

فولاد خشکه هوایی یا فولاد تندبر چیست؟

تولید دریل نیازمند فولاد ابزار است که بهترین عملکرد را در موقعیت مورد نظر داشته باشد. بهترین گزینه برای تولید ابزارهای حفاری و برش فلز، فولاد خشکه یا تندبر است. به طور کلی، فولاد به دو دسته فولاد ابزار و فولاد سازه ای تقسیم می شود. در میان کاربردهای فراوان فولاد ابزار می توان به نقش آن در ساخت ابزارهای برش دستی و ماشینی اشاره کرد. تمامی فولاد ابزارها از استیل ضد زنگ تهیه می شوند. فولاد خشکه یا تندبر (HSS) نوعی فولاد ابزار پر آلیاژ است که به عنوان ماده اولیه ابزار برش در نظر گرفته می شود. علاوه بر این، این فولاد عملکرد بسیار مناسبی در ساییدن و آسیاب کردن دارد که فولاد خشکه را به گزینه ای مناسب برای تیز کردن مجدد ابزار کند تبدیل می کند. در ادامه اطلاعات بیشتری در خصوص تاریخچه، انواع و عناصر آلیاژی فولاد خشکه یا تندبر ارائه خواهد شد.

فولاد خشکه یا تندبر چیست؟



www.markazehan.com

تاریخچه فولاد خشکه یا تندبر

در سال ۱۸۶۸، رابرت ماشت، فلزکار انگلیسی توانست اولین فولاد خشکه مدرن را تولید کند؛ این فولاد با نام فولاد ماشت شناخته می شود و حاوی ۲٪ کربن (C)، ۲.۵٪ منگنز (Mn) و ۷٪ تنگستن (W) می باشد. مهمترین مزیت این فولاد آن بود که با کاهش درجه هوا، سختی فولاد ماشت افزایش می یافت؛ در حالی که در آن زمان و در شرایط مشابه، سختی اغلب فولادها تنها با فرونشاندن و اطفاء آن ها امکان پذیر بود. در طی ۳۰ سال، مهمترین تغییری که در روند تولید فولاد ماشت ایجاد شد، جایگزینی منگنز با کروم (Cr) بود.

در سال های ۱۸۹۹ و ۱۹۰۰، فردریک تایلر و مانسل وایت با همکاری شرکت آمریکایی فولاد بیتلهم، به انجام آزمایشاتی بر فولاد ابزارهای خشکه موجود، از جمله فولاد ماشه پرداختند. در طی این آزمایشات تایلر و وایت توانستند دمای فولاد ابزارهای مورد نظر خود را از حد معمول صنعتی فراتر ببرند. نتیجه این آزمایشات منجر به خلق فولاد ابزارهای جدیدی بود که در دماهای بالاتر، سختی خود را حفظ می کردند و موقعیت مناسب تری برای برش در سرعت های بالاتر در اختیار ماشین کاران قرار دادند. با این حال، تایلر و وایت نتوانستند اختراع خود را به ثبت برسانند و در نهایت درخواست حق انحصار آن ها رد شد. در ۱۹۱۰، اولین آلیاژ رسمی فولاد خشکه یا تندبر، با نام T1 معرفی شد. این فولاد توسط شرکت فولاد کروسیبل، در ابتدای قرن ۲۰ میلادی، به ثبت رسید.

هرچند فولاد ابزارهای خشکه غنی از مولیبدن، همچون AISI M1، از دهه ۱۹۳۰ میلادی کاربرد داشتند؛ با این حال، کمبود مواد اولیه و هزینه های بسیار بالای ساخت فولاد ابزارهای متداول در طول جنگ جهانی دوم باعث شد این عنصر آلیاژی جایگزین تنگستن شود. پیشرفت های چشمگیر در ساخت و تولید فولاد خشکه مبتنی بر مولیبدن، توانست فولاد ابزارهای ساخته شده از آن را در سطح فولاد ابزارهای سنتی و حتی بالاتر از آن ها قرار دهد. در این شرایط، فولاد M1 به عنوان جایگزین فولاد T1 در نظر گرفته شد.

فولاد خشکه یا تندبر

به طور کلی در صنایع مختلف، ابزارآلات برشی به دو دسته تقسیم می شوند:

- گروه اصلی و شناخته شده فولاد خشکه یا تندبر که تقریباً تمامی شرایط (از معمولی تا بسیار دشوار) را پوشش می دهد.
- و گروه کوچک تر فولادهای میانی که تنها در شرایط معمولی و برای کاربردهای محدود مورد استفاده قرار می گیرند.

نام [فولاد خشکه یا تندبر](#) از قابلیت آن ها در ماشینکاری مواد در سرعت های بسیار بالا نشأت می گیرد. این آلیاژهای پیچیده مبتنی بر آهن از کربن، کروم، وانادیوم، مولیبدن یا تنگستن و یا ترکیبی از این عناصر آلیاژی ساخته می شوند؛ در برخی موارد نیز از مقادیر قابل توجه کبالت در فولاد خشکه استفاده می شود. مقادیر کربن و دیگر عناصر آلیاژی به

گونه ای اندازه گیری می شود که فولاد خشکه به بهترین و بالاترین سطح سختی، مقاومت در برابر ساییدگی، مقاومت در برابر نرمی در زمان مواجهه با حرارت و استحکام کافی برای انجام عملیات های برش صنعتی برسد.



کاربردهای فولاد خشکه یا تندبر

مهمترین کاربرد فولاد خشکه در تهیه ابزارهای برش مختلف، از جمله دریل، دستگاه فرز، بیت ابزار، بیت های روتر، تیغه اره، تیغه های برش و اتصالات و غیره مشاهده می شود. امروزه فولاد ابزارهای خشکه در عملیات های پانچ و حیدیه نیز کاربرد دارد. یکی دیگر از موارد استفاده از فولاد خشکه یا تندبر در تهیه و تولید ابزارهای دستی ظریف می باشد. سختی مناسب و مقاومت در برابر سایش از جمله ویژگی هایی است که این ابزار را به گزینه ای مناسب برای انجام عملیات های کم سرعت تبدیل کرده است. برخی از ابزارهای تولید شده با این هدف عبارتند از: اسکنه، چاقوی آشپزخانه، چاقوهای جیبی، سوهان و غیره. علاوه بر این، از فولادهای خشکه برای خراطی نیز استفاده می شود. زیرا در این موقعیت، سرعت عبور قطعات از لبه تیغ سریع تر از ابزار دستی است و در مقایسه با ابزار فولادهای کربنی، فولاد خشکه به راحتی تیزی لبه خود را از دست نمی دهند.

انواع فولاد خشکه: دسته بندی M و T

بر اساس اطلاعات به دست آمده از AISI موسسه فولاد و آهن ایالات متحده آمریکا)، در حال حاضر بیش از ۴۰ دسته بندی مختلف برای فولاد خشکه وجود دارد. سیستم دسته بندی تعریف شده در AISI به گونه ای تنظیم شده است که

فولاد ابزارهای خشکه حاوی تنگستن در گروه T و فولاد ابزارهای خشکه با پایه مولیبدن در دسته M قرار می گیرند. علاوه بر این، حروف T و M با عددی همراه هستند که معنی خاصی ندارد و تنها برای تمایز فولادهای خشکه مختلف در نظر گرفته شده است. برای مثال، M1 نشان دهنده این نیست که میزان عنصر آلیاژی این فولاد از M2 بیشتر است و یا سختی بیشتر و مقاومت کمتری در برابر ساییدگی دارد. این عدد تنها انواع مختلف فولاد خشکه را از یکدیگر متمایز کرده و به منظور تسهیل انتخاب فولاد ابزارهای خشکه تعریف می شود.

سری T حاوی ۱۲ تا ۲۰ درصد تنگستن است و دیگر عناصر آلیاژی اصلی در این سری عبارتند از: کروم، وانادیوم و کبالت. سری M حاوی میزان نسبی ۳/۵ تا ۱۰ درصد مولیبدن است و کروم، وانادیوم، تنگستن و کبالت از جمله دیگر عناصر آلیاژی استفاده شده در ترکیب سری M هستند. تمامی فولاد ابزارهای خشکه، با پایه تنگستن یا مولیبدن، تقریباً ۴٪ کروم را در بر می گیرند. مقادیر کربن و وانادیوم متفاوت بوده و به طور کلی، اگر میزان وانادیوم افزایش یابد، مقادیر کربن نیز افزایش خواهد یافت، مقادیر کبالت و مولیبدن در نوع T1 تنگستن، صفر است. با این حال، فولاد ابزارهای سری T با پایه کبالت، از T4 تا T15، شامل مقادیر مختلف کبالت هستند. میزان کبالت در سری M، از M1 تا M10 به جز (M6، صفر است؛ فولاد ابزارهای مولیبدن با پایه کبالت در سری های M30 و M40 دسته بندی می شوند. فولاد ابزارهای خشکه سوپر نیز در دسته M40 به بالا قرار دارند. این فولاد ابزارهای سوپر در مواجهه با حرارت به بالاترین حد سختی ممکن میرسند.

به طور کلی، مقاومت سری M در برابر سایش بیشتر از سری T است. علاوه بر این، اعوجاج (distortion) فولاد ابزارهای سری M در حین عملیات های حرارتی کمتر بوده و هزینه تولید و نگهداری کمتری نیز دارند. به منظور بهبود عملکرد و طول عمر فولاد ابزارهای خشکه میتوان این ابزارها را به لایه ای از نیتريد تیتانیوم یا کربید تیتانیوم و یا دیگر لایه های محافظتی شناخته شده مجهز کرد.



ویژگی های فولاد خشکه یا تندبر

علی رغم ویژگی های منحصر به فردی که به واسطه تغییر نوع و مقدار عناصر آلیاژی مختلف در فولاد ابزارهای خشکه به وجود می آیند، برخی از ویژگی های مشابه در تمامی فولاد ابزارهای خشکه یا تندبر عبارتند از:

- تمامی آنها شامل مقادیر زیادی عنصر آلیاژی هستند.
- مقادیر کربن در تمامی این ابزارها به حدی است که امکان سختی تا ۶۴ HRC برای فولاد مهیا باشد.
- سختی تمامی این فولاد ابزارها به صورت عمقی اتفاق می افتد؛ به گونه ای که پس از اتمام عملیات های صنعتی، سختی تمامی قسمت ها، از مرکز تا سطح، کاملاً یکپارچه و واحد است.
- تمامی این ابزارها در دماهای بالا سخت می شوند و سرعت تغییر آن ها به حدی است که حتی در تماس با هوا سرد شده و همچنان در حداکثر سطح سختی خود باقی می مانند.

تمامی فولاد ابزارهای خشکه حاوی ذرات کربن بوده و حالت آنیل شده آن ها نیز شامل مقادیر زیادی از عناصر آلیاژی مختلف است. ذرات کربن موجب افزایش مقاومت فولاد خشکه در برابر سایش می شوند. در این موقعیت، ذرات کربن به صورت نسبی در حین عملیات حرارتی آب شده و ماتریکسی از عناصر آلیاژی و کربن مورد نیاز برای سخت شدن، مقاومت در برابر گرما و سختی داغ فولاد مهیا می کنند. با وجود ویژگی های فیزیکی و مکانیکی مشابهی که در تمامی فولاد ابزارهای خشکه مشاهده می شود، تغییر ترکیب شیمیایی این ابزار می تواند تأثیر به سزایی بر کارایی آن ها داشته

باشد. به طور کلی، مهمترین ویژگی فولاد خشکه در قابلیت برش آن ها خلاصه می شود. قابلیت برش این ابزار نیز رابطه مستقیمی با چهار ویژگی کلی دارد:

- **سختی:** میزان مقاومت ابزار در برابر نفوذ دستگاه نفوذکننده شبه الماس که در دمای محیط اندازه گیری می شود.
- **سختی داغ:** قابلیت ابزار در حفظ سختی در دماهای بالا
- **مقاومت در برابر سایش:** مقاومت در برابر ساییدگی که معمولاً با تکیه بر آزمون های قابلیت خرد شدن، سایش فلز بر فلز و غیره اندازه گیری می شود.
- **استحکام (سفتی):** (قابلیت ابزار در جذب انرژی

اهمیت نسبی این ویژگی ها بر اساس کاربرد مورد نظر تغییر می کند. سرعت های فلزکاری بسیار بالا نیازمند ابزاری هستند که دارای سختی ابتدایی بالا و حداکثر مقاومت در برای نرم شدن در دماهای بالا باشند. برخی مواد می توانند موجب ساییدگی شدید ابزار برش شوند؛ از این رو، مقاومت ابزار برش در برابر سایش می تواند از مقاومت ابزار در برابر دماهای بالا بسیار مهم تر باشد. برش مواد سخت نیازمند فولاد ابزاری است که سختی بیشتری دارد؛ در این صورت، طول عمر ابزار برش نیز افزایش خواهد یافت. با این حال، در این موقعیت باید استحکام و سفتی مورد نیاز برای عملیات مورد نظر را نیز در نظر گرفت. برای انتخاب بهترین فولاد ابزار با مناسب ترین ویژگی ها باید در ابتدا، گرید مناسب و سپس، عملیات حرارتی مناسب با شرایط را انتخاب کرد.

نکات ضروری در زمان انتخاب فولاد خشکه مناسب

یک ترکیب خاص در مواد اولیه فولاد خشکه نمی تواند تمامی ضوابط و ویژگی های ابزارهای برش را پوشش دهد. فولادهای مولیبدن، از جمله M1 ، M2 و M7 ، و فولاد تنگستن T1 از جمله پرکاربردترین فولاد خشکه یا تندبر هستند. این فولاد ابزارها بالاترین حد سختی و بهترین عملکرد در برش را دارند؛ با این حال، سختی داغ و مقاومت ساییدگی آن ها از دیگر فولاد ابزارهای خشکه پایین تر است. اضافه کردن وانادیوم به این فولاد ابزارها می تواند موجب افزایش مقاومت در برابر سایش و بهبود سختی داغ شود. فولاد خشکه که حاوی مقادیر متوسط وانادیوم باشند، برای برش های سخت و ظریف بر روی مواد اولیه مناسب تر خواهند بود. فولاد 0% وانادیوم بهترین عملکرد را برای برش فلزات

سخت و همچنین ماشینکاری آلومینیوم، فولاد ضد زنگ، آلیاژهای آستنیتی و فلزات نسوز خواهد داشت. هر چند فولاد ابزارهای مبتنی بر کبالت، شکننده تر هستند، با این حال، عملکرد این فولاد ابزارها در ماشینکاری مواد سخت و فلس دار بهتر خواهد بود.

جمع بندی

علیرغم رقبای سرسختی که در حوزه برشکاری برای فولاد خشکه یا تندبر وجود دارند، از جمله آلیاژهای کبالت ریخته گری شده، کاربیدهای سیمانی، سرامیک ها و سمرت ها، این فولاد ابزارها از یک قرن پیش تاکنون جزء بسیار مهمی از صنعت بوده اند. سختی قابل توجه، مقاومت در برابر ساییدگی، سختی داغ و استحکام بسیار بالای این فولاد ابزارها می تواند به راحتی جایگاه فولاد خشکه را در بازار ابزار برشی تضمین و تحکیم کند.

به طور کلی، فولاد خشکه به دو دسته تنگستن (سری T) و مولیبدن (سری M) تقسیم می شوند. عددی که به همراه این حروف مشاهده می شود، معنی خاصی ندارد و تنها برای تفکیک راحت تر این ابزارها در نظر گرفته شده است. با این حال، توجه داشته باشید که عناصر آلیاژی مورد استفاده در فولاد ابزارهای خشکه، از جمله تنگستن، کروم، نیتروژن، گوگرد، کبالت، وانادیوم و غیره می توانند ویژگی های منحصر به فردی به هر یک از این فولاد ابزارها بدهند. شما می توانید با در نظر گرفتن گرید فولاد ابزار و شرایط مورد نظر خود، بهترین گزینه را برای انجام عملیات مورد نظر خود انتخاب کنید.