



بررسی اثر هندسه لبه برندۀ ابزار در میزان تورق ناشی از سوراخ‌کاری کامپوزیت‌ها

محمد رضا وزیری سرشک^۱، عباس خواکرم^۲

^۱- استادیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تهران، تهران

^۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تهران، تهران

* تهران، صندوق پستی ۴۵۶۳-۱۱۳۶۵، m.vaziri@ut.ac.ir

چکیده

تورق یا جدایی لایه‌ها شکل متناول در سوراخ‌کاری چند لایه‌های کامپوزیتی است این پدیده باعث کاهش استحکام و یکپارچگی سازه می‌شود و مشکلاتی را هم در نصب و موئناز سازه ایجاد می‌کند. در مورد اهمیت کاهش تورق باید خاطر نشان کرد که این عیب به عنوان دلیل ۶۰٪ مردودی‌ها در مرحله کنترل کیفیت سازه‌های کامپوزیتی گزارش شده است. راهکارهای متفاوتی جهت کاهش تورق ارائه شده است اما بررسی تأثیر هندسه ابزار همچنان موضوعی برای تحقیقات جاری است. در مقاله حاضر اثر هندسه لبه برندۀ میزان تورق بجا مانده از سوراخ‌کاری بصورت آزمایشگاهی بررسی می‌شود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد به کمک سنتگزینی می‌توان به مقدار قابل قبولی تورق را کاهش داد.

کلید واژگان: تورق، سوراخ‌کاری، چندلایه کامپوزیت، هندسه میان

The investigation on the effects of cutting edge geometry on delamination of drilled composite laminate

Mohammad Reza Vaziri Sereshk*, Abbas Khwakram

Department of Mechanical Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

* P.O.B. 11365-4563, Tehran, Iran, m.vaziri@ut.ac.ir

ABSTRACT

Delamination is the main defect caused by drilling of composite laminates. This phenomenon endangers integrity and strength of structure as well as assembly procedure. This defect is the reason of 60% of rejections during the quality control process. Several approaches are presented to decrease delamination, however the geometry of drill bit is still under consideration. In this paper, the effect of cutting edge geometry of twist drill bit is investigated, experimentally. The result demonstrated that the grinding of drill bit point can improve the performance, considerably.

Keywords: Cutting Edge Geometry, Composite Laminates, Delamination, Drilling.

سوراخ‌کاری چندلایه‌های کامپوزیتی پلیمری طراحی و به بازار عرضه شده

بودند را از نظر تئوری مورد ارزیابی قرار داده‌اند و نیروی پیشروی بحرانی جهت جلوگیری از تورق را ارائه کرده‌اند اما همراه تحقیقات تجربی از دیدگاه کاربران در صنعت از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند. دنکنا و همکاران [۷] اثر هندسه لبه برش را به طور عمومی در مورد ابزارهای برادری‌بار بررسی کردند. ایشان طول عمر ابزار و کیفیت سطح و دمای تولیدی را هدف قرار دادند. اما تحقیق ایشان بطور اختصاصی سوراخ‌کاری کامپوزیت‌ها را در بر نمی‌گرفت. فرناندز و کوک [۹،۸] به کمک مجموعه‌ای از آزمایش‌ها رابطه‌ای تجریبی ارائه کردند که نیروی پیشروی و گشتاور را بدکمک پارامترهای هندسه میان و سایش پیش‌بینی می‌کرد. پیگوئت و همکاران [۱۰] تأثیر هندسه ابزار را بر روی تورق بررسی کردند. ایشان دریافتند که افزایش تعداد لبه‌های برش و کاهش طول تماس بین ابزار و قطعه‌کار باعث کاهش تورق می‌شود. گروه تحقیقاتی مشترکی از پرتقال و بزریل شامل آبراؤ و همکاران [۱۱] با بررسی اثر هندسه ابزار بر نیروی پیشروی به عنوان عامل اصلی تورق، کاهش تورق را موردنظر قرار دارند. سایما و همکاران [۱۲] با بررسی اتحانه سر میانه پروفیلی برای این سطح ارائه کردند. ایشان ضمن ساخت ابزار سنگزینی مناسب جهت ایجاد چنین هندسه‌ای به کمک آزمایش مزایای به کارگیری چنین ابزاری را

۱- مقدمه

امروزه کامپوزیت‌ها جایگاه ویژه‌ای در بین مواد سازنده سازه‌ها به ویژه سازه‌های هوایی و خودروسازی پیدا کرده‌اند. سوراخ‌کاری پروسه پیشناز اصلی جهت اتصال سازه‌های کامپوزیتی به کمک پیچ و پرج می‌باشد. به ویژه در صنایع خودرو و هواپیماسازی این پروسه بسیار پرکاربرد است [۱]. السونباتی و همکاران [۲] گزارش می‌دهند بیش از ۱۰۰۰۰ سوراخ مورد نیاز است تا گزارش می‌دهند که تورک کوچک متصل شوند. در مواد تقویت کننده، الیاف شیشه به دلیل استحکام و قیمت مناسب اغلب در ساخت سازه‌های کامپوزیتی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳]. تورق به معنی جدایش لایه‌ها، مشکل اصلی سوراخ‌کاری چندلایه‌های کامپوزیتی است. این پدیده مشکلات ویژه‌ای را از نظر یکپارچگی سازه ایجاد می‌کند که چه در محله موئناز و چه از نظر استحکام کاری عملکرد اتصال را به خطر می‌اندازد. از نظر آماری این عیب دلیل مردودی ۶۰٪ سازه‌های کامپوزیتی در مرحله موئناز است. اهمیت مشکل زمانی واضحتر می‌شود که در نظر بگیریم این عیب در زمان موئناز و پس از صرف زمان و هزینه هنگفت تولید ایجاد می‌شود [۴]. در سال ۲۰۱۲، الیاس جورج و همکاران [۵] اثر شرایط مختلف سوراخ‌کاری را بر تورق بررسی کردند. هر چند هوچنگ و تسائو [۶] ابزارهایی با هندسه ویژه که جهت

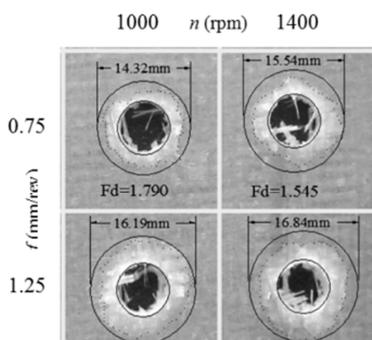
Please cite this article using:

M.R. Vaziri Sereshk, A. Khwakram, Title The investigation on the effects of cutting edge geometry on delamination of drilled composite laminate, *Modares Mechanical Engineering, Proceedings of the Advanced Machining and Machine Tools Conference*, Vol. 15, No. 13, pp. 120-123, 2015 (in Persian)

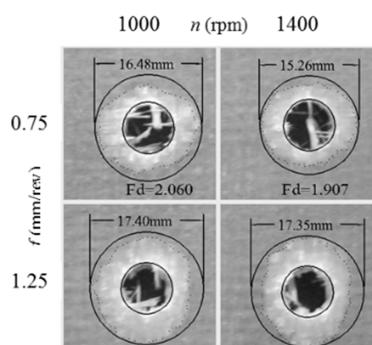
برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

م. ر. وزیری سرشک، آ. خواکرم، عنوان مقاله The investigation on the effects of cutting edge geometry on delamination of drilled composite laminate، مجله مهندسی مکانیک مدرس، پروگرام پنجمین کنفرانس مهندسی ماشین‌کاری و ماشین‌های ابزار پیشرفته، تبریت مدرس، دانشگاه تبریت مدرس، آبان ۱۳۹۴، دوره ۱۵، شماره ۱۳، ویژه‌نامه مجموعه مقالات کنفرانس، صص ۱۲۰-۱۲۳

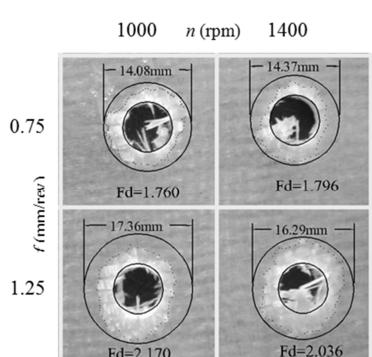
قطر دایره محیط بر گستره تورق به قطر نامی سوراخ است برای هر یک از سوراخ‌ها و در سمت خروجی ابزار تعیین شد [۱۳]. شکل‌های ۳ تا ۸ تنها بخشی از نتایج و محاسبات را بازتاب می‌دهند.



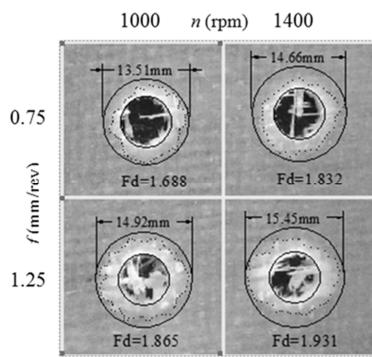
شکل ۳ تورق در سمت خروجی متنه ۱



شکل ۴ تورق در سمت خروجی متنه ۲



شکل ۵ تورق در سمت خروجی متنه ۳



شکل ۶ تورق در سمت خروجی متنه ۴

در این مقاله اثر هندسه‌های مختلف لبه برنده متنه که با سنگزنانی ایجاد شده بر تورق ناشی از سوراخ کاری در چندلايه‌های کامپوزیتی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. برای عمومیت بخشیدن به نتایج این تحقیق محدوده وسیعی از شرایط برش شامل دوراهای مختلف اسپیندل و پیشروی جهت سوراخ کاری استفاده شد و تورق در خروج ابزار ارزیابی شد.

۲- شرایط آزمایش

۲-۱- مشخصات نمونه‌ها

نمونه کامپوزیتی با رزین اپوکسی و الیاف شیشه در فرم پارچه مورد استفاده قرار گرفت. نمونه دارای ۱۰ میلی‌متری را ایجاد می‌کند. درصد وزنی الیاف به رزین در چند لایه کامپوزیتی مورد استفاده ۵٪ است.

۲-۲- مشخصات ابزارها

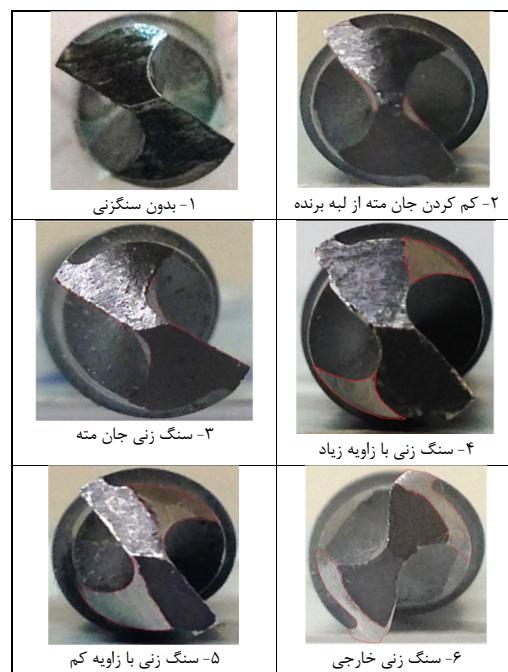
شش مته مارپیچ یکسان (شکل ۱) از جنس فولاد تدبیر تهیه شد و به کمک سنگزنانی سر متنه در پنج طرح مختلف متنه‌ای با سر نشان داده شده در شکل ۲ حاصل شد.

۳- نتایج تورق در خروج برابر متنه‌ای مختلف

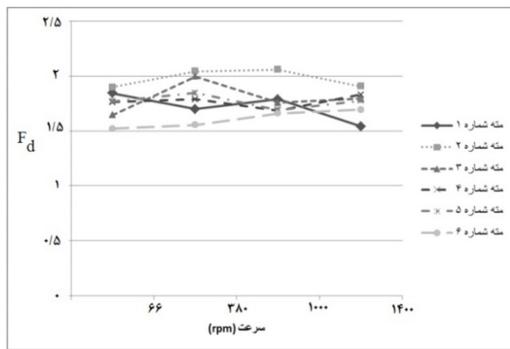
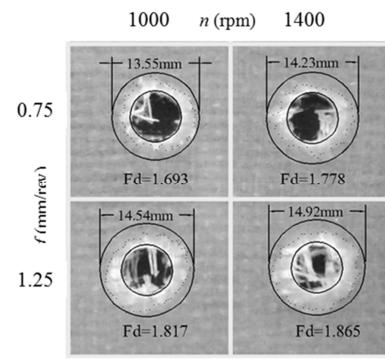
برای عمومی کردن نتایج، محدوده وسیعی از شرایط برش شامل پیشروی‌های ۰/۰۹ ، ۰/۷۵ و ۰/۲۵ mm/rev و دوراهای اسپیندل ۶۶ ، ۳۸۰ و ۱۰۰۰ rpm انتخاب شد و توسط متنه‌ای ۱ تا ۶ در چندلايه‌های کامپوزیتی سوراخ به قطر ۸ میلی‌متر ایجاد شد. سپس شاخص قطری تورق که نسبت



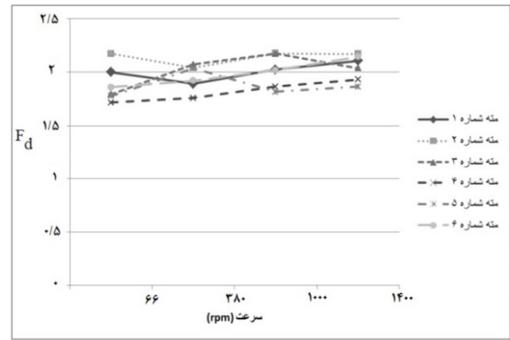
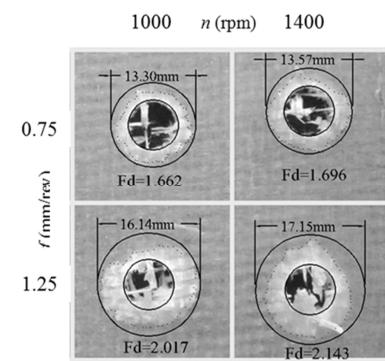
شکل ۱ مته مارپیچ ۱۸۰ درجه معمولی



شکل ۲ طرح‌های مختلف سنگزنانی سر متنه

شکل ۱۰ تورق در سرعت‌های اسپندل مختلف برای پیشروی 0.75mm/rev 

شکل ۷ تورق در سمت خروجی متۀ ۵

شکل ۱۱ تورق در سرعت‌های اسپندل مختلف برای پیشروی 1.25mm/rev 

شکل ۸ تورق در سمت خروجی متۀ ۶

۵- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد سنجزنسی با طرح‌واره مناسب می‌تواند تورق ناشی از سوراخ‌کاری چندلایه‌های کامپوزیتی پلیمری با متۀ معمول مارپیچ را به مقدار قابل قبولی کاهش دهد. هر چند رفتار متۀ‌های مختلف در مقایسه با هم در شرایط سوراخ‌کاری مختلف تغییر می‌کند اما در محدوده کاربردی صنعت یعنی پیشروی‌های متوسط متۀ‌های سنجزنسی شده با طرح‌های ۴، ۵ و ۶ عملکرد بهتری نسبت به متۀ معمولی دارند اما اگر عملکرد کلی در کلیه شرایط برش مورد نظر باشد متۀ ۶ عملکرد بهتری دارد و استفاده از آن توصیه می‌شود.

۶- مراجع

- [1] J. Mazoff, *Drill Point Geometry*, Newman Tools Inc, Ottawa, Ontario, Canada, 1989.
- [2] I. El-Sonbaty, U.A., Khashaba, T., Machaly, Factors affecting the machinability of GFR/epoxy composites, *Composite Structures*, Vol. 63, pp. 329-338, 2004..
- [3] W.D. Callister, *Materials Science and Engineering: An Introduction*, Sixth Edition, Wiley, Canada, 2002.
- [4] D. Liu, Y.J. Tang, W.L. Cong, A review of mechanical drilling for composite laminates, *Composite Structures*, Vol. 94, pp. 1265-1279, 2012.
- [5] Elias George K, Varadarajan A.S, Rani Joseph., Influence of Process Parameters on Cutting Force and Torque of Drilling of Glass Fiber Reinforced Epoxy Composites, *International Journal of Computer Technology and Electronics Engineering*, Vol. 2, No. 2, pp. 26-31, 2012.
- [6] H. Hocheng, C.C. Tsao, The path towards delamination-free drilling of composite materials, *Journal of materials processing technology*, Vol. 167, pp. 251-264, 2005.
- [7] B. Denkena, D. Biermann, Cutting edge geometries, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 63, pp. 631-653, 2014.
- [8] M. Fernandes, C. Cook, Drilling of carbon composites using a one shot drill bit. Part I: Five stage representation of drilling and factors affecting maximum force and torque, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 46, pp. 70-75, 2006.
- [9] M. Fernandes, C. Cook, Drilling of carbon composites using a one shot drill bit. Part II: empirical modeling of maximum thrust force, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 46, pp. 76-79, 2006.

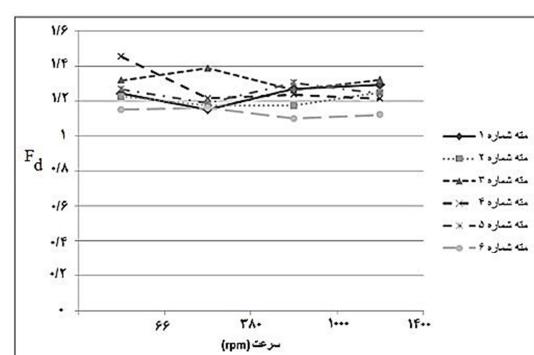
۴- مقایسه عملکرد متۀ‌های مختلف

نتایج حاصل از محاسبات فوق به صورت نمودارهای در شکل‌های ۹ تا ۱۱ خلاصه شده است.

نمودارهای شکل ۹ نشان می‌دهد در پیشروی‌های بسیار کم تنها طرح‌های سنجزنسی در متۀ‌های ۲ و ۶ از حالت معمول متۀ ۱ یعنی بدون سنجزنسی عملکرد بهتری در کاهش تورق دارند.

نمودارهای شکل ۱۰ نشان می‌دهد در پیشروی‌های معمول صنعت طرح‌های سنجزنسی در متۀ‌های ۴، ۵ و ۶ از حالت معمول متۀ ۱ یعنی بدون سنجزنسی عملکرد بهتری در کاهش تورق دارند.

نمودارهای شکل ۱۱ نشان می‌دهد در پیشروی‌های زیاد طرح‌های سنجزنسی در متۀ‌های ۴، ۵ و ۶ از حالت معمول متۀ ۱ یعنی بدون سنجزنسی عملکرد بهتری در کاهش تورق دارند.

شکل ۹ تورق در سرعت‌های اسپندل مختلف برای پیشروی 0.9 mm/rev

- [12] K. Sambhav, P. Tandon, S.G. Dhande, Geometric modeling and validation of twist drills with a generic point profile, *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 36, pp. 2384-2403, 2012.
- [13] M.R. Vaziri Sereshk, H. Mohmmadi Bidhendi, Evaluation of revealing and quantifying techniques available for drilling delamination in woven carbon fiber-reinforced composite laminates, *Journal of Composite Materials*, DOI: 10.1177/0021998315591841, 2015.
- [10] R. Piquet, B. Ferret, F. Lachaud, P. Swider, Experimental analysis of drilling damage in thin carbon/epoxy plate using special drills, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, Vol. 31, pp. 1107-1115, 2000.
- [11] A.M. Abra'o a, J.C. Campos Rubio a, P.E. Faria a, J.P. Davim, The effect of cutting tool geometry on thrust force and delamination when drilling glass fibre reinforced plastic composite, *Materials & Design*, Vol. 29, pp. 508-513, 2008.