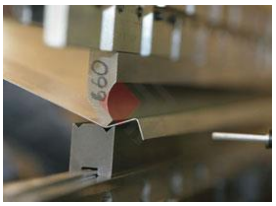
بررسی روش های نوین خمکاری ورق

بررسی خمکاری ورق با لیزر

پایگاه خبری تحلیل فولاد مرکزآهن

اصفهان- خیابان امام خمینی- چهار راه شریف- مجتمع الماس- طبقه ۵- واحد ۵۱۵ | مرکزآهن

بررسی روش های نوین خمکاری ورق



بررسی خمکاری ورق با لیزر

خمکاری ورق با لیزر یک فناوری است که به تازگی به منظور شکل دهی اجزا فلزی توسعه یافته است. فرایند به وسیله اعمال تنش های حرارتی به ورق فلزی به وسیله تشعشع کنترل شده یک پرتو لیزر غیر متمرکز به دست می آید. در فرایند **خمکاری ورق** با لیزر شکل و موقعیت یک خم به وسیله شدت تابش، سرعت اسکن، اندازه پرتو و موقعیت دهی پرتو لیزر که همگی از متغیرهای فرایند هستند و می توانند از طریق کنترل الکترونیکی تنظیم یا تغییر داده شوند، تعیین می شود. در تکنیک های شکل دهی سنتی همچون خمکاری، کشش، پرسکاری و ... ابزارهای سنگین مخصوص و اعمال نیروهای خارجی به منظور تبدیل ورق فلزی به قطعه مورد نیاز است که در این روش ها فرایند از طریق تغییر ابزار یا تغییر ساختار ماشین فرم دهی تغییر داده می شود.

بنابراین بزرگ ترین مزیت تکنیک لیزر فرمینگ نسبت به روش های سنتی برای تولیدات کم را می توان در انعطاف پذیری و کاهش قیمت و زمان تولید بر شمرد. کاربردهای بالقوه امیدبخشی از فرایندخمکاری ورق با به منظور شکل دهی در ابعاد ماکرو در پیش نمونه سازی سریع و تصحیح شکل در صنایع اتومبیل، هوا فضا و کشتی سازی ایجاد نموده است.

خمکاری ورق با در ابعاد میکرو به منظور تنظیم دقیق اجزا در صنایع میکرو الکترونیک از دیگر کاربردهای خمکاری ورق استیل با است و چندین روش میکرو تنظیم با لیزر هم اکنون تحت بررسی و توسعه است. شکل زیر نمونه قطعه فرم داده شده با لیزر را نشان می دهد. نمایشی از یک ورق تقریبا به طور کامل تا شده که با استفاده از تکنیک خمکاری ورق با لیزر چند پاسه از یک ورق تخت فلزی به وجود آمده است.

تاریخچه خمکاری ورق با لیزر فرمینگ

منشا لیزر فرمینگ به **خمکاری ورق** شعله ای که در ساخت بدنه کشتی استفاده می شود بر می گردد. از خمکاری شعله ای به منظور اصلاح اعوجاج های ناخواسته که بر اثر جوشکاری و دیگر فرایندهای حرارتی ایجاد می شود استفاده می شود. به علت دستی بودن فرایند، خمکاری شعله ای وابستگی شدیدی به تجارب تکنسین های ماهر دارد و بنابراین رویه تجربی و عدم اتوماسیون فرایند بهره وری آن را پایین آورده است. با جایگزینی منبع حرارتی توسط یک لیزر قابلیت کنترل بسیار بالاتری می تواند حاصل شود. این امر منجر به ایجاد یک فرایند با پتانسیل قوی برای کاربرد در پیش نمونه سازی قطعات و تنظیم ناهمراستایی اجزا می گردد.

تشریح فرایند خمکاری ورق

در ابتدا ورق فلزی بر روی یک ماشین CNC از یک طرف محکم بسته می شود. گرمایش به وسیله پرتو لیزر بر روی یک وجه از سطح ورق فلزی در طول یک خط انتخاب شده، رخ می دهد. با تنظیم پارامترهای لیزر همچون توان لیزر، نرخ تغذیه و قطر پرتو از ذوب سطحی ماده جلوگیری می شود. ورق فلزی در ناحیه گرم شده منبسط می شود و تنش های حرارتی به علت ممانعت ماده اطراف آن تولید می شود.

تنش های حرارتی منجر به ایجاد یک زاویه خم در ورق فلزی می شود. انواع لیزرهای صنعتی که به عنوان منبع پرتو استفاده می شوند شامل اگزایمر دی اکسید کربن و نئودیم هستند. انتخاب لیزر وابسته به کار مورد نظر است. لیزر اگزایمر به خاطر طول پالس بسیار کوتاهش می تواند به منظور تولید قطعات با ابعاد طولی و عرضی در رنج ۱۰ میکرومتر استفاده شوند.

اگرچه خمکاری ورق با لیزر به جای نیروهای خارجی از انرژی فعال پرتو لیزر استفاده می کند، نیروهای گرانشی کوچکی به وسیله قسمتی از وزن ورق در ناحیه لبه خم القا می شود. از تاثیر این نیروهای گرانشی می توان صرف نظر کرد مگر اینکه عملیات شامل خمکاری دقیق یک قطعه بزرگ باشد. معمولا پوشش دهی به منظور جذب بهتر انرژی پرتو لیزر در سطح استفاده می شود. در حالت بدون پوشش دهی، نرخ جذب می تواند به وسیله نور پلاریزه شده یا استفاده از لیزر Nd:YAG افزایش یابد.

مسیر لیزر وابسته به شکل مطلوب است. در ساده ترین مورد مسیر ممکن است یک نقطه باشد. در موارد دیگر مسیر ممکن است یک خط مستقیم در عرض کل قطعه باشد و برای اشکال فضایی و پیچیده مسیر شامل خطوط مماسی و شعاعی بسیار پیچیده است.

مزایا و معایب خمکاری ورق با لیزر

با توجه به این حقیقت که فرایند لیزر فرمینگ شامل تنش های حرارتی القا شده به وسیله تابش به ورق فلزی است در صورتی که در روش های شکل دهی سنتی نیروهای خارجی به کار گرفته می شود فناوری لیزر فرمینگ در مقایسه با روش های شکل دهی سنتی دارای مزایای زیر است. فرایند شکل دهی قابل انعطاف است و به علت آن که این فرایند بدون ابزارهای سخت مخصوص انجام می پذیرد زمان هایی که صرف ساخت ابزارهای مخصوص می شود حذف می گردد.

در این پروسه به علت آن که رفتار برگشت فنری که در کیفیت محصول دخیل است، وجود ندارد، می توان به تغییر فرم های دقیق دست یافت.

چون فرایند یک فرایند غیر تماسی است، شکل دهی در نواحی غیر قابل دسترس امکان پذیر می شود.

فرایند می تواند بر روی مواد ترد، سخت و ضخیم انجام شود.

اشکال پیچیده متنوعی از طریق توسعه الگوهای تابش جدید می تواند به دست آید.

با وجود مزایای بالقوه این فرایند ، تکنیک لیزر فرمینگ کاملا خالی از اشکال نیست. برخی محدودیت ها در ذیل عنوان شده است.

فرایند تا حدودی کند است. برای برخی انواع شکل دهی ۱٫۵ و برای برخی از انواع ۱٫۲۰ روش های سنتی پرسکاری و قالب است.

به علت آن که فاکتور تبدیل انرژی منبع لیزر پایین است، فرایند یک فرایند پر مصرف از نظر انرژی است.

مکانیزم های لیزر فرمینگ

فرایند خمکاری ورق توسط لیزر به وسیله اعمال تنش های حرارتی به سطح قطعه کار به وسیله گرمایش سطح با پرتو لیزر به وجود می آید. این تنش های داخلی، کرنش های پلاستیک را ایجاد می کنند که منجر به کمانش الاستیک – پلاستیک در قطعه کار می شود. همان گونه که بحث شد یک روش سنتی خمکاری ورق شعله ای سال های زیادی است که شناخته شده است. این تکنیک در کشتی سازی انجام شده بود و در آن تنش های حرارتی به وسیله گرمایش با یک مشعل ایجاد می شد که این روش چندین تفاوت مهم با لیزر فرمینگ دارد.

نخستین تفاوت این است که لیزر یک شار حرارتی ثابت را به سطح اعمال می کند در نتیجه یک دمای بسیار بالا در سطح را که یک گرادیان حرارتی بالا حتی در مقاطع نازک از موادی با هدایت حرارتی بالا مثل مس را ممکن می سازد، به وجود می آید. در عوض، یک مشعل دمای ثابت را در سطح قطعه کار می دهد. شار حرارتی به دمای خود ورق فولادی وابسته است و در دمای سطح ورق نمی تواند از دمای شعله بیشتر شود. این امر ایجاد گرادیان دمایی بالا را در مواد با هدایت حرارتی بالا غیر ممکن می سازد. دومین تفاوت مهم بین تکنیک شعله و لیزر قابلیت کنترل فرایند می باشد. قطر پرتو و کل شار انرژی یک پرتو به ترتیب می تواند از چندین دهم میلی متر تا چندین سانتی متر و از چندین میلی وات تا چند کیلو وات کنترل شود.

کنترل یک شعله بسیار مشکل تر است. شار انرژی یا دمای شعله تاب میزان اکسیژن در مخلوط گاز است که به سختی قابل کنترل است. علاوه بر این قطر شعله نسبت به پرتو لیزر بسیار بزرگ تر است و همچنین بسیار سخت کنترل می شود.

به دلیل کنترل بسیار خوبی که به وسیله پرتو لیزر ارائه می شود، انواع مختلفی از میدان های دمایی می تواند تولید شود که به مکانیزم های مختلف شکل دهی ورق منجر می شود.

سه مکانیزم برای خمکاری ورق ، لوله ها و مقاطع اکستروژن با لیزر وجود دارد

- مکانیزم گرادیان دما
- مکانیزم کمانش
- مکانیزم کوتاه سازی یا ضخیم سازی

مکانیزم گرادیان دما وابسته به برقراری یک گرادیان دمایی بالا در طول ضخامت ورق می باشد. یک مکانیزم چهارمی به نام مکانیزم منبع نقطه ای وجود دارد که در اصل بسیار شبیه به مکانیزم گرادیان دماست، با این تفاوت که گرمایش در یک مقطع اتفاق می افتد تا این که در طول!

مکانیزم کمانش هنگامی فعال می شود که گرادیان دمایی در طول ضخامت ورق کوچک شود و قطر ناحیه گرم شده بزرگ تر شود. کنترل خمکاری ورق در این مکانیزم بسیار مهم است.

مکانیزم ضخیم سازی (یا کوتاه سازی) براساس گرمایش تقریبا یکنواخت ماده به وجود می آید. اگر از کمانش به سبب شکل هندسی یا مانع جلوگیری شود، یک کوتاه شدگی ساده در ماده اتفاق می افتد. از این کوتاه شدگی در دو روش مختلف برای شکل دهی استفاده می شود. ورق های صفحه ای که تحت این مکانیزم قرار گرفته اند به قطعات شکل های فضایی تبدیل می شوند یا مقاطع اکستروژن تحت تاثیر این مکانیزم به مقاطع با خم های فضایی تبدیل می شوند.

مکانیزم گرادیان دما

مکانیزم گرادیان دما طی مراحل زیر اتفاق می افتد:

گرمایش سطح و انبساط حرارتی در برابر حجم ماده سرد

گسترش ضد خم

گرمایش بیشتر و فشردگی پلاستیکی سطح

گسترش زاویه خم

شرایط برای مکانیزم گرادیان دما پارامترهای انرژی هستند که منجر به یک گرادیان حرارتی شدید در جهت ضخامت ورق می شوند. قطر پرتو عموما در رنج ضخامت ورق یا کمی کمتر است. نرخ تغذیه به اندازه کافی بزرگ انتخاب می شود تا یک گرادیان دمایی شدید بتواند برقرار بماند. اگر ماده مورد استفاده دارای یک هدایت حرارتی بالا باشد، نرخ تغذیه می تواند افزایش یابد. مسیر لیزر بر روی سطح ورق به طور نمونه می تواند یک خط مستقیم در طول ورق باشد. این خط مستقیم به یک لبه خمکاری منجر می شود.

مکانیزم کمانش

مکانیزم کمانش هنگامی عمل می کند که قطر پرتو لیزر بزرگ تر از ضخامت ورق باشد و سرعت فرایند کم باشد در نتیجه یک گرادیان دمایی کوچکی در طول ضخامت ورق به وجود می آید. این شرایط ممکن است به وسیله ترکیبات پارامتری مختلف ایجاد شود. یک امکان به منظور تابش بر روی یک ورق فولادی پر آلیاژ استفاده از یک لیزر توان پایین با یک سرعت فرایندی کم است. امکان دیگر استفاده از مواد با یک ضریب هدایت حرارتی بالا مثل مس است.

مکانیزم کمانش طی مراحل زیر اتفاق می افتد

گرمایش یک ناحیه بزرگ از ورق فلزی و گسترش تنش های فشاری

انتقال کمانش به کل ورق

رشد کمانش

آزادسازی تنش های الاستیک

در شروع ورق فلزی با یک پرتو لیزری که قطر بیم آن در مقایسه با ضخامت ورق بزرگ تر است و با یک سرعت اسکن کم، حرارت داده می شود. این شرایط تنها به یک گرادیان حرارتی کوچک در طول ضخامت ورق منجر می شود و بنابراین انبساط حرارتی ماده به ایجاد تنش های فشاری در ناحیه گرم شده منجر می شود.اگر ناحیه گرم شده به اندازه کافی بزرگ باشد و اگر یک انحراف کوچک طبیعی از تختی کامل وجود داشته باشد یک ناپایداری گسترش پیدا می کند. این ناپایداری شبیه به کمانش یک ورق فلزی در لبه ها در طی کشش عمیق است.

مکانیزم کوتاه سازی یا ضخیم سازی

اگر قطر پرتو لیزری در رنجی برابر یا بزرگ تر از ضخامت ورق باشد، نرخ تغذیه مسیر پایین باشد، هدایت حرارتی ماده نسبتا بالا باشد و علاوه بر این ها هندسه قطعه اجازه کمانش عادی را ندهد، مکانیزم ضخیم سازی عمل می کند. این مکانیزم در مورد ورق های ضخیم و برای مقاطع اکستروژن و دیگر ساختارهای مستقیم صدق می کند.

اگر این شرایط تامین شود، مکانیزم ضخیم سازی طی مراحل زیر رخ می دهد:

گرمایش مقطع عرضی و انبساط حرارتی

انبساط حرارتی بیشتر که از کرنش های الاستیک گذر می کند و به یک فشردگی پلاستیکی در مقطع عرضی منجر می شود.

خنک سازی ماده، با یا بدون کرنش های کششی کوچک