔ استاندارد از ثابت و محکم بودن دستگاه کوبه اطمینان حاصل کنید.
۲ توجه داشته باشید که سطوح داخلی لولهٔ استاندارد دستگاه کاملاً صاف و صیقلی باشد و از روغن کاری قسمت‌های متحرک دستگاه اطمینان حاصل کنید.
۳ از کالیبره بودن دستگاه استحکام سنج ماسه اطمینان حاصل کنید.

فعالیت کارگاهی

کار عملی ۶:

بررسی تأثیر میزان رطوبت بر روی استحکام فشاری تر:

پس از تشکیل گروه‌های چهار نفره نمونه‌های استاندارد با ۱۰ و ۸، ۶، ۴ درصد رطوبت و با ۶ درصد چسب بنتونیت را توسط دستگاه کوبه استاندارد تهیه کرده و سپس توسط دستگاه اندازه‌گیری استحکام ماسه، استحکام فشاری تر نمونه‌ها را تعیین کنید و نتایج را در جدول و نمودار زیر نوشته و مورد بررسی قرار دهید و نتیجه را به‌صورت گزارش کار ارائه دهید.

درصد رطوبت	٪۴	٪۶	٪۸	٪۱۰
استحکام فشاری تر (psi)				

نکته ایمنی

هنگام استفاده از دستگاه‌ها نکات ایمنی دستگاه را رعایت کرده و پس از اتمام آزمایش‌ها وسایل و تجهیزات مورد استفاده را تمیز کرده و سر جای خود قرار دهید.

نکته زیست محیطی

محیط آزمایشگاه و محل انجام آزمایش را تمیز و مرتب کرده و ماسه‌های اضافی را به ماسه دان کارگاه برگردانید.

پرسش

۱ کم یا زیاد بودن میزان رطوبت چه تأثیری بر استحکام فشاری تر ماسه دارد؟

۲ ماکزیمم تنش فشاری مربوط به چند درصد رطوبت است؟ چرا؟

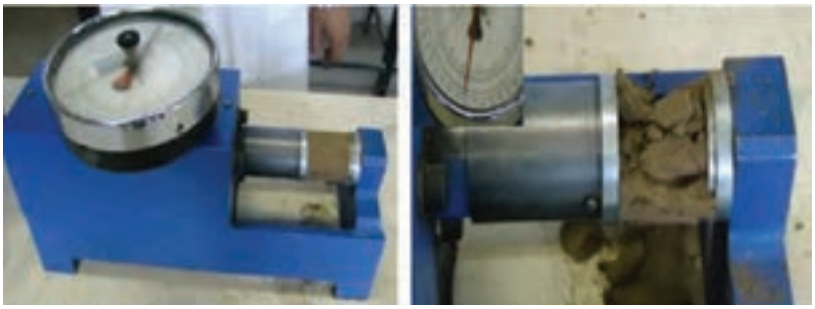
بحث گروهی

پس از بحث و گفت‌وگو در مورد پرسش بالا نتیجه را به همراه پاسخ تحلیلی با گزارش کار به هنرآموز تحویل دهید.

تعیین استحکام فشاری خشک

استحکام خشک: وقتی مذاب فلز به داخل قالب ریخته می‌شود ماسه با فلز داغ تماس حاصل می‌کند و رطوبت موجود در آن به سرعت تبخیر می‌شود و به‌صورت بخار خارج می‌شود. ماسهٔ خشک باید استحکام کافی برای مقاومت در برابر فرسایش و نیز استحکام کافی در برابر فشار متالواستاتیکی مذاب داشته باشد در غیراین‌صورت احتمال دارد که قالب اندازه و ابعاد خود را از دست بدهد.

عموماً استحکام فشاری خشک نیز همانند استحکام فشاری تر تحت تنش‌های فشاری بیشتر مورد توجه است و طبق تعریف استحکام فشاری خشک برابر است با حداکثر تنش فشاری بر حسب psi که یک نمونه استاندارد ماسه پس از خشک شدن و پخته شدن می‌تواند تحمل کند و گسیخته نشود.
لازم به ذکر است که اصطلاح استحکام خشک هم در مورد ماسه قالب‌گیری که در فرایند قالب‌گیری خشک شده و هم به ماسه قالب که پس از ورود مذاب به داخل آن خشک شده، به کار می‌رود.
دستگاه مورد استفاده جهت اندازه‌گیری استحکام در این آزمایش همانند آزمایش استحکام فشاری تر می‌باشد. (شکل ۱۷)



شکل ۱۷

وسایل مورد نیاز:

- وسایل آزمایش تعیین استحکام فشاری تر
- خشک‌کن (آون)
- صفحهٔ فلزی صاف
- دسیکاتور

دستور کار انجام آزمایش:

۱ روش کار شامل تهیه نمونه و قراردادن آن در دستگاه مانند آزمایش تعیین استحکام فشاری تر است با این تفاوت که نمونه مطابق بند ۲ به‌طور کامل خشک می‌شود.

۲ نمونه را روی یک صفحهٔ فلزی صاف قرار داده و در داخل خشک‌کن قرار دهید. و تا دمای بیشتر از ۱۰۵ و کمتر از ۱۱۰ درجهٔ سلسیوس به مدت ۲ ساعت خشک کنید. سپس نمونه را داخل دسیکاتور گذاشته و تا دمای محیط سرد و خنک کنید.

نکته

لازم به ذکر است که در آزمایش تعیین استحکام فشاری خشک، سرعت وارده توسط دستگاه به هر نمونه باید بین ۱۲۰ تا ۱۶۰ psi/min یعنی ۰/۸۳ تا ۱/۱ مگا پاسکال بر دقیقه (MPa/min) باشد. در چنین وضعیتی فشار نشان داده شده دستگاه مشخص کننده استحکام فشاری خشک ماسه خواهد بود.

بحث و نتیجه‌گیری

در حالت کلی استحکام فشاری خشک ماسه بین ۲۰ تا ۲۵۰ psi (۰/۱۴ تا ۱/۷ MPa) که بستگی به نوع ماسه دارد تغییر می‌کند. در مورد ماسه‌های سخت شده توسط چسب سدیم سیلیکات و گاز CO_2 این استحکام در شرایط مناسب به ۳۰۰ psi تقریباً به ۲ مگاپاسکال نیز می‌رسد.

فعالیت عملی ۷

انجام آزمایش استحکام فشاری خشک:

ابتـدا در گروه‌هـای چنـد نفـره تقسـیم بندی شـده و سـپس با رعایـت نکات ایمنـی از محـل قالب‌گیری بـه میـزان لازم نمونه‌بـرداری کـرده و آزمایـش را مطابـق دسـتور کار آن انجـام داده و نتیجـه را به‌صورت گـزارش کار ارائـه دهید.

نکته

قبل از روشن کردن کوره خشک کن از آماده به‌کار بودن و سالم بودن سیستم ایمنی آن اطمینان حاصل کنید.

پرسش

۱ چه عواملی می‌تواند در استحکام فشاری خشک ماسه تأثیر گذار باشد.

۲ استحکام فشاری در حالت تر بیشتر است یا در حالت خشک؟ چرا؟

بحث گروهی

پس از بحث و گفت‌وگو راجع به پرسش بالا نتیجه را به همراه پاسخ تحلیلی همراه با گزارش کار به هنرآموز تحویل دهید.

فعالیت عملی ۸

بررسی تأثیر میزان چسب بنتونیت بر روی استحکام فشاری خشک

۱ پس از تشکیل گروه‌های چهار یا پنج نفره، هرگروه یک نمونه استاندارد تهیه کند. به‌طوری که درصد چسب نمونهٔ هرگروه با دیگری متفاوت باشد و در مجموع باید نمونه‌ها با ۳، ۵، ۷ و ۹ درصد چسب بنتونیت، با درصد رطوبت ثابت (۶ الی ۸ درصد) توسط دستگاه کوبه استاندارد تهیه شود.

۲ سپس نمونه‌های تهیه شده با استفاده از کورهٔ خشک کن در دمای ۱۰۳ درجهٔ سلسیوس به مدت زمان ۲ ساعت خشک شود.

۳ پس از رسیدن دمای نمونه‌ها به دمای محیط، توسط دستگاه اندازه‌گیری استحکام ماسه استحکام فشاری خشک نمونه‌ها را تعیین کنید و نتایج را در گزارش کار همراه با تکمیل جدول زیر و رسم نمودار به هنرآموز خود ارائه دهید.

درصد چسب بنتونیت	٪۳	٪۵	٪۷	٪۹
استحکام فشاری خشک (psi)				

تعیین استحکام کششی تر

استحکام کششی تر برابر است با حداکثر تنش کششی که به یک نمونه ماسه (نمونه کششی تر ماسه‌ای استاندارد) در حالت مرطوب تا مرحله گسیختن وارد می‌شود. این استحکام بر حسب psi اندازه‌گیری می‌شود.

نکته

نمونهٔ لازم برای استفاده در این آزمایش باید به شکل استوانه باشد. این نمونه با قرارگرفتن ماسه تر داخل یک لولهٔ دو تکه و کوبش توسط کوبه استاندارد تهیه می‌شود.

وسایل مورد نیاز:

- ترازوی آزمایشگاهی.
- استوانهٔ استاندارد آماده‌سازی نمونهٔ دو تکه.
- دستگاه کوبهٔ آزمایشگاهی.
- دستگاه اندازه‌گیری استحکام ماسه.

دستور کار انجام آزمایش:

۱ ابتدا مقدار معینی ماسه داخل استوانه استاندارد دو تکه آزمایش استحکام کششی بریزید.

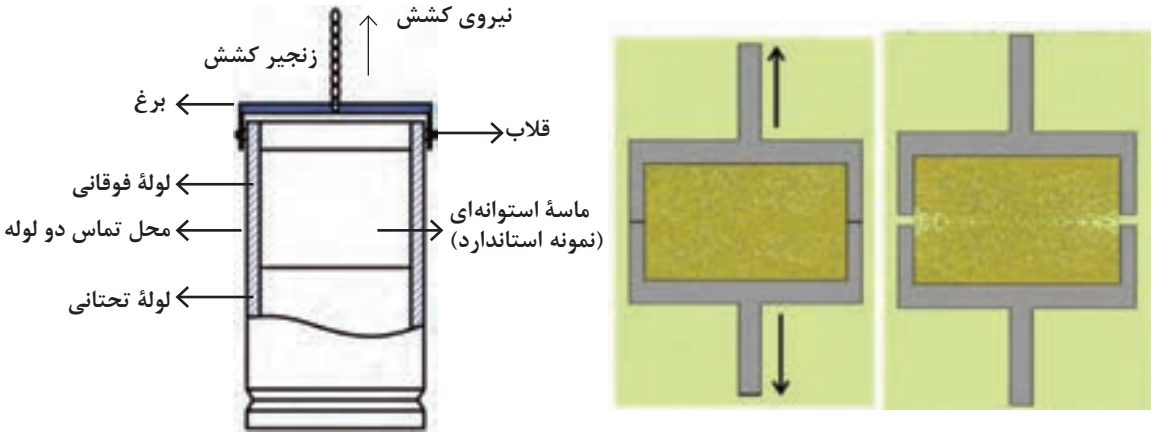
۲ استوانه استاندارد دو تکه را پایین کوبه استاندارد در محل خود قرار دهید و دستگیرهٔ کوبه را چرخانده و سه ضربه به ماسه وارد کنید.

۳ نمونه را همراه با استوانه استاندارد دو تکه مطابق شکل (۱۸) در دستگاه کشش قرار دهید، سپس با چرخاندن اهرم دستگاه یا فشردن کلید دستگاه از طریق دو فک دستگاه نمونه را تحت نیروی کششی قرار دهید تا نمونه از هم گسیخته شود و بشکند. (هنگام شکست و گسیخته شدن نمونه، دو استوانه مذکور در قسمت وسط از هم جدا می‌شوند).

۴ میزان تنش اندازه‌گیری شده توسط دستگاه نشان‌دهندهٔ استحکام کششی تر است.

نکته

لازم به ذکر است در این آزمایش حداکثر سرعت عمل کشش ۴۰ و حداقل ۲۰ اونس بر اینچ مربع در هر دقیقه است (۰/۴۳ ± ۱/۲۹ نیوتن بر سانتی‌متر مربع N/cm^2)



شکل ۱۸ــ تعیین استحکام کششی تر ماسه

نتیجه‌گیری و بحث

برای بررسی مقاومت به عیوب انبساطی بررسی استحکام کششی تر بسیار مهم است. عیوب ناشی از انبساط در فصل مشترک فلز / ماسه و بلافاصله پس از ریخته‌گری به‌وجود می‌آید. استحکام قسمتی از ماسه که دارای غلظت آب بیشتر می‌باشد استحکام کششی‌تر نامیده می‌شود. وجود خاک فعال بیشتر به‌خصوص بنتونیت باعث به‌وجود آمدن استحکام بیشتر لایهٔ تر و همچنین افزایش پلاستیسیتهٔ بیشتر لایهٔ خشک خواهد شد. استحکام کششی تر همچنین اطلاعات خوبی در زمینه کیفیت بنتونیت مورد استفاده به ما می‌دهد.

به‌طور کلی استحکام مخلوط ماسهٔ تر برای کشش کم است. بنابراین برای تعیین استحکام کششی مخلوط‌های ماسه که استحکام زیادی دارند از روش تعیین استحکام ماهیچه‌های پخته شده استفاده می‌کنند. استحکام کششی ماسه‌های تر حدود ۱ تا ۶ پوند بر اینچ مربع یا ۶/۹ تا ۴۱/۵ کیلو پاسکال است که بستگی به ترکیب و نوع ماسه دارد.

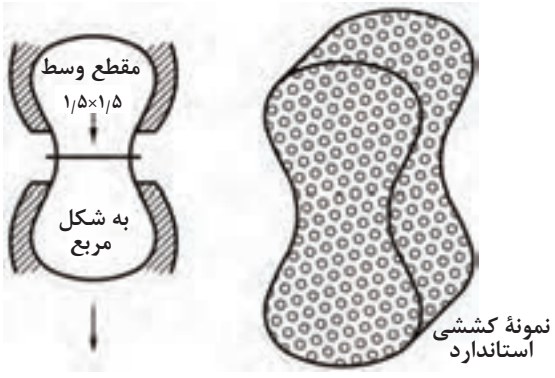
فعالیت عملی ۹

انجام آزمایش استحکام کششی تر

پس از تشکیل گروه‌های چند نفره با رعایت نکات ایمنی مقداری ماسه از محل قالب‌گیری نمونه‌برداری کرده و آزمایش را مطابق دستور کار انجام آن برای چند نمونه با درصد چسب و رطوبت متفاوت انجام دهید و نتیجه را به‌صورت گزارش کار ارائه دهید.

تعیین استحکام کششی خشک

استحکام کششی خشک برابر است با حداکثر تنش کششی که یک نمونهٔ استاندارد ماسهٔ خشک می‌تواند بدون گسیختگی تحمل کند. این استحکام بر حسب psi اندازه‌گیری می‌شود. چنین نمونه‌ای تحت کوبش لازم قرار می‌گیرد و به شکل استاندارد آماده شده و سپس در داخل کوره خشک‌کن تا دمای معینی خشک می‌شود. جهت تهیهٔ نمونهٔ استاندارد استحکام کششی خشک ماسه از یک جعبه ماهیچه فلزی استفاده می‌شود. در شکل (۱۹) ابعاد استاندارد و نیروهای وارد بر نمونه استحکام کششی خشک ماسه نشان داده شده است.



شکل ۱۹ــ نمونهٔ استاندارد کششی و نیروهای وارد بر آن

وسایل مورد نیاز:

- جعبهٔ ماهیچهٔ نمونه فلزی
- خشک‌کن (آون)
- دستگاه کوبهٔ استاندارد
- دستگاه چندکارهٔ (یونیورسال) اندازه‌گیری استحکام ماسه به همراه فک‌های آزمایش کشش.

دستور کار انجام آزمایش:

۱ ابتدا مخلوط ماسه با درصد مشخص خاک رس یا چسب مورد نظر را آماده کرده و آن را درون جعبه ماهیچه نمونه فلزی بریزید.

۲ سپس با استفاده از دستگاه کوبه استاندارد توسط سه ضربه آن را تحت کوبش قرار دهید تا یک نمونه استاندارد مطابق شکل (۲۰) ایجاد شود.

۳ نمونهٔ تهیه شده را از جعبه ماهیچه فلزی خارج کرده روی یک صفحه فلزی صاف گذاشته و در داخل خشک‌کن (آون) قرار دهید و به مدت ۳۰ ثانیه در دمای ۲۵۰ درجهٔ سلسیوس نگه‌دارید تا نمونه‌ها پخته شوند.

نکته

قبل از روشن کردن کوره از سالم و ایمن بودن آن اطمینان حاصل کنید.

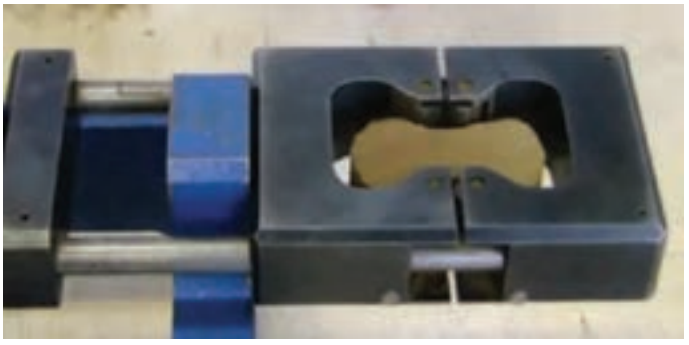
۴ صفحه فلزی حاوی نمونه‌ها را توسط انبر از داخل کوره گرم خارج کرده و صبر کنید تا در دمای محیط خنک شود.

نکته ایمنی

هنگام بیرون آوردن نمونه‌ها از داخل خشک‌کن حتماً از دستکش ایمنی استفاده کنید و صفحهٔ فلزی را توسط انبر از داخل کوره بیرون بیاورید.

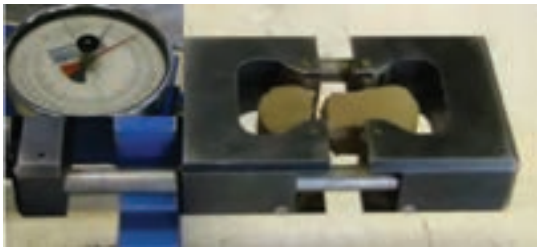
۵ فک‌های مربوط به آزمایش استحکام کششی خشک را روی دستگاه ببندید سپس نمونه را مطابق شکل (۲۱) در بین فک‌های دستگاه قرار دهید.

شکل ۲۰



شکل ۲۱

۶ نمونه را مطابق شکل (۲۲) توسط دستگاه تحت تنش کششی قرار دهید تا شکست در نمونه اتفاق بیفتد، عدد نشان داده شده توسط دستگاه نشان‌دهنده استحکام کششی خشک ماسه است.



شکل ۲۲

نتیجه‌گیری و بحث

کلیهٔ عوامل مؤثر بر استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری مخصوصاً میزان خاک رس، بر روی استحکام کششی خشک تأثیرگذار هستند. به‌طوری‌که با افزایش میزان درصد خاک رس از ۱۰٪ به ۱۶٪ استحکام کششی خشک آن حدود ۱۱۰٪ افزایش می‌یابد در حالی‌که استحکام کششی تر حدود ۱۶٪ افزایش خواهد داشت.

فعالیت عملی ۱۰

انجام آزمایش استحکام کششی خشک

پس از تشکیل گروه‌های سه یا چهار نفره با رعایت نکات ایمنی از مخلوط ماسه مورد استفاده در کارگاه ریخته‌گری نمونه‌برداری کرده و سپس آزمایش را مطابق دستورکار آن انجام داده و نتیجه را به‌صورت گزارش کار ارائه دهید.

بحث‌گروهی

به نظر شما چه عواملی می‌تواند روی استحکام کششی خشک تأثیرگذار باشد؟ بحث و گفت‌وگو کنید.

فعالیت عملی ۱۱

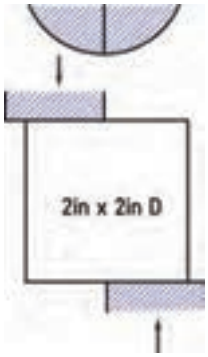
بررسی تأثیر میزان چسب سدیم سیلیکات و عددریزی ماسه بر روی استحکام کششی خشک

پس از تشکیل گروه‌های سه یا چهار نفره، نمونه‌های استاندارد تست کششی با ۶/۵ و ۵/۵، ۴/۵، ۳/۵، ۲/۵ درصد چسب سدیم سیلیکات، با دو نوع ماسه ریز و درشت دانه توسط دستگاه کوبهٔ استاندارد تهیه کنید (هر گروه دو نمونه با درصد چسب مشخص برای دو نوع ماسه ریز و درشت)، سپس نمونه‌های تهیه شده را به مدت زمان ۲۰ الی ۲۵ ثانیه تحت دمش گاز CO_2 قرار دهید تا سخت شوند. سپس توسط دستگاه چندکاره (یونیورسال) اندازه‌گیری استحکام ماسهٔ استحکام کششی خشک نمونه‌ها را تعیین کنید و نتایج را در جدول ثبت و نمودار را رسم کنید و نتیجه را به‌صورت گزارش کار ارائه دهید.

درصد چسب نوع ماسه	۲/۵	۳/۵	۴/۵	۵/۵	۶/۵
استحکام کششی psi (ریزدانه)					
استحکام کششی psi (درشت‌دانه)					

تعیین استحکام برشی ماسه

استحکام برشی ماسه عبارت است از حداکثر تنش برشی که یک نمونهٔ استاندارد می‌تواند تا مرحله برش و گسیختگی تحمل کند. آزمایش استحکام برشی به دو صورت تر و خشک انجام می‌شود.
لازم به توضیح است که نمونه استاندارد با قطر و ارتفاع ۲ اینچ و فک‌های مورد استفاده در این آزمایش تخت و صاف نیست بلکه بر روی هر یک از فک‌ها یک پله وجود دارد همانند شکل (۲۳).



شکل ۲۳

وسایل مورد نیاز:

- استوانهٔ استاندارد آماده‌سازی نمونه
- دستگاه یونیورسال اندازه‌گیری استحکام ماسه
- خشک‌کن (آون)
- دستگاه کوبهٔ آزمایشگاهی
- صفحهٔ فلزی صاف
- دسیکاتور

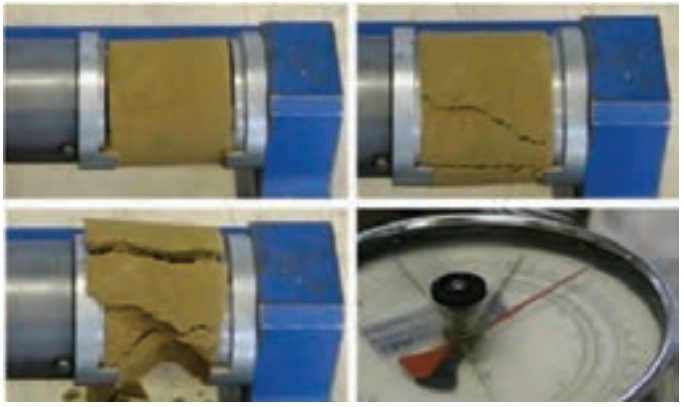
دستورکار انجام آزمایش

الف) استحکام برشی تر:

۱ ابتدا نمونهٔ استاندارد استوانه‌ای با قطر و ارتفاع ۲ اینچ را توسط دستگاه کوبهٔ استاندارد تهیه کنید.
۲ فک‌های مربوط به استحکام برشی را روی دستگاه اندازه‌گیری ماسه ببندید.
۳ پس از بستن فک‌ها، نمونه استاندارد تهیه شده را مطابق شکل (۲۴) در بین دو فک دستگاه قرار داده و به آن نیرو وارد کرده تا شکست و گسیختگی در نمونه اتفاق بیفتد. عدد نشان داده شده در دستگاه نشان دهنده استحکام برشی تر ماسه است.

نکته

توجه داشته باشید که سرعت عمل نیروی برش توسط دستگاه باید بین ۱۹ تا ۲۹ psi در دقیقه باشد.



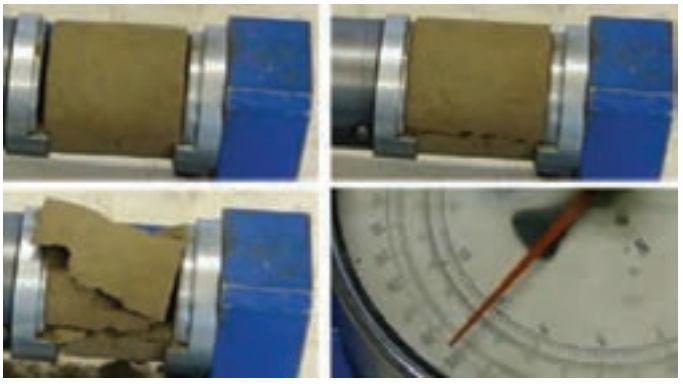
شکل ۲۴

ب) استحکام برشی خشک:

۱ ابتدا پس از آماده کردن نمونهٔ استاندارد آن را روی یک صفحه فلزی صاف گذاشته و در داخل خشک‌کن قرار داده و به مدت ۲ ساعت در درجه حرات ۱۰۵ الی ۱۱۰ درجهٔ سلسیوس خشک کنید.

۲ نمونهٔ خشک شده را در داخل یک دسیکاتور قرار دهید تا در دمای محیط خنک شود.

۳ نمونه را مطابق شکل (۲۵) بین دو فک دستگاه قرار داده و تا مرحله شکست و گسیخته شدن به نمونه نیرو وارد کنید. عدد نشان داده شده در دستگاه نشان‌دهنده استحکام برشی خشک ماسه است.



شکل ۲۵

نتیجه‌گیری و بحث

به‌طور کلی اکثر عوامل تاثیرگذار بر استحکام مخلوط ماسه قالب‌گیری مانند اندازهٔ ذرات ماسه، میزان خاک رس و رطوبت ... بر استحکام برشی تر و خشک نیز تأثیر گذار هستند.

لازم به ذکر است که استحکام برشی تر ماسه در حدود ۱/۵ تا ۷ psi است. همچنین نسبت استحکام برشی خشک به استحکام فشاری خشک کمیتی است که در تهیه و آماده‌سازی ماسهٔ ریخته‌گری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، به‌طوری که اگر این نسبت از حد معینی کمتر باشد نشان‌دهنده آماده نبودن و به‌عمل نیامدن ماسه است و اگر بیش از حد معین باشد، نشانگر بالا بودن درصد مواد افزودنی به ماسه است.

فعالیت عملی ۱۲

تعیین استحکام برشی تر و خشک

هرگروه با رعایت نکات ایمنی از مخلوط ماسهٔ مورد استفاده در کارگاه ریخته‌گری نمونه‌برداری کرده و سپس آزمایش را مطابق دستور کار آن انجام داده و نتیجه را به‌صورت گزارش کار ارایه دهید.

بحث گروهی

چه عواملی می‌تواند بر روی استحکام برشی تر و خشک ماسه تاثیرگذار باشد؟ بحث و گفتگو کنید.

تعیین استحکام قالب

استحکام قالب عبارت است از میزان فشاری که سطوح قالب بدون تخریب می‌تواند تحمل کند. یا به عبارتی میزان باری که سطح یک قالب به هنگام اعمال بار ناشی از یک نفوذ سنج فنری می‌تواند تحمل کند. وسیله‌ای که برای اندازه‌گیری استحکام قالب به‌کار می‌رود در شکل(۲۶) نشان داده شده است. واحد اندازه گیری استحکام در این وسیله برحسب psi می‌باشد. به‌کمک این وسیله می‌توان یکنواختی، فشردگی و استحکام قالب را در نقاط، سطوح و دیواره‌های قالب کنترل کرد.

شکل ۲۶ــ دو نوع استحکام سنج الف) دیجیتالی و ب) عقربه‌ای

وسایل مورد نیاز:

- وسایل مورد نیاز قالب‌گیری
- وسیله اندازه گیری استحکام قالب

دستور کار آزمایش:

۱ ابتدا یک مدل یک تکه انتخاب کرده سپس با رعایت کلیه اصول کار و استاندارد مربوطه آن را قالب‌گیری کنید.

۲ وسیلهٔ اندازه گیری استحکام قالب را به‌طور عمودی روی سطح قالب قرار دهید.

۳ پس از اطمینان از تماس صحیح فرورونده با سطح قالب، بار را توسط استحکام‌سنج اعمال کرده و استحکام قالب را بسنجید و مقدار آن را از روی صفحهٔ مدرج یا نمایشگر دیجیتالی بخوانید.

نکته فنی: توجه داشته باشید که برای اطمینان از یکنواختی، استحکام و فشردگی قالب در نقاط، سطوح و دیواره‌های آن این آزمایش را بر روی قسمت‌های مختلف قالب انجام دهید. شکل (۲۷) نحوهٔ اندازه‌گیری استحکام قالب، با استحکام سنج عقربه‌ای و دیجیتالی را نشان می‌دهد.

شکل ۲۷ـ نحوه اندازه‌گیری استحکام قالب با استحکام‌سنج عقربه‌ای و دیجیتالی

نتیجه‌گیری و بحث

افزایش مقدار کوبش و در نتیجه بالا رفتن میزان فشردگی مخلوط ماسه، باعث افزایش استحکام می‌شود. اگر میزان فشردگی ثابت باشد، افزایش مقدار خاک رس باعث بالا رفتن استحکام خواهد شد. استحکام فشاری تر و خشک یک قالب بستگی به شرایط قالب‌گیری از جمله میزان کوبش و مقدار رطوبت دارد همچنین با افزایش میزان کوبش، استحکام فشاری تر و خشک قالب افزایش می‌یابد و با افزایش درصد رطوبت میزان استحکام فشاری خشک قالب بالا رفته ولی استحکام فشاری تر کاهش می‌یابد.

به‌طور کلی نتایج حاصل از این آزمایش برای تعیین استحکام و یکنواختی سطوح قالب به‌کار می‌رود که نقش مهمی در سالم بودن قطعات ریختگی دارد.

فعالیت عملی ۱۳

آزمایش استحکام قالب

پس از تشکیل چهار گروه ۴ عدد مدل یک تکه را با ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد چسب بنتونیت (هر گروه یک قالب با درصد چسب مشخص) با میزان رطوبت یکسان ۶ تا ۸ درصد با شرایط یکسان قالب‌گیری کرده و آزمایش را به‌صورت زیر انجام دهید:

۱ استحکام سطوح، نقاط و دیواره‌های قالب‌های تهیه شده را در حالت تر مطابق روش ذکر شده در دستور کار آزمایش توسط استحکام‌سنجِ قالب اندازه‌گیری کرده و یادداشت کنید.

۲ سطح قالب‌های تر را توسط مشعل تا عمق معینی (۱۲ تا ۱۵ میلی‌متر) خشک کنید. سپس با استفاده از استحکام سنج قالب، استحکام سطوح مختلف و دیواره‌های قالب را توسط استحکام سنج قالب اندازه گیری کرده و یادداشت کنید.

۳ نتایج به‌دست آمده از استحکام قالب‌ها در هر دو حالت تر و خشک را در جدول ثبت و نمودار زیر را رسم کنید و نتیجه را به‌صورت گزارش کار ارایه دهید.

درصد چسب بنتونیت	۲/۵	۵	۷/۵	۱۰
استحکام قالب تر برحسب psi				
استحکام قالب خشک برحسب psi				

نکته

قبل از انجام آزمایش از کالیبره بودن دستگاه استحکام‌سنج قالب اطمینان حاصل کنید.

نکته ایمنی

قالب‌ها را با رعایت نکات ایمنی خشک کرده و در حین خشک کردن از دستکش ایمنی استفاده کنید و همچنین از سالم و ایمن بودن مشعل اطمینان حاصل کنید.

نکته زیست محیطی

پس از اتمام آزمایش محیط آزمایشگاه را تمیز کرده و قالب‌ها را در ماسه دان تخلیه کنید و از پراکنده شدن ماسه در محیط کارگاهی خودداری شود.

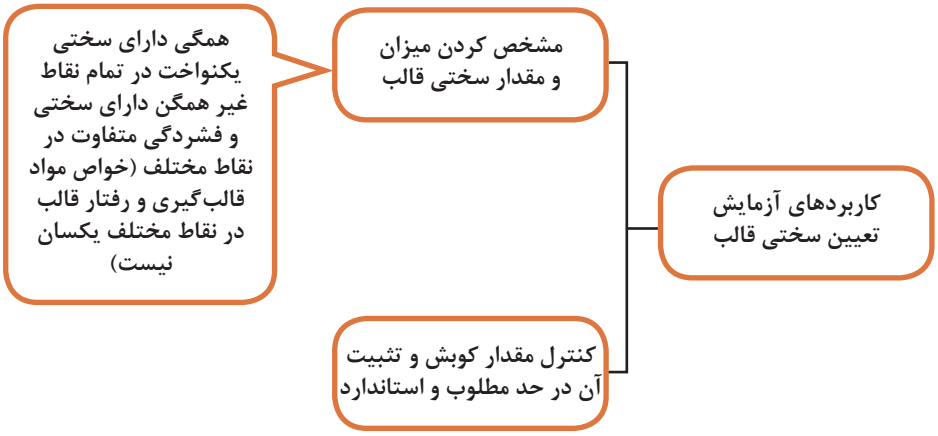
بحث گروهی

در مورد عوامل تأثیرگذار بر استحکام قالب بحث و گفتگو کنید و پاسخ تحلیلی خود را به همراه گزارش کار به هنرآموز تحویل دهید.

تعیین سختی قالب

سختی سطح یک قالب (در حالت تر و خشک) به کمک این آزمایش تعیین می‌شود. این مشخصه با دستگاه سختی‌سنج قالب اندازه‌گیری و تعیین می‌شود.

طبق تعریف سختی سطح قالب در واقع عبارت است از مقاومت سطح قالب در برابر نفوذ یک فرورونده فولادی (ساچمه یا تیغه کاردی) قابل تحرک و هر قدر مقاومت این سطح در برابر نفوذ قسمت فرورونده بیشتر باشد سختی آن بیشتر است. در نمودار شکل (۲۸) کاربردهای آزمایش تعیین سختی قالب نشان داده شده است.



شکل ۲۸

ب) سختی سنجی قالب‌های ماسه‌ای بسته به نوع قالب، از سختی سنج‌های مختلفی استفاده می‌شود که در دو نوع عقربه‌ای و دیجیتالی هستند که در نمودار شکل (۲۹) انواع این سختی سنج‌ها نشان داده شده است.

مقیاس سختی‌سنج‌های قالب به‌صورتی است که هریک واحد آن معادل یک هزارم اینچ فرورفتگی و هر یک واحد یا یک هزارم اینچ فرورفتگی معادل یک واحد سختی قالب است. این مقیاس در محدوده صفر تا ۱۰۰ مدرج شده است که هر واحد معادل یک واحد سختی برای قالب است.

شکل ۲۹ـ انواع سختی سنج‌های قالب

لازم به ذکر است که برای تعیین سختی سطح قالب‌های ماسه‌ای تر عموماً دو نوع وسیله سختی‌سنجی به‌کار می‌رود که مشخصات آنها به شرح زیر است:

سختی‌سنج مقیاس (B)

سختی‌سنجی براساس مقیاس (B)

- مقیاس مدرج (محدوده سختی) از صفر تا ۱۰۰
- فرورونده گلوله فولادی به قطر ۷/۱۲ میلی‌متر (۰/۵)
- حداکثر بار نهایی اعمال شده به فرورونده معادل ۹۸۰ گرم است.

در این مقیاس سختی‌سنجی اگر قالب هیچگونه مقاومتی در برابر نفوذ نداشته باشد، عدد صفر بر روی مقیاس ظاهر می‌شود و در صورتی که قالب مقاومت کامل در برابر نفوذ داشته باشد، عدد ۱۰۰ از روی مقیاس مدرج خوانده می‌شود.

سختی‌سنج مقیاس (C)

سختی‌سنجی براساس مقیاس (C)

- مقیاس مدرج (محدوده سختی) از ۶۵ تا ۱۰۰
- فرورندهٔ مخروطی شکل فولادی.
- حداکثر بار نهایی اعمال شده به فرورونده معادل ۱۵۰۰ گرم می‌باشد.

- این وسیله برای سختی‌سنجی دقیق قالب‌هایی که به روش قالب‌گیری تحت فشار بالا آماده شده‌اند به‌کار می‌رود. در حقیقت سختی‌سنجی با این مقیاس برای آزمایش قالب‌های ماسه‌ای تر که سختی بالای ۸۵ دارند مناسب است.

وسایل مورد نیاز:

- وسایل مورد نیاز قالب‌گیری
- سختی سنج قالب

دستور کار انجام آزمایش:

۱ ابتدا یک مدل یک تکه انتخاب کرده سپس با رعایت کلیه اصول، آن را قالب‌گیری کنید.

۲ سپس فرورونده سختی‌سنج قالب را با زاویه ۹۰ درجه با سطح قالب تماس بدهید.در این شرایط هیچ‌گونه باری به‌فرورونده اعمال نکنید.

۳ پس از اطمینان از تماس صحیح فرورونده با سطح ماسه بار را به آرامی اعمال کرده و مقدار عمق نفوذ فرورونده را از روی مقیاس مدرج وسیله سختی‌سنج بخوانید.

نکته

اگر سختی‌سنجی نمونه آزمایشگاهی یا نمونه‌ای که از قالب موردنظر تهیه شده است مدنظر باشد لازم است عملیات به سرعت پس از آماده شدن نمونه انجام شود.

شکل ۳۰ نحوهٔ انجام آزمایش تعیین سختی سطح قالب را نشان می‌دهد.

شکل ۳۰ـ نحوهٔ سختی‌سنجی سطح قالب

نتیجه‌گیری و بحث

بسیاری از خصوصیات مخلوط‌های ماسه قالب‌گیری با یکدیگر ارتباط دارند. به‌عنوان مثال افزایش برخی از خواص باعث کاهش خاصیت دیگر می‌شود و یا افزایش برخی از خصوصیات باعث افزایش خاصیت دیگر می‌شود به‌عنوان مثال استحکام فشاری‌تر که مخلوط قالبگیری با مقدار سختی آن رابطه مستقیم دارد. هرقدر سختی مخلوط ماسه قالبگیری بیشتر شود استحکام آن نیز افزایش می‌یابد و بالعکس.

فعالیت عملی ۱۴

انجام آزمایش تعیین سختی سطح قالب

هر گروه به مقدار مورد نیاز مخلوط ماسه قالب‌گیری با شرایط مطلوب (۵ تا ۶ درصد چسب بنتونیت و ۶ تا ۸ درصد رطوبت) آماده کرده و پس از قالب‌گیری مدل یک تکه یکسان میزان سختی قسمت‌های مختلف قالب را اندازه‌گیری کرده و نتیجه را به‌صورت گزارش کار ارایه دهید.

نکته

قبل از استفاده از سختی سنج قالب از کالیبره بودن آن اطمینان حاصل کنید و پس از اتمام آزمایش آن را در جعبه مخصوص خود گذاشته و از ضربه زدن به آن خودداری کنید.

بحث گروهی

در مورد عوامل تأثیرگذار بر روی سختی قالب بحث و گفتگو کنید و پاسخ تحلیلی خود را به همراه گزارش کار به هنرآموز تحویل دهید.

تعیین خُردشوندگی مخلوط ماسه تر

برای اندازه‌گیری و تعیین خُرد شوندگی مخلوط ماسه تر از آزمایش ضریب خرد شوندگی (اندیس شاتر) استفاده می‌شود. این آزمایش معیاری از استحکام ماسه است به‌طوری که این استحکام با ضریب خرد شوندگی ماسه ارتباط مستقیم دارد. با استفاده از نتایج این آزمایش می‌توان قابلیت شکل‌پذیری ماسه را اندازه‌گیری و تعیین کرد.

وسایل مورد نیاز:

- دستگاه کوبهٔ آزمایشگاهی
- ترازوی دیجیتالی دقیق
- دستگاه اندازه‌گیری ضریب خرد شوندگی ماسه

دستور کار انجام آزمایش:

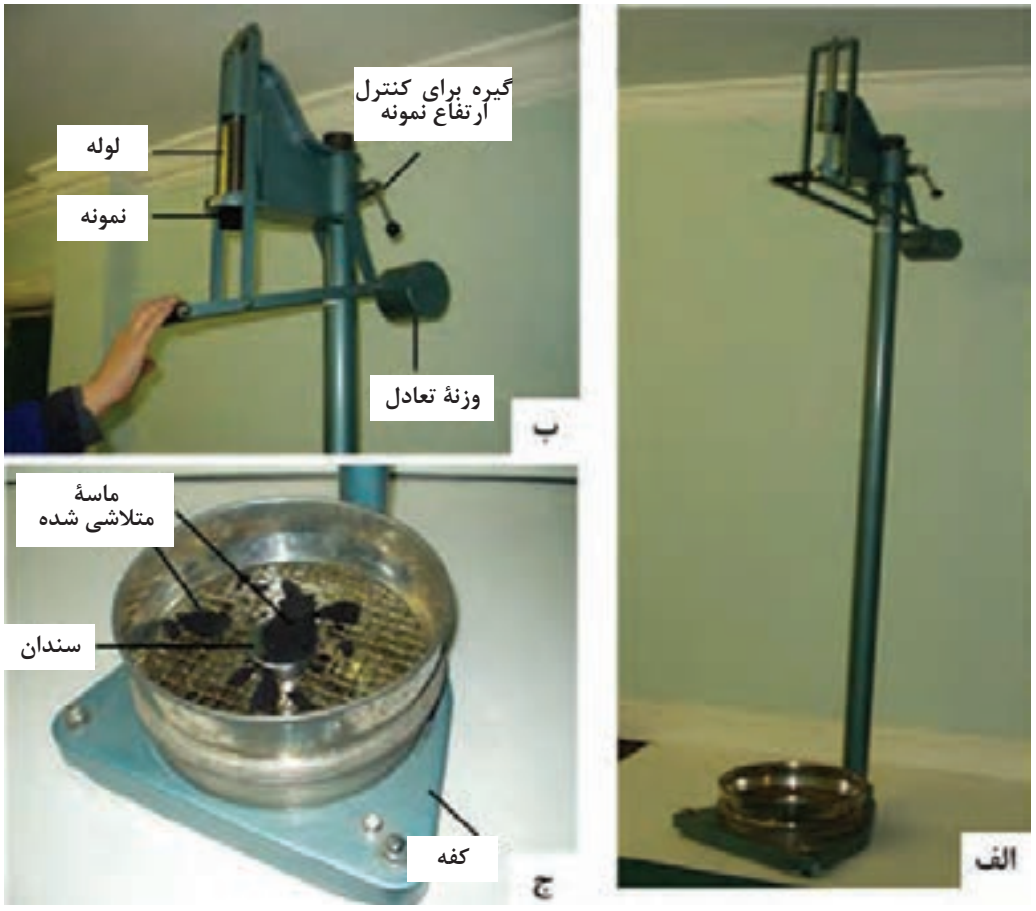
۱ ابتدا نمونهٔ استوانه‌ای استاندارد با قطر و ارتفاع ۲ اینچ را توسط کوبهٔ آزمایشگاهی مطابق با دستورالعمل ساخت نمونه تهیه کرده و آن را وزن کنید.

۲ سپس نمونه را از ارتفاع معین و ثابت ۶ فوت (۱۸۲٫۹ cm) بدون سرعت اولیه روی یک الک استاندارد با مش (۰٫۵ اینچ)، که بر روی پایهٔ دستگاهی مطابق شکل (۳۱) قرار گرفته است رها کنید تا نمونه متلاشی شود.

۳ میزان ماسه عبور کرده از الک را توزین کنید و از وزن کل نمونه کم کنید و با استفاده از رابطهٔ زیر ضریب خرد شوندگی (اندیس شاتر) را بدست آورید.

$$\text{ضریب خُردشوندگی } (Sh_i) = \frac{\text{وزن ماسهٔ باقیمانده روی الک}}{\text{وزن نمونهٔ استاندارد}} \times ۱۰۰$$

شکل (۳۱) مراحل مختلف انجام آزمایش تعیین ضریب خرد شوندگی ماسه را نشان می‌دهد.



شکل ۳۱ـ مراحل مختلف آزمایش تعیین ضریب خردشوندگی ماسه

نکات مهمی که در انجام آزمایش ضریب خردشوندگی بایستی رعایت شود:

- نمونهٔ استاندارد قبل از آزمایش از لوله خارج نشود.
- خروج نمونهٔ استاندارد و سقوط آن باید طوری صورت گیرد که نمونه روی سندان فرود آید.
- دستگاه باید کاملاً ثابت و محکم شده باشد.
- میله استوانه‌ای دستگاه که برای خارج کردن نمونهٔ استاندارد به‌کار گرفته می‌شود باید تمیز و خشک باشد.
- مراکز میله استوانه‌ای باید همواره روی یک خط قرار داشته باشد.

نتیجه‌گیری و بحث

چقرمگی و ضریب خرد شوندگی یک مخلوط ماسه تر می‌تواند متأثر از عواملی مانند میزان فشردگی، مقدار خاک رس، مقدار رطوبت و اندازه ذرات ماسه باشد.

به‌طور کلی ضریب خرد شوندگی (اندیس شاتر) در بدترین حالت صفر و در بهترین و ایدئال‌ترین حالت ۱۰۰ درصد است. دامنه خُردشوندگی (اندیس شاتر) ماسه‌های قالب‌گیری در ریخته‌گری معمولاً بین ۸۰ تا ۹۰ درصد است.

همچنین به کمک ضریب خرد شوندگی یا اندیس شاتر می‌توان کمیت دیگری به نام اندیس شکل پذیری را نیز به‌دست آورد، این اندیس نیز بر حسب درصد می‌باشد و رابطهٔ آن به‌صورت زیر است:

$$D_i = \frac{sh_i}{\sigma c} \quad \text{(اندیس شکل پذیری)}$$

که در این رابطه D_i اندیس شکل‌پذیری، Sh_i اندیس شاتر و σc استحکام فشاری تر بر حسب (psi)، می‌باشد.
مثال زیر نحوهٔ محاسبهٔ اندیس شکل پذیری ماسه را نشان می دهد:
در یک آزمایش استحکام فشاری تر برای یک ماسه قالب گیری، ماکزیمم تنش فشاری نمونهٔ استاندارد برابر ۱۸ psi (۰/۱۲ مگاپاسکال) است. اگر اندیس شاتر این ماسه ۸۴٪ باشد مطلوب است محاسبه و تعیین اندیس شکل پذیری آن:
حل: ماکزیمم تنش فشاری نمونه در واقع همان استحکام فشاری است که برابر با ۱۸ psi است. از طرفی اندیس شاتر این ماسه ۸۴ درصد است بنابراین می توان نوشت:

$$D_i = \frac{sh_i}{\sigma c} = \frac{\%84}{18} = \%4/67 \quad \text{(اندیس شکل پذیری)}$$

اهمیت اندیس شکل پذیری ماسه، بیشتر برای بلند کردن درجه‌های محتوی ماسه است. چنانچه این اندیس کم باشد، ماسه داخل درجه‌ها هنگام حمل و نقل ریزش می‌کند. درحالی که اگر این اندیس بیش از حد باشد مشکلاتی نظیر ترک خوردن قالب، عدم خروج گازها، عدم سهولت تخلیهٔ ماسه از درجه‌ها و غیره پیش می‌آید.

فعالیت عملی ۱۵

انجام آزمایش تعیین ضریب خُرد شوندگی و اندیس شکل پذیری مخلوط ماسه تر

پس از تشکیل گروه‌های سه یا چهار نفره با رعایت نکات ایمنی از محل قالب‌گیری به‌میزان لازم نمونه‌برداری کرده و آزمایش را به‌صورت زیر انجام دهید:

۱ هر گروه ۲ عدد نمونهٔ استاندارد استوانه‌ای شکل را مطابق با دستورالعمل ساخت آن توسط دستگاه کوبهٔ آزمایشگاهی تهیه کند. (یک نمونه برای تعیین ضریب خرد شوندگی و یک نمونه برای تعیین استحکام فشاری تر)

۲ یکی از نمونه‌ها را در داخل لولهٔ دستگاه تعیین ضریب خردشوندگی ماسه قرار داده و مطابق با دستورالعمل گفته شده در دستورکار آزمایش ضریب خردشوندگی یا اندیس شاتر آن را به‌دست آورید.

۳ با استفاده از دستگاه اندازه گیری استحکام ماسه استحکام فشاری نمونهٔ دیگر را تعیین کنید.

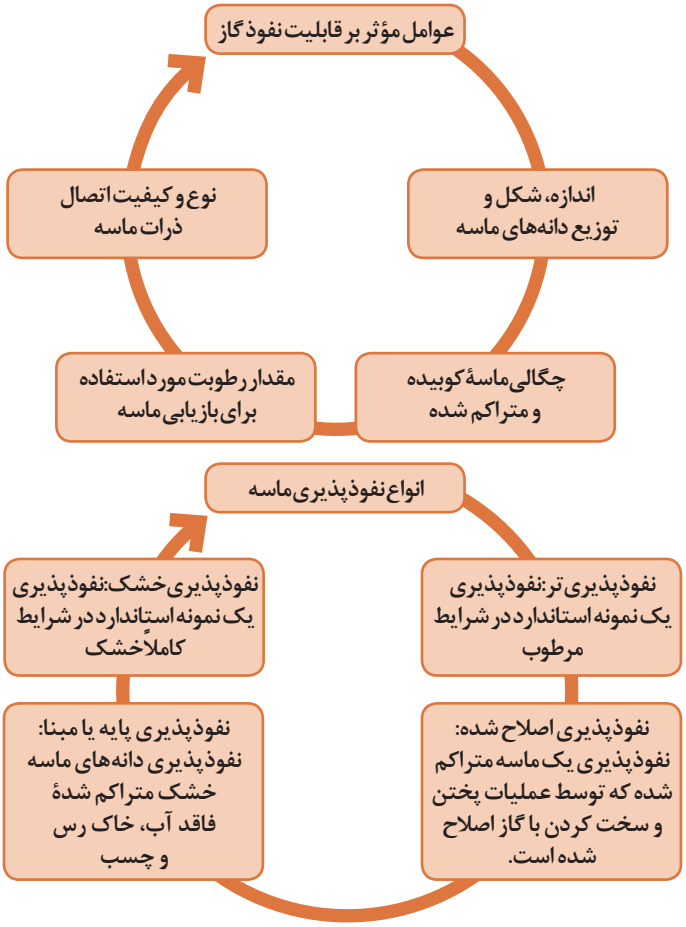
۴ با توجه به نتایج بدست آمده از هر دو آزمایش فوق و با استفاده از روابط موجود، ضریب خرد شوندگی (اندیس شاتر) و اندیس شکل‌پذیری را بدست آورده و در گزارش کار تحویل هنرآموز دهید.

بحث گروهی

چه عواملی می‌تواند برروی ضریب خُردشوندگی و اندیس شکل‌پذیری ماسه تأثیرگذار باشد؟ در مورد هرکدام از آنها بحث و گفت‌وگو کنید و پاسخ تحلیلی خود را به همراه گزارش کار به هنرآموز تحویل دهید.

اندازه گیری قابلیت نفوذ گاز

نفوذپذیری میزان عبورگازها از میان فضای متخلخل ماسه قالب‌گیری است. مقدار هوا کشی و عبورگاز یک قالب ماسه‌ای به این کیفیت بستگی دارد. قابلیت نفوذ پذیری AFS از طریق تعیین سرعت جریان هوا تحت یک فشار استاندارد از میان یک نمونه استاندارد اندازه‌گیری می‌شود. یکی از عوامل مهم در تولید قطعات ریختگی سالم قابلیت نفوذ گاز ماسه یا نفوذپذیری ماسه است. بنابراین کنترل و تعیین قابلیت نفوذ گاز می‌تواند نتایج بسیار مفیدی برای کیفیت قطعات ریختگی داشته باشد.



به‌طورکلی برای تعیین قابلیت نفوذ گاز، معمولاً سرعت خروج هوا از یک نمونه ماسه‌ای را برحسب سانتی‌متر مکعب در دقیقه در زمان معین و تحت فشار ثابت اندازه‌گیری می‌کنند. این سرعت در واقع می‌تواند مشخص‌کننده توانایی خروج گاز از ماسه باشد.

در روش آزمایش استاندارد، حجم هوایی (بر حسب CC) که در مدت یک دقیقه با فشار یک گرم نیرو بر سانتی متر مربع (۱۰ سی‌سی آب) از درون یک نمونهٔ ماسه‌ای به ارتفاع یک سانتی متر و سطح مقطع یک سانتی متر مربع عبور می‌کند را اندازه گیری می کنند.

بنابراین اگر حجم هوای عبوری V، ارتفاع نمونهٔ ماسه‌ای (استوانهٔ استاندارد) H، سطح مقطع نمونه A

فشـار وارد بـر هـوای عبـوری P و مـدت زمـان عبور هـوا T (دقیقـه) باشـد، در این صـورت قابلیـت نفوذگاز در ایـن ماسـه (K)، بـا H و V نسـبت مسـتقیم، ولـی بـا P، A و T نسـبت معکـوس دارد. به عبـارت ریاضی می‌توان نوشـت:

$$K = \frac{V.H}{P.A.T}$$

در اسـتاندارد جامعـه ریخته‌گـران آمریـکا (AFS) بـا درنظر گرفتـن مقادیر اسـتاندارد، می‌تـوان رابطه اخیر را به‌صـورت زیـر سـاده کـرد: چـون قطـر و ارتفـاع اسـتوانه اسـتاندارد نمونـه برابـر ۲ اینـچ اسـت بنابرایـن خواهیم داشـت:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3/14 \times (2 \times 2/54)^2}{4} = 20/68$$ سطح مقطع استوانهٔ نمونه

$$H = 2 \times 2/54 = 5/08\ cm$$ ارتفاع استوانهٔ نمونه

از طرفـی مطابـق اسـتاندارد مذکـور (AFS) Vبرابـر اسـت بـا ۱۲۲ اینـچ مکعـب و فشـار هـوای عبـوری نیز برابر:

$$P = 10\ cmH_2O$$

و زمان عبور هوا بر حسب ثانیه است به این ترتیب می‌توان نوشت:

$$V = 122\ in^3 = 122 \times (2/54)^3 = 1999/22\ cm^3 = 2000\ cm^3\ (2\ lit)$$ حجم هوای عبوری از ماسه

اگر T بر حسب دقیقه منظور شود مقدار K (قابلیت نفوذ گاز ماسه) چنین است:

$$K = \frac{V.H}{P.A.T} = \frac{2000 \times 5/08}{10 \times 20/286 \times T} \times \frac{1}{T} = \frac{50/12}{T}$$ حجم هوای عبوری از ماسه

چنانچه T بر حسب ثانیه بیان شود رابطهٔ K چنین است:

$$K = \frac{50/12}{T} \times 60 = K = \frac{3007/2}{T}$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود قابلیت نفوذگاز تابعی است از زمان T، بنابراین در دستگاه تعیین قابلیت نفوذگاز صفحهٔ اندازه‌گیری برحسب معکوس زمان T در مقدار ثابت۳۰۰۷/۲ (مطابق استاندارد AFS) مدرج شده است. بنابراین پس از قرار دادن نمونهٔ استاندارد در دستگاه قابلیت نفوذ گاز، زمان لازم و عدد قابلیت نفوذ گاز در ماسه به‌صورت خودکار روی دستگاه خوانده می‌شود.

یادآوری می‌شود که هرچه زمان T کمتر باشد، به این مفهوم است که حجم گاز عبوری در شرایط استاندارد آزمایش بیشتر است، به‌عبارت دیگر قابلیت نفوذ گاز از ماسه بیشتر است. در شکل ۳۲ نمونه‌ای از دستگاه تعیین قابلیت نفوذگاز ماسه نشان داده شده است.

شکل ۳۲ــ دستگاه تعیین نفوذ گاز ماسه

وسایل مورد نیاز:

- دستگاه کوبهٔ استاندارد.
- دستگاه تعیین قابلیت نفوذ گاز ماسه مجهز به استوانه استاندارد آماده سازی نمونه

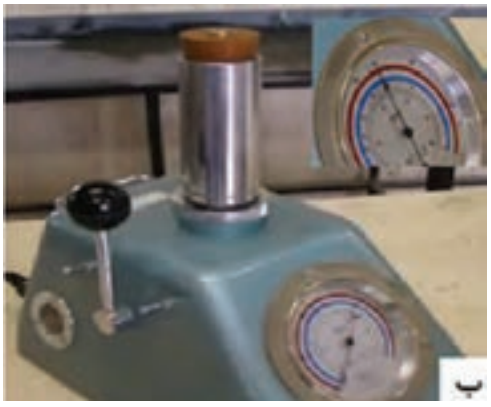
دستورکار انجام آزمایش:

۱ ابتدا نمونهٔ استوانه‌ای استاندارد با قطر و ارتفاع ۲ اینچ را توسط کوبه آزمایشگاهی مطابق با دستورالعمل ساخت نمونه تهیه کنید.

۲ نمونهٔ تهیه شده را به همراه استوانهٔ استاندارد در محل مربوطه روی دستگاه تعیین قابلیت نفوذ گاز قرار دهید.

۳ دستگاه را مطابق دستورالعمل سازنده آن روشن کنید، پس از مدتی زمان و عدد قابلیت نفوذگاز را از روی دستگاه بخوانید.

شکل ۳۳ مراحل انجام آزمایش تعیین قابلیت نفوذگاز ماسه را نشان می‌دهد.



شکل ۳۳ـ مراحل انجام آزمایش قابلیت نفوذ گاز

نتیجه‌گیری و بحث

ماسه‌هایی که دانه‌های درشت‌تری دارند، فضای خالی مابین ذرات آنها بیشتر است و نفوذپذیری آنها از ماسه‌هایی با دانه‌های ریز بیشتر خواهد بود. گذشته از اندازه متوسط دانه‌ها، توزیع اندازه دانه‌ها نیز اثر قطعی بر نفوذپذیری دارد. هرقدر اندازه دانه‌ها کمتر باشد و یا به‌عبارت دیگر عدد ریزی ماسه بیشتر باشد، فضای خالی مابین دانه‌ها کاهش پیدا می‌کند و نفوذپذیری و قابلیت عبور گاز کمتر می‌شود. نفوذپذیری قالب گذشته از عوامل دیگر به‌میزان متراکم سازی یا فشردگی بستگی دارد. اگرچه افزایش فشردگی قالب مقدار استحکام فشاری و سختی آن را بالا می‌برد ولی قابلیت عبور گاز و نفوذپذیری کاهش پیدا می‌کند.

فعالیت عملی ۱۶

انجام آزمایش قابلیت نفوذ گاز

پس از تشکیل گروه‌های چند نفری، آزمایش را مطابق دستورکار آن برای چند نمونه با عدد ریزی و درصد چسب متفاوت انجام داده و نتیجه را به‌صورت گزارش کار ارایه دهید.

بحث گروهی

۱ عوامل تأثیرگذار بر روی قابلیت نفوذگاز را نام برده و در مورد هرکدام بحث و گفتگو کنید.

۲ به‌نظر شما پایین بودن میزان قابلیت نفوذگاز ماسه ممکن است باعث بروز چه عیوبی در قطعات ریختگی شود؟ بحث و گفتگو کنید.

ارزشیابی پایانی

نقشه کار: انجام آزمایش‌های ماسه

شاخص عملکرد: ۱ـ تهیه نمونه ۲ـ تعیین خواص ماسه

شرایط انجام کار:

۱ـ انجام کار در محیط آزمایشگاه ماسه ۲ـ نور یکنواخت با شدت ۴۰۰ لوکس ۳ـ تهویهٔ استاندارد و دمای $20C^{\circ} \pm 3^{\circ}$ ۴ـ ابزارآلات و تجهیزات استاندارد و آماده به کار ۵ـ وسایل ایمنی استاندارد ۶ـ زمان ۱۲۰ دقیقه

مواد مصرفی: تتراسدیم تری‌فسفات ـ سود ـ آب مقطر ـ ماسه

ابزار و تجهیزات :

دستگاه رطوبت‌سنج ـ دستگاه استحکام ماسه تر و خشک ـ دستگاه تعیین عبور گاز ـ دستگاه تعیین فشردگی ـ دستگاه زمان‌سنج ـ دستگاه تعیین دانه‌بندی ـ ترازوی دیجیتال ـ کوبه ـ بشر ـ لولهٔ آزمایشگاهی ـ خشک‌کن ـ زمان‌سنج ـ قالب‌های نمونه ظروف حمل ماسه ـ همزن ـ دستگاه تعیین درصد خاک ـ لولهٔ تخلیه آب (سیفون) ـ پوآر ـ استوانه مدرج

نمونه و نقشه کار:

۱ـ نمونه‌برداری مناسب از ماسه به مقدار موردنیاز و از محل مناسب و آماده کردن آنها جهت آزمایش‌های ماسه

۲ـ کار با دستگاه‌های تعیین استحکام و فشردگی و رطوبت، انجام دادن صحیح آزمایش و ثبت نتایج

معیار شایستگی :

ردیف	مرحله کار	حداقل نمرهٔ قبولی	نمرهٔ هنرجو
۱	نمونه‌برداری	۱	
۲	تعیین استحکام و فشردگی	۲	
۳	تعیین درصد رطوبت	۲	
۴	تعیین دانه بندی ماسه	۱	
۵	تعیین قابلیت عبور گاز	۲	
۶	تعیین درصد خاک ماسه	۱	
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: ۱ـ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار ۲ـ مسئولیت‌پذیری ۳ـ مدیریت مواد و تجهیزات ۴ـ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی و عینک محافظ ۵ـ تمیز کردن وسایل محیط کار	۲	
	میانگین نمرات		*

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