

فصل ۲

آزمایش متالوگرافی

جلسه هشتم: آشنایی با ساختار ریختگی فلزات و آلیاژها

برای تدریس این قسمت از درس، مقدمه‌ای درباره لزوم آشنایی با ساختار فلزات و آلیاژها، اهمیت و ارتباط آن را با خواص مکانیکی بیان نمایید. چند نمونه از فلزات و آلیاژهای مختلف مانند آلیاژهای روی، آلومینیوم، فولاد و چدن را که قبلاً تهیه شده به هنرجویان نشان داده و درباره نوع و جنس، رنگ، وزن، چگالی، استحکام و کاربرد عمده آنها در محیط اطراف و صنعت پرسش نموده و پاسخ صحیح آنها را دسته‌بندی و در تخته سفید کلاس با دقت و اصلاح شده نوشته و در پایان به‌طور کامل توضیح دهید.

هنرجویان را به چهارگروه مختلف تقسیم‌بندی کرده و برای هر گروه دو نمونه ماکروسکوپی از فلز روی یا آلومینیوم خالص که در قالب فلزی ریخته شده، تهیه و قبل و بعد از اچ در اختیار آنها قرار داده و از آنها بخواهید شکل شماتیکی را ترسیم نمایند، سپس به سوالات زیر پاسخ دهند.

1 چه تفاوت‌هایی بین نمونه‌ها (اچ شده و اچ نشده) مشاهده می‌نمایید؟

2 سطح نمونه‌های اچ شده را از دانه‌بندی به چند قسمت می‌توان تقسیم‌بندی کرد؟

3 دلایل متفاوت بودن سطح نمونه اچ شده از نظر دانه‌بندی را چگونه توجیه می‌کنید؟

پاسخ‌های داده شده توسط هنرجویان را دسته‌بندی و اصلاح کرده و برای هنرجویان توضیح دهید.

آشنایی با ساختارهای کریستالی

جهت تدریس این قسمت بهتر است ابتدا ماده، مولکول، اتم و مباحث مربوط به پیوندهای بین فلزات یادآوری شده و از ماکت‌های سه بعدی و یا فیلم آموزشی در رابطه با ساختارهای اصلی فلزات استفاده شود.

انواع روش‌های بررسی ساختمان داخلی فلزات و آلیاژها

برای تدریس این بخش از فیلم آموزشی مناسب در مورد میکروسکوپ‌های نوری، الکترونی، آنالیز توسط اشعه X و سایر روش‌های آلتراسونیک و غیره استفاده شده و بهتر است تصاویر و نتایج حاصل از بررسی فلزات و آلیاژها با این تجهیزات، از منابع معتبر، به‌طور مثال برای یک فلز یا آلیاژ خاص تهیه و با یکدیگر مقایسه شوند و موارد کاربرد آنها به‌طور کامل توضیح داده شود.

دانش افزایی

میکروسکوپ‌های الکترونی

میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، یکی از ابزارهای مورد استفاده در فناوری‌ها و علوم مختلف از جمله نانو فناوری است. یکی دیگر از ابزارهای بزرگنمایی که در آنها به جای پرتوهای نور، از الکترون استفاده می‌شود.

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، از ابزارهای مطالعه در نانوفناوری است که می‌تواند به شیوه بمباران الکترونی، تصاویری از اجسامی به کوچکی 10^5 نانومتر تهیه کند. استفاده از این ابزار، آماده‌سازی نمونه برای مطالعه و...، نیازمند اطلاعاتی درباره امکانات، سازوکار، اجزا و چگونگی عملکرد آن است.

میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM): اساس عملکرد میکروسکوپ الکترونی عبوری (Transmission Electron Microscope) که به اختصار به آن TEM می‌گویند، مشابه میکروسکوپ‌های نوری است با این تفاوت که به جای پرتوی نور در آن از پرتوی الکترونی استفاده می‌شود. آنچه که می‌توان با کمک میکروسکوپ نوری مشاهده کرد بسیار محدود است، در حالی که با استفاده از الکترون‌ها به جای نور، این محدودیت از بین می‌رود. وضوح تصویر در TEM هزار برابر بیشتر از یک میکروسکوپ نوری است.

با استفاده از TEM می‌توان جسمی به اندازه چند آنگستروم (10^{-10} متر) را مشاهده کرد. برای مثال، می‌توانید اجزای موجود در یک سلول یا مواد مختلف در ابعادی نزدیک به اتم را مشاهده کنید. برای بزرگنمایی، TEM ابزار مناسبی است که هم در تحقیقات پزشکی و زیست‌شناسی و هم در تحقیقات مرتبط با مواد قابل استفاده است.

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM): میکروسکوپ الکترونی روبشی که به آن (Scanning Electron Microscope) یا به اختصار SEM می‌گویند، یکی از ابزارهای مورد استفاده در فناوری نانو است که با کمک بمباران الکترونی، تصاویر اجسامی به کوچکی 10^5 نانومتر را برای مطالعه تهیه می‌کند. ساخت SEM سبب شد تا محققان بتوانند نمونه‌های بزرگ‌تر را به سادگی و با وضوح بیشتری مطالعه کنند. بمباران نمونه سبب می‌شود تا از نمونه، الکترون‌هایی به سمت صفحه دارای بار مثبت رها شود که این الکترون‌ها در آنجا تبدیل به سیگنال می‌شوند. حرکت پرتو بر روی نمونه مجموعه‌ای از سیگنال‌ها را فراهم می‌کند که بر این اساس میکروسکوپ می‌تواند تصویری از سطح نمونه را بر صفحه کامپیوتر نمایش دهد. SEM اطلاعات زیر را در خصوص نمونه در اختیار می‌گذارد:

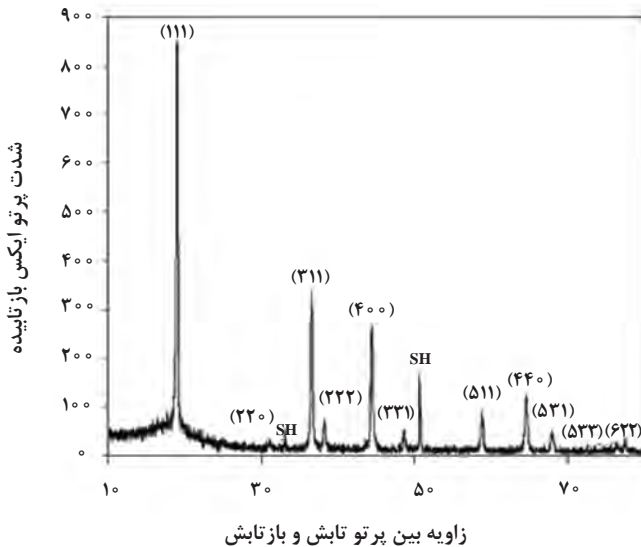
■ توپوگرافی نمونه (خصوصیات سطوح)

■ مورفولوژی (شکل، اندازه و نحوه قرارگیری ذرات در سطح جسم)

■ ترکیب (اجزایی که نمونه را می‌سازند)

آنالیز توسط اشعه X

XRD یا همان پراش اشعه ایکس (X-Ray Diffraction) تکنیکی قدیمی و پرکاربرد در بررسی خصوصیات کریستال‌ها است. در این روش از پراش اشعه ایکس توسط نمونه، جهت بررسی ویژگی‌های نمونه استفاده می‌شود. XRD برای تعیین عموم کمیت‌های ساختار کریستالی از قبیل ثابت شبکه، هندسه شبکه، تعیین کیفی مواد ناشناس، تعیین فاز کریستال‌ها، تعیین اندازه کریستال‌ها، جهت‌گیری تک کریستال، تنش، عیوب شبکه و غیره، قابل استفاده است. در پراش اشعه ایکس توسط کریستال، مشاهده می‌شود که شدت اشعه ایکس بازتابیده از کریستال، که در هر اتم به صورت الاستیک پراکنده شده‌اند (بدون تغییر طول موج)، در زوایای خاصی ماکسیمم خواهد بود و در بقیه زوایا، شدت اشعه پراشیده شده مقدار قابل ملاحظه‌ای ندارد. منظور از پراش، همین رفتار اشعه ایکس است.



نمونه اطلاعات ثبت شده از پراش یک نمونه در روش پودری

ارزشیابی

در پایان این جلسه اهمیت ارزشیابی را به هنرجویان یادآوری کرده و در مورد انجام کارگروهی در کارگاه و آزمایشگاه توضیحات لازم را بیان نمایم و برای پاسخ

سؤالات مطرح شده در حین درس و انجام کارگروهی صحیح، نمره‌ای در نظر گرفته شود. به دلیل اینکه این کاربرد ارزشیابی، مدرک مشخص شایستگی خواهد بود، لذا برای تکمیل نمودن جدول ارزشیابی کار باید در فرایند تدریس و انجام کار توسط هنرجویان نظارت کامل داشته باشید.

ارزشیابی پایانی جلسه هشتم

با توجه به متن کتاب درسی و فعالیت‌های کارگاهی انجام شده توسط هنرجویان، ارزشیابی پایانی جلسه اول مطابق کاربرگ‌های زیر صورت گیرد.

کاربرگ ارزشیابی پایان جلسه اول

خودارزیابی توسط هنرجو		
مؤلفه‌های خودارزیابی	خیر	بلی
با انواع فلزات آشنایی دارم.		
می‌توانم فلزات را از نظر خواص فیزیکی از هم تفکیک کنم.		
با نحوه انجماد فلزات آشنایی دارم.		
مفهوم دانه‌بندی فلزات را می‌دانم.		
با انواع دانه‌های تبریدی، ستونی و هم‌محور آشنا هستم.		
مفهوم شبکه فضایی را می‌دانم.		
مفهوم سلول واحد را می‌دانم.		
با انواع روش‌های بررسی ساختمان داخلی فلزات و آلیاژها آشنایی دارم.		
تعداد جواب‌های بلی		

ارزشیابی توسط هنر آموز	
نمره دریافتی	مؤلفه های ارزشیابی
	سه ناحیه متمایز ساختار دانه ای فلزات را می شناسد.
	عوامل مؤثر در نواحی مختلف ساختار دانه ای فلزات را می داند.
	مفهوم ساختار شبکه فضایی را می داند.
	مفهوم شبکه واحد یا سلول واحد را می داند.
	انواع شبکه واحد فلزات را می شناسد.
	با انواع روش های بررسی ساختمان داخلی فلزات و آلیاژها آشنایی دارد.
	نمره خود ارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه نهم: متالوگرافی و انواع روش‌های آن

برای تدریس این قسمت علاوه بر توضیح مطالب بیان شده چند قطعه کوچک یا نمونه چدنی از انواع چدن‌های سفید، خاکستری، داکتیل و مالیل تهیه و بین گروه‌های هنرجویان تقسیم‌بندی کرده و از آنها بخواهید تا نوع چدن‌ها را با توجه به اطلاعات قبلی خود تشخیص داده و در جدول زیر یادداشت نمایند.

گروه	نوع قطعه یا نمونه ۱	نوع قطعه یا نمونه ۲	نوع قطعه یا نمونه ۳	نوع قطعه یا نمونه ۴
۱	چدن.....	چدن.....	چدن.....	چدن.....
۲	چدن.....	چدن.....	چدن.....	چدن.....
۳	چدن.....	چدن.....	چدن.....	چدن.....
۴	چدن.....	چدن.....	چدن.....	چدن.....

با توجه به اینکه بررسی از روی شکل ظاهری می‌باشد قطعاً جواب‌های داده شده اشتباه خواهد بود. چون بدون بررسی ساختار درونی و شکل و نوع گرافیت نمی‌توان به راحتی نوع چدن‌ها را تشخیص داد، با این فعالیت اهمیت متالوگرافی و بررسی ساختار درونی کاملاً قابل فهم می‌شود.

در ادامه تدریس انواع نمونه‌های چدنی خاکستری، سفید، داکتیل و مالیل را در حالت پولیش (نشان دادن شکل گرافیت) در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی ۱۰۰ به هنرجویان نشان دهید و از آنها بخواهید تا شکل شماتیکی مشاهده شده را ترسیم و تفاوت آنها مورد بحث گروهی قرار دهید.

با توجه به شکل گرافیت‌های مورد مشاهده و اطلاعات قبلی هنرجویان راجع به انواع چدن‌ها، نوع صحیح چدن‌ها را از آنها درخواست نموده و جدول پر شده قبلی را اصلاح نمایید.

کاربردهای عمده ماکروسکوپی فلزات و آلیاژها

برای تدریس این قسمت پیشنهاد می‌شود چند قطعه ریختگی معیوب انتخاب کرده و در اختیار گروه‌های هنرجو قرار داده و از آنها درخواست نمایید نام و علت تشکیل عیوب را مورد بحث و گفت‌وگو قرار دهند. و همچنین بهتر است نمونه‌های از جنس آلیاژهای آلومینیوم که در کارگاه ریخته‌گری با قالب‌های ماسه‌ای و فلزی ریخته شده‌اند تهیه و بعد از پولیش و بدون اچ شده در اختیار هنرجویان قرار دهید تا مک و حفره و ترکه‌ای احتمال را تشخیص دهند.

مراحل آماده کردن نمونه برای مطالعه ماکروسکوپی

ابتدا مراحل مختلف آماده کردن نمونه‌های متالوگرافی برای مطالعه ماکروسکوپی را به‌طور خلاصه شرح داده و نکات ضروری و ایمنی را توضیح داده و هرکدام از مراحل را به‌صورت زیر در آزمایشگاه و یا کارگاه اجرا نمایید.

الف) انتخاب نمونه: هنرجویان را در گروه‌های چهار یا پنج نفری تقسیم‌بندی نموده مطابق فعالیت کارگاهی (۱) نمونه‌های آزمایشگاهی را تهیه نمایید. برش نمونه‌ها توسط گروه‌ها به‌صورت عرضی و طولی انجام شود.

ب) برش و سوهان کاری: نمونه‌های مورد نظر را می‌توان از قطعات انتخابی به‌وسیله اره کمانه‌ای و یا دستگاه کاتر، در صورت موجود، برش داد. برای این منظور لازم است هنرآموز ابتدا یک نمونه برش داده و اصول صحیح کار با ابزار برش و نکات ایمنی را متذکر شود. سپس هنرجویان اقدام به کار برش کرده و سپس با استفاده از سوهان درشت و ریز به خوبی سطح مورد نظر نمونه را سوهان کاری نمایند به‌صورتی که اثرات اره برش از بین رفته و سطح نمونه کاملاً صاف و گونبایی گردد.

جهت آسیب ندیدن دست و همچنین جلوگیری از پارگی کاغذهای سنباده در مراحل بعد لازم است دور تا دور سطح نمونه سوهان کاری شده، به‌صورت پخ‌دار ساییده شود.

ج) سنباده کاری: جهت سنباده کاری گروه‌های هنرآموز، نمونه‌های برش و سوهان کاری شده را بر روی صفحات سنباده همراه با شوینده آب از سنباده درشت تا ریز انجام دهند. پیشنهاد می‌شود سنباده کاری بر روی سطح شیب‌دار و فشار دست از بالا به پایین انجام شده و در زمان‌های مختلف، نمونه به اندازه حدود ۹۰ درجه چرخانده شده و فشار دست در سنباده‌های درشت بیشتر و با ریز شده سنباده‌ها فشار و سرعت حرکت دست کمتر شود، تا سطح نمونه با خش کمتری در مراحل پایانی سنباده کاری به‌دست آید.

با توجه به اینکه نمونه مورد نظر برای مطالعه ماکروسکوپی می‌باشد نیازی به پولیش کاری نیست.

د) آشکارسازی یا اچ کردن (حکاکی): با توجه به نوع فلز یا آلیاژ موردنظر با استفاده از محلول اچانت تهیه شده توسط هنرآموز، نمونه‌های آماده شده با حضور هنرآموز و با رعایت کلیه نکات ایمنی بیان شده در کتاب درسی، اچ کردن در زیر هود انجام شده و بلافاصله با آب کافی شسته شده و سپس با استفاده از فشار هوای گرم (سشوار) خشک و مورد مطالعه ماکروسکوپی قرار می‌گیرند.

از هنرجویان بخواهید یکی از بهترین نمونه تهیه شده در گروه را انتخاب کرده و با مطالعه ماکروسکوپی جدول صفحه بعد را تکمیل نمایند.

گروه	روش ریخته‌گری	عیب ریختگی، ترک	حفره گازی	حفره انقباضی	نوع و اندازه دانه‌ها
۱	قالب فلزی	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>
۲	قالب فلزی	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>
۳	قالب ماسه‌ای	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>
۴	قالب ماسه‌ای	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>	دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>

ارزشیابی

برای پاسخ سؤالات مطرح شده در حین درس و انجام کارگروهی صحیح، نمره‌ای در نظر گرفته شود و برای تکمیل نمودن جدول ارزشیابی کار باید در فرایند تدریس و انجام کار توسط هنرجویان نظارت کامل داشته باشید.

ارزشیابی پایانی جلسه نهم:

با توجه به متن کتاب درسی و فعالیت‌های کارگاهی انجام شده توسط هنرجویان، ارزشیابی پایانی جلسه دوم مطابق کاربرگ‌های زیر صورت گیرد.

خودارزیابی توسط هنرجو		
مؤلفه‌های خودارزیابی	خیر	بلی
معنی متالوگرافی را می‌دانم.		
انواع روش‌های بررسی و مطالعه ساختار داخلی فلزات را می‌شناسم.		
هدف از مطالعه ماکروسکوپی را می‌دانم.		
کاربرد مطالعه ماکروسکوپی را می‌دانم.		
با مراحل آماده‌سازی نمونه ماکروسکوپی آشنایی دارم.		
با روش انتخاب نمونه ماکروسکوپی آشنایی دارم.		
با روش برش، سوهان کاری و سنباده کاری نمونه‌ها آشنایی دارم.		
نحوه اچ کردن نمونه‌ها را با محلول اچ و نکات ایمنی استفاده از آنها را می‌دانم.		
تعداد جواب‌های بلی		

ارزشیابی توسط هنرآموز

نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	تعریفی کاملی از متالوگرافی را می‌داند.
	هدف از مطالعه ماکروسکوپی را می‌داند.
	کاربرد مطالعه ماکروسکوپی را می‌شناسد.
	مراحل آماده‌سازی نمونهٔ ماکروسکوپی را به ترتیب می‌داند.
	در آماده‌سازی نمونه‌ها دقت لازم را انجام داده است.
	در استفاده از محلول اچ نکات ایمنی را رعایت کرده است.
	نمره خود ارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه دهم: مطالعه میکروسکوپی ساختار فلزات و آلیاژها

برای تدریس این قسمت بعد از توضیح کامل مطالب بیان شده در کتاب درسی، پیشنهاد می‌شود هنرآموز تفاوت بین مطالعه ماکروسکوپی با میکروسکوپی از نظر تجهیزات لازم، مراحل آماده‌سازی نمونه و روش بررسی ساختار فلزات و آلیاژها را به صورت بحث گروهی بین هنرجویان مطرح نماید. در ادامه پاسخ‌های صحیح آنها را جمع‌بندی و توضیح کامل آنها را بیان کند.

مراحل تهیه نمونه برای مطالعه میکروسکوپی

الف) انتخاب نمونه: با توجه به فعالیت کارگاهی (۲) هنرجویان با راهنمایی هنرآموز در گروه‌های چهار تا پنج نفری اقدام به ذوب و تهیه نمونه‌هایی از آلیاژهای آلومینیوم با گاززدایی و بدون گاززدایی می‌نمایند. سپس هر هنرجو یک نمونه برش داده و مراحل آماده‌سازی را ادامه می‌دهد.

ب) مانت کردن: جهت مانت کردن پیشنهاد می‌شود یک نمونه کوچک از آلیاژ فعالیت کارگاهی (۲) تهیه شده و در دستگاه مانت گرم گذاشته ماده مخصوص مانت روی آن به اندازه کافی ریخته و دستگاه روشن و عمل مانت کردن به صورت گرم انجام شود.

در روش دیگر می‌توان با استفاده از مواد مانت سرد (مواد رزینی، سخت‌کننده و کاتالیزور) و با استفاده از یک قالب پلاستیکی اقدام به مانت سرد نمود. لازم است مانت سرد توسط هنرآموز یا استادکار مربوطه با رعایت نکات ایمنی صورت گیرد. **ج) سنباده کاری:** عمل سنباده کاری توسط گروه‌های هنرجویی و با استفاده از سنباده‌های درشت تا ریز بر روی صفحات شیب‌دار انجام شود. چون این نمونه‌ها جهت مطالعه میکروسکوپی می‌باشد بهتر است تا سنباده‌های ریزتر (۲۴۰۰) انجام گیرد.

د) صیقل کاری یا پولیش کردن: قبل از اقدام به پولیش کردن ابتدا دستگاه پولیش از نظر روش کار و نکات ایمنی توسط هنرآموز توضیح داده شده و از هر گروه یک نمونه بهتر انتخاب و توسط هنرجویان عمل پولیش کاری بر روی پارچه نرم صفحه پولیش به همراه پودر اکسیدها و آب جاری انجام شود.

برای آموزش روش الکتروپولیش از فیلم‌های آموزشی مربوطه استفاده شود. **ه) حک کاری یا اچ کردن:** برای حک کاری نمونه‌ها از مواد اچ مربوطه و با راهنمایی هنرآموز و رعایت نکات ایمنی در زیر هود توسط هنرآموزان انجام شده و بعد از شست‌وشو و خشک کردن مورد مطالعه میکروسکوپی قرار می‌گیرد.

میکروسکوپ نوری متالوگرافی

برای تدریس این قسمت ابتدا از روی میکروسکوپ‌های موجود در آزمایشگاه انواع آنها را همراه با قسمت‌های مختلف و روشکار توضیح دهید. سپس یکی از نمونه‌های آماده شده را روی عدسی شیئی قرار داده و تصویر ساختار را آشکار نمایید. در ادامه این عمل را برای بزرگنمایی‌های مختلف تکرار نمایید. با توجه به فعالیت کارگاهی (۲) هنرجویان نمونه‌های آماده شده خود را در زیر میکروسکوپ قرار داده و از نظر وجود مک‌های گازی مورد بررسی قرار داده و برای پرسش بیان شده در کتاب درسی بحث گروهی نمایند.

دانش‌افزایی

نرم‌افزار ImageJ

ImageJ یک نرم‌افزار قدرتمند آنالیز تصویر می‌باشد و کاربردهای مختلفی در علوم مختلف دارد. یک نرم‌افزار قدرتمند آنالیز تصویر لایه باز بوده که با توسعه صدها پلاگین و ماکرو، قدرت و کاربرد وسیعی در علوم مختلف پیدا کرده است. از این نرم‌افزار نیز برای آنالیز عکس‌های میکروسکوپی در مهندسی مواد با توان بالایی می‌توان استفاده نمود. در متالوگرافی و تحلیل عکس‌های میکروسکوپ الکترونی می‌توان درصد فازها، تعداد ذرات، اندازه ذرات، ندول کانت و این‌گونه موارد که بر پایه محاسبه پیکسلی تصویر به نتیجه می‌باشد را محاسبه کرد.

مهم‌ترین ویژگی‌های نرم‌افزار ImageJ :

- بررسی نحوه توزیع ذرات تشکیل‌دهنده در کامپوزیت‌ها
- بررسی میزان نشکن شدن چدن
- اندازه‌گیری گرافیت در چدن
- بررسی کاربیدها در فولاد
- محاسبه درصد فازها در آلیاژها
- بررسی میزان جدایش
- بهبود کیفیت عکس‌های متالوگرافی

ارزشیابی

برای پاسخ سؤالات مطرح شده در حین درس و انجام کارگروهی صحیح، نمره‌ای در نظر گرفته شود و برای تکمیل نمودن جدول ارزشیابی کار باید در فرایند تدریس و انجام کار توسط هنرجویان نظارت کامل داشته باشید.

ارزشیابی پایانی جلسه دهم

با توجه به متن کتاب درسی و فعالیت‌های کارگاهی انجام شده توسط هنرجویان، ارزشیابی پایانی جلسه سوم مطابق کاربرگ‌های زیر صورت گیرد.

خودارزیابی توسط هنرجو		
مؤلفه‌های خودارزیابی	خیر	بلی
هدف از مطالعه میکروسکوپی را می‌دانم.		
با موارد کاربرد مطالعه میکروسکوپی آشنا هستم.		
با مراحل تهیه نمونه میکروسکوپی آشنا هستم.		
نحوه انتخاب نمونه میکروسکوپی را می‌دانم.		
با روش مانت کردن نمونه آشنایی دارم.		
نحوه برش، سوهان کاری و سنباده کاری نمونه‌ها را می‌دانم.		
با محلول‌های اچ میکروسکوپی و روش اچ کردن نمونه‌ها و نکات ایمنی آشنا هستم.		
قسمت‌های مختلف میکروسکوپ نوری متالوگرافی را می‌دانم.		
تعداد جواب‌های بلی		

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	کاربردهای مطالعه میکروسکوپی را می‌داند.
	با مراحل مختلف آماده‌سازی نمونه میکروسکوپی را به ترتیب آشنا می‌باشد.
	انواع روش‌های مانت کردن را می‌داند.
	نمونه میکروسکوپی مناسبی را می‌تواند آماده نماید.
	نمونه میکروسکوپی را به خوبی رعایت نکات ایمنی اچ می‌کند.
	تصویر ساختار میکروسکوپی را آشکار می‌سازد.
	نمره خود ارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه یازدهم: انواع آلیاژها و نمودارهای فازی

آلیاژهای محلول جامد

جهت آموزش نمودارهای فازی پیشنهاد می‌شود ابتدا روش به دست آوردن این نمودارها به طور خلاصه توضیح داده شده (با استفاده از نمودار ترکیب شیمیایی - درجه حرارت مربوط به آلیاژ مس- نیکل) و سپس چند نمونه از مس خالص، مس با ۵،۱۰ و ۱۵ درصد روی (مطابق فعالیت کارگاهی ۳) تهیه شده و بعد از پولیش و اچ در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی یکسان مورد بحث و گفت‌وگوی گروهی قرار گیرد. جهت تهیه نمونه‌ها به روش ذوب و ریخته‌گری، مدل چوبی یا فلزی استوانه‌ای به قطر ۳-۴ سانتی‌متر و با ارتفاع ۸-۱۰ سانتی‌متر در قالب CO_2 (۸-۴ قالب) قالب‌گیری شده و مس خالص به مقدار ۱۰ کیلوگرم ذوب و بعد از عملیات کیفی (گاززدایی و آخال‌زدایی) به تعداد ۲-۱ قالب ریخته می‌شود. در مرحله دوم به مذاب باقی مانده مقدار محاسبه شده روی افزوده و ۲-۱ قالب دیگر ریخته شده و در مراحل بعدی نیز ۱۰ و ۱۵ درصد روی به مذاب باقی مانده محاسبه و از هر

کدام ۱-۲ قالب ریخته می‌شود.

در هر مرحله انجام عملیات کیفی انجام شده و دمای فوق ذوب تقریباً یکسان باشد. در این قسمت از تدریس هنرجویان علاوه بر آشنایی با نمودار فازی مفاهیم اصلی مانند محلول جامد، تغییر خواص و ریزساختار در اثر آلیاژ کردن، می‌توانند در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی‌های مختلف نمونه‌ها را مورد بررسی میکروسکوپی قرار دهند.

دانش افزایی

آلیاژ مس - روی (برنج)

برنج‌ها آلیاژهای مس و روی می‌باشند که براساس تغییرات ترکیبی و رنگ ظاهری به برنج زرد و برنج قرمز و برنج سرب، برنج سیلیسیم، برنج قلع، برنج‌های نیکلی (ورشو) تقسیم می‌شوند.

برنج‌ها از نقطه نظر شبکه محلول‌های جامد مس و روی دارای خواص زیر می‌باشند:
(الف) محلول جامد (α): این شبکه در دمای محیط چکش‌خوار می‌باشد ولی چکش‌خواری آن در دمای بالا منوط به نداشتن سرب در آلیاژ است (به دلیل تشکیل سرب مایع در دمای بالا).

(ب) محلول جامد (β): در این شبکه وجود سرب کمتر مزاحم می‌باشد و شبکه خاصیت چکش‌خواری خود را در گرما حفظ می‌کند.

(ج) محلول جامد (γ): این شبکه سخت و شکننده است و خواص عمومی شبکه γ را دارد. اگر مقدار فلز روی از 50% کمتر باشد، آلیاژ در ناحیه β بوده و برای به وجود آمدن شبکه γ باید مقدار فلز روی از 50% بیشتر باشد. به همین دلیل مقدار فلز روی در برنج همواره کمتر از 47% است و رنگ برنج به مقدار روی بستگی دارد. اگر برنج تنها از محلول جامد α تشکیل شده باشد در این صورت خواص مکانیکی با افزایش فلز روی بالا می‌رود سپس با افزایش بیش از حد روی، دوباره کاهش می‌یابد. اگر برنج از شبکه α و β تشکیل شده باشد، مقدار درصد تغییر شکل کاهش یافته در حالی که سختی به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد.

آلیاژهای یوتکتیک

یکی از ساده‌ترین و عمومی‌ترین آلیاژهای یوتکتیک، آلیاژ آلومینیوم - 11% سیلیسیوم می‌باشد. که در شرایط ریخته‌گری قابل مشاهده زیر میکروسکوپ نوری می‌باشد. جهت آموزش این قسمت پیشنهاد می‌شود با توجه به فعالیت کارگاهی ۴، این آلیاژ تهیه شده و بعد عملیات آماده‌سازی نمونه در زیر میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور از گروه‌های هنرآموز درخواست نمایید تا نمونه‌هایی در قالب فلزی (استوانه‌ای به قطر ۳-۴ سانتی متر) و قالب ماسه‌ای تهیه کرده و عملیات برش، سوهان کاری، سنباده کاری، پولیش و اچ روی آنها انجام داده و نمونه‌های هر دو قالب را از نظر مک و حفره و

چگونگی تشکیل ساختار یوتکتیک با هم مقایسه و گزارش تهیه نمایند.

دانش افزایی

آلومینیوم و آلیاژهای آن

آلیاژهای آلومینیوم در حالت کلی به دو دسته کارپذیر و ریختگی تقسیم بندی می شوند و هر کدام از این گروه ها به دو دسته عملیات حرارتی پذیر و غیر قابل عملیات حرارتی تقسیم بندی می شوند.

آلیاژهای کار شده		آلیاژهای ریختگی	
سری	ترکیب	سری	ترکیب
۱XXX	آلومینیوم تقریباً خالص	۱XX.X	آلومینیوم تقریباً خالص
۲XXX	آلیاژ آلومینیوم و مس	۲XX.X	آلیاژ آلومینیوم و مس
۳XXX	آلومینیوم منگن دار	۳XX.X	آلومینیوم دارای مس، سیلیسیم و اندکی منیزیم
۴XXX	آلومینیوم سیلیسیم دار	۴XX.X	آلومینیوم سیلیسیم دار
۵XXX	آلیاژ آلومینیوم و منیزیم	۵XX.X	آلیاژ آلومینیوم و منیزیم
۶XXX	آلیاژهایی با ترکیب منیزیم، سیلیسیم و آلومینیوم	۶XX.X	آلیاژهایی با ترکیب منیزیم، سیلیسیم و آلومینیوم
۷XXX	آلیاژهایی با ترکیب روی و آلومینیوم و منیزیم	۷XX.X	آلیاژهایی با ترکیب روی و آلومینیوم و منیزیم
۸XXX	آلیاژ آلومینیوم با عناصر کمتر متعارف همچون لیتیم	۸XX.X	آلیاژ آلومینیوم با عناصر کمتر متعارف همچون قلع و لیتیم

آلیاژهای کار شده آلومینیوم دارای ویژگی ها و خصوصیات زیر می باشند:

مقاومت به خوردگی: بسیاری از آلیاژهای آلومینیوم به علت تشکیل طبیعی لایه اکسیدی چسبنده به سطح مقاومت به خوردگی اتمسفری و شیمیایی بالایی دارند. این مشخصه در آلیاژهای سری ۱XXX، ۳XXX، ۵XXX و ۶XXX بارزتر است.

رسانایی حرارتی: آلومینیوم و آلیاژهای آن رسانایی حرارتی بالایی دارند و با اینکه نسبت به فولاد در دمای پایین تری ذوب می شوند، اما در صورت مجاورت با آتش دمای آنها کندتر افزایش می یابد.

رسانایی الکتریکی: آلومینیوم و برخی از آلیاژهای آن رسانایی الکتریکی بسیار بالایی داشته و از این لحاظ در میان فلزات رسانای تجاری پس از مس در مرتبه دوم قرار می گیرند.

نسبت استحکام به وزن: آلومینیوم با چگالی کم خود برای ساخت آلیاژهای مهندسی مناسب است. گرچه استحکام آلیاژهای پایه آلومینیوم به اندازه استحکام قابل حصول در فولادها نیست ولی نسبت استحکام به وزن این آلیاژها بالا بوده و

به این دلیل آلیاژهای تجاری آلومینیوم تعداد زیادی دارند. استحکام اغلب این آلیاژ را می‌توان از طریق رسوب سختی و یا کار گرم افزایش داد.

چقرمگی شکست: بسیاری از آلیاژهای آلومینیوم چقرم بوده و در کاربردهایی که مقاومت به شکست ترد و رشد ترک مورد نیاز باشد به کار گرفته می‌شوند.

کارپذیری: آلومینیوم و آلیاژهای آن را می‌توان در بسیاری از روش‌های فلزکاری که نیاز به کارپذیری دارند (مانند اکستروژن) به کار گرفت.

سهولت اتصال: آلومینیوم و آلیاژهای آن را می‌توان با روش‌های تجاری معمول از قبیل جوشکاری، لحیم‌کاری، پیچ‌کاری، پرچ‌کاری و حتی میخ‌زنی به یکدیگر اتصال داد.

قابلیت بازیافت: بازیافت آلومینیوم و آلیاژهای آن در میان مواد سازه‌ای بسیار ساده است و می‌توان پس از بازیافت آنها را مستقیماً به صورت محصولات کیفیت بالا به کار برد.

به‌طور کلی خواص آلیاژهای کار شده در آلیاژهای ریختگی نیز وجود دارد ولی در انتخاب آلیاژهای ریختگی خواص زیر اهمیت دارند:

سهولت ریخته‌گری: این خصوصیت در سری سیلیسیوم بالای X بارز است. میزان بالای سیلیسیوم باعث جریان‌پذیری خوب و پرشدن قالب می‌شود.

استحکام: آلیاژهای سری X استحکام بسیار بالایی دارند ولی ریخته‌گری آنها سخت‌تر بوده و قابلیت پرداخت خوبی ندارند.

پرداخت کار: سری X و YXX.X به علت قابلیت پرداخت خوب مورد توجه‌اند اما ریخته‌گری آنها از گروه ۳XX.X سخت‌تر است.

از مهم‌ترین و پرکاربردترین آلیاژهای ریختگی آلومینیوم، آلیاژ آلومینیوم-سیلیسیوم می‌باشد. از ویژگی‌های این آلیاژ می‌توان به سیالیت بالا، مقاومت به خوردگی بالا، جوش‌پذیری خوب اشاره کرد. همچنین حضور سیلیسیوم، ضریب انبساط حرارتی و قابلیت ماشین‌کاری را کاهش می‌دهد. ترکیب یوتکتیک این سیستم برابر با $Al-12\% Si$ است. انجماد آهسته آلیاژ خالص $Al-Si$ منجر به تولید ریزساختار بسیار درشتی می‌شود که در آن صفحات سیلیسیوم در زمینه آلومینیوم قرار گرفته‌اند. اگر از ریخته‌گری پیوسته که سرعت سرد کردن آلیاژ در آن زیاد است، استفاده شود، ساختار این آلیاژ ریز شده، سیلیسیوم به شکل الیافی در آمده و در نتیجه، انعطاف‌پذیری و استحکام کششی افزایش می‌یابد.

ارزشیابی

برای پاسخ سؤالات مطرح شده در حین درس و انجام کار گروهی صحیح، نمره‌ای در نظر گرفته شود و برای تکمیل نمودن جدول ارزشیابی کار باید در فرایند تدریس و انجام کار توسط هنرجویان نظارت کامل داشته باشید.

ارزشیابی پایانی جلسه یازدهم:

با توجه به متن کتاب درسی و فعالیت‌های کارگاهی انجام شده توسط هنرجویان، ارزشیابی پایانی جلسه چهارم مطابق کاربردهای زیر صورت گیرد.

خودارزیابی توسط هنرجو		
بلی	خیر	مؤلفه‌های خودارزیابی
		با تعریف فاز آشنا هستم.
		با نمودار فازی آشنا هستم.
		مفهوم آلیاژهای محلول جامد را می‌دانم.
		مفهوم آلیاژهای یوتکتیک را می‌دانم.
		با نمودارهای فازی یوتکتیک آشنا هستم.
		با خصوصیات و ویژگی‌های دگرگونی یوتکتیکی آشنا هستم.
		ریزساختار آلیاژ آلومینیوم-سیلیسیوم را می‌دانم.
		با ریزساختار آلیاژ یوتکتیک آلومینیوم-سیلیسیوم آشنا هستم.
		تعداد جواب‌های بلی

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	با معنی و مفهوم فاز آشنا بوده و می‌تواند در زیر میکروسکوپ فازها را از هم تشخیص دهد.
	اهمیت و کاربرد نمودارهای فازی را می‌داند.
	مفهوم آلیاژ محلول جامد را می‌داند و می‌تواند در زیر میکروسکوپ تشخیص دهد.
	نمونه میکروسکوپی مناسبی را می‌تواند تهیه کند.
	با افزایش درصد روی در برنج تفاوت آنها را می‌تواند تشخیص دهد
	تفاوت ریزساختاری آلیاژهای آلومینیوم-سیلیسیوم ریخته شده در قالب فلزی و ماسه‌ای را می‌تواند تشخیص دهد.
	نمره خود ارزیابی هنر جو
	جمع

جلسه دوازدهم: آلیاژهای یوتکتوئیدی

تبدیل فاز آستنیت در فولادها و چدن‌ها معروف‌ترین و قابل دسترس‌ترین و در عین حال پرکاربرترین دگرگونی یوتکتوئید می‌باشد. که در این قسمت جهت آشنایی با این تحول، انواع فولادهای ساده کربنی مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور لازم است هنرآموز قبل از هر کار کارگاهی مختصری مربوط به فولادها و انواع فازهای موجود در آن را توضیح داده و در صورت لزوم از انواع فیلم‌های و محتواهای آموزشی استفاده نماید. سپس تحول یوتکتوئید مورد بررسی قرار بگیرد.

دانش افزایی

فولادها

فولادها گروهی از آلیاژهای آهن-کربن و عناصر دیگر هستند که بیشترین کاربرد را در صنعت و فناوری دارند. کاربرد وسیع فولادها ناشی از خواص کاملاً متنوع آنهاست که به کمک تغییر درصد کربن و یا تغییر درصد عناصر آلیاژی و یا تغییر نوع عملیات حرارتی حاصل می‌شود. گستره وسیع خواص متنوع فولادها ناشی از نوع، مقدار، اندازه و نحوه توزیع فازها می‌باشد.

دسته‌بندی‌های گوناگونی بر اساس سیستم‌های مختلف برای فولادها موجود است که در اینجا به مواردی از این تقسیم‌بندی‌ها اشاره می‌کنیم، این دسته‌بندی‌ها ممکن است بر اساس موارد زیر باشد:

- ترکیب شیمیایی، مانند فولادهای کربنی، کم آلیاژ یا زنگ نزن
- روش تولید مانند فولادسازی با اکسیژن، زیمنس مارتین، روش کوره الکتریکی
- روش پرداخت مانند نورد گرم یا نورد سرد
- شکل محصول مانند میلگرد، ورق، نوار، لوله یا فرم ساختمانی
- عملیات اکسیژن‌زدایی مانند فولاد آرام، نیمه آرام، سرپوشی یا نا آرام
- ساختار میکروسکوپی مانند فولاد فریتی، پرلیتی، مارتنزیتی و ...
- سطح استحکام مورد نیاز که در استاندارد ASTM مشخص شده است
- عملیات حرارتی مانند آنیلینگ، کوئنچینگ، تمپرینگ و فرایندهای ترمومکانیکی
- کیفیت مورد نظر مانند کیفیت فورج و یا کیفیت اقتصادی

نام‌گذاری فولادها در استاندارد آمریکایی AISI/SAE: در استاندارد آمریکایی، تمامی آلیاژهای فولادی با یک عدد چهار رقمی XXXX شناخته می‌شوند. در این روش نام‌گذاری، اولین عدد، معرف گروه فولاد و دومین عدد، نشان‌دهنده درصد تقریبی عنصر آلیاژی اصلی و دو رقم آخر نیز بیانگر مقدار کربن بر حسب صدم درصد می‌باشد. گروه‌های مختلف فولاد طبق استاندارد

AISI/SAE در جدول زیر مشخص شده است.

نام گروه فولاد	کد گروه
فولاد کربنی	۱XXX
فولاد نیکل	۲XXX
فولاد نیکل - کروم	۳XXX
فولاد مولیبدن	۴XXX
فولاد کروم	۵XXX
فولاد کروم - وانادیوم	۶XXX
فولاد تنگستن	۷XXX
فولاد نیکل - کروم - مولیبدن	۸XXX
فولاد سیلیسیوم - منگنز	۹XXX

به عنوان مثال آلیاژ فولاد ۱۰۶۰ از گروه فولادهای کربنی با ۰/۶ درصد کربن و آلیاژ فولاد ۴۱۳۰ از نوع مولیبدنی با حدود ۱ درصد مولیبدن و ۰/۳ درصد کربن است.

سیستم نام‌گذاری فولادهای غیرآلیاژی بر اساس DIN: فولادهای غیر آلیاژی دارای یک سری عناصر همراه هستند که مقدار آنها از مقادیر اعلام شده ذیل هیچ‌گاه بالاتر نمی‌رود. این عناصر همراه از طریق ذوب مواد اولیه وارد فولاد می‌شوند.

P<۰/۰۹٪	S<۰/۰۶٪	Ti<۰/۱٪
Si<۰/۱۵٪	Mn<۰/۱۸٪	Ai<۰/۱٪

این فولادهای غیر آلیاژی به دو قسمت تقسیم می‌شوند، این تقسیم‌بندی بر اساس اینکه آیا برای این فولاد عملیات حرارتی در نظر گرفته شده است یا نه انجام می‌شود.

دسته اول فولادهای انبوه که توسط علامت St نشان داده می‌شود، که بعد از آن

عددی دو رقمی می‌آید که حداقل استحکام کششی را اعلام می‌کند. بر اساس این استاندارد گاهی اوقات نحوه تولید و همچنین موارد خاص توسط حروفی که در ابتدای St آورده می‌شوند. این دسته برای عملیات حرارتی در نظر گرفته نشده‌اند. دسته دوم فولادهای مرغوب هستند که برای عملیات حرارتی در نظر گرفته شده‌اند. در این فولادها از حرف C به عنوان مشخصه استفاده می‌شود، که بعد از حرف C درصد متوسط کربن به صورت صد برابر ارائه شده است.

جهت تمایز فولادهای غیر آلیاژی و مشخص نمودن ویژگی خاصی در آنها، بعد از علامت C حروف زیر با معانی معینی می‌آید:

F: فولاد سخت کاری شده شعله ای یا القایی، مثلاً Cf53

k: فولاد نجیب با مقدار پائین فسفر و گوگرد، مثلاً Ck15

m: فولاد نجیب با محدوده معینی از گوگرد- نه فقط حد مجاز بالا، مثلاً Cm35

Q: فولاد کربوره و بهسازی جهت کله‌زنی، Heading، سرد، مثلاً Cq35

گاهی اوقات بعد از عدد مشخصه مقدار کربن، حرف مشخصه زیر نیز می‌آید:

W: کیفیت فولاد ابزار، مثلاً C110W

W1: فولاد ابزار با کیفیت درجه اول، مثلاً C80W1

W2: فولاد ابزار با کیفیت درجه دوم، مثلاً C80W2

به عنوان مثال:

شماره استاندارد	علامت DIN	C%	Si%	Mn%	P%<	S%<
۱/۰۶۰۱	C6۰	۰/۵۷-۰/۶۵	<۰/۴	۰/۶-۰/۹	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵
۱/۱۲۲۱	CK6۰	۰/۵۷-۰/۶۵	<۰/۴	۰/۶-۰/۹	۰/۰۳۵	۰/۰۳۰

جهت نام‌گذاری سایر فولادها به منابع معتبر در مورد این استاندارد مراجعه شود.

نکته



ساختار متالوگرافی فولادها

ساختارهای زمینه در فولادهای ساده کربنی

الف) آستنیت: افزودن عناصر آلیاژی خاصی مانند منگنز و نیکل باعث پایدار شدن ساختار آستنیت می‌شود. پیشنهاد می‌گردد جهت تدریس این قسمت علاوه بر مطالب بیان شده در کتاب درسی، از نمونه‌های فولاد منگنزی و یا فیلم آموزشی استفاده شود.

ب) فریت: در تمامی فولادهای ساده کم کربن این فاز قابل مشاهده می‌باشد. جهت آشنایی هنرجویان با این فاز پیشنهاد می‌شود از نمونه‌های آماده شده این نوع فولادها استفاده شود.

ج) سمانتیت: جهت تدریس این قسمت از نمونه‌های فولاد ساده پرکربن آماده در آزمایشگاه استفاده شود.

د) پرلیت: جهت تدریس این قسمت از فولادهای ساده میان کربن در بزرگنمایی‌های بیش از ۵۰۰ برابر استفاده شود.

نمودار فازی آهن-کربن

جهت آشنایی و تدریس نمودار فازی آهن-کربن پیشنهاد می‌شود پوستر یا بنر و یا محتوای آموزشی این نمودار حتماً تهیه شده و هنرآموز ابتدا خط افقی (درصد کربن)، خطوط عمودی (درجه حرارت سانتی‌گراد و فارنهایت) به‌طور کامل از روی نمودار توضیح داده و سپس خطوط تحول‌های پریتکتیک، یوتکتیک و یوتکتوئید را همراه با درصد کربن و دماهای تحول را در حالت‌های پایدار و نیمه‌پایدار را بیان نماید.

در ادامه مناطق فازی (تک‌فاز و دو فاز) را همراه با محدوده دمایی پایدار بودن آنها همراه با محدوده درصد کربن موجود در آنها را توضیح دهد. و در پایان پرسش مربوط به کتاب درسی از گروه‌های هنرجو پرسیده شود.

فولادهای هیپویوتکتوئید، یوتکتوئید و هیپریوتکتوئید

جهت آشنایی هنرجویان با این نوع فولادها با توجه به نمودار آهن-کربن فرایند انجماد این فولادها از دمای فوق ذوب تا دمای محیط توضیح داده و شکل‌های شماتیک آنها توسط هنرجویان ترسیم گردد. و در ادامه با توجه به فعالیت کارگاهی ۵ گروه‌های هنرجو نمونه‌هایی از فولاد ۱۰۱۰، ۱۰۴۰ و ۱۰۸۰ (و یا CK۴۵، CK۴۵ و CK۸۰) تهیه کرده و بعد از آماده‌سازی و اچ با محلول مورد نظر در زیر میکروسکوپ مورد بررسی قرار داده و شکل شماتیک آنها ترسیم گردد.

ارزشیابی

برای پاسخ به سؤالات مطرح شده در حین درس و انجام کارگروهی صحیح، نمره‌ای در نظر گرفته شود و برای تکمیل نمودن جدول ارزشیابی کار باید در فرایند تدریس و انجام کار توسط هنرجویان نظارت کامل داشته باشید.

ارزشیابی پایانی جلسه دوازدهم

با توجه به متن کتاب درسی و فعالیت‌های کارگاهی انجام شده توسط هنرجویان، ارزشیابی پایانی جلسه پنجم مطابق کاربرگ‌های زیر صورت گیرد.

خودارزیابی توسط هنرجو		
مؤلفه‌های خودارزیابی	خیر	بلی
با دگرگونی یونکتوئیدی آشنا هستم.		
تعریف و انواع تقسیم‌بندی فولاد را می‌دانم.		
با ساختارهای زمینه در فولادها آشنا هستم.		
با نمودار فازی آهن-کربن آشنایی دارم.		
تحول یونکتیک و یونکتوئید در فولادها را می‌دانم.		
مناطق فازی (تک‌فاز و دوفاز) در نمودار آهن-کربن را می‌شناسم.		
با دماهای بحرانی آشنا هستم.		
با انواع فولادها از نظر درصد کربن و ریزساختار آنها آشنایی دارم.		
تعداد جواب‌های بلی		

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	تعریف دگرگونی یونکتوئیدی را می‌داند.
	با فاز آستنیت، فریت، سمنتیت و پرلیت آشنا می‌باشد.
	مناطق فازی در نمودار آهن-کربن را می‌تواند توضیح دهد.
	دماهای بحرانی را می‌تواند بیان کند.
	نمونه‌های فولاد ساده کربنی را به خوبی تهیه می‌کند.
	با ریزساختار نمونه‌های فولاد ساده کربنی آشنایی دارد.
	نمره خود ارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه سیزدهم: متالوگرافی چدن ها

ساختار چدن ها در سیستم تعادلی آهن-سمانتیت

چدن های هیپوئوتکتیک، یوتکتیک و هیپرئوتکتیک

جهت آشنایی هنرجویان با این مباحث، هنرآموز با توجه به نمودار آهن-کربن (نیمه تعادلی) فرایند انجماد چدن ها را با درصد کربن های زیر $4/3$ و $4/3$ و بالای $4/3$ با ترسیم شکل شماتیک در دماهای مختلف تشکیل و تحول فازهای مختلف را به تفصیل توضیح دهد. سپس با توجه به فعالیت کارگاهی ۶ از گروه های هنرجو خواسته شود نمونه هایی از چدن ها با درصد کربن مختلف و با مقاطع نازک تهیه و بعد از آماده سازی کامل بعد از پولیش بدون اچ شده و در حالت اچ شده در زیر میکروسکوپ با بزرگنمایی های مختلف مورد بررسی قرار داده و شکل شماتیک مشاهده شده ترسیم و فازهای مختلف نشان داده شوند.

ساختار چدن ها در سیستم تعادلی آهن-گرافیت

چدن های هیپوئوتکتیک، یوتکتیک و هیپرئوتکتیک

پیشنهاد می شود جهت آموزش این قسمت، هنرآموز محترم با توجه به نمودار آهن-گرافیت فرایند انجماد هر سه نوع چدن را از دمای فوق ذوب تا دمای محیط در دماهای مختلف بیان کرده و شکل شماتیکی از ریزساختارها را در دمای محیط ترسیم و توضیح دهد و برای این منظور می تواند از محتواهای آموزشی نیز استفاده نماید.

سپس مطابق فعالیت کارگاهی ۷ توسط گروه های هنرآموز، نمونه هایی از چدن با درصد کربن مختلف و با مقاطع ضخیم آماده شده و قبل از اچ و بعد از اچ مورد بررسی میکروسکوپی قرار گیرد و شکل شماتیک نمونه ها ترسیم و فازهای مختلف موجود در ریزساختار چدن ها شناسایی گردد.

ارزشیابی

برای پاسخ به سوالات مطرح شده در حین درس و انجام کار گروهی صحیح، نمره ای در نظر گرفته شود و برای تکمیل نمودن جدول ارزشیابی کار باید در فرایند تدریس و انجام کار توسط هنرجویان نظارت کامل داشته باشید.

ارزشیابی پایانی جلسه سیزدهم

با توجه به متن کتاب درسی و فعالیت‌های کارگاهی انجام شده توسط هنرجویان، ارزشیابی پایانی جلسه ششم مطابق کاربرگ‌های زیر صورت گیرد.

خودارزیابی توسط هنرجو		
بلی	خیر	مؤلفه‌های خودارزیابی
		تعریف چدن را می‌دانم.
		با انواع چدن‌ها آشنا هستم.
		با ریزساختار چدن‌ها در سیستم آهن-سمانتیت بدون اچ آشنایی دارم.
		با شکل، اندازه و نحوه توزیع گرافیت‌های چدن در سیستم آهن-گرافیت، بدون اچ آشنایی دارم.
		ریز ساختار چدن‌های هیپوئوتکتیک، یوتکتیک و هیپرئوتکتیک را در سیستم آهن-سمانتیت، می‌توانم تشخیص دهم.
		ریز ساختار چدن‌های هیپوئوتکتیک، یوتکتیک و هیپرئوتکتیک را در سیستم آهن-گرافیت، می‌توانم تشخیص دهم.
		انواع توزیع و شکل گرافیت‌های لایه‌ای در چدن‌های خاکستری را می‌شناسم.
		روش آماده‌سازی نمونه‌های چدنی را می‌دانم.
		تعداد جواب‌های بلی

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	اهمیت متالوگرافی چدن‌ها را می‌داند.
	ریزساختار چدن‌ها را قبل از اچ از نظر شکل، اندازه و نحوه توزیع گرافیت‌ها می‌شناسد.
	انواع فازهای موجود در چدن‌ها را می‌تواند تشخیص دهد (سیستم آهن - سمانتیت).
	انواع فازهای موجود در چدن‌ها را می‌تواند تشخیص دهد (سیستم آهن - گرافیت).
	انواع شکل‌های گرافیت در چدن خاکستری را می‌شناسد.
	نمونه‌های چدنی خوبی را می‌تواند تهیه کرده و با رعایت نکات ایمنی اچ نماید.
	نمره خود ارزیابی هنرجو
	جمع

جلسه چهاردهم: متالوگرافی چدن‌ها

ساختار میکروسکوپی چدن داکتیل و مالیل

برای تدریس این قسمت پیشنهاد می‌شود هنرآموز مربوطه علاوه بر توضیح کامل مطالب کتاب درسی فیلم و محتوای آموزشی جهت تهیه و تولید چدن‌های داکتیل و مالیل تهیه کرده و در کلاس درس نمایش دهد. در ادامه بهتر است با استفاده از یک محتوای آموزشی به‌طور مثال در یک قالب پاورپوینت انواع شکل و توزیع گرافیت‌ها توضیح داده و درصد کروی شدن در چدن‌های داکتیل و همچنین تشکیل ساختارهای زمینه در چدن‌های داکتیل و مالیل را همراه با شکل‌های مناسب توضیح دهد. سپس با توجه به فعالیت کارگاهی ۸ و ۹ از هنرجویان درخواست نماید که نمونه‌های مختلفی از چدن‌های داکتیل و مالیل تهیه کرده و بعد از آماده‌سازی مناسب قبل و بعد از اچ مورد مطالعه میکروسکوپی قرار داده و شکل شماتیک نمونه‌ها را ترسیم نموده و درصد کروی شدن و فازهای موجود را نمایش دهند.

ارزشیابی

برای پاسخ به سؤالات مطرح شده در حین درس و انجام کارگروهی صحیح، نمره‌ای در نظر گرفته شود و برای تکمیل نمودن جدول ارزشیابی کار باید در فرایند تدریس و انجام کار توسط هنرجویان نظارت کامل داشته باشید.

ارزشیابی پایانی جلسه چهاردهم

با توجه به متن کتاب درسی و فعالیت‌های کارگاهی انجام شده توسط هنرجویان، ارزشیابی پایانی جلسه هفتم مطابق کاربرگ‌های زیر صورت گیرد.

خودارزیابی توسط هنرجو		
بلی	خیر	مؤلفه‌های خودارزیابی
		با انواع شکل گرافیت در چدن‌ها آشنایی دارم.
		روش تولید چدن با گرافیت کروی را می‌دانم.
		با انواع و اندازه و نحوه توزیع گرافیت‌های کروی آشنا هستم.
		با نحوه تخمین درصد کروی شدن آشنا هستم.
		روش تولید چدن مالیبیل را می‌دانم.
		با اندازه و شکل گرافیت در چدن مالیبیل آشنایی دارم.
		با انواع زمینه در ساختار چدن‌های مالیبیل آشنا هستم.
		روش تهیه نمونه چدن‌های داکتیل و مالیبیل را می‌دانم.
		تعداد جواب‌های بلی

ارزشیابی توسط هنرآموز	
نمره دریافتی	مؤلفه‌های ارزشیابی
	اهمیت تولید چدن داکتیل را می‌داند.
	نوع چدن داکتیل را با توجه به شکل گرافیت تشخیص می‌دهد.
	با روش تولید چدن داکتیل آشنایی دارد.
	کاربردهای چدن مالیبیل را می‌داند.
	با روش تولید چدن مالیبیل از چدن سفید با عملیات حرارتی آشنایی دارد.
	نمونه‌های متالوگرافی خوبی از چدن داکتیل و مالیبیل می‌تواند تهیه کند.
	نمره خود ارزیابی هنرجو
	جمع