

اثر پارامترهای شکل دهی بر روی کشش ورق در فرایند شکل دهی تدریجی

ورق (ISF) بر روی ماشین تراش CNC

چکیده

اثر پارامترهای شکل دهی در طی فرایند شکل دهی تدریجی ورق برای یک قطعه ورق دایره ای شکل مطالعه گردید. ISF موسوم به روش نمونه برداری سریع برای تولید قطعات ورق فلزی در سری های تولید بچ می باشد. ISF مفید و سودمند می باشد که این مسئله موجب افزایش کاربرد آن در صنعت شده است. یک ماشین تراش CNC در این مطالعه استفاده شد زیرا برنامه نویسی آن برای حرکت گوه به عنوان یک ابزار در درون ورق فلزی که بر روی قالب گرد صفحه ای نگه داشته شده است آسان می باشد. این مطالعه هم چنین به بررسی اثر برخی از متغیرهای فرایند نظیر سرعت اسپیندل، ماده تشکیل دهنده قالب، سرعت تغذیه ابزار و دمای ابزار در طی فرایند فرم دهی پرداخته است. نتایج نشان داده است که سرعت اسپیندل مناسب و سرعت تغذیه ابزار مناسب در برخی از مراحل در فرایند شکل دهی موجب بهبود کیفیت سطحی و سرعت نفوذ می شود.

کلمات کلیدی: شکل دهی، شکل دهی تدریجی ورق، ISF، شکل دهی CNC

مقدمه

شکل دهی ورق فلزی را می توان با استفاده از روش های مختلف انجام داد که بر اساس استفاده از پانچ ها و قالب ها می باشند. روش های دیگر نظیر قالب گیری و کشش نیز معمولاً در تولید انبوه استفاده می شوند. چون هزینه قالب نسبتاً بالاست و محیط تولید بچ را توجیه نمی کند، لازم است تا از فرایند فرم دهی ورق جدید یعنی شکل دهی تدریجی ورق استفاده شود.

امروزه، سری های بچ کوچک و تولید کم، در بسیاری از صنایع نظیر (صنایع خودرو، هواپیما، نمونه سازی سریع و ایمپلنت های پزشکی) مناسب می باشند و ISF برای پر کردن این شکاف بین تولید انبوه و بچ با زمان کم ورود محصول به بازار و سرمایه گذاری اندک، از اهمیت زیادی برخوردار است. برخی پارامترها وجود دارند که در ISF مهم تر از سایر فرایندهای فرم دهی ورق نظیر سرعت اسپیندل، مواد، سرعت تغذیه، دما و غیره می باشند. نمودارها و دیاگرام های استاندارد به کاربردی تر شدن این روش کمک می کنند. با این حال، هیچ یک از مطالعات قبلی،

یک جدول یا نمودار معتبر را برای استفاده موفق از این روش در کارگاه های صنعتی ارائه نکرده اند. به علاوه، با تغییر یک پارامتر، برای مثال مختصات ابزار یا قالب، می توان خروجی ISF را تغییر داد. با این وجود، ISF، دارای برخی محدودیت ها نظیر حجم تولید، شکل قطعه فلزی و کیفیت سطحی می باشند

دو روش برای یافتن پارامتر های بهینه در فرایند ISF وجود دارد. اولین روش استفاده از ماشین های کنترل عددی و دوم، استفاده از ماشین تراش CNC می باشد. در این مقاله، یک ماشین تراش CNC به دلیل سهولت برنامه نویسی و زمان کاری پایین استفاده شد که می تواند به عنوان یک ماشین نمونه برداری سریع برای دریافت برنامه و ایجاد شکل دایره ای بر روی ورق فولادی 316 استفاده گردد. بیشتر قطعات مورد استفاده در خودرو سازی، کشتی سازی، هواپیما سازی و اخیراً، ایمپلنت های پزشکی از طریق روش شکل دهی ورق تولید می شوند. این قطعات با استفاده از فرایند شکل دهی ورق سنتی، یا از طریق قالب گیری و یا از طریق کشش تولید می شوند که مستلزم استفاده از قالب ها یا پانچ ها می باشند. در صورتی که قطعه نیاز به تعویض داشته باشد، گاهی اوقات تحویل قطعه زمان بر بوده و موجب هدر رفت زمان می شود. ISF تلاشی برای کاهش زمان تولید قطعه می باشد زیرا یک روشی است که نیازی به قالب یا پانچ ندارد. این روش برای تولید قطعات تعویضی و سفارشی به خصوص در ایمپلنت های پزشکی بسیار سودمند است.

پیش زمینه تحقیق

ISF یک روشی است که برای تولید سریع قطعات ورق فلزی توسعه یافته است. این روشی برای تولید نمونه ها از ورق فلزی است. در دهه 1960 میلادی مهندسان به این نتیجه رسیدند که اگر ورق فلزی به تدریج فرم دهی یا شکل دهی شود، نیروی شکل دهی کاهش یافته و فرایند می تواند بر روی ماشین های کوچک تر اجرا شود به طوری که اشکال پیچیده تر می توانند به تدریج شکل دهی شوند(1). این فرایند موسوم به AISF یا شکل دهی نامتقارن و تدریجی ورق می باشد که شامل فرایند شکل دهی ورق فلزی، قالب های جامد با اندازه کوچک، ارتباط بین قالب شکل دهی و ورق می باشد با این حال نیازی به تخصیص یک قالب همانند فرایند شکل دهی سنتی نیست(2). ISF به دو نوع مهم موسوم به TPIF، (شکل دهی تدریجی دو نقطه ای) و SPIF (شکل دهی تدریجی تک نقطه ای) تقسیم می شود. در هر دوی این هاف شکل دهی، ترکیبی از کشش سطحی و عمقی است(3).

برخی پارامترها همانند پارامترهای ماشینکاری وجود دارند، ولی در ISF استفاده می شوند نظیر سرعت اسپیندل، سرعت تغذیه، عمق تراشه و غیره. با این حال، برخی پارامترهای دیگر نظیر ضخامت ورق، شعاع قالب، اندازه و زاویه دیوار وجود دارند که به فرایند شکل دهی بستگی دارند(4). برخی از عوامل مهم دیگر بر کنترل بازخورد برای شکل هندسی قطعه، ابزار قالب گیری نر و ماده و طراحی مسیر تاکید دارند. برخی از این پارامترها ارتباط نزدیکی با ابزارها دارند، به طوری که ابزارهای با عملکرد بالا نیاز است(6). همه این پارامترها، افزایش قابلیت پیش بینی نیرو را در روش شکل دهی در نظر می گیرند(7).

مواد تشکیل دهنده ابزار نظیر بایستی در نظر گرفته شود. به گفته فیورتو(8)، این مواد شامل فولاد ضد زنگ، فولاد با سرعت تشکیل بالا یا فولاد کم کربن می باشد. هم چنین ابزار ممکن است از برنز یا برنج بسته به ماده ورق فلز تشکیل شده باشد. در میان پارامترهای موثر بر این فرایند، اصطکاک بین قالب و فلز ورق، یگ پارامتر مهم است که بایستی در نظر گرفته شود زیرا مستقیماً بر کیفیت سطح ورق فلز اثر دارد. گسیختگی برشی زمانی رخ می دهد که روغنکاری صورت نگرفته باشد و یا زمانی که اضافه بار بر روی ورق فلزی وارد شود که منجر به تولید حرارت از طریق اصطکاک گردد. در صورتی که حرکت نسبی بین ورق و سطح ابزار، کم باشد، میزان تولید گرما در طی شکل دهی حداقل می شود. به علاوه، در صورتی که ابزار با سرعت زیاد بچرخد، کیفیت سطح کاهش یافته و دما در منطقه فرم شکل دهی بالا می رود. به علاوه، شرایط دمایی بالا موجب فرسودگی ابزار و کاهش عمر مفید در طی این فرایند می شود. مقدار اصطکاک بستگی به برخی پارامترها نظیر روغن کاری، سرعت اسپیندل، ماده ورق و ماده تشکیل دهنده قالب دارد. اگر قالب و ورق فلز هر دو از یک ماده تشکیل شده باشند، یک افزایش در دمای شکل دهی وجود خواهد داشت. محققان پیشین، شیوه هایی را برای ایجاد تناسب بین تنش اصطکاک با تنش تماس نرمال یافته اند.

شرایط آزمایش

یک آزمایش برای یافتن داده های فنی و بررسی اثر پارامترهای مذکور بر روی سرعت کشش ورق در فرایند ISF طراحی گردید. یک ورقه فولاد ضد زنگ قفل شده بر روی قالب گرد با پیچ با سری هشت وجهی در شکل 1 نشان داده شده است. یک ورق فولادی ضد زنگ سوراخ شده و با قالب از طریق پیچ بسته می شود. این قالب بر روی ماشین تراش CNC درون گیره نصب می شود. یک گوه با سر کروی به عنوان گیره ماشین استفاده شد.

فرایند شکل دهی کلی در زیر توصیف شده است. نوک گوه به سمت قالب چرخان بوده و بر روی سطح ورق فلز موسوم به نقطه شروع، فشار وارد می کند. بسته به سرعت نفوذ که مبدا آن محور ایکس ماشین تراش CNC است، این نوک به صورت معقر در می آید. در این فرایند، برخی از سرعت های تغذیه ای و سرعت های اسپیندل متفاوت برای یافتن مقدار بهینه استفاده می شوند. پس از آن، ابزار در امتداد محور ایکس به سمت گیره ماشین حرکت کرده و سپس در امتداد محور ایگرک بسته به برنامه، حرکت می کند. پارامترهای شکل دهی به محض تغییرات در طرح و چیدمان، تغییر می کنند. و ماشین سپس برای یک مرحله جدید قابل دسترس می شود.



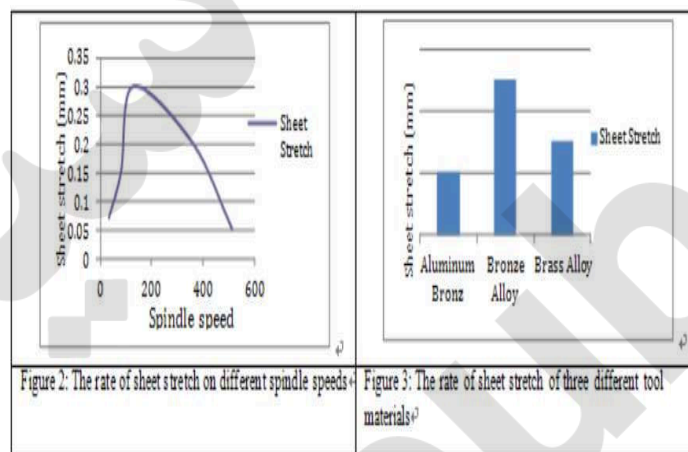
شکل 1: قالب گرد، درپوش، قطعه اصلی

فرایند پرداخت به طور مجزا برای افزایش کیفیت سطحی و دقت انجام می شود. در اولین بخش از مرحله پرداخت، اپراتور قادر به تغییر ابزار به یک ابزار کوچک تر برای افزایش دقت دندانه گذاری می باشد. این موجب کوچک تر شدن زوایا می شود. مرحله دوم فرایند پرداخت، تغییر حرکت ابزار به منظور حذف اثرات ابزار و کشش بر روی سطح ورق فلز است. در طی فرایند، روان کننده روی سطح اعمال شده و در اطراف سطح شکل دهی جریان می یابد. استفاده از مایع خنک کننده یا سایر روغن های خنک کننده توصیه نمی شود زیرا برخی از عناصر در این مایعات وجود دارند که با پروفیل بسیار نازک سطح ورق فلزی واکنش داده و منجر به متورق شدن می شود که اثر بدی روی فرایند ISF دارد. نقطه شروع فرایند فرم دهی نقطه ای است که، پایین ترین نقطه در شکل نهایی باشد. این موجب می شود تا سایر نقطه ها بالاتر از آن قرار گیرند و میزان انحراف به حداقل می رسد.

نتایج و بحث

در این مقاله، یک قطعه مخروطی شکل با تغییر پارامترهای شکل دهی تولید شده و نتایج در نمودار زیر نشان داده شده است.

نتایج نشان می دهد که سرعت اسپیندل مناسب، بین سرعت بالا و پایین توصیه می شود. وقتی که سرعت اسپیندل در سطح متوسط باشد مقدار کشش فلز ورقه ای افزایش یافته و کیفیت سطحی نیز در این سرعت اسپیندل افزایش می یابد. اثر سرعت اسپیندل بر روی مقدار کشش در شکل 2 نشان داده شده است. به علاوه سرعت تغذیه ابزار اثر مستقیمی بر روی دما و نیز سرعت اسپیندل دارد. محور افقی سرعت اسپیندل و محور عمودی سرعت کشش ورق را نشان می دهد. ماده تشکیل دهنده ابزار در این جا الیاژ آلومینیوم است که بسیار زبر می باشد. ابزار مربوطه منجر به افزایش دما شده و گسیختگی برشی زود هنگام در قطعه ورق نیز مشاهده شد. سپس فلز صاف در این آزمایش استفاده شد که الیاژ برنج بود با این حال در طی آزمایش دفورمه شده و دقت قطعه تولید شده را کاهش داد. ابزار دیگر مورد استفاده از الیاژ برنز تشکیل شده بود. شکل 3 اثر سه ابزار ساخته شده از مواد مختلف را بر روی سرعت کشش ورق نشان می دهد

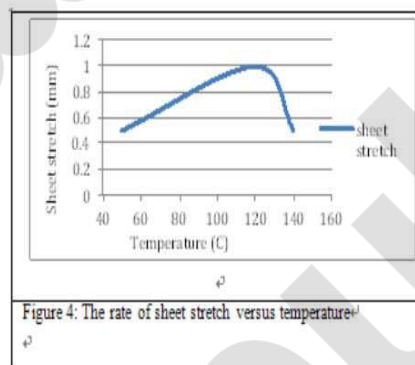


شکل 2: اثر کشش ورق بر روی سرعت های مختلف اسپیندل

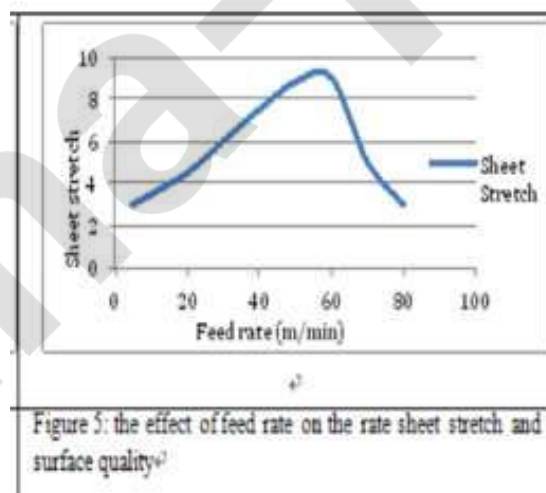
شکل 3: سرعت کشش ورق در سه ماده متفاوت

هم چنین دما نیز بر روی مقدار کشش ورق تاثیر دارد. شکل پذیری ورق فولاد ضد زنگ نیز در دمای پایین خوب است ولی در طی فرایند ISF دما به شدت افزایش یافته و منجر به اصطکاک شد. این پدیده موجب افزایش سرعت خوردگی شده و فرایند شکل دهی را از طریق تورق، تغییر داد. نمودار مقدار کشش ورق در برابر دما، در شکل 4 نشان داده شده است. محور افقی، سرعت تغییر دما و نمودار عمودی، نرخ کشش ورق را نشان می دهد. سرعت تغذیه نیز در این آزمایش در نظر گرفته شد زیرا از ماشین تراش CNC استفاده شد. سرعت تغذیه بر روی این ماشین موسوم به سرعت شکل دهی در فرایند شکل دهی دیگر نظیر قالب گیری است. کیفیت سطح بستگی به سرعت

تغذیه دارد از این روی برنامه با سرعت تغذیه بالا می تواند یک پیشنهاد خوب از حیث کیفیت سطح باشد. ورق فلزی در زمانی که نرخ تغذیه بالا باشد، یک رفتار شکننده را نشان می دهد. ورق فلزی گسیختگی برشی را در مراحل اولیه فرایند شکل دهی تجربه می کند. از این روی نرخ تغذیه بایستی به طور مناسب تعیین شود شکل 5 اثر نرخ تغذیه را بر روی کشش ورق نشان می دهد. در این شکل، محور افقی، بیانگر سرعت تغذیه می باشد در حالی که منحنی، سرعت کشش ورق را نشان می دهد. همان طور که می توان دید، مقدار کشش ورق به تدریج تا نقطه پیک افزایش می یابد و سپس فوراً به دلیل پدیده شکنندگی، کاهش می یابد. از سوی دیگر، گسیختگی برشی با سرعت بالای تغذیه نیز اتفاق می افتد زیرا فرایند سریعاً به منطقه پلاستیک می رسد. این گسیختگی در طی آزمایش مشاهده شد به طوری که وقتی به تدریج سرعت تغذیه افزایش یافت، کیفیت سطحی نیز افزایش یافت ولی سرعت تغذیه بالا منجر به این شد تا کیفیت سطحی به دلیل اصطکاک و ارتعاش کاهش یابد. کیفیت سطح را می توان با روانکاری افزایش داد



شکل 4: میزان کشش ورق در برابر دما



شکل 5: اثر سرعت تغذیه بر روی کشش ورق و کیفیت سطحی

نتیجه گیری

اثر پارامترهای شکل دهی بر روی کشش ورق فولادی ضد زنگ با استفاده از ماشین تراش CNC مطالعه شده است. نتایج نشان می دهد که پارامترهای شکل دهی اثر مستقیمی بر روی کشش ورق دارند. برخی پارامترها وجود دارند که در فرایند شکل دهی محاسبه نشده اند، با این حال در ISF بر روی ماشین تراش CNC به کار برده شدند. این پارامترها نظیر سرعت تغذیه که همانند سرعت اسپیندل بر روی فرایند تورق عمل می کنند، اثرات زیادی بر روی کیفیت سطحی، دقت قطعه و زمان کار دارند. حضور گرما همانند افزایش دما، پارامتری است که بایستی در طی فرایند شکل دهی کنترل شود. برخی از روانکارها وجود دارند که به عنوان مایع خنک کننده برای کاهش دمای منطقه شکل دهی استفاده می شوند. این مایع را نمی توان در فرایند تورق استفاده کرد زیرا خنک کننده ماشین کاری با ورق نازک واکنش داده و موجب شکنندگی آن می شود. شکل 6 قطعه ورق تولید شده در این کار را نشان می دهد.



شکل 6: قطعه ورق نهایی تولید شده با ISF بر روی ماشین تراش CNC