



**Namatek**  
True Education

**Laser Cutting**

[www.namatek.com](http://www.namatek.com)

**برش ليزری فلزات**

## فهرست مطالب

۱. برش لیزری فلزات چیست؟
۲. چگونگی کارکرد برش لیزری فلزات
۳. فرآیند برش لیزری فلزات
۴. انواع دستگاه‌های برش لیزری
۵. مزایای برش لیزری فلزات
۶. کاربردهای برش لیزری در صنایع مختلف
۷. محدودیت‌ها و چالش‌های برش لیزری
۸. آینده برش لیزری

برش لیزری فلزات به عنوان یکی از پیشرفته‌ترین و دقیق‌ترین روش‌های فرآوری مواد شناخته می‌شود. این فناوری، که از قدرت نور لیزر برای برش و شکل‌دهی به فلزات استفاده می‌کند، انقلابی در تولید و ساخت قطعات صنعتی ایجاد کرده است. با قابلیت‌های بی‌نظیر خود، برش لیزری امکان تولید با سرعت بالا، دقت فوق‌العاده و کاهش هزینه‌ها را فراهم آورده و به یکی از مهم‌ترین ابزارها در صنایع مختلف تبدیل شده است. در این مقاله، ما به بررسی عمیق فرآیند برش لیزری فلزات، می‌پردازیم. با ما همراه باشید.

## برش لیزری فلزات چیست؟

برش لیزری فلزات یک فرآیند دقیق و پیشرفته است که در آن از یک پرتو لیزر با انرژی بالا برای برش یا حکاکی مواد فلزی استفاده می‌شود. این تکنولوژی به دلیل دقت بالا، سرعت زیاد و انعطاف‌پذیری در برش انواع طرح‌ها و شکل‌ها، به طور گسترده‌ای در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرآیند برش لیزری فلزات به این صورت است که یک پرتو لیزر متمرکز، معمولاً از طریق یک سیستم لنز یا آینه، به سطح ماده فلزی هدایت می‌شود. این پرتو قادر است ماده را ذوب کند، بخار کند یا با استفاده از یک جریان گاز فشار قوی، ماده مذاب را از محل برش خارج کند. نتیجه، یک لبه برش با کیفیت بالا و بدون نیاز به پرداخت اضافی است.

برش لیزری می‌تواند برای انواع مختلفی از فلزات از جمله فولاد، آلومینیوم، مس و بسیاری دیگر از آلیاژها استفاده شود. این روش برای تولید قطعات با ابعاد دقیق و پیچیده، بدون نیاز به قالب‌های گران‌قیمت یا زمان‌بر، بسیار مؤثر است.

## چگونگی کارکرد برش لیزری فلزات



کارکرد برش لیزری فلزات یکی از جنبه‌های جذاب و پیچیده فناوری برش مدرن است. در این فرآیند، یک پرتو لیزر با قدرت بالا از طریق اپتیک و کنترل عددی کامپیوتری (CNC) به سمت ماده هدایت می‌شود. این پرتو لیزر متمرکز، ماده را می‌سوزاند، ذوب می‌کند، تبخیر می‌کند یا با استفاده از جت گاز، ماده مذاب را از محل برش خارج می‌کند تا لبه‌ای با کیفیت بالا و سطح پایانی عالی به جای بگذارد. پرتو لیزر با تحریک مواد لیزری از طریق تخلیه‌های الکتریکی یا لامپ‌ها در داخل یک محفظه بسته ایجاد می‌شود. مواد لیزری با انعکاس داخلی از طریق یک آینه جزئی تقویت می‌شوند تا انرژی آن‌ها به اندازه کافی برای خروج به صورت جریانی از نور هماهنگ و تک رنگ افزایش یابد. این نور در نقطه کار توسط آینه‌ها یا فیبرهای نوری که پرتو را از طریق یک لنز هدایت می‌کنند، متمرکز می‌شود و این لنز پرتو را تقویت می‌کند. در باریک‌ترین نقطه خود، پرتو لیزر معمولاً کمتر از  $0.0125$  اینچ ( $0.32$  میلی‌متر) قطر دارد؛ اما عرض برش‌هایی به کوچکی  $0.004$  اینچ ( $0.10$  میلی‌متر) نیز، بسته به ضخامت ماده امکان‌پذیر است.

شروع فرآیند برش در جایی غیر از لبه ماده، از یک فرآیند سوراخ‌کاری انجام می‌شود که در آن یک لیزر پالسی با قدرت بالا یک سوراخ در ماده ایجاد می‌کند، به عنوان مثال ۵ تا ۱۵ ثانیه طول می‌کشد تا یک ورق فولاد ضد زنگ به ضخامت ۰/۵ اینچ (۱۳ میلی‌متر) را بسوزاند.

این فرآیند می‌تواند به سه تکنیک اصلی تقسیم شود:

- لیزر (O2) برای برش، سوراخ‌کاری و حکاکی
- نئودیمیوم (Nd)

- نئودیمیوم یتریم-آلومینیوم-گارنت (Nd:YAG)

که از نظر سبک مشابه هستند، با این تفاوت که Nd برای سوراخ‌کاری با انرژی بالا و تکرار پایین و Nd:YAG برای سوراخ‌کاری با قدرت بسیار بالا و حکاکی استفاده می‌شود. همه انواع لیزرها می‌توانند برای جوشکاری استفاده شوند.

## فرآیند برش لیزری فلزات



فرآیند برش لیزری فلزات یک روش پیشرفته و دقیق برای برش مواد است که از یک پرتو لیزر با انرژی بالا استفاده می‌کند. این فرآیند به طور کلی شامل چند مرحله اصلی است:

- **تولید فایل G-code:** قبل از شروع برش، باید فایل G-code تولید شود. G-code مجموعه‌ای از دستورات قابل خواندن توسط دستگاه است که به دستگاه می‌گوید کجا باید سر برش لیزری را حرکت دهد. برای اشکال ساده می‌توان دستورات را به صورت دستی تولید کرد. اشکال پیچیده‌تر نیاز به نرم‌افزار CAM (تولید به کمک کامپیوتر) دارند تا این G-code را به صورت خودکار از یک فایل CAD (طراحی به کمک کامپیوتر) تولید کنند.

- **تولید پرتو لیزر:** پرتو لیزر در داخل رزوناتور تولید می‌شود. فناوری‌های مختلف لیزر از محیط‌های مختلفی برای تولید لیزر استفاده می‌کنند؛ اما فیزیک تولید پرتو برای تکنولوژی‌های مختلف لیزر یکسان است. وقتی یک الکترون توسط یک فوتون تحریک می‌شود، انرژی آن را جذب می‌کند تا به یک حالت انرژی بالاتر برود. مقدار دقیقی از انرژی از یک فوتون لازم است تا یک الکترون را به یک حالت انرژی خاص تحریک کند. این فرآیند به عنوان جذب تحریک‌شده شناخته می‌شود. پرتو لیزر سپس به سمت ماده هدایت می‌شود و با حرکت دادن لیزر در جهت‌های X و Y روی تخته دستگاه، ماده را به شکل یک پروفایل دوبعدی برش می‌دهد. این پرتو مواد را ذوب می‌کند یا می‌سوزاند و در الگویی که توسط مجموعه‌ای از دستورات تولیدشده توسط کامپیوتر به نام G-code تعیین شده است، برش می‌دهد. گاهی اوقات از جریان فشار بالای گاز برای دمیدن مواد مذاب از زیر ماده‌ای که برش داده، استفاده می‌شود.

این کار به گونه‌ای انجام می‌شود که مواد زائد در منطقه برش باقی نمانند و پس از حرکت پرتو سفت شوند. در موارد دیگر، پرتو لیزر به سادگی ماده را تبخیر می‌کند.

## انواع دستگاه‌های برش لیزری



انواع دستگاه‌های برش لیزری فلزات شامل چندین دسته‌بندی مختلف می‌شود که هر کدام ویژگی‌ها و کاربردهای منحصر به فرد خود را دارند. در اینجا به برخی از انواع رایج دستگاه‌های برش لیزری اشاره می‌کنیم:

- **دستگاه‌های لیزر CO<sub>2</sub>:** این دستگاه‌ها برای برش و حکاکی قطعات فلزی استفاده می‌شوند و برای کاربردهای صنعتی گزینه‌ای منطقی هستند. لیزرهای CO<sub>2</sub> از فیبر نوری که با عناصر نادری مانند ایتربیوم (Yb) یا اربیوم (Er) آلاینده شده است، برای تولید و انتقال انرژی به نقطه برش استفاده می‌کنند.
- **دستگاه‌های لیزر فیبری:** این دستگاه‌ها برای برش و حکاکی فلزات به کار می‌روند و مزایایی نسبت به سایر انواع لیزرها دارند، از جمله کیفیت پرتو برتر که امکان برش دقیق‌تر و کوچک‌تری را فراهم می‌کند.

- **دستگاه‌های لیزر Nd:YAG:** این دستگاه‌ها برای سوراخ‌کاری با انرژی بالا و تکرار پایین و برای حکاکی با قدرت بسیار بالا استفاده می‌شوند.
- **دستگاه‌های لیزر دیود مستقیم:** این دستگاه‌ها کوچک هستند و می‌توانند مقدار قابل توجهی انرژی را از یک فرم کوچک تولید کنند.
- **دستگاه‌های لیزری مخصوص:** شامل دستگاه‌هایی برای برش PCB، لوله‌ها، فلزات گرانبها، سرامیک و سایر مواد خاص می‌شود که هر کدام ویژگی‌های منحصر به فردی دارند.

## مزایای برش لیزری فلزات



- مزایای برش لیزری فلزات بسیار چشمگیر و متنوع هستند و این فناوری را به یکی از پرکاربردترین روش‌ها در صنایع مختلف تبدیل کرده‌اند. در اینجا به برخی از مهم‌ترین مزایای برش لیزری اشاره می‌کنیم:
- **دقت بالا:** پرتو لیزری باریک و دقیق امکان برش با کیفیت فوق‌العاده بالا را فراهم می‌آورد.



- **عدم آلودگی مواد:** در روش‌های برش سنتی با تیغه، نیاز به استفاده از خنک‌کننده‌ها است که می‌تواند منجر به آلودگی مواد شود. برش لیزری بدون تماس است و این مشکل را ندارد.
- **سرعت بالا:** برش لیزری به دلیل سرعت بالایی که دارد، می‌تواند زمان تولید را به شکل قابل توجهی کاهش دهد.
- **پیچیدگی 2D نامحدود:** امکان ایجاد طرح‌های پیچیده و دقیق بدون محدودیت در برش لیزری وجود دارد.
- **تنوع مواد:** لیزر می‌تواند بر روی طیف وسیعی از مواد از جمله فلزات، پلاستیک‌ها و مواد حساس دیگر استفاده شود.
- **کاربردهای متنوع در صنایع:** از برش لیزری در صنایع مختلفی مانند خودروسازی، هوافضا، الکترونیک و ساخت دستگاه‌های پزشکی استفاده می‌شود.

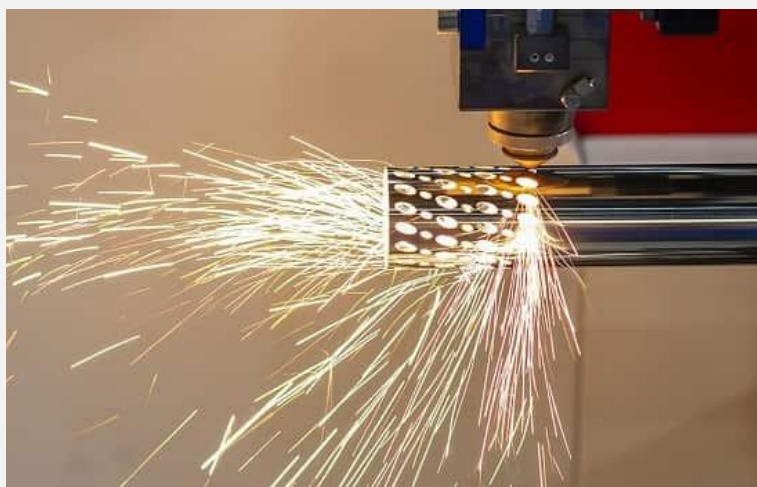
## کاربردهای برش لیزری در صنایع مختلف



کاربردهای برش لیزری فلزات در صنایع مختلف بسیار گسترده و متنوع است. این فناوری به دلیل دقت بالا، سرعت زیاد و انعطاف‌پذیری که دارد، در بسیاری از بخش‌های صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ادامه به برخی از این صنایع و کاربردهای برش لیزری در آن‌ها اشاره می‌کنیم:

- **صنعت الکترونیک:** برش لیزری برای تولید قطعات دقیق الکترونیکی، از جمله مدارهای چاپی و اجزای دقیق دیگر استفاده می‌شود.
- **صنعت خودروسازی:** در تولید قطعات خودرو، برش لیزری به دلیل دقت و سرعت بالا، یکی از روش‌های اصلی است.
- **صنعت پزشکی:** برای تولید ابزار جراحی و ایمپلنت‌های پزشکی، برش لیزری به دلیل قابلیت‌های دقیق و تمیزی برش، کاربرد فراوان دارد.
- **صنعت فلزکاری:** برش لیزری در تولید قطعات فلزی با اشکال پیچیده و دقیق، یکی از روش‌های مهم است.
- **صنعت چاپ:** برای برش و حکاکی انواع مواد در صنعت چاپ، از برش لیزری استفاده می‌شود.
- **صنعت بسته‌بندی:** برش لیزری برای تولید بسته‌بندی‌های دقیق و زیبا کاربرد دارد.
- **صنعت HVAC (گرمایش، تهویه و تبرید):** در تولید قطعات دقیق برای سیستم‌های HVAC، برش لیزری مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- **صنعت هوافضا:** برای تولید قطعات با دقت بسیار بالا که در صنعت هوافضا مورد نیاز است، از برش لیزری استفاده می‌شود.

## محدودیت‌ها و چالش‌های برش لیزری



محدودیت‌ها و چالش‌های برش لیزری فلزات شامل موارد زیر می‌شوند:

- **محدودیت ضخامت مواد:** برش لیزری با افزایش ضخامت مواد کمتر مؤثر است. به عنوان مثال، برای برش فولاد کربنی با ضخامت بیش از ۴/۵ اینچ، لیزرها ممکن است ناکارآمد باشند.
- **انتقال حرارت:** اگر هدایت حرارتی در ماده‌ای مانند آلومینیوم بالا باشد، بخش زیادی از انرژی به صورت جانبی به ماده منتقل می‌شود که منجر به برش ناکارآمد و کاهش سرعت برش می‌گردد.
- **گازها و دوده‌های مضر:** برش لیزری می‌تواند منجر به تولید گازها و دوده‌های مضر شود که باید به درستی مدیریت شوند.
- **مصرف انرژی بالا:** برش لیزری می‌تواند مصرف انرژی بالایی داشته باشد که باید در نظر گرفته شود.
- **هزینه‌های اولیه بالا:** دستگاه‌های برش لیزری ممکن است هزینه‌های اولیه بالایی داشته باشند.
- **کیفیت لبه و تغییر شکل مواد:** برش لیزری ممکن است منجر به تغییر شکل مواد و تأثیر بر کیفیت لبه‌ها شود.

- محدودیت‌های دید: برش لیزری ممکن است با محدودیت‌های دید مواجه شود که بر روی قابلیت‌های برش تأثیر می‌گذارد.

## آینده برش لیزری



آینده برش لیزری فلزات پر از نوآوری‌ها و پیشرفت‌های هیجان‌انگیز است. انتظار می‌رود که سیستم‌های برش لیزری آینده سطوح بالاتری از قدرت را ارائه دهند، درحالی‌که کارایی انرژی را حفظ کنند یا حتی بهبود ببخشند. این امر به برش سریع‌تر و دقیق‌تر مواد ضخیم‌تر منجر می‌شود و دامنه کاربردهای بیشتری را فراهم می‌آورد. همچنین، تحقیقات جدید در فیزیک لیزر پایه‌گذار پیشرفت‌های قابل توجهی در اندازه‌گیری دقیق شده است که امکان توسعه تکنیک‌هایی را فراهم می‌آورد که تغییرات دامنه باقی‌مانده را به حداقل می‌رسانند. این پیشرفت‌ها در اندازه‌گیری دقیق، از جمله در اینترفرومترهای موج گرانشی و ساعت‌های نوری، می‌توانند بهبودهایی را در زمینه‌های علمی مختلف به ارمغان بیاورند.

علاوه بر این، روندهای صنعت لیزر شامل توسعه دیودهای لیزری با قدرت بالا، سیستم‌های لیزری کوانتومی، لیزرهای هیبریدی و فناوری‌های اسکن لیزری AR می‌شود که همگی به بهبود کارایی و دقت در صنایع مختلف کمک

می‌کنند. این پیشرفت‌ها نشان‌دهنده توانایی برش لیزری فلزات برای انطباق با نیازهای مداوم صنعت و ارائه راه‌حل‌های نوآورانه برای چالش‌های آینده است.