

TỔNG QUAN ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ NANO TRONG DỆT MAY

OVERVIEW APPLICATIONS NANOTECHNOLOGY IN TEXTILE

ThS. Nguyễn Thị Thu Hường

Trường Đại học Kinh tế – Kỹ thuật Công nghiệp

Email: thuhuong@uneti.edu.vn

TÓM TẮT

Công nghệ nano đã cách mạng hóa nhiều ngành công nghiệp khác nhau và ngành dệt may cũng không ngoại lệ. Việc tích hợp công nghệ nano vào hàng dệt may đã mở ra vô số cơ hội để nâng cao các đặc tính của vải. Công nghệ nano đã được sử dụng để mang lại nhiều đặc tính mong muốn cho vải dệt như kháng khuẩn, chống thấm nước, tự làm sạch, không nhăn. Bài báo này nhằm mục đích đánh giá các ứng dụng của công nghệ nano trong ngành dệt may và làm nổi bật những lợi ích tiềm năng của nó trong nhiều quy trình dệt may khác nhau như tráng phủ, in, nhuộm, hoàn thiện, sửa đổi bề mặt. Ngoài ra, bài báo này đi sâu vào vai trò của các cấu trúc nano khác nhau như sợi nano, nanocomposite và nanocoatings. Đã phát triển hàng dệt may thông minh, quần áo bảo hộ và các sản phẩm dệt may bền vững khác. Những thách thức, triển vọng tương lai và ý nghĩa sinh học của công nghệ nano trong hàng dệt may cũng được thảo luận, nhấn mạnh nhu cầu tiếp tục nghiên cứu và đổi mới trong lĩnh vực này.

Từ khóa: Lớp phủ nano; Vải thông minh; Tự làm sạch; Chống bẩn; Lớp phủ kháng khuẩn.

ABSTRACT

Nanotechnology has revolutionized various industries, and the textile industry is no exception. The integration of nanotechnology into textiles has opened up a plethora of opportunities to enhance the properties of fabrics. Nanotechnology has been employed to impart various desirable properties to textile fabric such as anti-bacterial, water-repellent, self-cleaning, wrinkle free, etc. This review paper aims to explore the applications of nanotechnology in the textile industry, and highlight its potential benefits in various textile processes such as coating, printing, dyeing, finishing, surface modifications, etc. Additionally, this paper delves into the role of different nanostructures like nanofibers, nanocomposites, and nanocoatings, etc. which have enabled the development of smart textiles, protective clothing, and other sustainable textile products. The challenges, future prospects, and biological implications of nanotechnology in textiles are also discussed, emphasizing the need for continued research and innovation in this field.

Keywords: Nanocoating; Smart textile; Self-Cleaning; Stain resistant; Antimicrobial coating.

1. CÔNG NGHỆ NANO TRONG HÀNG DỆT MAY THỜI TRANG HIỆN NAY

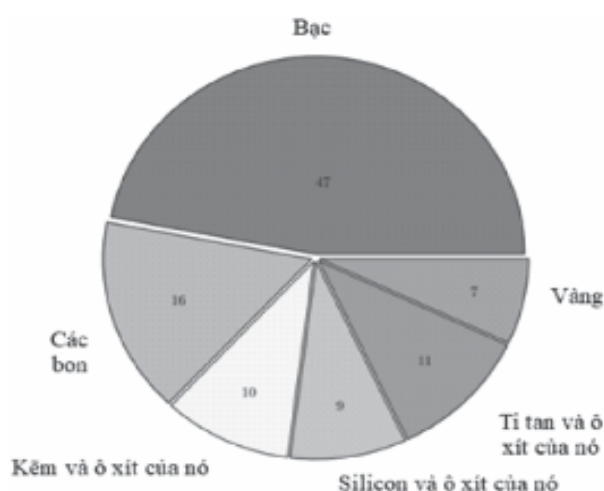
Thị trường hàng dệt may thông minh và đa chức năng đang tăng lên từng ngày. Nghiên cứu này nhằm mục đích giới thiệu các ứng dụng và lợi ích đa dạng của công nghệ nano trong hàng dệt may. Một số minh chứng về hàng dệt may chức năng hiệu suất cao được tạo ra bằng công nghệ nano bao gồm hàng dệt may, y tế và chăm sóc sức khỏe, quần áo thích ứng với nhiệt độ, đồ lót không mùi. Ngoài ra, bài báo này tìm cách giải quyết các thách thức như mối quan tâm về sức khỏe và an toàn, khả năng mở rộng, hiệu quả về chi phí, các vấn đề về quy định và tác động môi trường, liên quan đến việc tích hợp công nghệ nano vào hàng dệt may.

Công nghệ nano liên quan đến việc thao tác và sử dụng các vật liệu ở phạm vi nano từ 1-100 nanomet. Các hạt nano có thể thể hiện các đặc tính khác với vật liệu khối ban đầu [1]. Một trong những lý do chính cho điều này là tỷ lệ diện tích bề mặt trên thể tích cao trong các hạt nano, cho phép tương tác nhiều hơn với môi trường xung quanh. Việc tích hợp công nghệ nano vào hàng dệt may có tầm quan trọng và ý nghĩa to lớn do tiềm năng cách mạng hóa ngành dệt may của nó. Các hạt nano được thiết kế với các đặc tính bề mặt thay đổi được sử dụng trong ngành dệt may. Các hạt nano bao gồm silica, fullerene, ống nano carbon, vàng, bạc, oxit sắt, titan dioxide, oxit kẽm [2-4]. Công nghệ nano trong hàng dệt may được sử dụng để tăng cường các đặc tính, sự thoải mái và chức năng của hàng dệt may. Ngày nay, vật liệu nano ngày càng được sử dụng trong nhiều ứng dụng khác nhau, từ thể thao và chăm sóc sức khỏe đến hàng không vũ trụ và thời trang. Vật liệu nano, hạt nano, sợi nano và nanocomposite tích hợp vào hàng dệt may mang lại những cải tiến đáng kể về chất lượng của các sản phẩm dệt may.

Công nghệ nano cũng đóng vai trò quan trọng trong việc giải quyết những thách thức mới nổi trong ngành dệt may, như nhu cầu về vật liệu và quy trình bền vững và thân thiện với môi trường. Bằng cách kết hợp vật liệu nano, ngành dệt may có thể phát triển các sản phẩm sáng tạo đáp ứng nhu cầu ngày càng thay đổi của người tiêu dùng, hàng dệt thông minh cho công nghệ có thể mặc, vải bảo vệ cho các ứng dụng an toàn và hàng dệt bền vững cho tương lai xanh hơn. Tầm quan trọng của công nghệ nano nằm ở khả năng đóng góp vào những tiến bộ trong các lĩnh vực khác nhau của nó bằng cách phá vỡ ranh giới của khoa học dệt may, đổi mới và khả năng cạnh tranh trên thị trường.

2. VẬT LIỆU NANO ĐƯỢC SỬ DỤNG PHỔ BIẾN TRONG DỆT MAY

Các nguyên tố và hợp chất được sử dụng phổ biến nhất để sản xuất vật liệu nano bao gồm: Bạc; Cacbon; Titan và oxit của nó; Kẽm và oxit của nó; Silicon và oxit của nó. Hình 1 minh họa bạc là hạt nano được sử dụng rộng rãi nhất trong các ứng dụng công nghiệp.



Hình 1. Tỷ lệ vật liệu nano được ứng dụng trong công nghiệp hiện nay

Nanoclay là silicat khoáng có lớp

2D với lớp dày 1 nm và có tính chất cơ học rất cao. Nanoclay có thể được kết hợp vào sợi dệt và lớp phủ để cải thiện tính chất rào cản, khả năng chống cháy và độ bền cơ học [3]. Montmorillonite và kaolinite là hai loại nanoclay thường được sử dụng trong ứng dụng dệt may. Nanoclay được sản xuất thông qua một quy trình bao gồm khai thác, tinh chế, giãn nở giữa các lớp và tách lớp. Xử lý chất hoạt động bề mặt cải thiện khả năng tương thích và các nanoclay thu được được sấy khô, xay.

Sản xuất nanocomposite liên quan đến việc kết hợp vật liệu gia cố ở cấp độ nano, chẳng hạn như hạt nano hoặc nanoclays, vào vật liệu nền, thường là polyme. Trong hàng dệt may, nanocomposite có thể cải thiện các đặc tính như độ bền kéo, khả năng chống mài mòn và khả năng chống cháy [4].

Sợi nano là sợi siêu mịn có đường kính trong phạm vi nanomet. Chúng thường được sử dụng trong hàng dệt may cho các ứng dụng như lọc, băng vết thương, kỹ thuật mô, quần áo bảo hộ, cảm biến, thiết bị lưu trữ năng lượng và hàng dệt may thông minh. Kéo sợi điện là một kỹ thuật phổ biến để sản xuất sợi nano. Kỹ thuật này bao gồm việc áp dụng một trường điện vào dung dịch polyme hoặc chất nóng chảy, tạo ra sợi siêu mịn có tỷ lệ diện tích bề mặt trên thể tích cao và các chức năng độc đáo. Sử dụng quy trình kéo sợi điện, sợi nano của CNT nhiều lớp (MWCNT) có thể được sản xuất bằng cách đồng thời giảm đường kính sợi và tăng độ xoắn (lên đến 1000 lần) [5].

Nanocoatings có thể được áp dụng cho hàng dệt may để tăng cường các đặc tính như khả năng chống thấm nước, chống ố và chống tia UV [6]. Các lớp phủ này thường sử dụng các hạt nano hoặc polyme ở cấp độ nano.

Các loại mực dung môi và UV thông

thường được nhuộm bằng bột có đường kính khoảng 1000nm hoặc lớn hơn, trong khi nanopigments sử dụng các sắc tố (bột) có đường kính không lớn hơn 100nm. Nanopigments thể hiện cường độ màu và độ ổn định cao [7]. Chúng có thể được sử dụng trong hàng dệt may để đạt được màu sắc rực rỡ và lâu dài, cũng như để bảo vệ khỏi tia UV và có đặc tính tự làm sạch.

Ống nano cacbon (CNT) có thể được tích hợp vào hàng dệt may để tăng cường độ dẫn điện và độ bền cơ học [8].

Nanodiamonds là các hạt kim cương có kích thước trong phạm vi nano, thường có kích thước từ vài đến vài trăm nanomet. Việc sử dụng nanodiamonds trong hàng dệt may làm nâng cao hiệu suất và chức năng của vải. Nanodiamonds có độ dẫn nhiệt cao và độ cứng đặc biệt [9].

Tinh thể nano là tinh thể có kích thước nano của nhiều vật liệu khác nhau. Những tinh thể này có thể bao gồm kim loại, chất bán dẫn, gốm sứ hoặc hợp chất hữu cơ. Kích thước và tính chất độc đáo của chúng khiến chúng có giá trị trong nhiều ứng dụng, từ điện tử đến y học [10]. Tinh thể nano được tạo ra bằng cách phân hủy chitosan thành kích thước nhỏ hơn, thường trong phạm vi nanomet.

3. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ NANO TRONG NGÀNH DỆT MAY

Joshi và cộng sự đã đề xuất các kỹ thuật đặc tính cho các ứng dụng công nghệ nano trong hàng dệt [11]. Việc kiểm soát chính xác kích thước, hình dạng, sự phân tán và lắng đọng của vật liệu nano trên chất nền dệt cần có các kỹ thuật đặc tính tinh vi. Các kỹ thuật đặc tính được sử dụng phổ biến nhất là máy phân

tích kích thước hạt, kính hiển vi điện tử (SEM/TEM), kính hiển vi lực nguyên tử, nhiễu xạ tia X.

Mahmud và Nabi đề xuất ứng dụng công nghệ nano trong lĩnh vực dệt may [12]. Nghiên cứu đã chỉ ra công nghệ nano được sử dụng trong ngành dệt may để tạo ra hàng dệt may thông minh.

Singh cung cấp tổng quan về các sáng kiến công nghệ nano, các ứng dụng công nghiệp của chúng và các bằng sáng chế liên quan [13]. Tác giả thảo luận về các ứng dụng công nghệ nano chính như điện tử nano, y học nano, xúc tác nano và cảm biến nano, đồng thời nêu bật tiềm năng của chúng trong việc giải quyết các thách thức toàn cầu.

Asif và Hasan đã đề xuất về ứng dụng công nghệ nano trong dệt may hiện đại [14]. Nghiên cứu làm nổi bật tiềm năng của công nghệ nano trong việc tạo ra các loại vải dệt sáng tạo và hiệu suất cao trong khi giải quyết các đặc tính thông thường được giải quyết là quản lý độ ẩm, đặc tính kháng khuẩn, bảo vệ tia UV và khả năng tự làm sạch.

Malik, Muhammad và Waheed đã đề xuất công nghệ nano. Một cuộc cách mạng trong ngành công nghiệp hiện đại [15]. Trong nghiên cứu này, các tác giả khám phá tác động chuyển đổi của công nghệ nano đối với nhiều ngành công nghiệp khác nhau, nêu bật cách công nghệ nano đã cách mạng hóa các lĩnh vực như y học, điện tử, năng lượng và khoa học vật liệu.

Krifa và Prichard cung cấp một tổng quan toàn diện về ứng dụng công nghệ nano trong ngành dệt và may mặc [16]. Nghiên cứu bao gồm nhiều loại vật liệu nano khác nhau

như nanocoating, nanocomposite, hoàn thiện nano và nanosensor. Nêu bật tác động của công nghệ nano đối với việc phát triển các sản phẩm dệt may để kiểm soát độ ẩm, độ bền, sự thoải mái và khả năng bảo vệ tốt hơn trong hàng dệt may và may mặc.

4. ĐÁNH GIÁ CÁC MỐI NGUY HẠI TIỀM ẨN ĐỐI VỚI SỨC KHỎE CỦA CÔNG NGHỆ NANO TRONG NGÀNH DỆT MAY

Vật liệu nano đang ngày càng hiện diện nhiều hơn trong nhiều sản phẩm dệt. Có nhiều lo ngại về các vấn đề độc tính khi xử lý nhiều loại hạt nano khác nhau. Một số tác giả đã tiến hành nghiên cứu về tác động có hại của công nghệ nano đối với các hệ thống sinh học. Vì hầu hết các mối nguy hại tiềm ẩn của vật liệu nano đối với các hệ thống sinh học vẫn còn ẩn và chưa được tiết lộ, các tác giả đề xuất nên theo dõi và giám sát chặt chẽ.

Saleem và cộng sự, nêu bật những mối nguy hiểm tiềm tàng của vật liệu nano trong hàng dệt may và nhấn mạnh nhu cầu cần có các quy định tốt hơn về xử lý chất thải [17]. Chen thảo luận về sự cần thiết của việc đánh giá rủi ro đối với hàng dệt may phủ nano và tầm quan trọng của các quy định có trách nhiệm để đảm bảo phát triển an toàn [18]. Almeida và cộng sự tập trung vào việc giải phóng các hạt nano từ vải nano và khả năng tiếp xúc qua tiếp xúc với da [19]. Yetisen và cộng sự thảo luận về việc tích hợp vật liệu nano vào hàng dệt may và đánh giá các yếu tố rủi ro như độc tính nano và tác động đến môi trường [20].

5. TRIỂN VỌNG ỨNG DỤNG NANO TRONG NGÀNH DỆT MAY

Mối quan ngại về sức khỏe và an toàn: Việc tích hợp công nghệ nano vào hàng dệt 

may mang lại những lợi thế nhưng cũng làm dấy lên mối quan ngại về sức khỏe và an toàn. Các hạt nano thoát ra từ hàng dệt may trong quá trình sản xuất, sử dụng và thải bỏ có thể gây ra các nguy hại khi hít và nuốt phải. Các giới hạn và quy định về phơi nhiễm nghề nghiệp cụ thể đối với vật liệu nano trong ngành dệt may đang được xây dựng.

Khả năng mở rộng và tiết kiệm về chi phí: Là những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến việc áp dụng rộng rãi công nghệ nano trong ngành dệt may và tích hợp chúng vào các quy trình sản xuất hàng dệt may. Những thách thức nảy sinh trong việc sản xuất vật liệu nano với số lượng lớn mà không ảnh hưởng đến chất lượng và quản lý chi phí cạnh tranh trên thị trường. Mặc dù hiện nay, khoản đầu tư ban đầu lớn hơn vào sản xuất hàng dệt may dựa trên công nghệ nano, nhưng những tiến bộ trong kỹ thuật sản xuất và nhu cầu tăng có thể dẫn đến việc giảm chi phí trong thời gian tới.

Quy định và tiêu chuẩn hóa: Việc tích hợp công nghệ nano vào hàng dệt may đặt ra những thách thức về quy định và tiêu chuẩn hóa, do thiếu các hướng dẫn và tiêu chuẩn cụ thể cho vật liệu nano. Các quy định hiện hành không giải quyết thỏa đáng các đặc tính và rủi ro liên quan đến công nghệ nano trong hàng dệt may. Do đó, phát sinh những khó khăn trong việc đánh giá rủi ro, thử nghiệm an toàn và bảo vệ người tiêu dùng liên quan đến ngành công nghiệp dệt may dựa trên công nghệ nano. Sự hợp tác giữa các cơ quan quản lý, các tổ chức tiêu chuẩn hóa, các nhà nghiên cứu và các bên liên quan trong ngành là rất quan trọng để thu hẹp khoảng cách giữa nghiên cứu và hoạch định chính sách. Tính minh bạch, chia sẻ thông tin và cách tiếp cận dựa trên rủi ro là điều cần thiết để thúc đẩy sự đổi mới đồng thời đảm bảo việc sử dụng công nghệ nano trong hàng dệt

may một cách an toàn và có trách nhiệm. Tuy nhiên, hiện nay các nỗ lực đang được tiến hành để hoàn thiện các vấn đề về quy định và tiêu chuẩn hóa này.

Tích hợp công nghệ nano với các công nghệ khác: Việc tích hợp thành công công nghệ nano với các công nghệ khác là yếu tố then chốt để khai thác toàn bộ tiềm năng của công nghệ nano trong ngành dệt may. Bằng cách kết hợp công nghệ nano với các lĩnh vực như công nghệ sinh học, điện tử và khoa học vật liệu, có thể phát triển các ứng dụng dệt may sáng tạo và đa chức năng. Các nỗ lực nghiên cứu liên ngành là cần thiết để khám phá khả năng tích hợp công nghệ nano với các công nghệ khác, cho phép phát triển các sản phẩm dệt may tiên tiến và phong phú.

Tác động môi trường và tính bền vững: Mặc dù công nghệ nano mang lại những tiến bộ đáng kể về chức năng và hiệu suất của hàng dệt may, nhưng điều quan trọng là phải xem xét tác động môi trường và đảm bảo tính bền vững trong ứng dụng. Việc sản xuất và thải bỏ vật liệu nano, cũng như việc giải phóng các hạt nano trong suốt vòng đời của hàng dệt may ứng dụng công nghệ nano, làm dấy lên mối lo ngại về dấu chân sinh thái của chúng. Để giải quyết những mối lo ngại này, nghiên cứu tập trung vào việc phát triển các phương pháp tổng hợp thân thiện với môi trường, giảm việc sử dụng các hóa chất nguy hiểm và tối ưu hóa quy trình sản xuất để giảm thiểu mức tiêu thụ năng lượng và phát sinh chất thải. Việc tích hợp với các vật liệu bền vững, như polyme phân hủy sinh học, tài nguyên tái tạo và các thành phần có thể tái chế, góp phần hơn nữa vào tính bền vững về môi trường của công nghệ nano trong hàng dệt may. Nhấn mạnh vào việc đánh giá vòng đời và áp dụng phương pháp tiếp cận kinh tế tuần hoàn, ngành dệt may mục đích là cân bằng lợi

ích của công nghệ nano với giảm thiểu tác động đến môi trường, đảm bảo việc triển khai công nghệ nano trong dệt may một cách bền vững và hiệu quả.

6. KẾT LUẬN

Bài báo này đã nêu bật những ứng dụng đa dạng của công nghệ nano trong hàng dệt may, đã nêu lên được tiềm năng to lớn của vật liệu nano trong việc nâng cao các đặc tính chức năng của vải. Hơn nữa, sự tích hợp của công nghệ nano đã dẫn đến sự phát triển của hàng dệt may dẫn điện và cảm biến, các giải pháp thu thập và lưu trữ năng lượng, và thiết bị điện tử đeo được. Công nghệ nano cũng đóng vai trò trong việc tạo ra lớp phủ siêu kỵ nước và siêu kỵ dầu, hàng dệt may thoáng khí và không thấm nước, cũng như vật liệu cách nhiệt và thay đổi pha. Nghiên cứu này nhấn mạnh những đóng góp quan trọng của công nghệ nano trong việc chuyển đổi ngành dệt may. Từ đó cũng đưa ra được những lo ngại về các rủi ro tiềm ẩn và các vấn đề pháp lý liên quan đến sản xuất, sử dụng và thải bỏ vật liệu nano được sử dụng trong hàng dệt may. Nghiên cứu này nhằm mục đích phục vụ như một nguồn tài nguyên có giá trị cho các nhà nghiên cứu, kỹ sư dệt may và các chuyên gia trong ngành quan tâm đến việc khám phá tiềm năng to lớn của công nghệ nano để nâng cao các đặc tính, chức năng và tính bền vững của hàng dệt may. Kết quả từ nghiên cứu này có thể truyền cảm hứng cho nghiên cứu và đổi mới hơn nữa, thúc đẩy sự phát triển trong tương lai của các sản phẩm và vật liệu dệt may tiên tiến. ❖

Ngày nhận bài: 18/6/2025

Ngày phản biện: 07/7/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. R. Mishra, J. Militky, V. Baheti, J. Huang, B. Kale, M. Venkataraman, V. Bele, V. Arumugam, G. Zhu, Y. Wang, “*The production, characterization and applications of nanoparticles in the textile industry*”. Textile Progress, 2014, 46, 133-226, doi: 10.1080/00405167.2014.964474.
- [2]. I. Ahmad, A. Ahmad, H. Tabassum, M. Kuddus, “*A cosmeceutical perspective of engineered nanoparticles*”. Handbook of Nanomaterials for Manufacturing Applications, 2020, 191-223, doi: 10.1016/b978-0-12-821381-0.00008-9.
- [3]. İ. Göcek, “*Functionalization of textile materials with nanoclay incorporation for improved characteristics*”. Politeknik Dergisi, 2019, 22, 509-522, doi: 10.2339/politeknik.508592.
- [4]. S. Gowri, L. Almeida, T. Amorim, N. Carneiro, A. Pedro Souto, M. Fátima Esteves, “*Polymer nanocomposites for multifunctional finishing of textiles - A review*”. Textile Research Journal, 2010, 80, 1290-1306, doi: 10.1177/0040517509357652.
- [5]. A. P. S. Sawhney, B. Condon, K. V. Singh, S. S. Pang, G. Li, D. Hui, “*Modern applications of nanotechnology in textiles*”. Textile Research Journal, 2008, 78, 731-739, doi: 10.1177/0040517508091066.
- [6]. A. Yadav, V. Prasad, A. A. Kathe, S. Raj, D. Yadav, C. Sundaramoorthy, N. Vigneshwaran, “*Functional finishing in cotton fabrics using zinc oxide nanoparticles*”. Bulletin of Materials Science, 2006, 29, 641-645, doi: 10.1007/s12034-006- 0017-y.
- [7]. A. M. Kiselev, N. V. Dashchenko, “*Nanosized compounds in textile materials finishing processes*”. Russian Journal of General Chemistry, 2013, 83, 193-204, doi: 10.1134/S1070363213010404.
- [8]. G. Chen, Y. Seki, H. Kimura, S. Sakurai, M. Yumura, K. Hata, D. N. Futaba, “*Diameter control of single-walled carbon nanotube forests from 1.3-3.0 nm by arc plasma*”



- deposition*". Scientific Reports, 2014, 4, 3804, doi: 10.1038/srep03804.
- [9]. E. Tamburri, V. Guglielmotti, S. Orlanducci, M. Terranova, D. Sordi, D. Passeri, R. Matassa, M. Rossi, "Nanodiamond-mediated crystallization in fibers of PANI nanocomposites produced by template-free polymerization: Conductive and thermal properties of the fibrillar networks". Polymer, 2012, 53, 4045-4053, doi: 10.1016/J.POLYMER.2012.07.014.
- [10]. A. Hebeish, S. Sharaf, A. Farouk, "Utilization of chitosan nanoparticles as a green finish in multifunctionalization of cotton textile". International Journal of Biological Macromolecules, 2013, 60, 10-17, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2013.04.078.
- [11]. M. Joshi, A. Bhattacharyya, S. W. Ali, "Characterization techniques for nanotechnology applications in textiles". Indian Journal of Fibre & Textile Research, 2008, 33, 304-317.
- [12]. R. Mahmud, F. Nabi, "Application of Nanotechnology in the field of Textile". IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering, 2017, 4, 1-6, doi: 10.9790/019x-0401010106.
- [13]. N. A. Singh, "Nanotechnology innovations, industrial applications and patents". Environmental Chemistry Letters, 2017, 15, 185-191, doi: 10.1007/s10311-017-0612-8.
- [14]. A. K. M. A. Hosne Asif, M. Z. Hasan, "Application of nanotechnology in modern textiles: A review". International Journal of Current Engineering and Technology, 2018, 8, 227-231, doi: 10.14741/ijcet/v.8.2.5.
- [15]. S. Malik, K. Muhammad, Y. Waheed, "Nanotechnology: A revolution in modern industry". Molecules, 2023, 28, 661, doi: 10.3390/molecules28020661.
- [16]. M. Krifa, C. Prichard, "Nanotechnology in textile and apparel research – An overview of technologies and processes". The Journal of the Textile Institute, 2020, 111, 1778-1793, doi: 10.1080/00405000.2020.1721696.
- [17]. H. Saleem, S. J. Zaidi, "Sustainable use of nanomaterials in textiles and their environmental impact". Materials, 2020, 13, 5134, doi: 10.3390/ma13225134.
- [18]. J. Chen, Y. G. Lu, C. Sun, "Safety and health assessment of manufactured nanoparticles in nano-coated textile products". Advanced Materials Research, 2011, 175-176, 722-728, doi: 10.4028/www.scientific.net/amr.175-176.722.
- [19]. L. Almeida, D. Ramos, "Health and safety concerns of textiles with nanomaterials". IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, 254, 102002, doi: 10.1088/1757-899x/254/10/102002.
- [20]. A. K. Yetisen, H. Qu, A. Manbachi, H. Butt, M. R. Dokmeci, J. P. Hinestroza, M. Skorobogatiy, A. Khademhosseini, S. H. Yun, "Nanotechnology in textiles". ACS Nano, 2016, 10, 3042-3068, doi: 10.1021/acsnano.5b08176.