

ساخت کامپوزیت های پایه پلیمری انحنادار به منظور تحلیل رفتار سوراخکاری با استفاده از تحلیل سیگنال های نشر آوایی در حوزه زمان

حسین رستمی^۱، حسین حیدری^{۲*}، حامد ثقفی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک - ساخت و تولید، دانشگاه تفرش

۲- استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه تفرش

* heidary@tafreshu.ac.ir

چکیده

در سال های اخیر، استفاده از کامپوزیت های لایه ای در صنایع مختلف به دلیل داشتن خواص و ویژگی هایی از قبیل استحکام بالا، نسبت استحکام به وزن زیاد و مقاومت زیاد در برابر خوردگی، بسیار رایج شده است. یکی از روش های مونتاژ سازه های کامپوزیتی، روش اتصال مکانیکی می باشد. برای ایجاد این گونه از اتصالات، نیاز به ایجاد سوراخ در قطعه کامپوزیتی است. این روش سوراخ کاری باعث ایجاد آسیب هایی از قبیل جدایش بین لایه ای می گردد. در بین روش های مختلف پایش خرابی در کامپوزیت ها، روش نشر آوایی به دلیل حساسیت و قدرت تشخیص بالا و قابلیت پایش برخط قطعه، از قابلیت تشخیص خرابی های به وجود آمده در قطعه کامپوزیتی در حین بارگذاری برخوردار است. تاکنون تحقیقات وسیعی به منظور تجزیه و تحلیل آسیب های به وجود آمده در حین فرآیند سوراخ کاری کامپوزیت های با هندسه تخت و مسطح انجام شده است. از سویی دیگر، کامپوزیت های با اشکال هندسی انحنادار، در صنعت بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد. تحقیقات بسیار محدودی بر روی سوراخ کاری این گونه مواد کامپوزیتی ارائه شده است. در این پژوهش با به کارگیری سیگنال های نشر آوایی، در حین پروسه سوراخ کاری به تجزیه و تحلیل رفتار نیروهای ماشین کاری و همچنین جدایش بین لایه ای پرداخته شده است. مطابق با نتایج مشخص گردید پارامتر کانت در روش نشر آوایی قادر به نمایش مکانیزم های مختلف شکست می باشد.

واژگان کلیدی: کامپوزیت های انحنادار، سوراخ کاری، سیگنال نشر آوایی

۱- مقدمه

امروزه استفاده از کامپوزیت ها بخصوص استفاده از کامپوزیت های زمینه پلیمری در صنایع مختلف به طور عمده ای افزایش یافته است. تاریخچه اصلی آن ها مربوط به چند دهه اخیر است. خواص و ویژگی های خوب آن ها نظیر مقاومت مکانیکی بالا نسبت به وزن، چقرمگی بالا، عایق حرارتی و الکتریکی، مقاومت در برابر خستگی، مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت در برابر مواد شیمیایی و سهولت در ساخت و تولید با سرمایه گذاری اندک، باعث شده تا تولید مواد کامپوزیتی پیشرفت زیادی داشته باشند و به سرعت جایگزین بسیار خوبی برای مواد فلزی در صنایع مختلف باشد [۱]. با پیشرفت صنایع گوناگونی نظیر خودروسازی، هوافضا، نظامی، هسته ای، دریایی، پزشکی و عمرانی، کامپوزیت های سطح انحنادار سهم عظیمی از تولیدات را به خود اختصاص داده اند و به صورت گسترده در صنایع انتقال

سیال، مخازن تحت فشار، صنایع فضایی، نظامی و خودروسازی به کار گرفته می شوند [۲]. این نوع کامپوزیت ها با الیاف مختلف تحت زاویه های مختلف و لایه چینی متعدد طراحی و ساخته می شوند. سوراخ کاری یکی از فرآیندهای مهم در تکمیل، ساخت و مونتاژ این نوع از کامپوزیت ها است [۳]. ماشین کاری کامپوزیت ها جزء مراحل پایانی و تکمیل کننده بوده که مشکلات خاص خود را دارد و وجود عیب در آن موجب رد شدن قطعه می گردد که به این سبب هزینه های زیادی را به همراه دارد [۴].

سوراخ کاری کامپوزیت های سطح انحنادار در مقایسه با فلزات، دشوار و متفاوت است. چون عواملی مانند ناهمسانگردی حاصل از الیاف تقویت کننده، عدم انتقال حرارت مناسب، برش هم زمان ماتریس نرم و الیاف سخت، قابلیت ماشین کاری را تحت تأثیر قرار می دهد. باین حال که روش های مختلفی برای سوراخ کاری روی قطعات

آزمایش‌های اصلی و ابتدایی بر روی صفحات کامپوزیتی انحنادار انجام گرفته است، سپس بهترین و بدترین حالت نمونه سوراخ کاری انتخاب گردیده است تا با استفاده از سیگنال‌های نشر آوایی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرند تا میزان کاهش استحکام آن‌ها مشخص گردد. از طرفی دیگر با به کارگیری سیگنال‌های نشر آوایی، در حین پروسه سوراخ کاری به تجزیه و تحلیل رفتار نیروهای ماشین کاری و همچنین جدایش بین لایه‌های پرداخته شده است.

۲- تجهیزات مورد استفاده

۲-۱- ساخت نمونه‌های کامپوزیتی

نمونه‌های آزمایش، کامپوزیت‌های تولیدشده به روش لایه چینی دستی می‌باشند که ابتدا قالب مورد نظر برای تولید این نوع از شکل کامپوزیت توسط نرم افزار CATIA طراحی گردیده و برای ساخت قالب از فوم پلاستیکی استفاده گردیده است. مواد استفاده شده در این تحقیق شامل الیاف شیشه ۲۰۰ گرمی ساخت شرکت ACT و رزین اپوکسی می‌باشد. رزین اپوکسی به عنوان پایه و همچنین الیاف شیشه به عنوان تقویت کننده می‌باشد. هر کدام از نمونه‌ها دارای ۴۵ لایه و نحوه لایه چینی به صورت ۹۰ درجه می‌باشد. این لایه چینی بر روی قالبی مسطح با سطوحی تمیز (سطح قبل از اجرا باید با استون یا تینر تمیز شود) انجام گرفت برای جلوگیری از چسبیدن نمونه‌ها به قالب از یک نوع واکس جدایش به صورت یک لایه نازک بر روی سطوح قالب استفاده شد پس از اتمام لایه چینی نمونه‌ها در فضای باز قرار گرفته تا هوای محبوس از بین لایه‌ها خارج گردد. در نهایت نمونه کامپوزیتی تولید می‌گردد.



شکل ۱- قالب ساخت نمونه‌های کامپوزیتی

کامپوزیتی استفاده می‌شود. سوراخ کاری مکانیکی با مته، مقرون به صرفه ترین روش برای ایجاد سوراخ در قطعات کامپوزیتی است [۵]. به علت دارا بودن شکل و ساختار متفاوت، نمی‌توان نتایج به دست آمده سوراخ کاری صفحات تخت را با کامپوزیت‌های سطح انحنادار تطبیق داد [۶]. مهم ترین عیوبی که در سوراخ کاری صفحات کامپوزیتی دیده می‌شود شامل: شکست ماتریس، جدایش لایه‌ای، بیرون کشیدگی الیاف، انقباض سوراخ و سوختگی ماتریس است که باعث تأثیر بر خواص مکانیکی اجزا و کاهش مقاومت نهایی سطح کامپوزیت می‌شود [۷]. این کاهش مقاومت را می‌توان در رفتار صفحات کامپوزیتی تحت بارهای مختلف کشش و فشاری و خستگی مشاهده کرد [۸]. جدایش لایه‌ای از مهم ترین عیوب سوراخ کاری کامپوزیت‌ها، به خصوص سوراخ کاری صفحات انحنادار کامپوزیتی است که به طور معمول در هنگام ورود و خروج مته اتفاق می‌افتد [۹]. روش نشر آوایی یکی از روش های پایش وضعیت جدایش لایه ای می باشد [۱۰]. برای بررسی فرآیند سوراخ کاری صفحات کامپوزیتی، پارامترهای قابل تنظیم فرآیند، نظیر سرعت دورانی، سرعت پیشروی، قطر و شکل هندسی مته بسیار مهم و تأثیرگذار می‌باشند. با تنظیم صحیح و انتخاب مناسب این پارامترها، راندمان ماشین کاری بالا رفته و آسیب‌های احتمالی قطعات تولیدی کاهش می‌یابد و در نتیجه در هنگام به کارگیری در سازه‌های کامپوزیتی، عملکرد اجرایی آن‌ها بالا می‌رود [۱۱]. در ایجاد جدایش لایه‌ای، سرعت پیشروی و شکل هندسی مته از پارامترهای مهم و بحرانی فرآیند سوراخ کاری کامپوزیت‌ها می‌باشند. همچنین قطر مته سوراخ کاری، سرعت اسپیندل، جنس و نحوه‌ی قرارگیری الیاف نیز در کیفیت سوراخ ایجاد شده بسیار تأثیرگذار است.

در این پژوهش با توجه به مقالات و مطالعاتی که بر روی صفحات تخت کامپوزیتی در گذشته انجام شده، پارامترهای مهم برش (شامل: سرعت پیشروی، سرعت دورانی، قطر مته) انتخاب گردید و بر روی صفحات کامپوزیتی انحنادار که به روش لایه چینی دستی تولید شده‌اند آزمایش‌های متعددی انجام داده شد. از دو سطح سرعت دورانی و سه سطح سرعت پیشروی و همچنین سه نوع قطر مته با شکل هندسی ماریچ استفاده شده است.

جدول ۱- خواص مکانیکی مورد استفاده جهت ساخت

Properties	C-glass/Epoxy200g/m ²
E_{11}	12.246 GPa
E_{22}	11.339GPa
V_{12}	0.158
G_{12}	2.340GPa
σ_1	181.552MPa
ε_1	0.023293mm/mm
σ_2	172.462 MPa
ε_2	0.023089mm/mm
σ_{12}	39.626 MPa

نمونه‌های آزمایش [۱۲]

۳-۲- دستگاه سوراخ کاری

از دستگاه فرز اونیورسال^۳ ماشین‌سازی تبریز مدل FP4M که در (شکل ۴) آورده شده است، استفاده شده و دارای حداکثر دور اسپیندل ۲۵۰۰ rpm و حداکثر سرعت پیشروی ۶۳۰ mm/min می‌باشد. این دستگاه دارای دوکله افقی و عمودی است که به راحتی قابل تغییر است و مجهز به سیستم اندازه‌گیری دیجیتالی می‌باشد که با نصب سه خط‌کش نوری بر روی محورهای X,Y,Z به همراه اندازه خوان^۴ مربوطه، امکان اندازه‌گیری دقیق حرکت‌های سه محور را فراهم می‌سازد. دقت اندازه خوان در نمایش جابه‌جایی ۰/۰۵ میلی‌متر است و تعریف نقطه صفر در هر موقعیت فیزیکی برای هر محور به‌طور دلخواه، امکان‌پذیر است.



شکل ۲- نمونه کامپوزیتی ساخته شده

۲-۲- ابزار سوراخ کاری

ابزارهای استفاده شده جهت سوراخ کاری قطعات کامپوزیتی انحنادار از جنس HSS به قطرهای ۸ و ۱۰ و ۱۲ میلی‌متر ساخت شرکت مستر^۱ می‌باشد. به منظور جلوگیری از تأثیر سایش لبه‌ها بر خرابی ایجاد شده در نمونه‌ها در حین فرایند سوراخ کاری، پس از سوراخ کاری هر دو نمونه، مته با یک مته جدید تعویض می‌گردد. زاویه ماریپیچ این مته‌ها، ۳۰ درجه می‌باشد و همچنین زاویه رأس آن‌ها نیز ۱۱۸ درجه می‌باشد و در شکل هندسی ماریپیچ تویست^۲ آزمایش‌ها انجام شده است.



شکل ۳- الف مته با قطر 10mm، ب مته با قطر 12mm، ج مته با قطر 8mm

3. Universal Machine Milling
4. Read Out

1. Master
2. Twist Drill

۲-۴- دستگاه نشر آوایی

فعالیت‌های نشر آوایی در داخل مواد به وسیله سنسورهای پیزوالکتریک قابل شناسایی می‌باشند از این طریق می‌توان اطلاعاتی در مورد محل منبع انتشار امواج به دست آورد برای ثبت داده‌های نشر آوایی در حین فرایند سوراخ‌کاری، از سیستم نشر آوایی دوکاناله، به همراه نرم‌افزار AE-MAP با نرخ داده‌برداری ۱MS/S (مگا سمپل بر ثانیه) استفاده گردید. از دو سنسور پیزوالکتریک تک کریستال با پهنای باند رزونانسی به نام SAMA ۱۹۰، محصول شرکت میپو استفاده گردید. (شکل ۶) فرکانس تشدید سنسور ۱۹۰kHz و محدوده بهینه کاری آن ۵۰-۱۰۰kHz می‌باشد. فعالیت‌های شناسایی شده توسط سنسور، به وسیله پیش تقویت‌کننده با ضریب ۴۰dB تقویت شدند. برای بهبود عبور دهی سیگنال بین نمونه و سنسور و اتصال مناسب سنسور به سطح نمونه، از گریس سیلیکون خلأ استفاده شد.



شکل ۶- سنسورهای نشر آوایی

۳- مجموعه آزمایش سوراخ‌کاری

شکل ۷ مجموعه آزمایش را نشان می‌دهد. قطعه کار توسط قید و بند^۱ مخصوصی که برای این کار طراحی شده مهار گردیده است. دو پیچی که در بلوک‌های راهنمای این قیدوبند تعریف شده جهت قرارگیری صحیح نمونه کامپوزیتی تعبیه شده است و با این وجود، می‌تواند نمونه‌های کامپوزیتی کوچک و بزرگ را محکم مهار کند. در زیر قید، نیروسنج نصب شده است تا نیرویی که توسط مته به قطعه کار وارد می‌شود، توسط قید به نیروسنج وارد گردد. نیروسنج نیز به صفحه‌ای زیرین که بر روی میز دستگاه



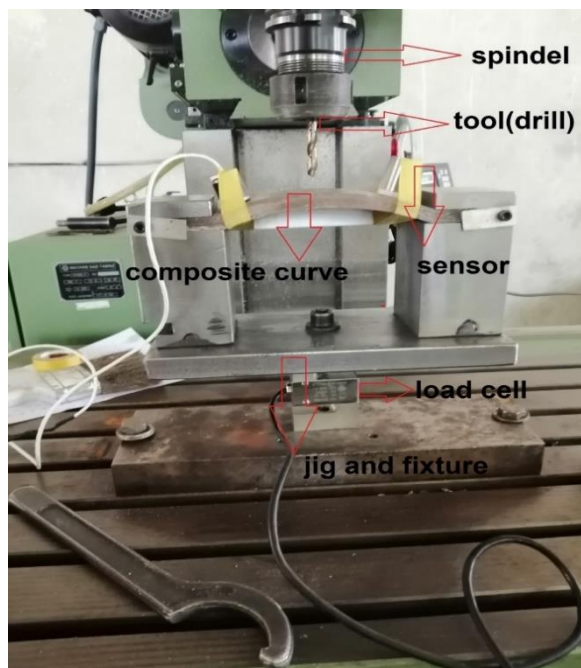
شکل ۴- دستگاه فرز انیورسال

۲-۳- دستگاه نیروسنج

برای اندازه‌گیری نیروی محوری در این آزمایش برای اندازه‌گیری نیروهای ماشین‌کاری از دستگاه نیروسنج ساخت شرکت زیمیک مدل DEE-C3 با ظرفیت ۲۰۰ کیلوگرم، (شکل ۵) استفاده گردید این نیروسنج ثبت نیرو با دقت ۰/۲ را دارد و همچنین فرکانس داده‌برداری ۸۰Hz می‌باشد.



شکل ۵- دستگاه نیروسنج



شکل ۷- مجموعه کامل آزمایش سوراخ کاری

۴- نحوه انجام آزمایش نشر آوایی

نیروهای اعمال شده به قطعه باعث تحریک آن و ایجاد تنش‌های مختلفی می‌شود. این تنش‌ها باعث ایجاد منابعی می‌شود که امواج فراصوتی صادر می‌کنند. انتشار این امواج تا سطح قطعه یعنی جایی که سنسورها نصب شده‌اند ادامه می‌یابد و به وسیله سنسورهای ثبت شده و به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌شود. سیستم نشر آوایی این سیگنال‌ها را پردازش می‌کند و به بسته‌های اطلاعاتی تبدیل می‌کند. در نهایت اطلاعات آماری نظیر مشخصات و موقعیت منابع محاسبه شده و به صورت نمودارهای گرافیکی و عددی نمایش داده می‌شود تا مورد تفسیر قرار گیرند.

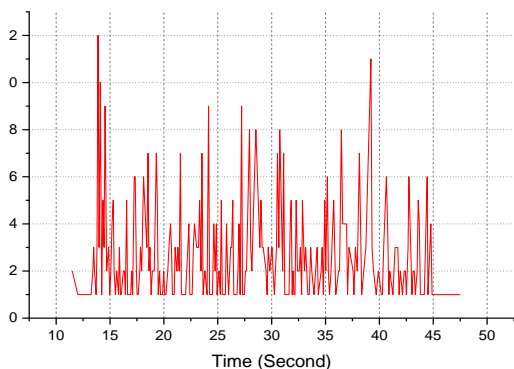
مهارشده، نصب شده است. داده‌ها^۱ از طریق نیروسنج گرفته می‌شود و توسط کابل به دیتالاگر منتقل می‌گردد و در آنجا پردازش^۲ می‌شود و سپس به کامپیوتر انتقال می‌یابد و نرم-افزار مخصوص خود، نمودار تغییرات نیرو بر حسب زمان را نمایش می‌دهد و در قالب پرونده متنی^۳ ذخیره می‌کند به منظور به دست آوردن پارامترهای مناسب سوراخ کاری، در سطح یکی از نمونه‌ها سوراخ‌هایی با سرعت‌های دورانی متفاوت و همچنین با سرعت‌های پیش روی متفاوت، ایجاد گردید تا پارامترهای سوراخ کاری که بیشترین خرابی را در اطراف سوراخ به وجود می‌آورد، مشخص گردد. در نهایت سرعت دورانی ۵۰۰ rpm و سرعت پیشروی ۱۰۰ mm/min و دو قطر مته ۱۰ mm و ۱۲ mm در نظر گرفته شد. به منظور ثبت داده‌های آکوستیکی در حین فرایند سوراخ کاری، از دو عدد سنسور نشر آوایی استفاده شد که در فاصله ۷ سانتی متری از مرکز نمونه‌ها و در دو طرف نمونه، توسط گریس سیلیکونی و چسب، متصل گردید. به دلیل اینکه سنسورهای نشر آوایی به نویزهای مکانیکی و مغناطیسی حساس می‌باشند، لذا برای شناسایی و حذف نویزها، ابتدا دستگاه فرز را به صورت بدون بار، چندین مرتبه روشن گردید و سیگنال‌های نشر آوایی ثبت شده توسط سنسورها که ناشی از نویزهای مغناطیسی و مکانیکی دستگاه و محیط می‌باشد، با تنظیم سطح آستانه حذف گردید. با انجام این فرآیند، حد آستانه ۴۰ dB برای آزمایش‌ها در نظر گرفته شد، به طوری که در حین سوراخ کاری نمونه‌ها، نویزها حذف شده و دستگاه نشر آوایی فقط فعالیت‌های آکوستیکی نمونه‌ها را ثبت نمود.

3. Text File

1. Datas
2. Processing

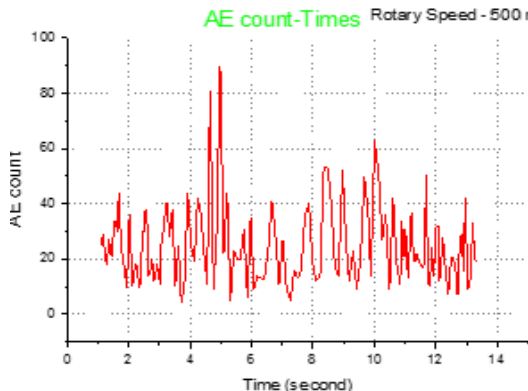
با مشارکت لبه‌های برش مته، طول لبه برش افزایش می‌یابد که به صورت تدریجی افزایش تعداد کانت‌های دریافتی را دارد. افت در تعداد کانت‌های دریافتی را می‌توان به افزایش راندمان و کاهش برخوردهای ناگهانی مته و کامپوزیت نسبت داد. بعد از گذشت ۳۵ ثانیه تعداد کانت‌های دریافتی دوباره افزایش می‌یابد که نشان دهنده فعال شدن مکانیزم جدایش لایه ای در خروج مته می‌باشد. در نهایت در زمان ۴۵ ثانیه فرایند سوراخ‌کاری به پایان می‌رسد.

Dimeter drilling - 8mm
Feed Rate - 25 mm/min
Rotary Speed - 250 rpm



شکل ۱۰- سیگنال دریافتی نشر آوایی برحسب کانت

Dimeter drilling - 10mm
Feed Rate - 100 mm/min
Rotary Speed - 500 rpm



شکل ۱۱- سیگنال دریافتی نشر آوایی برحسب کانت

در شکل ۱۱ سیگنال دریافتی را برحسب کانت-زمان نشان می‌دهد. آزمایش سوراخ‌کاری با سرعت پیشروی ۱۰۰ میلی‌متر بر دقیقه، سرعت برشی ۵۰۰ دور بر دقیقه و مته مارپیچ به قطر ۱۰ میلی‌متر می‌باشد. در شروع فرآیند با تماس جان مته با سطح نمونه کامپوزیتی در زمان ۵ ثانیه کانت دریافتی شروع به افزایش می‌کند که علت آن می‌تواند ایجاد شکست در زمینه، جدایش الیاف از زمینه در



شکل ۸- سیستم نشر آوایی

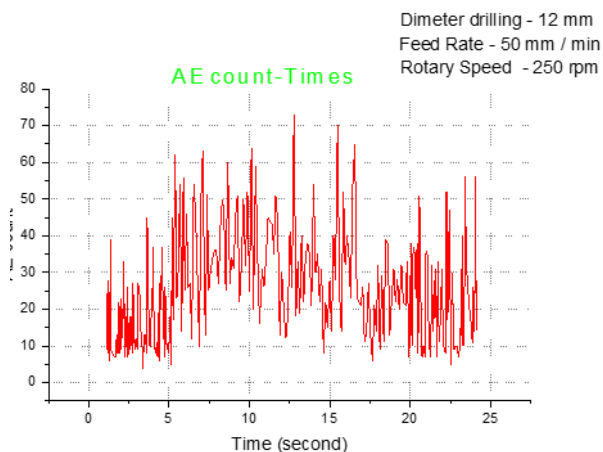


شکل ۹- سنسورهای نصب شده روی نمونه

۵- شرح نتایج

در این بخش ۳ آزمایش نمونه در شرایط مختلف تحلیل گردیده و توانایی روش نشر آوایی نشان داده می‌شود. در شکل ۱۰ سیگنال دریافتی را برحسب کانت-زمان نشان می‌دهد. آزمایش سوراخ‌کاری با سرعت پیشروی ۲۵ میلی‌متر بر دقیقه، سرعت اسپیندل ۲۵۰ دور بر دقیقه و مته مارپیچ به قطر ۸ میلی‌متر می‌باشد. در شروع فرآیند سوراخ‌کاری با تماس جان مته با سطح نمونه کامپوزیتی به کانت سیگنال دریافتی شروع به افزایش می‌کند که این سیگنال مربوط به خرابی شکست زمینه بوده است. در ادامه

ضخامت باقی مانده و ایجاد نفوذ مته در لایه های انتهائی اتفاق می افتد که باعث ایجاد سیگنال هائی با انرژی بالاتر می گردد. مطابق با نتایج مشخص گردید پارامتر کانت در روش نشر آوایی قادر به نمایش مکانیزم های مختلف شکست می باشد.



شکل ۱۲- سیگنال دریافتی نشر آوایی بر حسب کانت

۷- منابع و مراجع

- [1] Durão LMP, Tavares JMRS, de Albuquerque VHC, Gonçalves DJS. Damage evaluation of drilled carbon/epoxy laminates based on area assessment methods. *Composite Structures*. 2013;96:5576-83.
- [2] Akbari S, Taheri-Behrooz F, Shokrieh MM. Characterization of residual stresses in a thin-walled filament wound carbon/epoxy ring using incremental hole drilling method. *Composites Science and Technology*. 2014;94:58-15.
- [3] Tsao CC, Hocheng H. Effect of eccentricity of twist drill and candle stick drill on delamination in drilling composite materials. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2005;45:125-30.
- [4] El-Sonbaty I, Khashaba UA, Machaly T. Factors affecting the machinability of GFR/epoxy composites. *Composite Structures*. 2004;63:329-38.
- [5] Hocheng H, Tsao CC. The path towards delamination-free drilling of composite materials. *Journal of Materials Processing Technology*. 2005;167:5251-64.
- [6] Abrão AM, Faria PE, Rubio JCC, Reis P, Davim JP. Drilling of fiber reinforced plastics: A review. *Journal of Materials Processing Technology*. 2007;186:51-7.
- [7] Bhatnagar N, Singh I, Nayak D. Damage Investigation in Drilling of Glass Fiber Reinforced Plastic Composite Laminates. *Materials and Manufacturing Processes*. 2004;19:995-1007.
- [8] Davim JP, Reis P. Study of delamination in drilling carbon fiber reinforced plastics (CFRP) using

لایه های بالا و یا پیچش الیاف بریده شده به دور مته می باشد. پس از عبور مته از این ناحیه کانت به سطح نرمال برگشته و حتی از ثانیه دوازدهم تعداد کانت دریافتی شروع به کاهش یافتن می نماید. علت این امر این است که با افزایش سرعت برشی و کاهش سرعت پیشروی عموماً شرایط ماشینکاری کامپوزیت ها بهبود می یابد و مقدار فاکتور جدایش لایه ای به حداقل مقدار خود می رسد که خود باعث کاهش سیگنال و کانت دریافتی می شود. در این تست در نهایت در زمان ۱۴ ثانیه سوراخ کاری به پایان می رسد.

شکل ۱۲ اثر قطر مته را بر روی سیگنال های دریافتی نمایش می دهد. همان طور که در شکل قابل مشاهده است در ابتدا سیگنال ها با تعداد کانت کمتری دریافت شده است که این سیگنال ها مربوط به نفوذ نوک مته و شکست زمینه می باشد. در ادامه فرایند که شکست زمینه بیشتر شده و عیوب جدایش لایه ای نیز در ورود مته اتفاق می افتد، تعداد کانت افزایش می یابد. با درگیر شدن لبه های برنده فرایند برش به حالت نرمال می رسد با این وجود در زمان ۱۴ ثانیه با کاهش ضخامت باقی مانده و ایجاد نفوذ مته در لایه های انتهائی، جدایش الیاف از زمینه رخ داده که منجر به دریافت سیگنال هایی با انرژی بیشتر می شود. در نهایت فرایند سوراخ کاری در زمان ۲۴ ثانیه به اتمام می رسد.

۶- نتیجه گیری

در این مقاله ۳ نمونه تست سوراخکاری بر روی نمونه های انحنای دار کامپوزیتی توسط روش نشر آوایی بررسی شده اند. برای هر ۳ نمونه در شروع فرآیند سوراخ کاری با تماس جان مته با سطح نمونه کامپوزیتی به دلیل ورود نوک مته سیگنال دریافتی شروع به افزایش می کند که دلیل این افزایش مربوط به خرابی شکست زمینه نمونه کامپوزیتی است.

در مرحله دوم آزمایش ها روند متفاوتی داشته اند در برخی از آنها بواسطه نرمال گردیدن فرایند برش افت سیگنال دریافتی داشته ایم درحالی که در برخی آزمایش ها مکانیزم جدایش لایه ای در ورود فعال می گردد.

در مرحله نهائی تقریباً در تمام آزمایش ها مکانیزم جدایش لایه ای در خروج شکل میگیرد که بواسطه کاهش

[11] Liu D, Tang Y, Cong WL. A review of mechanical drilling for composite laminates. *Composite Structures*. 2012;9451265-79.

[12] N.Yidris, R.Zahari. CRUSH SIMULATION OF WOVEN C-GLASS/EPOXY UNMANNED ARIEL VEHICLE FUSELAGE SECTION. *Materials Science and Engineering: A*, 2010. p. 260-267.

design experiments. *Composite Structures*. 2003;595481-7.

[9] Lazar M-B, Xirouchakis P. Experimental analysis of drilling fiber reinforced composites. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2011;515937-46.

[۱۰] بلال پور دستجردی پریناز، فتوحی محمد، فتوحی سکینه، احمدی نجف آبادی مهدی. رصد شروع و رشد خرابی جدایش بین لایه‌های در مواد کامپوزیتی با استفاده از روش غیرمخرب آکوستیک امیشن. *مهندسی مکانیک مدرس*. ۱۳۹۳؛ ۱۴ (۳): ۷۸-۸۴.

Study of Curved Composites Drilling Behavior Using Time-Domain Acoustic Emission Signal Analysis

Hossein Rostami¹, Hossein Heidary^{*2}, Hamed Saghafi²

1- M.Sc. student, Mechanical engineering department, Tafresh univesity, Tafresh, Iran

2- Assistant professor, Mechanical engineering department, Tafresh univesity, Tafresh, Iran,

* heidary@tafreshu.ac.ir

Abstract

In recent years, the use of layered composites has become very common in various industries due to specifications and properties like high strength, high strength to weight ratio and high corrosion resistance. One of the methods to construct the composite structures is the mechanical joining. To create these kinds of joints, the composite piece should be drilled. This drilling process results in the damages like interlayer delamination. Among the various methods for damage monitoring in composites, the acoustic emission test has the capability to detect the damages in composite pieces under loading due to high sensitivity, high detectability and the capability for online monitoring of the sample. Until now, extensive studies have been performed to analyze the damages during the drilling process of the composites with flat and smooth geometries. On the other hand, the utilization of curved composites is more common in the industry. There have been a few types of research for drilling of these kinds of composite materials. In this research, by using acoustic emission during the drilling process, the machining force behavior and also, interlayer delamination has been analyzed. According to the results, it has been shown that, count feature in acoustic emission method can presents different damage mechanisms.

Keywords: Penetrating process, curved composites, drilling, Acoustic Emission signals