



شکل ۱. منبع تولید لیزر فیبری

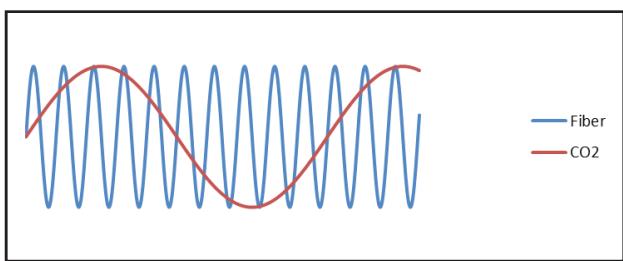
نگاهی بر تکنولوژی برش کاری با لیزرهای CO_2 و لیزرهای فیبری

سینا شکورزاده (مدیر فنی)
Shakourzadeh@tehrandurma.com

شرکت تهران دورما صنعت
تلفن: ۰۲۱-۸۸۵۲۱۶۴

در سال‌های اخیر تکنولوژی‌های جدیدی در عرصه صنعت برش کاری با لیزر معرفی شده است. فناوری‌های جدید در عرصه تولید لیزر از قبیل لیزرهای فیبری و سایر نوآوری‌ها، چالش‌های بزرگی را پیش روی صنعت‌گران و متخصصان قرار داده است. امروزه با توسعه صنایع ورق کاری، بهره‌گیری از فناوری‌های جدید برای بهبود کیفیت محصولات و کاهش هزینه‌ها و زمان عملیات برش کاری از اهمیت فراوانی برخوردار شده است. از این رو شناخت این فناوری‌ها در کنار نیازمنجی‌های تولید، ما را در انتخاب ماشین آلات مناسب یاری خواهد کرد تا کاهش هزینه‌های تولید و تسریع زمان تولید محصولات، به بهره‌وری در سیستم‌های تولیدی رسید. **تفاوت عمدی ماشین آلات برش کاری لیزر در منبع تولید پرتو لیزر است.** علاوه بر اینکه تجهیزات جانبی و فنی ماشین آلات، از قبیل سرعت حرکت محورها، دقت حرکتی یا سیستم‌های کنترلی از اهمیت فراوانی برخوردار است، با این وجود منبع تولید لیزر اصلی ترین عامل تعیین تکنولوژی برش در مجموعه‌های برش کاری ورق‌های فلزی می‌باشد. هزینه‌های تعمیر و نگهداری ماشین آلات برش کاری لیزر عموماً صرف تجهیز یا سرویس منبع تولید لیزر می‌گردد. از این رو انتخاب صحیح ماشین آلات با توجه به نیازها و توانایی‌های دستگاه تاثیر مستقیم بر روی کاهش هزینه‌های تولید خواهد داشت. در این مقاله، دو نمونه از تکنولوژی‌های تولید لیزر (لیزرهای CO_2 و لیزرهای فیبری) که بیشترین سهم را در صنایع برش کاری لیزر دارند، به اختصار توضیح داده و به محدودیت‌ها و فواید هر یک اشاره خواهیم کرد تا بستر مناسب جهت نیازمنجی و انتخاب صحیح تکنولوژی ماشین آلات برش کاری لیزر فراهم گردد.

می باشد.(شکل ۲)



شکل ۲. مقایسه طول موج لیزرهای فیبری و CO_2

این تفاوت در ذات لیزرهای یاد شده دو نتیجه اساسی را در بر خواهد داشت:

۱- بیشتر فلزات، لیزر فیبری با طول موج کوچک‌تر را بهتر جذب را باز می‌تابانند CO_2 می‌کنند در حالی که بیشتر توان لیزر

۲- توانایی متمرکز کردن پرتو لیزر بر یک نقطه، با طول موج کوچک‌تر(لیزر فیبری) بیشتر است

عموماً بیشترین ضخامت از ورق‌های فلزی که توسط تکنولوژی برش کاری لیزر قابل برش است، با توجه به طبیعت پروفیل پرتو لیزر، در مقایسه با تکنولوژی‌هایی همچون برش پلاسمایا هوا برش دارای محدودیت‌هایی است.

هم اکنون، توان لیزرهایی که به عنوان منبع تولید پرتو لیزر در صنعت برش کاری ورق‌ها به کار می‌روند، با توجه به محدودیت‌های ایمنی و فنی حداکثر تا توان ۶ کیلووات می‌باشند. از مقایسه حداکثر ضخامتی برشی که دو لیزر CO_2 ۴ کیلووات(بیشترین توان قابل ارائه توسط سازندگان دستگاه برش کاری با لیزر) و لیزر فیبری ۲ کیلووات(رایج ترین لیزر فیبری مورد استفاده در صنایع برش کاری) بر روی ورق‌هایی با جنس فولاد نرم (MS) (که از گازهای O_2 و N_2 به عنوان گاز کمکی برش کاری در فرآیند برش استفاده شده است)، فولاد ضد زنگ- Stainless steel(SS)- آلومینیوم، برنج و مس Copper/Brass- می‌توانند انجام دهنند،

لیزرهای CO_2

لیزرهای CO_2 شناخته شده ترین لیزرهای موجود در صنایع برش کاری با لیزر هستند. دستگاه‌های برش کاری با منبع لیزرهای CO_2 از بر انگیختن اتم‌های ترکیب گازی $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$ با جزء فعال CO_2 ، پرتو لیزر را تولید و به کمک آینه‌هایی با ویژگی‌های خاص به هد دستگاه منتقل می‌کند تا با همگرا ساختن و مت مرکز کردن پرتو لیزر بر روی ورق، عملیات برش انجام پذیرد.

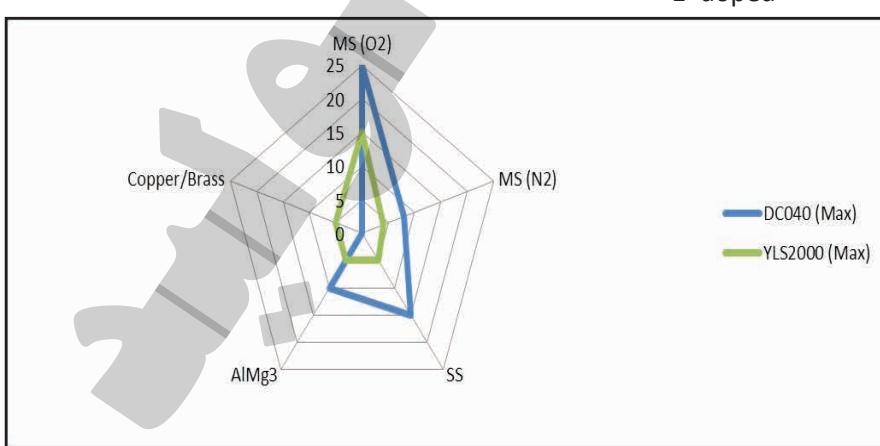
لیزرهای فیبری

دستگاه‌های برش کاری لیزر فیبری با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های نوینی همچون لیزرهای دیودی و فیبرهای نوری آلاتیده^۱ عرصه جدیدی را در بهره‌گیری از فناوری‌های لیزر برای برش کاری انواع ورق‌های فلزی گشوده‌است. در طی دهه‌ی اخیر با توسعه فناوری تولید لیزرهای دیودی توان بالا، لیزرهای پرقدرت وارد صنایع برش کاری شده‌اند. در این نوع منابع تولید لیزر به دلیل عدم استفاده از هر گونه المان اپتیکی(مانند آینه، عدسی و منشور) در تولید لیزر، این تشدید کننده‌ها حساسیت بسیار کمی در برابر ضربه و لرزش دارند. عوامل تاثیرگذار همچون استفاده از دیودهایی با عمر چند ده هزار ساعت، هدایت پرتو لیزر به هد دستگاه بوسیله فیبر نوری و در نتیجه انعطاف پذیری بسیار بالا و جابجائی بار حرارتی بالا (با توجه به ویژگی‌های هندسی فیبر نوری، ضخامت کم و طول زیاد) پایداری بالا و هزینه نگهداری پایینی را برای دستگاه برش کاری فیبری به ارمغان آورده است.

کاربرد لیزرها

کاربردهای انواع لیزرها اساساً با توجه طول موج‌های لیزرها تولیدی تعیین می‌شود. لیزرها طیف گسترده‌ای از طول موج‌ها را در بر می‌گیرند. تفاوت اساسی بین لیزرهای فیبری و لیزرهای CO_2 طول موج تولید شده توسط نور لیزر آنها است. به طور تقریبی طول موج لیزرهای فیبری $1 \mu\text{m}$ و طول موج لیزرهای $\text{CO}_2 10 \mu\text{m}$

1 doped



نمودار ۱. مقایسه ضخامت ورق‌هایی با جنس متفاوت که توسط لیزرهای فیبری و برش می‌خورند.

متناسب با جنس آنها که عموماً گازهای O_2 و N_2 هستند) بهره برد. از نظر هزینه در اغلب موارد هزینه گاز کمکی برش در حد هزینه مصرف برق یا حتی بیشتر از آن نیز می‌باشد. مصرف گاز کمکی به قطر نازل هد دستگاه و فشار مورد نیاز برای انجام فرآیند برش بستگی دارد.

صرف هوای فشرده

عموماً دستگاه‌های برش کاری لیزر از هوای فشرده برای عملکرد کلی دستگاه استفاده می‌کنند(شیرهای پنوماتیکی، سیلندرها و..). لیزرهای CO_2 علاوه بر این، برای هدایت اشعه لیزر از منبع تولید لیزر به هد دستگاه از طریق آینه‌ها نیاز به هوای فشرده با کیفیت بالا(عارضی از هرگونه رطوبت و غبار) دارند. در حالی که در لیزرهای فیبری انتقال لیزر از منبع تولید به هد دستگاه از طریق فیبر نوری انعطاف‌پذیر انجام می‌یابد ولی برای خنک‌کاری هد نیاز به هوای فشرده می‌باشد.

هزینه نگهداری^۴

برای استفاده از ماشین آلات صنعتی در طی سال‌های متمادی نیاز به تعمیر و نگهداری متنابع آنها می‌باشد. با توجه به پیشرفت‌ها و توسعه ساخت لیزرها، امروزه، هزینه‌های تعمیر و نگهداری به شدت کاهش یافته است. دستگاه‌های برش کاری لیزر CO_2 جدید دیگر از منابع تولید اشعه لیزر پر هزینه که شامل توربین‌ها^۵ و تیوب‌های شیشه‌ای^۶ بودند، استفاده نمی‌کنند. همچنین لیزرهای حالت جامد نسل جدید مانند لیزرهای فیبری، دیگر از پمپ‌های خلاء^۷ پر هزینه یا سیستم اپتیکی داخلی که نیاز به تعویض یا تعمیر دارند، بهره نمی‌برند. در نتیجه می‌توان گفت منابع تولید لیزر نسل جدید کم هزینه‌تر و اقتصادی‌تر هستند.

Stand-by هزینه

بعضی از عوامل تاثیرگذار بر روی هزینه نهایی عملیات برش کاری متاثر از عواملی است که عموماً مورد توجه قرار نمی‌گیرند. برای مثال زمانی که برای تعویض لنز متمرکز کننده هد دستگاه یا نازل و نیز تعویض میزکاری و حتی زمانی که هد برای جابجایی از یک خط برش به خط برش دیگر صرف می‌کند از عوامل بسیار مهم در محاسبه هزینه‌های برش کاری می‌باشند. بنابراین هرچه زمان آماده به کار شدن دستگاه^۸ کمتر و سرعت حرکت بالاتر باشد، هزینه‌ها نیز

4 maintenance

5 Turbo Blower

6 glass-tubes

7 vacuum pump

8 set-up time

این نتیجه بدست می‌آید که انتخاب تکنولوژی دستگاه برش کاری لیزر، بستگی به جنس و ضخامت ورقی دارد که باید برش بخورد.

صرف اقتصادی تکنولوژی‌های برش کاری لیزر

اگر هر دو لیزر فیبری و لیزر CO_2 محدوده مورد نظر ما را از نظر ضخامت و جنس ورق‌هایی که قابلیت برش کاری دارند، در برگیرند، آنچه که ما را در انتخاب یکی از آنها کمک می‌کند، صرف اقتصادی تکنولوژی مورد نظر می‌باشد. از آنجاییکه عوامل زیادی بر روی قیمت نهایی قطعه برش کاری شده موثر می‌باشد پاسخ به این سوال بسیار پیچیده‌است. با این حال، می‌توان به چند مورد از پارامترهای تاثیر گذار اشاره کرد:

صرف برق

بدون هیچ‌گونه تردیدی، با توجه به اساس کارکرد لیزرها، صرف برق برای لیزرهای فیبری به مراتب کمتر از صرف برق لیزرهای CO_2 می‌باشد. بازدهی لیزر فیبری (نخ توان خروجی لیزر به صرف برق ورودی) تقریباً ۲۵ درصد و برای لیزرهای CO_2 تقریباً ۱۰ درصد می‌باشد. در مقایسه کل مجموعه روزناتورهای فیبری و CO_2 مجموعه خنک‌کاری لیزرهای فیبری باید ۷۵ درصد انرژی ای که تلف شده است را خنک کنند در حالی که برای لیزرهای CO_2 این مقدار ۹۰ درصد است که خود صرف برق بالایی را به سیستم لیزرهای CO_2 تحمیل می‌کند.

صرف گاز (جزء فعال تولید اشعه لیزر)

از آنجاییکه لیزرهای فیبری در زیر مجموعه لیزرهای حالت جامد^۹ قرار دارند هیچ‌گونه صرف گازی به عنوان گاز برانگیخته‌شده در فرآیند تولید اشعه لیزر ندارند در حالی که لیزرهای CO_2 برای تولید لیزر، نیاز به صرف گاز موثر که شامل ترکیبی از گازهای $-CO_2-N_2-He$ است، دارند.

صرف گاز کمکی برش^{۱۰}

گاز کمکی برش دو نقش اساسی را در فرآیند برش کاری ایفا می‌کند:

۱- محافظت از حوضچه مذاب در برابر اکسیدشدن برای فلزات اکسید پذیر

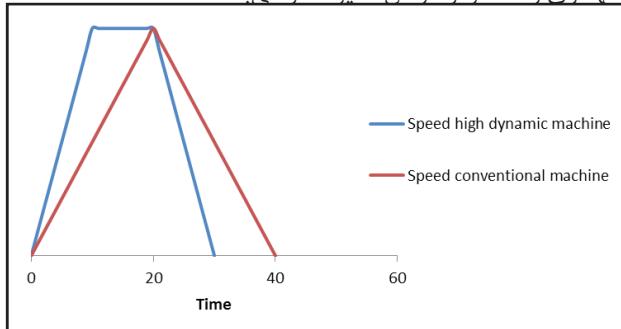
۲- تخلیه حوضچه جوش از مذاب و نیز کمک به فرآیند ذوب و بخار شدن فلز در حوضچه مذاب

برای برش ورق‌هایی با جنس‌های مختلف باید از گازهای کمکی

2 solid-state

3 assist gas

علیرغم اهمیت سیستم حرکتی سریع‌تر، پایداری و صلابت^{۱۲} دستگاه در طی سرعت و شتاب‌های^{۱۳} بالا، بدون تغییر در دقت ابعادی و کارائی آن، دسترسی آسان، زمان آماده‌سازی کم و عملیات نگهداری راحت‌تر از عوامل تاثیرگذار می‌باشد.



شکل ۳. مقایسه‌ای بین دستگاه‌های با سرعت حرکتی بالا و دستگاه‌های متداول

نرم‌افزارهای طراحی و ساخت به کمک کامپیوتر بر روی دستگاه لیزر

نرم‌افزارهای هوشمند و کاری از عوامل موثر در تولید بهینه قطعات برش کاری هستند. نرم افزاری که قابلیت چینش نقشه قطعات برروی ورق به طور بهینه (کمترین دوربین) را داشته باشد و همچنین مسیر حرکت هد از روی یک خط برش بر روی دیگری را به طور بهینه (کوتاه‌ترین مسیر) مهیا سازد، در مجموع زمان برش کاری را کاهش می‌دهد. الگوهای برش کاری هوشمند^{۱۴} همچون fly-cutting از common-line nesting یا

هوشمند برش کاری با لیزر می‌باشد.

از آنجاییکه پارامترهای برش کاری لیزر بر روی کیفیت سطح برش بسیار تاثیرگذار هستند، نقش نرم‌افزارهای طراحی و ساخت هوشمند در افزایش کیفیت محصول بسیار پررنگ می‌باشد. از این‌رو انتخاب دستگاه سازگار با یک نرم‌افزار هوشمند نیز بسیار حائز اهمیت است.

نتیجه‌گیری

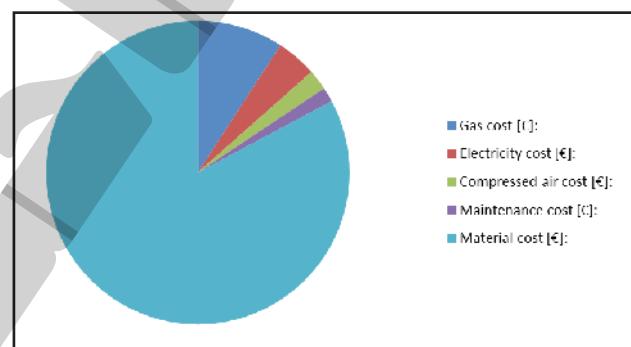
در این مقاله هیچ‌گاه یک پاسخ نهائی برای انتخاب بهترین تکنولوژی لیزر داده نشده‌است. زیرا همان‌طور که توضیح داده شد، نیاز‌سنگی تولید‌کنندگان در کنار شناخت کافی از ویژگی‌های تکنولوژی‌های دستگاه‌های لیزر بهترین راهکار برای انتخاب دستگاه مناسب خواهد بود.

کاهش خواهد یافت.

برای انتخاب بهترین تکنولوژی برای فرآیند برش کاری لیزر باید به این سوال پاسخ داد که ملاک واقعی برای تولید بهینه^۹ یک ماشین برش کاری لیزر چیست؟ تولید بیشترین محصول ممکن، تولید با کمترین هزینه، تولید با بهترین کیفیت (کیفیت سطح برش)، یا آنچه که امروزه مورد نظر اکثر تولیدکنندگان است: "تولید بهتر، ارزان‌تر و سریع‌تر".

بهترین ابزار برای ارزیابی دستگاه‌های متفاوت یا تکنولوژی‌های مختلف، سنجش نیازها براساس محاسبات زمان و هزینه می‌باشد. زیرا هیچ کدام از عواملی همچون سرعت برش کاری یا هزینه کاربری در هر ساعت به تنها یک، نمی‌توانند معیار مناسبی برای گزینش بهترین راهکار باشد.

همان‌گونه که در نمودار ۲ مشاهده می‌کنید هزینه ماده خام اولیه که همان ورق می‌باشد، تاثیرگذارترین عامل بر روی هزینه‌های نهایی تولید است. بنابراین انتخاب تکنولوژی باید بر اساس نیازها و محدودیت‌ها شکل گیرد.



نمودار ۲. هزینه‌های تولید

دستگاه برش کاری لیزر

حال، با توجه به نگرشی که به فرآیند برش کاری لیزر بهینه داریم می‌توان دستگاهی را انتخاب کرد که به طور کامل نیازهای ما را در برگیرد و بازدهی حداکثری را تضمین نماید. هنگامی که با توجه به فرآیند تولید سرعت‌های برش کاری بالا امکان پذیر باشد، ویژگی‌های حرکتی^{۱۰} و پایداری^{۱۱} دستگاه بیشتر تاثیرگذار خواهد بود. در مقایسه دو ماشین که هر دو توانایی برش محصولی با نقشه، ضخامت و سرعت برش کاری یکسانی را دارند، ماشینی که قابلیت حرکتی بالاتری دارد با سرعت بیشتری به سرعت برش کاری مورد نظر می‌رسد و سریع‌تر فرآیند برش را به اتمام می‌رساند. (شکل ۳)

- 12 stiffness
- 13 accelerations
- 14 Intelligent cutting patterns

9 optimal production

10 dynamics

11 robustness