انواع کوره های های عملیات حرارتی در صنعت متالورژی

تهیه کننده: مهدی خدایی

www.Iran-mavad.ir

انواع کوره های های عملیات حرارتی:

1 – کوره سخت کاری:

این نوع کوره ها از نظر ساختار دارای اشکال مختلفی هستند. اما مشخصات کلی آنها مشابه می باشد. به عنوان مثال تمامی آنها باید به دمای آستنیت برسند. با توجه به تنوع کوره های سخت کاری ما سعی می کنیم پر کاربردترین آنها را معرفی کنیم.

به طور کلی کوره های سخت کاری به دو دسته تقسیم می شوند.

الف – کوره هایی که تا ماکزیمم دمای حدود 1000 درجه سانتی گراد گرم می شوند.

ب – کوره هایی که تا دمای حدود 1300 درجه سانتی گراد گرم می شوند.

مسلما بالا بودن دما تا حد 1300 درجه سانتی گراد نیاز به شرایط ویژه ای دارد که در ادامه توضیحات لازم در این زمینه بیان می شود.

کوره سخت کاری چند منظوره:

همانگونه که از اسم این کوره مشخص است، این کوره برای سخت کاری فقط استفاده نمی شود. بلکه چندین وظیفه بر عهده دارد که یکی از اصلی ترین آنها عملیات سخت کاری است. عملیات حرارتی قابل انجام توسط این کوره شامل: سخت کاری – نرماله – کربوره – و نیتروره می باشد. این کوره قدرت گرم کردن کنترل شده را ندارد و در صورتی که بخواهیم در حین گرم شدن به آن پله های دمایی بدهیم با ید این کار را دستی انجام دهیم.

مشخصات کوره:

1 – دمای کاری:1050 – 700 درجه سانتی گراد.

2 – اتمسفر کوره : گاز اندومات (اندوترمیک)

3 – سیستم گرم کننده: گاز شهر و یا سیستم برقی

مهندسین مواد ایران
Iran-mavad.ir

در سیستم گرم کننده توسط گاز شهر گاز متان با یک نسبت مشخص با هوا در لوله هایی با انتهای بسته (رادیان تیوب) محترق شده و گرما از این لوله ها به دیواره داده شده و داخل کوره گرم می شود. به عبارت ساده تر کوره دو جداره می باشد. یک جداره بیرونی فلزی و یک جداره داخلی آجر نسوز. بین این دو آجر لوله های احتراق تعبیه شده است. تعداد این لوله ها معمولا 8 عدد می باشد.که در هر طرف 4 عدد تعبیه شده است. البته با توجه به حجم محفظه داخلی کوره این تعداد می تواند کمتر و یا بیشتر باشد .

4 – تعداد محفظه:

این کوره دارای 2 محفظه سرد کننده و گرم کننده می باشد.به عبارتی این کوره یک پیش محفظه دارد که به محفظه سرد کننده معروف است.این محفظه در قسمت ورودی کوره قرار دارد.و محل سرد کردن قطعه توسط فن یا روغن انجام می شود.این محفظه تک جداره و از جنس فولاد نسوز است. محفظه اصلی که به محفظه گرم کننده معروف می باشد در قسمت دوم کوره قرار دارد وقطعات برای رسیدن به دمای آستنیته در آن محفظه قرار می گیرند.این محفظه دو جداره می باشد که در بین دو جداره لوله های احتراق قرار دارند. بین دو محفظه گرم کننده و سرد کننده یک درب جدا کننده قرار دارد که البته این درب ایزوله کننده دما و اتمسفر نیست.

5 – سیستم گردش هوا: فن

6 – جنس دیواره بیرونی: فولاد نسوز

7 – دیواره داخلی: آجر نسوز

8 – سیستم کنترل دما: کاملا اتوماتیک

9 – دارای سیستم کنترل دمای روغن

در مخزن روغن هیترهایی تعبیه شده است که می توانند دمای روغن را افزایش دهند.هنگامی که ما دمای مورد نظر خود را معمولا بین 80 – 40 درجه سانتی گراد می باشد انتخاب کنیم، هیترها مسئول افزایش دما می باشند. جنس این هیتر ها از فلزات و آلیاژهایی نظیر فولاد معمولی، فولاد زنگ نزن و یا صفحات نیکلی با روکش قلع می باشند.

10 – محیط سرد کننده:

www.Iran-mavad.ir

این نوع کوره ها دارای دو نوع قدرت سرد کنندگی می باشند.

الف – فن: در بالای محفظه سرد کننده قراردارد و اتمسفر داخل کوره را به آرامی حرکت می دهد . این نوع سرد کردن معمولا جهت نرماله کردن و یا سخت کردن قطعات با سختی پذیری بالا استفاده می شود.

ب – محفظه روغن: حجم محفظه با توجه به حجم کوره و در نتیجه حجم قطعات تعیین می شود. حجم محفظه روغن باید به گونه ای باشد که در اثر کوئنچ قطعات ، به راحتی دمای روغن تغییر نکند. جهت کاهش دما، روغن داخل محفظه مرتبا از محفظه خارج شده و از یک لوله که در میان آن لوله های حامل آب وجود دارد عبور می کند و بدین ترتیب دمای روغن کاهش می یابد.در محفظه روغن پروانه و یا پمپ هایی قرار دارد که مسئول متلاطم کردن روغن و یکنواخت کردن دمای آن می باشند.

11 – گاز های ورودی:

علاوه بر گاز اندومات، گازهای دیگری نظیر متان،نیتروژن و دی اکسید کربن نیز بنابر نیاز وارد کوره می شوند.به عنوان مثال هنگامی که فولاد عملیات حرارتی شونده دارای درصد کربن بالاتر از 0/4 درصد باشد.جهت جلوگیری از دکربوره شدن سطح در هنگام فرایند باید به همراه گاز اندومات ،گاز متان نیز وارد کوره کرد تا پتانسیل کربن کوره افزایش یافته و با درصد کربن فولاد تطابق داشته باشد.از طرفی در عملیات کربوره و کربونیتروره نیز باید پتانسیل کربن کوره افزایش یابد.البته با ورود گاز دی اکسید کربن نیز می توان افزایش داد.مقدار گاز متان ورودی به این کوره،گاز نیتروژن می باشد. هنگامی که می خواهیم عملیات کربونیتروره انجام دهیم باید پتانسیل نیتروژن کوره افزایش یابد که با ورود نیتروژن این کار عملی می شود.سیستم و حجم هر یک از این گازها می تواند دستی و یا اتوماتیک باشد.

12 – سیستم کنترل پتانسیل کربن کوره:

جهت کنترل پتانسیل کربن کوره معمولا در این کوره ها دو سیستم اتوماتیک و دستی وجود دارد.در سیستم اتوماتیک پتانسیل کربن کوره توسط یک آنالیز کننده گاز کوره اندازه گیری می شود.در سیستم دستی یک نوار مخصوص از یک فولاد بسیار کم کربن که روی تجهیزات کوره موجود می باشد را در ابتدا وزن کرده و وزن آن را یادداشت می کنیم.سپس این نوار به یک هدایت شونده متصل شده و توسط یک سوراخ که معمولا در پشت کوره قرار دارد وارد محفظه گرم کننده می شود و به مدت زمان حدود چند دقیقه در محفظه باقی می

ماند تا کربن به داخل سطح نفوذ کند.زمان نگهداری در مشخصات فنی کوره ذکر شده است. پس از بیرون آوردن نوار فولادی از کوره دوباره آن را وزن کرده و از اختلاف وزن نوار به درصد کربن پی می برند.

13 – مشعل خروجی کوره:

در این کوره یک مشعل جهت خروج گاز داخل کوره وجود دارد.در قسمت خروجی کوره این مشعل باعث می شود که هم گازهای خروجی بسوزند وهم از ورود هوا به داخل کوره جلوگیری به عمل آید. در صورتی که مشعل به هر دلیلی خاموش شود،جهت جلوگیری از ورود هوا به داخل کوره یک شیر یک طرفه پشت مشعل قرار دارد که باعث بسته شدن خروجی می شود.

14 – این کوره توان ارائه گراف عملیات دارد.

مراحل فرایند:

جهت انجام هر یک از فرایند های قابل انجام در این کوره مراحل زیر به ترتیب اجرا می شود.

1 – قرار گیری قطعات در سبد:

قطعاتی که می خواهند عملیات حرارتی شوند با یک چیدمان صحیح در سبد قرار می گیرند.در چیدمان قطعات باید به این نکته توجه کرد که قطعات باید به گونه ای در سبد قرار گیرند که بزرگترین قطعه از نظر ابعادی در محلی قرار گیرد که در مرحله عملیات بتوان آن را از چشمی کوره به راحتی مشاهده کرد.البته در یک عملیات مشابه باید قطعات از نظر ضخامت در یک محدوده قرار گیرند تا همرنگی در یک زمان اتفاق بی افتد و زمان قرار گیری در آستنیت نیز یکسان باشد،ولی در عمل قطعات تا حدودی از نظر ضخامت با یکدیگر متفاوت هستند ولی سعی می شود که این تفاوت چشم گیر نباشد.پس از آن سبد توسط جرثقیل روی ترن قرار می گیرد.

2 – قرار گیری سبد قطعات در مقابل درب کوره:

ترن حامل سبد قطعات به سمت کوره آمده و در مقابل کوره قرار می گیرد.جهت قرار گیری دقیق سبد در مقابل کوره از یک میکروسویچ که روی ریل نصب شده است کمک می گیرند.هنگامی که سبد کاملا در مقابل درب کوره قرار گرفت،چرخ های ترن به این میکروسویچ برخورد کرده و حرکت ترن برای یک لحظه قطع می شود. دراین لحظه سبد قطعات دقیقا در مقابل درب کوره قرار گرفته است.

3 – باز کردن درب اصلی کوره:

درب کوره معمولا به صورت عمودی به سمت بالا حرکت می کند.این سیستم می تواند به صورت هیدرولیک و یا مکانیکی باشد که معمولا این کار به راحتی توسط یک سیستم مکانیکی انجام می شود.در هنگام باز شدن درب کوره به طور اتوماتیک مشعلی در ورودی روشن می شود که پس از باز شدن درب ،کل منطقه ورودی توسط شعله محافظت شود.با این کار اجازه ورود اتمسفر بیرون کوره به داخل کوره داده نمی شود.

4 – ورود سبد حامل قطعات به داخل محفظه اولیه و بسته شدن درب:

سبد قطعات توسط ریل به داخل کوره هدایت شده و پس از آن ترن به عقب حرکت کرده تا درب کوره بسته شود.

5 – باز شدن درب میانی و ورود سبد به داخل محفظه اصلی:

پس از ورود سبد به داخل کوره و بسته شدن درب کوره ،چند لحظه صبر می کنیم تا هوای احتمالی محفظه از خروجی کوره خارج شود و در ادامه درب میانی (درب محفظه گرم کننده) باز شده و سبد قطعات به داخل محفظه اصلی هدایت شود.پس از ورود سبد،درب میانی نیز بسته می شود.سیستم باز و بسته شدن درب میانی معمولا به صورت کشویی و دو طرفه است.لازم به ذکر است که درب میانی ایزوله نیست.

6 – ارئه برنامه مورد نظر

در این مرحله دمای عملیات ،دمای روغن و مقدار و نوع گاز های ورودی به کوره داده شده و فرایند شروع می شود.لازم به ذکر است که برخی از کوره ها زمان را به صورت اتوماتیک و برنامه ر یزی شده مد نظر قرار می دهند،ولی در بعضی کوره ها زمان توسط اپراتور گرفته می شود.

7 – کنترل قطعات

توسط یک چشمی که در قسمت عقب کوره قرار دارد،مرتبا داخل کوره دیده می شود.با این روش می توان همرنگ شدن قعات را تشخیص داد.که قطعات و سبد دیده نشودعملا می توان به این نتیجه رسید که قطعات به دمای کوره رسیده اند.و از این زمان به بعد می توان زمان قرار گیری در منطقه آستنیت را محاسبه کرد.

8 – سرد کردن قطعات

پس از پایان عملیات ،درب وسط باز شده و قطعات به محفظه سرد کننده انتقال پیدا می کنند.در صورتی قطعات نیاز به کوئنچ روغن داشته باشند.سبد به سمت پایین حرکت کرده و وارد محفظه روغن می شود و پس از اطمینان از انجام استحاله های مورد نظر می توان قطعات را از روغن خارج کرد.در این مرحله سبد به سمت بالا حرکت کرده و در جای اصلی خود قرار می گیرد و در عمل قطعات مدتی در این قسمت قرار می گیرند تا روغن آنها به داخل محفظه کوئنچ بریزد.

9 – خروج قعات از کوره

با باز شدن درب اصلی به همراه ایجاد یک شعله در کل منطقه ورودی،سبد قطعات توسط ترن به بیرون کشیده شده و در ادامه درب کوره بسته می شود.سپس قطعات در یک مکان مشخص جهت انجام عملیات بعدی قرار می گیرند.

فولاد های قابل عملیات در این کوره

فولاد های کم کربن،فولاد های کربن متوسط ،فولاد های پر کربن،فولاد زنگ نزن مارتنزیتی.قابل ذکر است که برای فولاد های با دمای آستنیته بیش از 1050درجه سانتی گراد این کوره قابل استفاده نمی باشد.

2 – کوره سخت کاری خلاء

امروزه از این کوره ها برای سخت کاری قعات حساس و با دمای آستنیته بالا مانند قطعات از جنس فولاد ابزار گرم کار و فولاد های ابزار تند بر استفاده می شود.در محیط خلاء و یا به عبارت درست تر محیط کم فشار،سطح قعات از کربوره،و اکسید شدن در امن می ماند و قطعات پس از عملیات حرارتی،سطح بسیار تمیزی دارند.عملیات حرارتی های قابل انجام توسط این کوره شامل:

سخت کاری،نرماله .و آنیل می باشد.

الف – مشخصات کوره

1 – حداکثر 1350 درجه سانتی گراد

با توجه به اینکه سیستم گرمایش این کوره ها توسط تشعشع می باشد کار با این کوره ها در دمای پایین ازدقت کمی برخوردار است و بیشترین کاربرد آنها برای استفاده در دماهای بالا می باشد.

2 – اتمسفر کوره: خلاء

فشار لازم جهت کار با این کوره ها در حدود 10mmHgمی باشد.

3 – سیستم گرم کننده :پارچه های گرافیتی

در این سیستم در محفظه گرم کننده پارچه های گرافیتی مشکی رنگی قرار گرفته است که توسط هیتر هایی گرم می شوند.در اثر گرم شدن پارچه ها ،این پارچه ها تغییر رنگ داده و قرمز می شوند.قطعات که در وسط این پارچه ها قرار گرفته اند توسط تشعشع گرم می شوند.

4 – تعداد محفظه

این کوره دارای دو محفظه گرم کننده و سرد کننده می باشد.به عبارتی این کوره یک پیش محفظه دارد که به محفظه سرد کننده معروف است.این محفظه در قسمت ورودی کوره قرا ر داردو محل سرد کردن قطعه توسط فن و یا روغن می باشد.این محفظه تک جداره و از جنس فولاد نسوز می باشد.محفظه اصلی که به محفظه گرم کننده معروف است در قسمت دوم کوره قرار دارد و قطعات برای رسیدن به دمای آستنیته در آن محفظه قرار می گیرند. در دیواره های این محفظه پارچه های گرافیتی نصب شده است و با گرم شدن این پارچه ها و ایجاد تشعشع ، قطعات درون محفظه گرم می شوند.بین دو محفظه گرم کننده و سرد کننده یک درب جدا کننده قرار دارد که البته این درب ایزوله کننده دما و اتمسفر نیست.

5 – سیستم گردش هوا: فن

6 – جنس جداره بیرونی: فولاد نسوز

7 – سیستم کنترل دما:کاملا اتوماتیک

8 – دارای سیستم کنترل دمای روغن

در مخزن روغن هیترهایی تعبیه شده است که می توانند دمای روغن را افزایش دهند.هنگامی که ما دمای مورد نظر خود را که معمولا بین 80 – 40 درجه سانتی گراد می باشد انتخاب کنیم، هیترها مسئول افزایش دما می

باشند.جنس این هیترها از فلزات و آلیاژهایی نظیر فولاد معمولی، فولاد زنگ نزن و یا صفحات نیکلی و با روکش قلع می باشند.

9 – محیط سرد کننده: این کوره ها دارای دو نوع قدرت سرد کنندگی می باشند.

الف – فن: معمولا 2 یا 3 عدد فن در محفظه سرد کننده قرار دارد در هنگام سرد کردن ، با ورود گاز نیتروژن تصفیه شده به داخل کوره این فن ها نیتروژن را در محیط به گردش در می آورند و قطعات را خنک می کنند.معمولا این فن ها در 3 ساعت 850،1250، 1800میلی بار کار می کنند.و با توجه به نوع فولاد ،شکل و سطح مقطع آن می توان سرعت های سرد کردن مختلف را انتخاب کرد.

ب – محفظه روغن: حجم محفظه با توجه به حجم کوره و در نتیجه حجم قطعات تعیین می شود.حجم محفظه روغن باید به گونه ای باشد که در اثر کوئنچ قطعات، به راحتی دمای روغن تغییر نکند. جهت کاهش دما ،روغن داخل محفظه مرتبا از محفظه خارج شده واز یک لوله که در میان آن لوله های حامل آب عبور می کند وبدین ترتیب دمای روغن کاهش می یابد.در محفظه روغن پروانه و یا پمپ هایی قرار دارد که که مسئول متلاطم کردن روغن و یکنواخت کردن دمای آن می باشند. قابل ذکر است که روغن های خلاء دارای فشار بخار بسیار پایینی می باشند.این روغن ها درای قدرت گرم شدن تا دمای 200درجه را نیز دارند و برای عملیات آستمپرینگ نیز قابل کاربرد هستند.در صورتی که بخواهیم قطعات را در روغن سرد کنیم دیگر نیازی به شکستن خلاء نمی باشد.

10 – گاز های ورودی

تنها گاز ورودی به این کوره نیتروژن تصفیه شده است.این گاز به 2 منظور استفاده می شود. اول اینکه جهت سرد کردن قطعات توسط فن ها این گاز مورد استفاده می گیرد که در بالا توضیحات آن داده شد.دوم اینکه پس از پایان عملیات و شکستن خلاء کوره و باز شدن درب کوره در صورتی که نخواهیم قطعه در کوره قرار دهیم،جهت حفظ و نگهداری پارچه های گرافیتی باید کوره همیشه تحت اتمسفر نیتروژن قرار داشته باشد.بدین منظور این گاز مورد استفاده قرار می گیرد.

11 – این کوره قدرت گرم کنندگی بسیار فوق العاده ای دارد و از طرفی می توان به گونه ای به آن برنامه داد که با سرعت های مختلف گرم شده و در دما و زمان های مختلف توقف داشته باشد. از طرفی این کوره قدرت سرد شدن کاملا کنترل شده ای دارد.بنابراین برای عملیات آنیل نیز بسیار مناسب است.

12 – این کوره توان ارئه گراف عملیات را دارد.

مراحل فرایند

جهت انجام هر یک از فرایند های ذکر شده توسط این کوره مراحل زیر به ترتیب اجرا می شود.

1 – قرار گیری قطعات در سبد

قطعاتی که می خواهند عملیات حرارتی شوند با یک چیدمان صحیح در سبد قرار می گیرند. در چیدمان باید به این نکته توجه کرد که قطعات باید به گونه ای در سبد قرار گیرند که بزرگترین قطعه از نظر ابعادی در محلی قرار گیرد که در مرحله عملیات بتوان آن را از چشمی کوره به راحتی مشاهده کرد. البته در یک عملیات مشابه باید قطعات از نظر ضخامت در یک محدوده قرار گیرند.

تا همرنگی در یک زمان اتفاق افتد.و زمان قرار گیری در آستنیت نیز یکسان باشد،ولی در عمل معمولا ضخامت ها با هم متفاوت هستند. اما باید سعی شود که این تفاوت چشم گیر نباشد. از طرفی با توجه به اینکه عملیات گرم کردن در کوره خلاء توسط تشعشع انجام می گیرد،هر قسمتی از قطعه که در معرض تشعشع نباشد افزایش دمای بسیار کمی دارد. بنابراین باید قطعات به گونه ای در سبد چیده شوند که روی یکدیگر سایه نیندازد.پس از آن در این سبد توسط جرثقیل روی ترن قرار می گیرد.

2 – قرار گیری سبد قطعات در مقابل درب کوره

ترن حامل سبد قطعات به سمت کوره حرکت کرده و در مقابل کوره قرار می گیرد.جهت قرار گیری دقیق سبد در مقابل کوره از یک میکروسویچ

که روی ریل نصب شده است کمک می گیرند.هنگامی که سبد کاملا در مقابل درب کوره قرار گرفت،چرخ های ترن به این میکروسویچ برخورد کرده و حرکت ترن برای یک لحظه قطع می شود.در این لحظه سبد قطعات دقیقا در مقابل درب کوره قرار گرفته است.

3 – باز کردن درب اصلی کوره

درب کوره معمولا به صورت افقی و توسط یک سیستم هیدرولیک و یا سیستم مکانیکی روی ریل هایی حرکت کرده و به سمت راست و یا چپ می رود. البته در برخی کوره ها درب به صورت لولایی باز و بسته می شود.ولی در کوره های بزرگ به دلیل سنگین بودن درب ،از همان سیستم بیان شده در بالا استفاده می شود.

4 – ورود سبد حامل قطعات به داخل محفظه اولیه و بسته شدن درب

سبد قطعات توسط ریل به داخل کوره هدایت شده و پس از آن ترن به عقب حرکت کرده تا درب کوره بسته شود.پس از قرار گیری درب در جای خود،توسط چند بست دو طرفه و به کمک پیچ و مهره درب به بدنه کوره محکم می شود.قابل توجه است که در محل اتصال درب و بدنه کوره اورینگ های مخصوص خلاء و دمای بالا قرار داده شده است.که وظیفه آب بندی درب کوره را به عهده دارند.البته درب میانی در این موارد از گریس خلاء نیز استفاده می شود.

5 – باز شدن درب میانی و ورود سبد به داخل محفظه اصلی

پس از ورود سبد به داخل کوره و بسته شدن درب کوره ،درب میانی(درب محفظه گرم کننده) باز شده و سبد قطعات به داخل محفظه اصلی هدایت می شود. پس از ورود سبد،درب میانی نیز بسته می شود.سیستم باز و بسته درب میانی معمولا به صورت کشویی و دو طرفه است. لازم به ذکر می باشد که درب میانی ایزوله نیست.

6 – ارائه برنامه مورد نظر

در این مرحله دمای عملیات،نوع محیط کوئنچ شامل فشار کوئنچ توسط فن نیتروژن یا دمای محفظه روغن و مقدار خلاء مورد نیاز در سیستم کامپیوتری کوره وارد شده و فرایند شروع می شود.در ابتدا عملیات پمپ خلاء شروع به کاهش فشار در کوره کرده و فشار کوره را به فشار مورد نیاز می رساند.پس از رسیدن به خلاء مورد نیاز،فرایند آغاز می شود.

7 – کنترل قطعات

توسط یک چشمی که در قسمت عقب کوره قرار دارد، مرتبا داخل کوره دیده می شود.با این روش می توان همرنگ شدن قطعات را تشخیص داد. وقتی که قطعات و سبد دیده نشود عملا می توان به این نتیجه رسید که قطعات به دمای کوره رسیده اند و از این زمان به بعد می توان زمان قرار گیری در منطقه آستنیت را محاسبه کرد.

مهندسین مواد ایران
Iran-mavad.ir

8 – سرد کردن قطعات

پس از پایان عملیات ،درب وسط باز شده و قطعات به محفظه سرد کننده انتقال پیدا می کنند. در صورتی که قطعات نیاز به کوئنچ روغن داشته باشند،سبد به سمت پایین حرکت کرده و وارد محفظه روغن می شود و پس از اطمینان از انجام استحاله های مورد نظر می توان قطعات را از روغن خارج کرد. در این مرحله سبد به سمت بالا حرکت کرده و درجای اصلی خود قرار می گیرد.در عمل مدت زمانی در این قسمت قرار می گیرند تا روغن آنها به داخل محفظه کوئنچ بریزد.در صورتی که نیاز به کوئنچ توسط فن با فشار مورد نظر باشد،پس از قرار گیری در محفظه سردکننده فن کوره با فشار مورد نظر شروع به کار کرده و عمل سرد شدن را انجام می دهد.

9 – خروج قطعات از کوره

با باز شدن درب اصلی،سبد توسط ترن به بیرون کشیده شده و درادامه درب کوره بسته می شود.قطعات در یک مکان مشخص جهت انجام عملیات بعدی قرار می گیرند.

10 – پس از پایان عملیات ،گاز نیتروژن تصفیه شده در کوره وارد می شود.

کوره تمپر

www.Iran-mavad.ir

مهندسین مواد ایران
Iran-mavad.ir

همانطور که از اسم این کوره مشخص است، هدف اصلی در طراحی این کوره انجام عملیات تمپر می باشد.ولی با توجه به اینکه دامنه حرارتی فرایند تمپر و تنش زدایی بر یکدیگر تطابق دارند،از این کوره می توان برای عملیات تنش زدایی هم استفاده کرد.در یک خط کوره حتما یک یا دو کوره تمپر در کنار یک کوره سخت کار ی وجود دارد.زیرا تمامی قطعات سخت شده نیاز به عملیات تمپر دارند و با توجه به اینکه امکان طولانی بودن عملیات تمپر وجود دارد،بنابراین در کنار هر کوره سخت کاری می تواند دو کوره تمپر وجود داشته باشد.

الف – مشخصات کوره

1 – دمای کاری: حداکثر 700 درجه سانتی گراد

2 – اتمسفر کوره: گاز خنثی نیتروژن

3 – سیستم گرم کننده: برقی از نوع المنتی

المنت های حرارتی در بین دو جداره فولاد نسوز این کوره قرار گرفته اند.زیرا در صورتی که المنتها در محفظه اصلی قرار گیرند،امکان برخورد قطعات و یا سبد به این المنت ها وجود دارد و این باعث آسیب رساندن به المنت ها می شود.این کوره ها معمولا توسط برق 3 فاز کار می کنند.

4 – سیستم گردش هوا: فن

5 – سیستم کنترل دما: کاملا اتوماتیک

7 – گاز های ورودی

www.Iran-mavad.ir

مهندسین مواد ایران
Iran-mavad.ir

تنها گاز ورودی به این کوره نیتروژن می باشد. جهت جلوگیری از اکسیداسیون سطح قطعات در حین عملیات ،این گاز در کوره وارد می شود.

8 – این کوره توان ارائه گراف عملیات را دارد.

مراحل فرایند

جهت انجام هر یک از فرایندهای تمپر و یا تنش زدایی در این کوره مراحل زیر به ترتیب اجرا می شود.

1 – قرار گیری قطعات در سبد

درعملیات تنش زدایی و یا تمپر نوع قرار گیری قطعات از اهمیت زیادی برخوردار نیست،ولی سعی می شود قطعات به صورت ایستاده عملیات شوند.

2 – قرار گیری سبد قطعات در مقابل درب کوره

ترن حامل سبد قطعات به سمت کوره حرکت کرده و در مقابل کوره قرار می گیرد.جهت قرار گیری دقیق سبد در مقابل کوره از یک میکروسویچ که روی ریل نصب شده است کمک می گیرند.هنگامی که سبد کاملا در مقابل درب کوره قرار گرفت،چرخ های ترن به این میکروسویچ برخورد کرده و حرکت ترن برای یک لحظه قطع می شود.در این لحظه سبد قطعات دقیقا در مقابل درب کوره قرار گرفته است.

3 – باز کردن درب اصلی کوره

درب کوره به صورت افقی و یا عمودی و توسط یک سیستم هیدرولیک و یا یک

www.Iran-mavad.ir

مهندسین مواد ایران
Iran-mavad.ir

سیستم مکانیکی باز می شود.

4 – ورود سبد حامل قطعات به داخل محفظه و بسته شدن درب

سبد قطعات توسط ریل به داخل کوره هدایت شده و پس از آن ترن به عقب حرکت کرده تا درب کوره بسته شود.پس از بسته شدن درب کوره فرایند آغاز می شود.

5 – ارائه برنامه مورد نظر

در این مرحله دما و زمان تنظیم شده و عملیات شروع می شود.عموما در این نوع کوره ها دمای قطعات به همراه کوره افزایش می یابد. البته در صورتی که دمای کوره از قبل بالا باشد نیز می توان قطعات را در کوره قرار داد.پس از رسیدن دما به دمای مورد نظر،زمان فرایند محاسبه می شود.زمان لازم برای عملیات تمپر و یا تنش زدایی به ازای هر یک اینچ ضخامت 1 ساعت است و البته این زمان حداقل یک ساعت در نظر گرفته می شود. با بالا رفتن دما در حد 400 درجه سانتی گراد شیر ورود نیتروژن به صورت دستی و با فلوی دلخواه باز می شود.با توجه به حساسیت قطعات ما می توانیم مقدار نیتروژن ورودی به کوره را تنظیم کنیم.

6 – سرد کردن قطعات

با باز شدن درب،سبد توسط ترن به بیرون کشیده شده و در ادمه درب کوره بسته می شود.قطعات در یک مکان مشخص جهت انجام عملیات بعدی قرار می گیرند.

www.Iran-mavad.ir

مهندسین مواد ایران
Iran-mavad.ir

کوره نیتراسیون گازی

این کوره جهت انجام عملیات سطحی نیتراسیون و نیتروکربوراسیون استفاده می

شود.با انجام هر یک از این عملیات می توان سطح قطعات را سخت کرده بدون

اینکه مغز این قطعات از نظر خواص مکانیکی تغییری بکند.

مشخصات کوره

1 – دمای کاری:حداکثر 700 درجه سانتی گراد

2 – اتمسفر کوره

با توجه به نوع عملیات ،اتمسفر کوره انتخاب می شود.در عملیات نیتراسیون گاز های نیتروژن و آمونیاک وارد کوره می شوند.با توجه به اینکه جهت انجام عملیات نیتراسیون فرایندهای مختلفی تعریف شده است بنابراین این نوع گاز های ورودی و درصد هر یک متغیر می باشد.

3 – سیستم گرم کننده: برقی از نوع المنتی

المنت های حرارتی در دیواره های این کوره قرار گرفته اند زیرا در صورتی که المنت ها در محفظه اصلی قرار گیرند،امکان برخورد قطعات و یا سبد به این المنت وجود دارد واین باعث آسیب رساندن به المنت ها می شود.این کوره ها معنملا توسط برق 3 فاز کار می کنند.

4 – تعداد محفظه

الف – محفظه عملیات: در این محفظه که از جنس فولاد نسوز می باشد،فیکسچر به همراه قطعات قرار داده می شود.

ب – محفظه گرم کننده:این محفظه که به صورت ثابت در زمین تعبیه شده،حاوی المنت هایی در دیواره می باشد.محفظه اصلی حاوی قطعات در آن قرار گرفته و فرایند انجام می شود.

5 – سیستم گردش هوا: فن

www.Iran-mavad.ir

مهندسین مواد ایران
Iran-mavad.ir

6 – سیستم کنترل دما: کاملا اتوماتیک به همراه 3 عدد توموکوپل

7 – این کوره دارای دو محفظه اضافی جهت آماده کردن شارژ بعدی می باشد.

8 – سیستم تجزیه کننده:

توسط این سیستم می توان درصد تجزیه آمونیاک و نیتروژن و هیدروژن را اندازه گیری کرد.دراین روش با استفاده از یک بورت تفکیکی و قرار گیری آن در قسمت خرورجی کوره،گازهای خروجی مجبور به عبور از این بورت شده و باید از یک ستون آب با حجم مشخص عبور کنند. در این صورت نیتروژن و هیدروژن در آب حل نشده و از خروجی بورت خارج می شوند ولی گاز آمونیاک تجزیه نشده موجود در گاز خروجی و در نتیجه درجه تفکیکی گاز آمونیاک اندازه گیری می شود.

9 – جنس دیواره بیرونی محفظه حاوی قطعات: فولاد نسوز

10 – محیط سرد کننده

قطعات عملیات شده در این کوره در داخل محفظه کوره و توسط گردش آرام نیتروژن روی آنها سرد می شوند.

11 – فرایند های قابل انجام در این کوره

این کوره قابلیت انجام فرایندهای نیتراسیون – نیتروکربوراسیون – و آنیل را دارد.

12 – این کوره توان ارئه گراف عملیات را دارد.

مراحل فرایند

1 – قرار گیری قطعات در فیکسچر مناسب

قطعاتی که می خواهند عملیات نیتروره و یا نیتروکربوره شوند در فیکسچر مناسبی قرار می گیرند.قطعات باید به گونه ای در فیکسجر مناسب قرار داده شوند که سطح آنها با یکدیگر تماس نداشته باشند.

2 – قرار گیری فیکسچر در محفظه کوره

www.Iran-mavad.ir

مهندسین مواد ایران
Iran-mavad.ir

فیکسچر توسط جرثقیل سقفی به درون محفظه عملیات وارد شد و درب محفظه بسته می شود.سپس محفظه توسط جرثقیل سقفی به درون محفظه گرم کننده می رود و پس از آن ورودی های مورد نظر به درب متصل می شود.

3 – هوای داخل محفظه توسط گاز N با دبی $\frac{m}{h}$ 10–12 تخلیه می شود.

4 – پس از رسید دما به حدود 350 درجه سانتی گراد ،ابتدا گاز N توسط گازNH با دبی $3\ \frac{\mathrm{m}}{h}$ از محفظه خارج و پس از آن دبی آمونیاک تنظیم می گردد.

5 – پس از رسیدن دمای کوره به دمای عملیات که معمولا در محدوده 500 -600 درجه ساتی گراد است، در صورتی که عملیات ما نیترکربوره است باید گاز دی اکسید کربن را با دبی مورد نظر وارد کوره کرد.

6 – در پایان زمان عملیات،گاز N با دبی $10 - 12\ \frac{\mathrm{m}}{h}$ به مدت 20 تا 30 دقیقه وارد کوره می شود تا از خروج گاز های NH و Co2 از محفظه اطمینان حاصل شود.

7 – انتقال محفظه به قسمت سرد کننده

این کوره ها به طور کلی دارای دو محفظه تعبیه شده در زمین می باشند که یکی از محفظه ها به عنوان محفظه گرم کننده و محفظه دیگر جهت سرد کردن قطعات استفاده می شود. پس از انجام عملیات ، محفظه حاوی قطعات توسط جرثقیل از محفظه گرم کننده خارج شده و وارد محفظه سرد کننده می شود. در این قسمت گاز نیتروژن تصفیه شده با دبی $5\ \frac{\mathrm{m}}{h}$ وارد محفظه حاوی قطعات شده و قطعات را به آهستگی سرد می کند.

8 – فشار کوره در طول سیکل 30 mbar – 20 می باشد که این فشار توسط خروجی کوره کنترل می شود.

9 – خروج از کوره

پس از پایان سیکل عملیات و سرد شدن قطعات، درب کوره و قطعات خارج می شوند. در این کوره مقدار گازهای آمونیاک و دی اکسید کربن توسط فلومتر و تنظیم و کنترل می گردد. همچنین فشار کوره توسط فشارسنج مایع کنترل می شود.

کوره نیتراسیون پلاسمایی

www.Iran-mavad.ir

تکنیک های نیتروره و نیتروکربوره پلاسما در دهه 1930 در آلمان ابداع شدند. اما از پیشرفت بیشتر آنها در هنگام جنگ جهانی دوم جلوگیری شد و تا اوایل دهه 1970 از این فرایند استفاهد تجاری نمی شد.با گسترش این تکنیک ها تلاش زیادی به منظور شناخت مکانیزم های حاکم بر تخلیه الکتریکی گاز ها صورت گرفته و بسیاری از جنبه های بمباران اتمی قبل از پوشش دادن و در خلال آن شناخته شده است.

پلاسما یا گاز یونی به محیطی گفته می شود که در آن اتم ها یا مولکول های گاز به اجزایی باردار تشکیل دهنده اتم ، الکترون و یون تجزیه شده واین ذرات باردار بر یکدیگر تاثیر می گذارند.تکنیک پلاسما به وسیله ی تخلیه هی هاله ای روی سطح قطعه مشخص می شود.این هاله در فشار های پایین هنگامی که بین قطعه کار و دیواره های کوره یک اختلاف ولتاژ برقرار شود به وجود می آید، به نحوی که قطعه کار پتانسیل منفی (کاتد) و دیواره فلزی کوره پتانسیل مثبت(آند) دارد.

کوره در ابتدا توسط پمپ ،خلا می شود و پس از آن با یک مخلوط گاز به فشار

Torr 10 – 1 می رسد.همچنین یک ولتاژ 1000 V – 200 به کار برده می شود که در نتیجه آن گاز ها در مجرای بین قطعه و دیواره یونیزه می شوند. اختاف پتانسیل به کار برده شده باعث شتاب یون ها به طرف سطح قطعه کار می شود.و در نتیجه سطح قطعه بمباران یونی شده که می تواند باعث تغییر ساختار و یا ترکیب شیمیایی سطح شود.وقتی که یون ها شتاب می گیرند و به سطح اثابت می کنند حدود 90٪ انرژی سینتیکی آنها تبدیل به گرما شده و به این ترتیب دمای قطعه کار افزایش می یابد.

ساختار لایه ترکیبی و عمق منطقه نفوذی را می توان به وسیله تغییر مخلوط گاز کنترل نمود.به طور طبیعی لا یه ترکیبی فقط شامل فاز است.برای رسیدن به یک لایه ترکیبی شامل فاز ،روی فولاد ها و چدن ها از ترکیب گاز نیتروژن ،هیدورژن و متان استفاده می شود.شدت بمباران یونی و سرعت گرم شدن به فشار کوره و ولتاژ مورد استفاده بستگی دارد. استفاده از ولتاژ بالا باعث ایجاد تخلیه هاله ای یکنواخت روی سطح قطعه شده و عمق نیتروره و ضخامت لایه ترکیبی یکنواختی تولید می کند.باید تخلیه کرد که هاله همیشه روی کاتد تشکیل شودو بزرگ شدن منطقه کاتد باعث کاهش عمق نیتروره یا نیتروکربوره می شود.

در این فراین ابتدا نیتروژن در داخل شبکه حل شده و در ادامه با افزایش مقدار نیتروژن در شبکه ،این عنصر به صورت نیترید های اپسیلن و یا گاما پرایم رسوب می کند.بنابراین در لایه بیرونی نیترید های آهن و در صورتی که فولاد ما آلیاژی باشد.نیترید های آلیاژی همچون نیترید کروم،نیترید آلومینیم ،نیترید تنگستن ،نیترید

مولیبدن،نیترید وانادیم و نیترید تیتانیم داریم.که با توجه به عناصر آلیاژی موجود در فولاد این نیترید ها تشکیل می شوند .

در صورتی که روی قطعات سوراخ های ریزی وجود داشته باشد امکان تداخل هاله در داخل سوراخ وجود دارد که این مورد باعث بالا رفتن موضعی دما و ایجاد جرقه می شود.این موضوع هنگامی که قطعات بیش از حد به هم نزدیک باشند نیز می تواند اتفاق بی افتد.این پدیده به نام HOLLOW CHAThode معروف می باشد. استفاده از ولتاژ پالسی از ایجاد اثر HOLLOW CHAThode جلوگیری می کند.

با تغییر پارامترهای عملیات شامل ولتاژ، فرکانس پالس و غیره می توان ضخامت لایه ترکیبی یکنواخت و عمیقی به دست آورد.نیتروکربوره پلاسما می تواند برای انواع فولاد ها استفاده شود.

مشخصات کوره:

1 - دمای کاری: حداکثر 700 درجه سانتی گراد.

2 – اتمسفر کوره

با توجه به نوع عملیات ، اتمسفر کوره انتخاب می شود.در عملیات نیتراسیون پلاسمایی نیتروژن و هیدروژن وارد کوره شده و در عملیات نیتروکربوره ، گاز های نیتروژن ،هیدروژن و دی اکسید کربن وارد کوره می شود.با توجه به اینکه جهت انجام عملیات نیتراسیون فرایند های مختلفی تعریف شده است.بنابراین نوع گازهای ورودی و درصد هر یک متغیر می باشد.

3 – سیستم گرم کننده: هاله پلاسما

به طور کلی کوره های پلاسما به دو نوع دیواره گرم و دیواره سرد تقسیم می شوند. به عبارتی کوره دیواره سرد معمولا تک جداره و کوره دیواره گرم دو جداره می باشد. در کوره های دیواره گرم در بین دو دیوار سیستم آبگرد وجود دارد .یکی از علت های اصلی دو جداره بودن این کوره ها تغییر لحظه ای آند و کاتد می باشد. به بیان دیگر در یک لحظه دیواره کوره کاتد و محل قرار گیری قطعات آند می شود. در این حالت نیاز است که جداره را عایق کرد و بنابراین از محفظه دو جداره استفاده می شود. بیان شده است که علت تغییر جای اند و کاتد جلوگیری از مسمومیت گاز ها در حین فرایند می باشد. البته از این روش به منظور تمیز کردن دیواره کوره نیز استفاده می شود.

4 – سیستم گردش هوا: فن

5 – سیستم کنترل دما: کاملا اتوماتیک

6 – جنس جداره کوره : فولاد نسوز

7 – محیط سرد کننده

قطعا ت در کوره سرد می شوند.

8 – فرایندهای قابل انجام دراین کوره

این کوره قابلیت انجام فرایند های نیتراسیون، نیتروکربوراسیون،نیتراسیون – اکسیداسیون و نیتروکربوراسیون – اکسیداسیون را دارد.

9 – در این کوره تمامی مراحل عملیات ضبط شده و توان ارائه گراف عملیات وجود دارد.

ب – مراحل فرایند

1 – تمیز کردن کوره و قطعات

در کوره های آزمایشگاهی با سمباده زنی و تمیز کردن توسط استن،محفظه داخلی کوره برای فرایند آماده می شود. از طرفی فیکسچر های مورد نظر نیز به طور مشابه تمیز می شوند. در کوره های صنعتی این کار با تغییر محل آند و کاتد انجام می گیرد. قطعات باید حتما قبل از قرار گیری در کوره توسط استن به خوبی شستشو داده شوند.

2 – قرارگیری قطعات در فیکسچر مناسب

قطعاتی که می خواهند عملیات نیتروره و یا نیتروکربوره شوند در فیکسچر مناسبی قرار می گیرند. قطعات باید به گونه ای در فیکسچر قرار داده شوند که سطح آنها با یکدیگر تماس نداشته باشند.

3 – قرار گیری فیکسچر در محفظه کوره

فیسکچر توسط جرثقیل سقفی به درون محفظه عملیات وارد شده . روری پایه کاتد قرار گرفته و سپس درب کوره بسته می شود.

مهندسین مواد ایران
Iran-mavad.ir

4 – سیستم خلا روشن شده و اجازه داده می شود که کوره به خلا پایین برسد.

5 – پس از رسیدن به خلاء مورد نظر، گاز آرگون با فلوی زیاد به درون کوره رفته و به مدت حدود 5 دقیقه اجاز می دهیم تا محفظه به طور کامل شسستشو داده شود.و مطمئن شویم که محفظه فقط حاوی گاز آرگون است.

6 – روشن شدن محفظه تغذیه

با روشن شدن منبع تغذیه دیواره آند و قطعات کاتد می شود.

7 – تنظیم فشار

با تنظیم ورودی و خروجی سیستم ،فشاره کوره را در محدوده 10 – 1 میلی بار نگهداشته و عمل پراکنش به مدت نیم تا یک ساعت انجام می شود.

8 – پس از انجام عملیات پراکنش ، با افزایش ولتاژ کوره ، دما را افزایش می دهیم.

9 – با رسیدن دما تا حدود 350 درجه سانتی گراد، به طور تدریجی گاز آرگون را قطع کرده و گاز های مورد نیاز جهت انجام عملیات را وارد کوره می کنیم.

10 – پس از رسیدن کوره به دمای عملیات و پایدار شدن شرایط ، زمان عملیات محاسبه می شود.

11 – در طول عملیات باید تمامی پارامتر های تحت کنترل قرار داشته باشد.

12 – در پایان عملیات پس از قطع ولتاژ و گاز های ورودی،به کوره اجاز کاهش دما داده و در نهایت پس از شکستن خلاء درب کوره را باز کرده و قطعات را از کوره خارج می کنیم.

کوره آزمایشگاهی

در هر کارگاه عملیات حرارتی جهت انجام عملیات روی قطعات کوچک و یا جهت انجام سیکل های آزمایشی و یا احیانا تحقیقاتی نیاز به حضور یک کوره آزمایشگاهی می باشد.این کوره آزمایشگاهی دارای مشخصات زیر است.

www.Iran-mavad.ir

مهندسین مواد ایران
Iran-mavad.ir

مشخصات کوره

1 – دمای کاری: حداکثر 1350 درجه سانتی گراد

2 – اتمسفر کوره

در برخی از این کوره ها هیچ اتمسفر محافظ و خنثایی استفاده نمی شود. بنابراین قطعاتی که در داخل آن عملیات حرارتی می شوند، دارای سطحی اسیده شده می باشند. ولی در برخی از این کوره ها از گاز خنثی که عموما گاز نیتروژن است استفاده می شود.

3 – سیستم گرم کننده: برقی از نوع المنتی

المنت ها معمولا در دیواره ها و درب و گاهی در کف و زیر آجر نسوز قرار گرفته اند.

4 – تعداد محفظه: این کوره تک محفظه می باشد.

5 – سیستم گردش هوا

در برخی از این کوره ها فن تعبیه شده است ولی اکثرا دارای هیچ سیستم گردش هوایی نیست.

6 – سیستم کنترل دما : دیجیتالی

7 – سیستم درب: دستی به سمت بالا – پایین و یا کنار

دستگاه شستشو قطعات

جهت شستشو قطعات قبل و بعد از عملیات حرارتی می توان از روش شستشو دستی یا توسط سیستم مکانیزه استفاده کرد.این دستگاه معمولا حاوی بخار آب و یا محلول های چربی زدا می باشند.

ژنراتور تولید گاز اندومات (اندوترمیک)

همانگونه که قبلا بیان شد ، جهت تولید گاز اندومات مورد استفاده در کوره های سخت کاری نیاز به یک ژنراتور تولید گاز می باشند.این ژنراتور در مکانی نزدیک به کوره سخت کاری تعبیه شده و گاز تولید را توسط لوله های انتقال گاز به کوره منتقل می کند.

www.Iran-mavad.ir

مهندسین مواد ایران
Iran-mavad.ir

دستگاه تصفیه نیتروژن

جهت تصفیه نیتروژن خریداری شده و گرفتن رطوبت این گاز از دستگاه تصفیه نیتروژن استفاده می کنند. امروزه مکانیزم های مختلفی برای تصفیه گاز نیتروژن وجود دارد که در یک کارگاه عملیات حرارتی می توان از آن استفاده کرد.دستگاه های تصفیه کننده قدیمی بسیار بزرگ بوده و در برخی کارگاه ها دیده می شود ولی دستگاه های فعلی جهت تصفیه نیتروژن بسیار کوچکتر می باشد و البته مکانیزم های بهتری جهت تصفیه گاز وجود دارد.

مخزن نگهداری نیتروژن

جهت نگهداری نیتروژن مورد استفاده در یک کارگاه عملیات حرارتی ، این

مخازن کاربرد دارند.اصولا در بیرون کارگاه عملیات حرارتی 2 مخزن جهت

ذخیره نیتروژن تصفیه نشده و نیتروژن تصفیه شده وجود دارد. برای قسمت

هایی مانند کوره های آزمایشگاهی که نیاز به محیط خنثی دارند از نیتروژن

تصفیه نشده استفاده می کنند ولی برای سرد کردن قطعات در داخل کوره خلاء

حفاظت از پارچه های گرافیتی در کوره خلاء و نیتروژن مورد نیاز در کوره

نیتراسیون گازی از نیتروژن تصفیه شده استفاده می شود.

سختی سنجی ثابت

جهت اندازه گیری سختی قطعات پس از انجام عملیات حرارتی های مختلف نیاز

به دستگاه سختی سنج می باشد.قطعات کوچک و سبک را می توان به راحتی

روی این دستگاه قرار داد و سختی سنجی کرد.دقت شود که محل قرار گیری

این دستگاه باید در قسمتی از این کارگاه باشدکه خطر سقوط قطعات در هنگام حمل توسط جرثقیل،روی دستگاه سختی سنج وجود نداشته باشد.بهتر است این دستگاه در اتاقک جداگانه ای نگهداری شود.معمولا در کارگاه های عملیات حرارتی این دستگاه در اتاقکی به نام اتاق کنترل نگهداری می شود.بهتر است در اتاقک

www.Iran-mavad.ir

ذکر شده تجهیزات ساده و اولیه ای جهت انجام کامل یک فرایند متالوگرافی وجود داشته باشد. در کنار کارگاه های عملیات حرارتی معمولا یک آزمایشگاه کوچک متالوگرافی وجود دارد.

سختی سنجی قابل حمل (پرتابل)

جهت سختی سنجی قطعات بزرگ و سنگین پس از انجام عملیات حرارتی از

دستگاه های سختی سنج قابل حمل استفاده می شود.در این روش سطح قطعه

سنباده زنی شده و دستگاه روی آن قرار می گیرد.

معمولا این دستگاه ها توسط سه مکانیزم ،سختی سنجی را انجام می دهند. بعضی

از این دستگاه ها با مغناطیس شدن بر روی قطعه کار همانند سختی سنجی های

ثابت سختی قطعه را اندازه گرفته،برخی توسط سرعت رفت و برگشت یک

ساچمه و اختلاف ارتفاع حالت رفت و برگشت سختی جسم را مشخص کرده و

روش جدید تر آلتروسنیک نیز یکی دیگر از روش های سختی سنجی می باشد.

روش آلتروسنیک نسبت به دو روش دیگر جدید تر است .واحدی به نام LD

نشان دهنده مقدار سختی در این نوع دستگاه ها می باشد و توسط جداول تبدیل

می توان سختی را به واحد هایی از جمله راکول سی و یا ویکرز تبدیل کرد. به

طور معمول دستگاه های سختی سنج قابل حمل توسط برق و یا باطری کار می

کنند.

مهندسین مواد ایران
Iran-mavad.ir

منابع و ماخذ:

1 – **سایت علمی صنایع فلزات ایران.**

2 – www.meittc.blogfa.com

3 – **سایت مهندسین مواد ایران.**

4 – **کتاب اصول و کاربرد کوره های عملیات حرارتی مولف مهندس میرجانی.**

5 – **کتاب اصول عملیات حرارتی دکتر گلعذار.**

6 – **سایت رسمی کارخانه ریخته گری حداد.**

7 – www.google.com

8 – **عکس های کارخانه ریخته گری (عکاس مهندس رضایی)**

مهندسین مواد ایران
Iran-mavad.ir