

طراحی روشی نوین جهت کنترل فرآیند الکترونانواریسی با استفاده از میدان مغناطیسی خارجی

نویسنده‌ها: مریم جمشیدیان^۱، پدرام پیوندی^۱، محسن هادیزاده^۱، مسعود لطیفی^۲

^۱ یزد - دانشگاه یزد - مجتمع فنی مهندسی - دانشکده مهندسی نساجی

Email: maryam_jamshidiyan@yahoo.com

^۲ تهران - دانشگاه صنعتی امیرکبیر - دانشکده مهندسی نساجی

چکیده:

در فرآیند الکترواریسی، جت الکترواریسی در طول خود ابتدا مسیر مستقیم و سپس مسیر مارپیچی را طی می‌کند. با توجه به اهمیت کنترل حرکت این جت برای کنترل سطح وب جمع‌آوری شده، در این تحقیق به بررسی نحوه تأثیر نیروی مغناطیسی بر حرکت جت و در نتیجه بر مساحت وب نانوالیاف جمع‌آوری شده بر روی صفحه جمع‌کننده با بکارگیری میدان مغناطیسی پرداخته شده و مشخص شده که با بکارگیری یک میدان مغناطیسی خارجی می‌توان ناپایداری حرکت جت در فرآیند الکترواریسی را کنترل نمود.

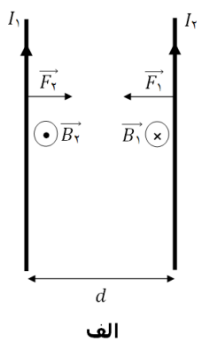
کلمات کلیدی: الکترواریسی - ناپایداری خمشی - جت - میدان مغناطیسی

مقدمه:

الکتروریسی یک روش تولید وب متشکل از الیاف بسیار نازک، از یک محلول پلیمری یا مذاب پلیمری است، که توسط ولتاژ بسیار بالا بین نوک سوزن و یک جمع‌کننده متصل به زمین انجام می‌گیرد [۱].

نانوالیاف توسط یک جت باردار شده مایع پلیمری از یک قطره معلق الکتروریسی می‌شوند. ابتدا جت در مسیر تقریباً مستقیم در جهت دور شدن از نوک سوزن جریان پیدا می‌کند، سپس در مسیر مارپیچی به صورت خمیده حرکت خود را ادامه می‌دهد، نیروی حاصل از میدان الکتریکی و نیروی گرانشی جت باعث می‌شود که حرکت گردبادی ناپایداری خمشی بزرگ و بزرگتر شود [۲ و ۳].

با توجه به اهمیت افزایش قابلیت الکتروریسی، لازم است بر نحوه تشکیل وب نانوالیاف که در نتیجه ته‌نشین شدن پلیمر منجمد شده بر روی صفحه جمع‌کننده می‌باشد، کنترل انجام گیرد. در حقیقت، هنوز مشکلاتی در ارتباط با روش الکتروریسی برای تولید نانوالیاف وجود دارد، بدین منظور روش‌های مختلف الکتروریسی جدید برای حل چنین مشکلاتی بکار گرفته شده است. با بدست آوردن وب الکتروریسی شده با آرایش یافتگی کنترل شده می‌توان قابلیت کاربرد این نانوالیاف را افزایش داد.



مکانیزم حرکت در فرآیند الکتروریسی، موضوع تحقیقات زیادی از زمانی که فرآیند الکتروریسی به عنوان یک اختراع توسط Formhals در سال ۱۹۳۴ ثبت شده است، می‌باشد. به عنوان مثال Reneker, D.H و همکارانش [۳ و ۴] ناپایداری خمشی جت الکتروریسی را از لحاظ شکل و نیروهای موثر بر آن مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. He و همکارانش [۲] بطور سیستماتیک ناپایداری فرآیند الکتروریسی را مطالعه نموده و برای هر سطح از چرخه گردبادی معادله‌ای براساس شعاع چرخه و فاصله محور z از نازل پیش بینی کرده‌اند. He و Liu [۵] از تئوری E-نامحدود برای آنالیز سلسله مراتب فرآیند الکتروریسی استفاده کردند.

Wu و همکارانش [۶] اولین کسانی بودند که برای کنترل پایداری در فرآیند الکتروریسی استفاده از میدان مغناطیسی را پیشنهاد نمودند. Ren و همکارانش [۷] نیروی مغناطیسی حاصل از شکل حرکت جت را به عنوان یک اثر پایدار بر فرآیند الکتروریسی مطرح کردند. آن‌ها بیان نمودند که حرکت‌های لیف در طول مسیر مانند یک مارپیچ مخروطی است بطوری‌که سیستم الکتروریسی پایین‌ترین سطح انرژی را حفظ می‌کند.

در این مقاله روش نوینی برای کنترل ته‌نشینی نانوالیاف در طول فرآیند الکتروریسی با قرار دادن میدان مغناطیسی خارجی، ارائه می‌شود.

۲. نیروی مغناطیسی حاصل از جریان های الکتریسته موازی

برطبق اصول الکترومغناطیس، دو جریان الکتریکی نزدیک بهم، به یکدیگر نیروی مغناطیسی اعمال می کنند.

همچنان که در شکل ۱ دیده می شود، دو جریان مجزای طولانی نامحدود، مستقیم، موازی با فاصله d و جریان های I_1 و I_2 بطور هم جهت، مانند شکل ۱ نیروی جاذبه بهم دیگر وارد می کنند. جریان I_2 یک میدان مغناطیسی B_2 را در محل جریان I_1 ایجاد می کند. نیروی مغناطیسی بر یک طول l از جریان I_1 برابر است با:

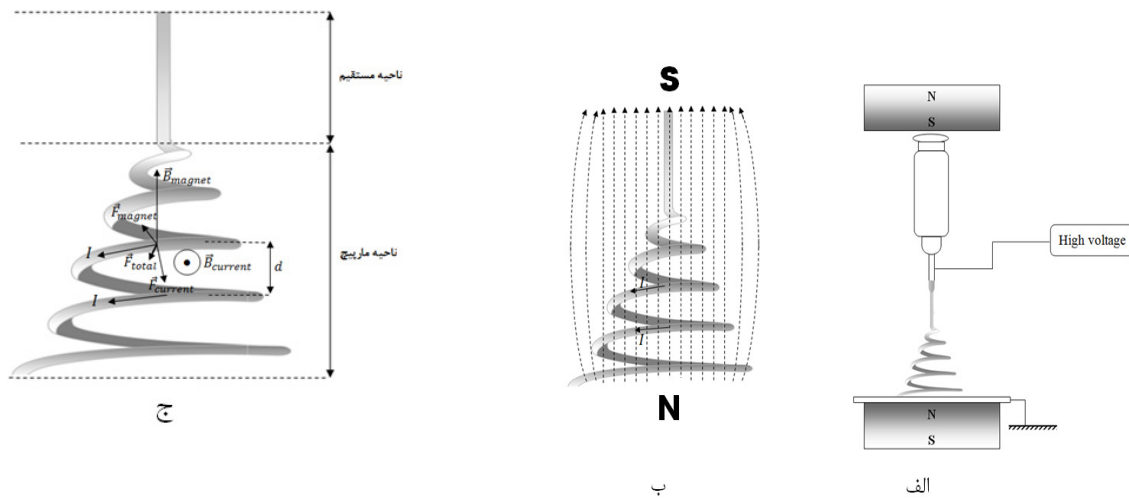
$$F \quad (1)$$

شکل ۱- نیروهای مغناطیسی ناشی از جریان های نزدیک به هم

(الف) - دو جریان موازی هم جهت (ب) - دو جریان موازی نا هم جهت

جت الکتروریسی بعد از حرکت در یک خط مستقیم، شروع به خمیدگی کرده و سپس در یک مسیر شلاقی (گردبادی) حرکت می کند. هر قسمت خمیدگی حامل جریانی است که یک میدان مغناطیسی در فضا ایجاد می کند، و در عوض نیروهای مغناطیسی که توسط سایر لایه های جت القا شده نیز بر آن عمل می کند، بنابراین علاوه بر نیروهای الکتریکی، نیروهای مغناطیسی هم در آنجا وجود دارند. براساس یافته های Ren و همکارانش در مورد شکل گیری حرکت شلاقی جت، بخش خمیده جت تحت تاثیر میدان مغناطیسی در فضا بطور رندوم حرکت نمی کند. با عمل کردن نیروهای جاذبه مغناطیسی، بخش های خمیده در جهت های یکسان پهلوی هم قرار می گیرند. تحت تاثیر نیروهای مغناطیسی، بخش های خمیده دایره مانند لیف تمایل دارند که یکدیگر را در جهت جریان بیوشانند. نیروی حاصل از نیروی الکتریکی و نیروی حاصل از ویسکوزیته پلیمر که مسیرهای گردبادی جت را می سازد، بزرگ و بزرگتر می شود [۷].

حال اگر در چنین شرایطی یک میدان مغناطیسی خارجی، همچنانکه در شکل ۲ - الف و ۲ - ب دیده می شود، در اطراف ناحیه الکتروریسی اعمال شود. آن گاه نیروهای اعمال شده به یک حلقه از نانوالیاف در حال ته نشین شدن به گونه ای که در شکل ۲ - ج نشان داده شده، می باشد.



شکل ۲- الف) نمای شماتیک الکتروریسی تحت میدان مغناطیسی خارجی- ب) خطوط میدان مغناطیسی خارجی- ج) نیروهای مغناطیسی وارد بر نانوالیاف در حین الکتروریسی

از آن جایی که جت الکتروریسی دارای دو قسمت یکی قسمت مستقیم (اهمیک) و دیگری قسمت مارپیچ است، بایستی این دو قسمت را به صورت مجزا از هم مورد بررسی قرار داد.

در قسمت اهمیک به دلیل آن که که جریان بار الکتریکی بر روی پلیمر سیال با میدان الکتریکی خارجی در یک راستا می باشد هیچ نیرویی از طرف میدان خارجی به آن وارد نمی شود.

اما در قسمت مارپیچ همچنان که در شکل ۲- ج نشان داده شده نیروی F_{total} به هر حلقه از الیاف وارد می شود که این نیرو برآیند نیروهای $F_{current}$ (نیرویی که میدان حاصل از جریان به جریان وارد می کند) و نیروی F_{magnet} (نیروی مغناطیسی خارجی) است. اندازه این نیرو برابر است با:

$$(۲)$$

که می توان بدین شکل بازنویسی کرد:

$$(۳)$$

همانطور که در شکل ۲-ج مشاهده می شود نیروی نهایی اعمال شده به هر حلقه لیف در جهتی است که سبب می شود شعاع حلقه مارپیچ کاهش یافته و نتیجتاً شعاع نشست وب کم شود.

۳. بحث و نتیجه گیری:

با استفاده از میدان مغناطیسی خارجی می توان بر روی نحوه ته نشینی نانوالیاف در فرآیند الکترورسی کنترل داشت. در صورتی که طول قسمت مارپیچ جت الکترورسی خیلی کمتر از قسمت مستقیم آن باشد، تاثیر کاهش مساحت وب ناشی از میدان مغناطیسی خارجی، بسیار کم است. اگر بخواهیم طول مارپیچ افزایش یابد بایستی فاصله سوزن و جمع کننده بیشتر شود که در نتیجه باعث می شود فاصله دو آهن ربای پشت سوزن و جمع کننده نیز از هم بیشتر شود و این سبب کاهش شدید میدان مغناطیسی بین آن دو می گردد. اما در مواردی که طول ناحیه خمشی (ناپایدار) جت الکترورسی بیشتر باشد احتمال تاثیر میدان مغناطیسی خارجی نیز بر ناحیه بزرگتر خمشی، بیشتر می شود. یعنی بایستی کاهش قابل ملاحظه تری در مساحت وب جمع آوری شده مشاهده شود.

برای اثبات عملی این موضوع، آزمایشاتی در همین راستا و براساس همین مدل در دست انجام است.

۴. منابع:

۱. مرآتی، علی اکبر، دادگر، مهران، مقدمه‌ای بر الکتروریسی و نانوالیاف، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - ۱۳۸۷
2. He.J-H, Wan.Y-Q, Yu, J-Y. "Allometric scaling and instability in electrospinning". *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*, 5 (2004)243–252.
3. Reneker, D. H., Yarin, A. L., Fong, H. and Koombhongse, S, "Bending instability of electrically charged liquid jets of polymer solutions in electrospinning". *J. Appl. Phys.* 87(2000) 4531-4547.
4. Yarin, A.L., Koombhongse. S, Reneker, D.H. "Bending instability in electrospinning of nanofibers". *J. Appl. Phys.*, 89(5)(2001)3018-3026.
5. He, J.H, Liu, Y. "A hierarchy of motion in electrospinning process and E-infinity nanotechnology". *Journal of Polymer Engineering*, 28(2008)101–114.
6. Wu.Y, Yu . J-Y, He.J-H , Wan Y-Q , "Controlling stability of the electrospun fiber by magnetic field". *Chaos, Solitons and Fractals* 32 (2007) 5–7.
7. Ren.Z-F, Liu. B-Z, Liu G-Q, Kanga. Y-X, Fana. H-Y, H-M.Lia, "Effect of magnetic force on stability of the electrospinning process". *Journal of the Textile Institute*, 101: 6 (2010) 571— 574.