



## بررسی اثر هندسه لبه برنده ابزار در میزان تورق ناشی از سوراخ کاری کامپوزیت ها

محمدرضا وزیری سرشک<sup>۱</sup>، عباس خواکرم<sup>۲</sup>

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 لایه ها مشکل متداول در سوراخ کاری چند لایه های کامپوزیتی است این پدیده باعث کاهش استحکام و یکپارچگی سازه می شود و مشکلاتی را هم در نصب و مونتاژ سازه ایجاد می کند. در مورد اهمیت کاهش تورق باید خاطر نشان کرد که این عیب به عنوان دلیل ۶۰٪ مردودی ها در مرحله کنترل کیفیت سازه های 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 برنده مته بر میزان تورق بجا مانده از سوراخ کاری بصورت آزمایشگاهی بررسی می شود. نتایج این تحقیق نشان می دهد به کمک سنگ زنی می توان به مقدار قابل قبولی تورق را کاهش داد.

**کلید واژگان:** تورق، سوراخ کاری، چندلایه کامپوزیتی، هندسه مته

## 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.

### ۱- مقدمه

سوراخ کاری چندلایه های کامپوزیتی پلیمری طراحی و به بازار عرضه شده بودند را از نظر تئوری مورد ارزیابی قرار داده اند و نیروی پیشروی بحرانی جهت جلوگیری از تورق را ارائه کرده اند اما همواره تحقیقات تجربی از دیدگاه کاربران در صنعت از جایگاه ویژه ای برخوردارند. دنکا و همکاران [۷] اثر هندسه لبه برش را به طور عمومی در مورد ابزارهای براده بردار بررسی کردند. ایشان طول عمر ابزار و کیفیت سطح و دمای تولیدی را هدف قرار دادند. اما تحقیق ایشان بطور اختصاصی سوراخ کاری کامپوزیت ها را در بر نمی گرفت. فرناندز و کوک [۹،۸] به کمک مجموعه ای از آزمایش ها رابطه ای تجربی ارائه کردند که نیروی پیشروی و گشتاور را به کمک پارامترهای هندسه مته و سایش پیش بینی می کرد. پیگوئث و همکاران [۱۰] تأثیر هندسه ابزار را بر روی تورق بررسی کرده اند. ایشان دریافتند که افزایش تعداد لبه های برش و کاهش طول تماس بین ابزار و قطعه کار باعث کاهش تورق می شود. گروه تحقیقاتی مشترکی از پرتقال و برزیل شامل آبرائو و همکاران [۱۱] با بررسی اثر هندسه ابزار بر نیروی پیشروی به عنوان عامل اصلی تورق، کاهش تورق را مورد نظر قرار دارند. سامباو و همکاران [۱۲] با بررسی انحناء سر مته پروفیلی برای این سطح ارائه کردند. ایشان ضمن ساخت ابزار سنگ زنی مناسب جهت ایجاد چنین هندسه ای به کمک آزمایش مزایای به کارگیری چنین ابزاری را

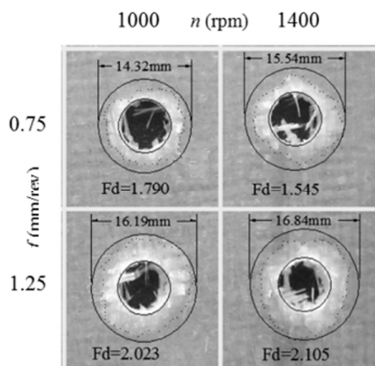
امروزه کامپوزیت ها جایگاه ویژه ای در بین مواد سازنده سازه ها به ویژه سازه های هوایی و خودروسازی پیدا کرده اند. سوراخ کاری پروسه پیشنیاز اصلی جهت اتصال سازه های کامپوزیتی به کمک پیچ و پرچ می باشد. به ویژه در صنایع خودرو و هواپیماسازی این پروسه بسیار پرکاربرد است [۱]. السونباتی و همکاران [۲] گزارش می دهند بیش از ۱۰۰۰۰۰ سوراخ مورد نیاز است تا اجزاء هواپیمای موتور کوچک متصل شوند. در مواد تقویت کننده، الیاف شیشه به دلیل استحکام و قیمت مناسب اغلب در ساخت سازه های کامپوزیتی مورد استفاده قرار می گیرند [۳]. تورق به معنی جدایش لایه ها، مشکل اصلی سوراخ کاری چندلایه های کامپوزیتی است. این پدیده مشکلات ویژه ای را از نظر یکپارچگی سازه ایجاد می کند که چه در محله مونتاژ و چه از نظر استحکام کاری عملکرد اتصال را به خطر می اندازد. از نظر آماری این عیب دلیل مردودی ۶۰٪ سازه های کامپوزیتی در مرحله مونتاژ است. اهمیت مشکل زمانی واضحتر می شود که در نظر بگیریم این عیب در زمان مونتاژ و پس از صرف زمان و هزینه هنگفت تولید ایجاد می شود [۴]. در سال ۲۰۱۲، الیاس جورج و همکاران [۵] اثر شرایط مختلف سوراخ کاری را بر تورق بررسی کردند. هر چند هوچنگ و تسائو [۶] ابزارهایی با هندسه ویژه که جهت

Please cite this article using:

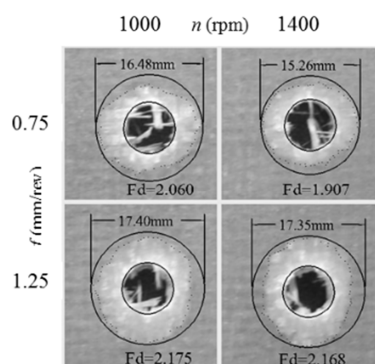
M.R. Vaziri Sereshk, A. Khwakram, Title The investigation on the effects of cutting edge geometry on delamination of drilled composite laminate, Modares Mechanical Engineering, Proceedings of the Advanced Machining and Machine Tools Conference, Vol. 15, No. 13, pp. 120-123, 2015 (in Persian فارسی)

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

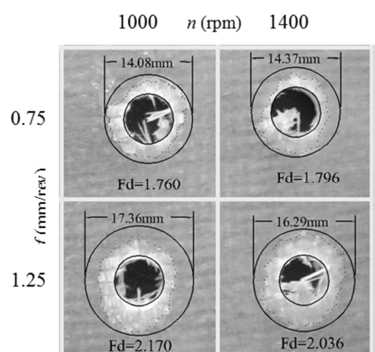
قطر دایره محیط بر گستره تورق به قطر نامی سوراخ است برای هر یک از سوراخ‌ها و در سمت خروجی ابزار تعیین شد [۱۳]. شکل‌های ۳ تا ۸ تنها بخشی از نتایج و محاسبات را بازتاب می‌دهند.



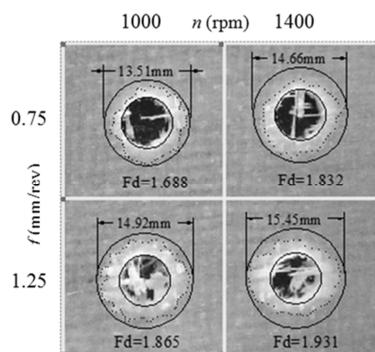
شکل ۳ تورق در سمت خروجی مته ۱



شکل ۴ تورق در سمت خروجی مته ۲



شکل ۵ تورق در سمت خروجی مته ۳



شکل ۶ تورق در سمت خروجی مته ۴

نشان دادند.

در این مقاله اثر هندسه‌های مختلف لبه برنده مته که با سنگ‌زنی ایجاد شده بر تورق ناشی از سوراخ کاری در چندلایه‌های کامپوزیتی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. برای عمومیت بخشیدن به نتایج این تحقیق محدوده وسیعی از شرایط برش شامل دورهای 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 لایه است که ضخامت ۲/۴ میلی‌متری را ایجاد می‌کند. درصد وزنی الیاف به رزین در چند لایه کامپوزیتی مورد استفاده ۵۸٪ است.

### ۲-۲- مشخصات ابزارها

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

### ۳- نتایج تورق در خروج برای مته‌های مختلف

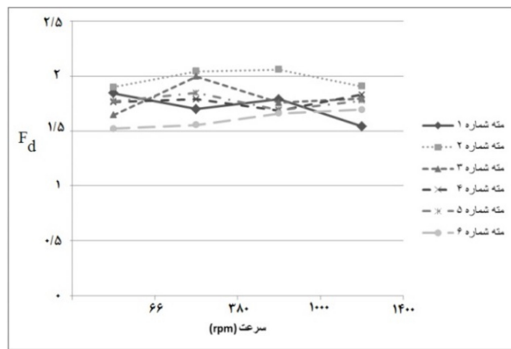
برای عمومی کردن نتایج، محدوده وسیعی از شرایط برش شامل پیشروی‌های ۰/۷۵، ۰/۹، ۱/۲۵ mm/rev و دورهای اسپیندل ۶۰، ۳۸۰، ۱۰۰۰ و ۱۴۰۰ rpm انتخاب شد و توسط مته‌های ۱ تا ۶ در چندلایه‌های کامپوزیتی سوراخ به قطر ۸ میلی‌متر ایجاد شد. سپس شاخص قطری تورق که نسبت



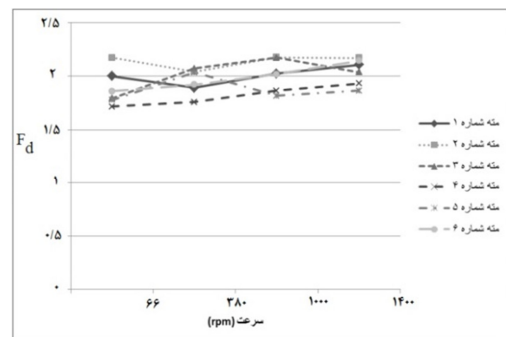
شکل ۱ مته مارپیچ ۱۸۰ درجه معمولی



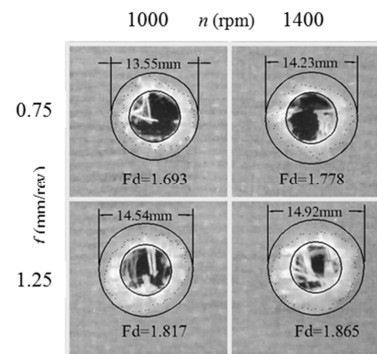
شکل ۲ طرح‌های مختلف سنگ‌زنی سر مته



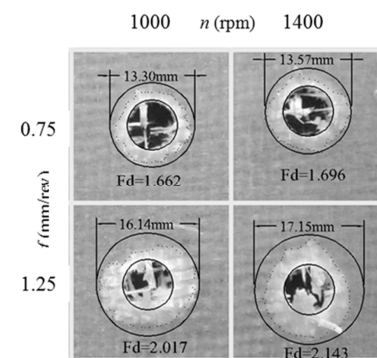
شکل ۱۰ تورق در سرعت‌های اسپندل مختلف برای پیشروی ۱۰/۷۵ mm/rev



شکل ۱۱ تورق در سرعت‌های اسپندل مختلف برای پیشروی ۱/۲۵ mm/rev



شکل ۷ تورق در سمت خروجی مته ۵



شکل ۸ تورق در سمت خروجی مته ۶

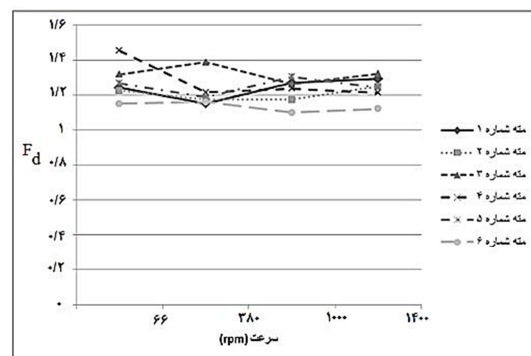
#### ۴- مقایسه عملکرد مته‌های مختلف

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

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

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

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



شکل ۹ تورق در سرعت‌های اسپندل مختلف برای پیشروی ۰/۰۹ mm/rev

#### ۵- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد سنگ‌زنی با طرح‌واره مناسب می‌تواند تورق ناشی از سوراخ کاری چندلایه‌های کامپوزیتی پلیمری با مته معمول ماریچ را به مقدار قابل قبولی کاهش دهد. هر چند رفتار مته‌های مختلف در مقایسه با هم در شرایط سوراخ کاری مختلف تغییر می‌کند اما در محدوده کاربردی صنعت یعنی پیشروی‌های متوسط مته‌های سنگ‌زنی شده با طرح‌های ۴، ۵ و ۶ عملکرد بهتری نسبت به مته معمولی دارند اما اگر عملکرد کلی در کلیه شرایط برش موردنظر باشد مته 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.

- [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. Mohammadi 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. Abrao 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.