

Cutting

1. معرفی introduction

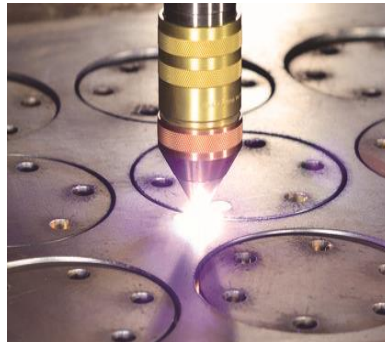
ورق میکروآلیاژی مقاوم در برابر سایش با برند Durostat یکی از محصولات کارخانه Voestalpine اتریش می باشد. این ورق شامل سختی های 400، 450 و 500 برینل می باشد.

ورق میکروآلیاژی استحکام بالا با برند Alform نیز از محصولات کارخانه Voestalpine اتریش می باشد. این ورق شامل انواع مختلف ورق از جمله ورق های نرماله شده و یا تولید شده به روش ترمومکانیکال می باشد که میزان استحکام تسلیم این ورق ها 1100-180 N/mm² می باشد.

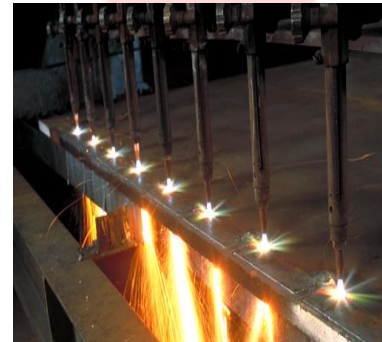
برش ورق های Durostat و Alform را می توان به کمک همه روشهای متداول برش، از جمله برش سرد و یا برش حرارتی انجام داد. منظور از برش سرد استفاده از روشهایی همچون قیچی کاری، برش با اره، سنگ زنی سایشی و یا استفاده از برش واترجت سایشی می باشد. منظور از روشهای حرارتی استفاده شده در این دستورالعمل روشهای برش بوسیله اکسیژن، برش پلاسما و برش با لیزر می باشد.



برش با لیزر



برش پلاسما



برش بوسیله اکسیژن

برش ورق های Durostat و Alform تفاوت قابل ملاحظه ای با برش ورق های فولادی معمولی ندارد و تنها در زمان برش ضخامت های کمتر باید برخی نکات در نظر گرفته شوند. این دستورالعمل به شما درک بهتری از نحوه آماده سازی ورق های Durostat و Alform در طول عملیات حرارتی می دهد و همچنین نحوه جلوگیری از اشتباهات رخ داده در طول انجام عملیات های مختلف برش را توضیح می دهد.

2. ترک ها در لبه برش Crack at the edges

اگر برش حرارتی در ورق فولادی کوئنچ- تمپر شده با ضخامت کم و/ یا در گریدهایی که دارای میزان کربن معادل بالا هستند انجام شود، ترکها ممکن است که از لبه برش ایجاد شده و انتشار پیدا کنند. عوامل ایجاد کننده ی این ترکها همانند ترکهای سرد ایجاد شده در حین جوشکاری می باشد که این عوامل شامل موارد زیر می شود.

- میزان هیدروژن موجود در فولاد
- تنشهای پسماند در لبه برش
- میزان بالای کربن معادل

ترک موجود در لبه برش برای ورق های تولید شده به روش کوئنچ- تمپر یک پدیده ترک تاخیری می باشد که این بدین معنی است که ممکن است ترکها در ابتدا ظاهر نشوند و با گذشت روزها و یا حتی هفته ها از انجام عملیات برش قابل رویت شوند.

اگر موارد زیر با دقت در نظر گرفته شوند می توان از بوجود آمدن ترک در لبه برش جلوگیری نمود:

- روش برش
- عملیات پیش گرم نمودن ورق
- سرعت برش
- سرد کردن آهسته/ پس گرم نمودن

در طول انجام عملیات برش حرارتی، لبه های ورق در معرض یک چرخه حرارتی قرار می گیرند که کاهش از نقطه ذوب ورق فولادی تا رسیدن آن به دمای محیط را شامل می شود. از این منطقه به عنوان منطقه تحت تاثیر حرارت قرار گرفته (HAZ) یاد می شود که بسیار محدود است و تنها چند میلی متر گسترش می یابد. پهنای ناحیه HAZ تنها به روش برش و ضخامت ورق بستگی دارد. از آنجایی که روش برش در خواص مکانیکی بدست آمده برای ناحیه HAZ بسیار تاثیر گذار است بنابراین در هنگام انتخاب روش برش و نحوه انجام آن باید به عواقب و تاثیرات آن بر روی ورق توجه نمود.

اگر هریک از روشهای برش سرد برای ورق انتخاب شود ناحیه متاثر از حرارت (HAZ) توسعه نخواهد یافت در حالیکه خواص مکانیکی لبه های ورق بدون تغییر باقی خواهد ماند.

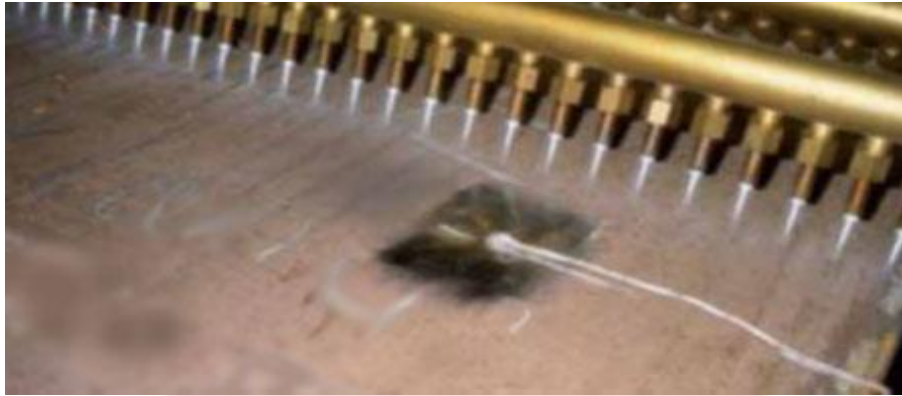
3. عملیات پیش گرم نمودن Pre Heating

بهترین روش برای جلوگیری کردن از ایجاد ترک در لبه های ورق انجام عملیات پیش گرم نمودن قبل از برش می باشد. پیش گرم نمودن ورق بیشتر برای ورق های برش داده شده با روش برش با گاز اکسیژن می باشد چرا که با این روش برش بیشترین ناحیه تحت تاثیر حرارت (HAZ) بوجود می آید. میزان پیش گرم نمودن مورد نیاز ورق و همچنین دمای مناسب برای آن با توجه به نوع ورق فولادی و ضخامت ورق تعیین می شود. در هنگام آغاز عملیات برش حرارتی، ورق باید با محیط همدم باشد که کمترین میزان آن 0°C است.

بسته به شرایط موجود برای پیش گرم نمودن، می توان بخشی از ورق و یا تمام آن را حرارت داد که روشهای انجام آن شامل موارد زیر می باشد:

- کوره های عملیات حرارتی
- لوله های پیش گرم کننده
- توری های الکتریکی

برای انجام عملیات پیش گرم نمودن، بهترین راه استفاده از کوره های عملیات حرارتی می باشد چرا که دمای قسمت های داخلی ورق نیز به صورت یکنواخت افزایش می یابد. همچنین برای پیش گرم نمودن ورق های Durostat و Alform می توان از لوله های پیش گرم کننده نیز کمک گرفت. نکته قابل توجه در استفاده از لوله های پیش گرم کننده این است که بدلیل متحرک بودن، از بیشترین میزان دمای پیش گرم موردنظر تجاوز نخواهد کرد و همچنین اندازه گیری میزان دمای پیش گرم شده ورق باید در طرف مخالف ورق که پیش گرمایش روی آن انجام شده است، اعمال شود.



لوله های پیش گرم کننده

در پیش گرم نمودن ورق روش استفاده از توری های الکتریکی روشی آهسته می باشد پس برای پیش گرم نمودن تا دمای 150-200 °C بهتر است که عملیات پیش گرم به مدت یک شب انجام شده و عملیات برش در صبح روز بعد انجام شود.

بعد از انجام عملیات برش باید ورق ها به آرامی با کاهش دما به دمای محیط برسند و هرگز نباید روند کاهش دمای ورق را تسریع نمود چرا که کاهش آرام دمای ورق باعث کاهش احتمال ایجاد ترک در لبه برش ورق می گردد.

4. سرعت برش cutting speed

اگر اعمال نمودن عملیات پیش گرم برای ورق امکان پذیر نمی باشد راه دیگری نیز برای کاهش احتمال ایجاد ترک در لبه برش وجود دارد. با کاهش سرعت برش در حین انجام فرآیند برش به کمک گاز اکسیژن، حرارت ایجاد شده در حین برش می تواند همانند حرارت ناشی از انجام عملیات پیش گرم برای باقی ورق در نظر گرفته شود. این روش به اندازه انجام عملیات پیش گرم نمودن برای جلوگیری از ایجاد ترک در لبه برش قابل اعتماد نمی باشد و برای کاهش هرچه بیشتر احتمال ایجاد ترک در لبه برش می توان از ترکیب انجام عملیات پیش گرم و کاهش سرعت برش استفاده نمود. بهتر است که کاهش سرعت برش از شروع عملیات پیش گرم نمودن ضخامت ورق اعمال شود.

5. شیب سختی در لبه برش hardness gradient at the edges

بسته به روش برش مورد استفاده، میزان حرارت وارد شده به ورق و انباشته شدن آن متفاوت می باشد. هرچه میزان حرارت انتقال داده شده به ورق بیشتر باشد در نتیجه آن ناحیه متاثر از حرارت (HAZ) آن وسیع تر خواهد بود. وسیع ترین ناحیه بوجود آمده ناشی از حرارت مربوط به برش با گاز اکسیژن و کمترین آنها مربوط به برش توسط لیزر می باشد. در هنگام استفاده از هر یک از روشهای برش حرارتی بیشترین میزان سختی در مجاورت سطح برش داده شده که با سختی در محدوده فاصله 1-3 mm عمق صفحه متابعت دارد دیده می شود. کاملا واضح است که وجود میزان سختی های متفاوت در سطح ورق می تواند باعث ایجاد تنش مستقیم بر روی ناحیه HAZ شده که باعث ایجاد شدن ترکهای میکرونی در سطح ورق می شود (بخصوص با وجود گاز هیدروژن در محیط). تاثیر دیگر وجود بیشترین میزان سختی موجود در لبه برش مربوط به آماده سازی لبه برش خورده برای انجام عملیات فرزکاری می باشد. برای جلوگیری از سایش بیش از حد ابزار برش میزان تغذیه تنظیم شده در حین فرزکاری باید بیش از عمق لایه سطحی سخت شده باشد.

6. عملیات پس گرم نمودن ورق post heating

عملیات پس گرم قابل اعتماد ترین روش برای کاهش احتمال ایجاد ترک در لبه برش خورده می باشد. این عملیات باید پس از اتمام کامل عملیات برش انجام شود. عملیات پس گرم نمودن را می توان به کمک کوره و یا مشعل انجام داد. ساده ترین روش استفاده از مشعل می باشد و از آنجایی که استفاده از آنها در صنعت متداول است بنابراین در این زمینه استفاده از کوره ها برای پس گرم نمودن متداول نیست. نکته مهم شروع عملیات پس گرم با کمترین فاصله زمانی از اتمام عملیات برش می باشد. بیشترین فاصله زمانی میان شروع عملیات برش تا شروع عملیات پس گرم نمودن 30 دقیقه می باشد.

در مورد عملیات پس گرم این نکته که دمای لبه بیش از حد بالا رود مهم نیست. در مورد استفاده از کوره ای با دمای 200°C باید تا زمانی قطعه در داخل کوره قرار بگیرد که با کوره همدم شود. بسته به ضخامت ورق این مدت زمان متفاوت خواهد بود ولی بعنوان یک قاعده کلی به ازای هر 1 mm از ضخامت ورق حداقل 5 دقیقه زمان لازم است (به عنوان مثال حداقل زمان 50 دقیقه برای ورق با ضخامت 10 mm)

در هنگام استفاده از مشعل این نکته که دمای لبه های برش بیش از حد بالا رود مهم نیست. دمای لبه برش نباید از 700°C و ترجیحاً $300-500^{\circ}\text{C}$ تجاوز کند. بطور معمول عملیات پس گرم نمودن توسط مشعل بصورت دستی انجام می شود بنابراین در کنترل دمای قطعه باید دقت بیشتری شود که این نکته را می توان با چک کردن رنگ لبه های برش خورده درست پشت سر مشعل پیگیری نمود که رنگ لبه ها باید قرمز تیره و یا شرابی باشد. اگر رنگ لبه ورق روشن و یا نارنجی تیره باشد بدین معنی است که درجه حرارت ورق بیش از حد بالا رفته و عملیات پس گرم نمودن موفق نخواهد بود.

7. سرد کردن آهسته slow cooling

همانگونه که قبلاً ذکر شد همواره سرد کردن آهسته برای قطعات برش خورده با روشهای حرارتی لازم است. روش پیشنهاد داده شده به منظور کاهش سرعت سرد شدن ورق تا بیشترین میزان ممکن این است که قطعات برش خورده (که هنوز دمای آنها بالاست) را دسته بندی نموده و آنها را توسط مواد عایق می پوشانیم. با سرد کردن آهسته قطعه و یا انجام عملیات پس گرم تنشهای باقی مانده در قطعه برش خورده کاهش یافته و با افزایش این مدت زمان، هیدروژن موجود در ناحیه برش خورده خارج خواهد شد.

8. برش قطعات کوچک از ورق

در هنگام برش قطعات با ابعاد کوچک، گرمای تولید شده در حین فرآیند برش در داخل قطعه تجمع پیدا می کند. کوچک بودن ابعاد قطعه برش خورده و/یا بالا بودن ضخامت ورق مورد استفاده باعث افزایش احتمال بالت رقتن بیش از حد دما و افت سختی ورق می شود. کوچک، نکته مهم جلوگیری از تجمع بیش از حد گرمای انباشته شده در ورق می باشد. با استفاده از نکات زیر می توان کمترین میزان گرمای انباشته شده در قطعات کوچک برش را بدست آورد:

- انتخاب روش مناسب برش برای به حداقل رساندن میزان گرمای تولید شده در هنگام برش همانند برش با لیزر و یا واترجت
- در برش پلاسما و یا برش به کمک اکسیژن می توان از غوطه ور سازی قطعه در آب و یا صفحه برش آبی استفاده نمود. با این کار آب به صورت بسیار موثر حرارت را از ورق خارج خواهد نمود!

9. برش با لیزر laser cutting

ورقهای Durostat و Alform مناسب برای برش با لیزر می باشند.

¹ با انجام برش در زیر آب ناحیه تحت تاثیر حرارت (HAZ) باریکتر از قطعه برش خورده در محیط هوا می باشد بنابراین اثرات مضر ناحیه HAZ کاهش می یابد. در هنگام انجام برش مستغرق سرعت انجام برش 30-50% کمتر از سرعت برش معمولی در محیط هوا می باشد. این مطلب مطابق با کاهش سرعت برش برای جلوگیری از ایجاد ترک در لبه های برش می باشد.