

خصوصیات فنی و کاربردهای ورق هاردوکس (ضد سایش)

یکی از مهمترین خصوصیات فنی که باید در صفحات فولادی برای ساخت برخی از محصولات در صنایع وجود داشته باشد مقاومت در برابر ساییدگی است. به همین دلیل برای این فولادها از نوعی پوشش استفاده می کنند تا مقاومت آن را افزایش دهند. به این نوع ورق ها هاردوکس گفته می شود که دارای انواع مختلف برای کاربردهای متفاوت است.

تاریخچه ورق ضدسایش هاردوکس

ورق هاردوکس برای اولین بار توسط فردی به نام پروفیسور یوهان آگوست بریل در کشور سوئد و در کارخانه آساب در سال ۱۹۷۵ تولید شد. به دلیل مزیت های فوق العاده ای که این ورق برای صنایع مختلف ایجاد می کرد بلافاصله در بازار جایگاه ویژه ای پیدا کرد و به ویژه مورد توجه مهندسان راه سازی قرار گرفت. بعد از آن مصرف ورق هاردوکس به کشورهای پیشرفته دیگر مانند آمریکا، اروپا و برخی کشورهای آسیایی مانند ایران گسترش پیدا کرد.



ورق ضد سایش یا هاردوکس چیست؟

همان طور که در مقدمه هم به آن اشاره کردیم ورق ضدسایش ورقی است که برای تولید فولادهای مقاوم به خوردگی و سایش استفاده می شود. در واقع با اینکه خود فولاد در برابر عوامل فرسایشی بسیار مقاوم است اما به انواع مختلفی دسته بندی می شود و برای برخی کاربردها ما نیاز به مقاومت بالاتر از حد فولاد معمولی خواهیم داشت؛ بنابراین باید بتوان از موادی استفاده کرد که مقاومت فولاد را افزایش داد که این مواد همان ورق های ضد سایش هستند. عامل مخرب سایش به مرور زمان باعث کاهش عمر فولاد می شود و به دلیل احتمال شکستگی می تواند خساراتی را ایجاد

نماید؛ اما در صورتی که از ورق هاردوکس برای آن استفاده شود میزان سختی و ضربه پذیری آن افزایش یافته و طول عمر مفید بالاتری خواهد داشت. ورق های ضد سایش کاربردهای بسیار گسترده ای در انواع صنایع دارند؛ بنابراین شما نیز اگر در زمینه ی تولید محصولات فولادی فعالیت دارید و به دنبال ساخت ابزارآلات و محصولات با طول عمر زیاد در برابر ساییدگی هستید حتماً باید [ورق هاردوکس](#) را بشناسید.

تولید ورق های ضدسایش

در ترکیب همه انواع فولاد از کربن، سنگ آهن و عنصر آلیاژی استفاده می شود که با تغییر درصد این عناصر خواص ایجاد شده در فولاد مورد نظر متفاوت خواهد بود. در ساخت ورق هاردوکس میزان درصد کربن بیشتر است؛ زیرا کربن عنصری است که باعث افزایش سفتی و سختی ورق می شود. همچنین برای مقاومت بالاتر در این ورق ها از آلیاژهای کروم و منگنز نیز استفاده می گردد. در نتیجه مقاومت فولاد در برابر مواد خورنده محیط بسیار افزایش پیدا می کند. البته نمی توانیم هر چقدر که خواستیم کربن فولاد را زیاد کنیم؛ زیرا با اینکه سختی فولاد را افزایش می دهد قدرت آن را کم می کند؛ بنابراین حتی در موارد عادی از ورق هاردوکس زمانی استفاده می شود که عامل اصلی از بین رفتن سازه یا ابزار، ساییدگی باشد.

سختی ورق هاردوکس



علاوه بر اینکه برای افزایش مقاومت ورق فولاد در برابر ساییدگی از ورق هاردوکس استفاده می شود خود ورق های ضد سایش سختی های مختلفی دارند. این میزان سختی برای کاربردهای مختلف با معیاری به نام برینل سنجیده می شود. استفاده از برینل اولین و رایج ترین روش سنجش سختی این ورق ها به شمار می رود. در این روش با استفاده از یک گوی فولادی با جنس تنگستن کاربید، میزان فرورفتگی سطح ورق در برابر مواد اندازه گیری می شود. گوی مورد نظر قطری برابر با ۱۰ میلی متر دارد و نیرویی معادل با ۳۰۰۰ کیلوگرم بر سطح ورق وارد می شود تا میزان سختی آن مشخص گردد. البته برای فلزات نرم میزان این نیرو تنها ۵۰۰ کیلوگرم خواهد بود.

کاربرد ورق هاردوکس

از ورق های هاردوکس بر اساس میزان سختی که دارد در انواع صنایع بزرگ و کوچک استفاده می شود. از مهمترین کاربردهای ورق هاردوکس میتوان به استفاده در معدن، ساخت ماشین آلات و ابزارآلات کشاورزی، فولادسازی، سیمان سازی، ساخت ابزارآلات لایروبی، ساخت انواع گاو صندوق، استفاده در ماشین آلات حفاری و خودروسازی اشاره کرد.

همچنین به دلیل مقاومتی که این ورق ها در برابر برخی از گازها، سیالات و ذرات گرد و غبار دارند از آنها در محیط هایی که این موارد وجود داشته باشند بیشتر استفاده می شود. استفاده از این صفحات در محیط های آلوده خسارات ناشی از سایش و خوردگی را به شدت کاهش میدهد. به علاوه با استفاده از ورق های هاردوکس هزینه های غیرمنتظره برای تعمیرات ایجاد نخواهد شد. البته قیمت ورق هاردوکس از قیمت استیل معمولی بالاتر است اما در طول زمان نسبت به ورق استیل به جهت کاهش هزینه های تعمیر و تعویض بسیار مقرون به صرفه تر خواهد بود. برای دریافت [قیمت ورق ضدسایش](#) به لینک آن مراجعه نمائید.

انواع ورق های هاردوکس

ورق های ضد سایش دارای انواع مختلفی هستند که هر کدام از آنها میزان مقاومت متفاوتی در برابر سایش و خوردگی ایجاد می کنند. ورق هاردوکس تنها یکی از انواع ورق های ضد سایش می باشد. به طور کلی برخی از ورق های ضد سایش بیشتر از سایر آنها در صنایع بزرگ و کوچک کاربرد دارد. از جمله این ورق ها میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

- ورق ضد سایش هاردوکس
- ورق ضد سایش ولداکس
- ورق ضد سایش دورستات
- ورق ضد سایش کرباسر
- ورق ضد سایش دیلیدو

نام هایی که در بالا به آنها اشاره کردیم همگی نام های تجاری این ورق ها هستند و در جداول کاتالوگ ورق های ضدسایش، عددهایی نیز در کنار آنها قرار می گیرد که میزان سختی ورق ها را نشان می دهد.

مشخصات ورق هاردوکس



ورق هاردوکس نوعی ساختار مارتنزیتی است که شکلی سخت و مقاوم از ساختار کریستالی فولاد می باشد. به همین دلیل در صنایعی که بیشتر از همه نیاز به مقاومت بالا دارند استفاده می شود. انواع سختی های ورق هاردوکس شامل ۴۰۰، ۴۵۰، ۵۰۰، ۵۵۰ و ۶۰۰ برینل است. البته سختی های بالاتر هم وجود دارد که کمتر تولید می شوند و برای کاربردهای خاص هستند. در واقع سختی های بالاتر دیگر مصارف عمومی ندارند.

لازم به ذکر است هر چه عدد ورق هاردوکس بالاتر باشد میزان مقاومت آن در برابر سایش بیشتر است اما به همان میزان انعطاف پذیری و خاصیت چقرمگی فولاد نیز کم می شود. با این حال ورق هاردوکس بیشترین مصرف را در میان ورق های ضد سایش دارد و خواصی مانند اتصال پذیری، جوشکاری و ماشین کاری این ورق ها در حد خوبی است.

در ساخت انواع ورق های هاردوکس از آلیاژهای دیگر مانند بور، منگنز، نیکل، سیلیسیم، مولیبدن، گوگرد و فسفر نیز استفاده می شود. استفاده از این عناصر به دلیل ایجاد سطحی صاف و یکنواخت در فولاد است و میزان قدرت فولاد را افزایش می دهد تا تأثیر افزایش کربن در این ویژگی کمتر شود. ویژگی دیگر این ورق های سبکی آن است که در سازه های فلزی میتواند وزن سازه را تا ۱۵ درصد نیز کاهش دهد. همچنین در دماهای پایین نیز مقاومت بالایی دارد.

معرفی انواع ورق های هاردوکس به صورت جداگانه

همان طور که گفتیم ورق های هاردوکس دارای سختی های مختلفی است که عدد این سختی در مصارف عمومی بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ متغیر است. در این قسمت هر کدام از این ورق ها را به صورت جداگانه توضیح میدهم تا بیشتر با انواع ورق هاردوکس آشنا شوید.

ورق هاردوکس ۴۰۰

سختی این ورق معمولاً بین ۳۸۷ تا ۴۰۰ برینل متغیر است و ضخامتی بین ۳ تا ۱۳۰ میلی متر بسته به نوع کاربرد برایش در نظر گرفته می شود. معمولاً از ورق های هاردوکس ۴۰۰ برای مقاومت در برابر ضربه استفاده می کنند. به نوعی میتوان گفت این نوع محصولات از ورق های فولادی همه کاره محسوب می شوند که دارای سختی بالا، قابلیت خمش خوب و جوشکاری مناسب هستند.

ورق هاردوکس ۴۵۰



ورق هاردوکس ۴۵۰ نیز از انواع پرکاربرد ورق های ضد سایش می باشد. سختی آن قابل قبول بوده و در ضخامت های بین ۳۰ الی ۸۰ میلیمتر تولید می شود. از این ورق بیشتر برای ساخت ماشین آلات حفاری و کامیون قابل استفاده است. سختی آنها نیز بین ۴۲۵ تا ۴۷۵ برینل میتواند متغیر باشد. عرض استاندارد این ورق ها بیش از ۳۳۵۰ میلیمتر و طول آنها بیش از ۱۴۶۳۰ میلی متر است. از دیگر مزیت های ورق هاردوکس ۴۵۰ قابلیت بالای جوشکاری و اتصال پذیری آن است. از طرفی عمر و دوام آن بالاتر از هاردوکس گرید ۴۰۰ است. یک ویژگی منحصر به فرد این ورق تحمل آن در برابر ضربه هایی با فشار ۵۰ ژول در دمای ۴۰- درجه سانتی گراد است. به همین دلیل محبوبیت ویژه ای نزد مهندسیین و فعالان صنایع مختلف دارد.

ورق هاردوکس ۵۰۰

معمولاً ورق های هاردوکس ۵۰۰ را در ضخامت های ۵ میلیمتر یا بیشتر تولید می کنند. لازم به ذکر است از ورق هاردوکس ۵۰۰ نمیتوان برای دماهای بیشتر از ۲۵۰ درجه سانتی گراد استفاده کرد؛ زیرا در این دما بسیاری از خواص مقاومتی و غیر مقاومتی خود را از دست می دهد. معمولاً این ورق ها در طول هایی بیش از ۱۶۰۰۰ میلیمتر و عرض هایی بیش از ۱۶۵۰ میلی متر زده می شود. از جمله مهمترین کاربردهای این ورق ها میتوان به استفاده در ساخت نوار نقاله، چرخ دنده، سطل بیل مکانیکی، ابزارهای برشی و انواع تیغه اشاره کرد.

ورق هاردوکس ۵۵۰

ضخامت هایی که می توان برای ورق هاردوکس ۵۵۰ در نظر گرفت محدودتر از نوعی است که تا الان توضیح دادیم؛ اما نسبت به آن ها سختی بالاتری دارد و عددی سختی این ورق ها بین ۵۲۵ الی ۵۷۵ متغیر است. برای ساخت تیغه های بسیار مقاوم، دستگاه های حفاری، چرخ های خرد کننده قوی در کارخانه ها و مواردی از این دست بیشتر از ورق هاردوکس ۵۵۰ استفاده می شود؛ اما مانند ورق هاردوکس ۵۰۰ در دماهای بیش از ۲۵۰ درجه سانتیگراد خواص خود را از دست خواهد داد.

ورق هاردوکس ۶۰۰

در بین مصارف عمومی ورق هاردوکس ۶۰۰ بالاترین مقاومت را دارد و در نتیجه برای جاهایی که به سختی بیشتری نیاز داریم مناسب است. سختی این ورق ها بین ۵۶۰ الی ۶۴۰ برینل متغیر است و ضخامت آنها نیز بسته به نوع کاربردها بین ۸ تا ۵۰ میلیمتر است. این ورق ها بیشتر برای محیط هایی مناسب هستند که احتمال فرسایش و پوسیدگی در آنها به شدت بالا است. این ورق ها برای برش و جوشکاری نیز مناسب هستند و می توانند انتخاب بسیار خوبی برای پروژه های با عملکرد بالا باشند. همچنین خواص مکانیکی بسیار مطلوبی دارند و در دماهای پایین نیز مقاومت خود را حفظ می کنند. از مزایای دیگر ورق هاردوکس ۶۰۰ می توان به طول عمر مفید بالا، ضربه پذیری بسیار بالا، مقرون به صرفه بودن و عدم نیاز به حرارت اضافی در آنها اشاره کرد. از ورق هاردوکس ۶۰۰ به طور خاص برای ساخت ناودان، خردکن های بزرگ و پر قدرت، چکش و سنگ شکن های صنعتی استفاده می شود.

ورق هاردوکس HI Tuf

ورق هاردوکس HI Tuf با ضخامت های متغیر بین ۴۰ الی ۱۲۰ تولید می شود و بیشتر برای مصرف در محیط های معمولی با سطح کیفیت بالای دستگاه ها و محصولات است؛ زیرا نسبت به سایر انواع ورق هاردوکس که تاکنون توضیح دادیم سختی کمتری دارد. سختی ورق هاردوکس HI Tuf بین ۳۱۰ الی ۳۷۰ متغیر است.

عوامل تأثیرگذار بر قیمت ورق هاردوکس

همان‌طور که ملاحظه کردید ورق های هاردوکس دارای انواع مختلفی است که هر کدام از آنها نیز طیف گسترده ای از ضخامت ها و طول و عرض را دارد. مهم ترین عامل تأثیرگذار بر قیمت ورق هاردوکس میزان سختی آن است؛ بنابراین هر چه مقاومت ورق هاردوکس در برابر عوامل مخرب بیشتر باشد یعنی عدد سختی آن بالاتر رود قیمتش نیز بیشتر می شود. بعد از سختی، ما میتوانیم قیمت تقریبی ورق هاردوکس مورد نیاز را بر اساس قیمت وزن واحد محاسبه کنیم؛ زیرا میزان وزن با توجه به ضخامت ورق ها و ابعاد آنها متفاوت است؛ مثلاً یک ورق نیم متری با ضخامت ۲۰ میل میتواند گران تر از یک ورق دوام تری با ضخامت ۵ میل باشد. این موارد همگی مربوط به ویژگی های خود ورق هاردوکس است که بر روی قیمت نهایی تأثیر می گذارد؛ اما از آنجایی که آهن و فولاد از محصولاتی هستند که قیمتشان طبق بازار جهانی تغییر می کند احتمال نوسانات قیمت به دلیل تغییر شرایط اقتصادی مانند میزان عرضه و تقاضا و یا نرخ ارز وجود دارد.



نکات مهم هنگام خرید انواع ورق هاردوکس

هنگامی که قصد خرید ورق هاردوکس برای هر نوع کاربردی را دارید باید ابتدا اجزای سیستم مقاومتی آن را بررسی کنید و ببینید کدام نوع ورق برای شما مناسب تر است. یا از هر نوع هاردوکسی نمیتواند برای محیط های آبی استفاده کرد.

طبق استاندارد DIN50320 یک سیستم سایشی (Tribological System) شامل چهار جزء اصلی زیر می باشد:

مواد ساییده (Active Body): این مواد، ترکیباتی مانند سنگ، خاک، ماسه، سیلیس و غیره هستند که در هنگام مقابله با عوامل جوی خودشان ساییده می شوند اما اجازه ساییده شدن فولاد را نمی دهند.

مواد تحت سایش (Passive Body): قسمت سطحی ورق هاردوکس که با مواد ساییده درگیر است و ذرات سطحی آن را به مرور از دست خواهد داد.

مواد میانی (Accompanying Secondary): موادی شامل آب، روغن، اسید یا هوا که بین دو جزء بالا برای افزایش مقاومت در برابر سایش استفاده می شوند.

فاکتورهای محیطی (Ambient Medium): مواردی مانند درصد رطوبت، خشکی، دما، نمک و ترکیبات دیگری که در محیط مورد استفاده برای ورق هاردوکس وجود دارد.

سخن آخر

ورق های هاردوکس از جمله پرکاربردترین ورق های فولادی در صنایع گوناگون است که طول عمر ابزار آلات و ماشین های صنعتی را افزایش می دهد. در نتیجه هر چند گرانتز از ورق های فولادی معمولی هستند اما در دراز مدت مقرون به صرفه تر خواهند بود.