

ẢNH HƯỞNG CỦA THAN CHÌ VÀ MOLIPDEN DISUNFUA TỚI HÌNH THÁI VÀ TÍNH CHỊU MÀI MÒN CỦA VẬT LIỆU COMPOSITE NỀN POLYETYLEN TRỌNG LƯỢNG PHÂN TỬ SIÊU CAO

NGUYỄN ĐỨC ANH⁽¹⁾, PANIN S. V.^(2,3)

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Polyetylen trọng lượng phân tử siêu cao (Ultra high molecular weight polyethylene - UHMW-PE) và vật liệu composite dựa trên nền UHMW-PE sở hữu một loạt các đặc tính kỹ thuật ưu việt như độ bền cao, hệ số ma sát nhỏ, độ chịu mài mòn cao, tính chống ăn mòn cao... Vì vậy UHMW-PE được ứng dụng để chế tạo các chi tiết chịu độ bền va đập cao và chịu mài mòn lớn như: Bánh răng, ổ trục, ròng rọc... Thậm chí UHMW-PE còn được ứng dụng để chế tạo các loại khớp nhân tạo, răng giả... Các cơ tính kỹ thuật này có thể được cải thiện bằng cách bổ sung các loại phụ gia khác nhau nhằm mở rộng phạm vi ứng dụng của vật liệu này trong các ngành chế tạo máy, công nghệ hóa học, y học, kỹ thuật điện tử... [1].

Trong những năm gần đây đã có nhiều công trình nghiên cứu về việc sử dụng chất phụ gia kích thước micro (10^{-6} m) và nano (10^{-9} m) để tăng tính chịu mài mòn của vật liệu composite từ polyme [2 - 8]. Trong đó phụ gia than chì (graphit) và molipden disunfua (MoS_2) đã được nhiều tác giả chú ý đến vì tính chịu mài mòn cao của hai loại chất này. Bài báo này trình bày các kết quả của việc ứng dụng phụ gia than chì và molipden disunfua MoS_2 (kích thước micro) vào vật liệu composite nền UHMW-PE nhằm tăng cơ tính và độ chịu mài mòn.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THỬ NGHIỆM

Trong nghiên cứu sử dụng bột UHMW-PE nhãn hiệu GUR 2122 sản xuất tại công ty Ticona (CHLB Đức) với khối lượng phân tử 3 triệu đ.v.C, phụ gia than chì, MoS_2 có kích thước 2 - 3 μm . Các mẫu composite thử nghiệm được chế tạo bằng phương pháp ép nóng, áp suất 10 MPa, nhiệt độ 190°C, tốc độ làm lạnh 3 - 4 °C/phút. Đã chế tạo các mẫu vật liệu với 3%, 5% và 10% than chì hay MoS_2 để thử nghiệm

Độ chịu mài mòn được đo bằng máy thử ma sát quay SMT- 1 theo tiêu chuẩn GOST 23.224-86 với tải trọng vật nặng 160 N, tốc độ quay 100 vòng/phút. Tính chất cơ học được đo bằng máy thử tổng hợp Instron-5582 theo tiêu chuẩn GOST 1947-84. Độ cứng của vật liệu theo thang Shore được đo bằng máy đo độ cứng Instron 902 theo tiêu chuẩn GOST 263-75. Cấu trúc phân tử được quan sát dưới kính hiển vi điện tử SEM LEO EVO 50, Zeiss.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

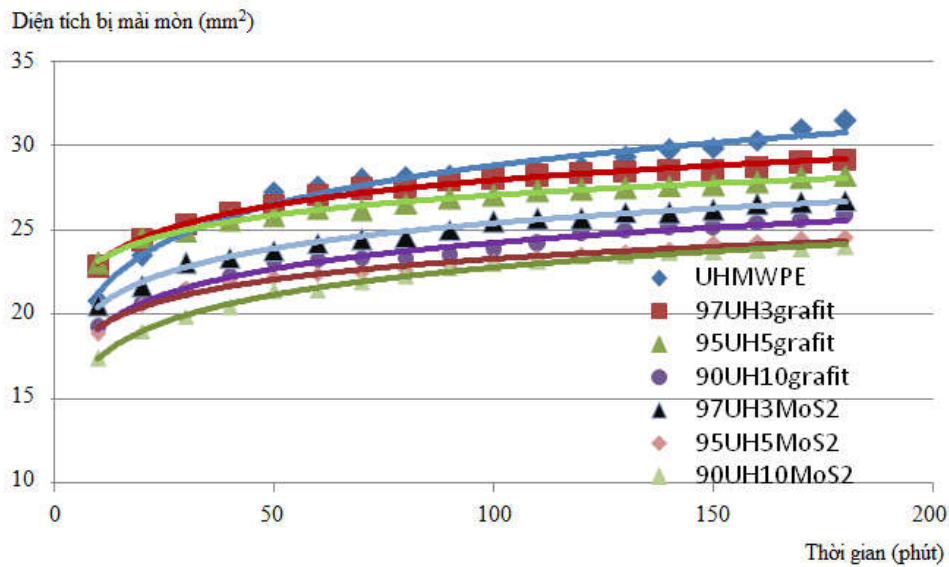
Tính chất cơ lý và tính chống mài mòn của vật liệu composite nền UHMW-PE phụ gia than chì và MoS₂ với các tỷ lệ khác nhau về khối lượng (3%, 5%, 10%) có sự thay đổi so với UHMW-PE nguyên chất. Sự phụ thuộc của một số tính chất cơ lý của vật liệu theo sự thay đổi về phần trăm khối lượng của chất phụ gia được đưa ra tại bảng 1.

Bảng 1. Tính chất cơ lý của vật liệu composite UHMW-PE

Vật liệu	KL riêng, g/cm ³	Độ cứng Shore	Giới hạn chảy, MPa	Giới hạn bền, MPa	Độ giãn dài tương đối, %
UHMW- PE	0,93	56,7	19,2	30,3	470
UHMW-PE + 3% than chì	0,95	57,5	19,5	30,3	471
UHMW-PE + 5% than chì	0,96	57,5	19,3	29,7	513
UHMW-PE + 10% than chì	0,98	57,6	20,1	28,6	531
UHMW-PE + 3% MoS ₂	0,95	56,7	18,4	27,2	494
UHMW-PE + 5% MoS ₂	0,98	56,9	18,6	26,9	515
UHMW-PE + 10% MoS ₂	1,01	56,9	18,2	26,7	535

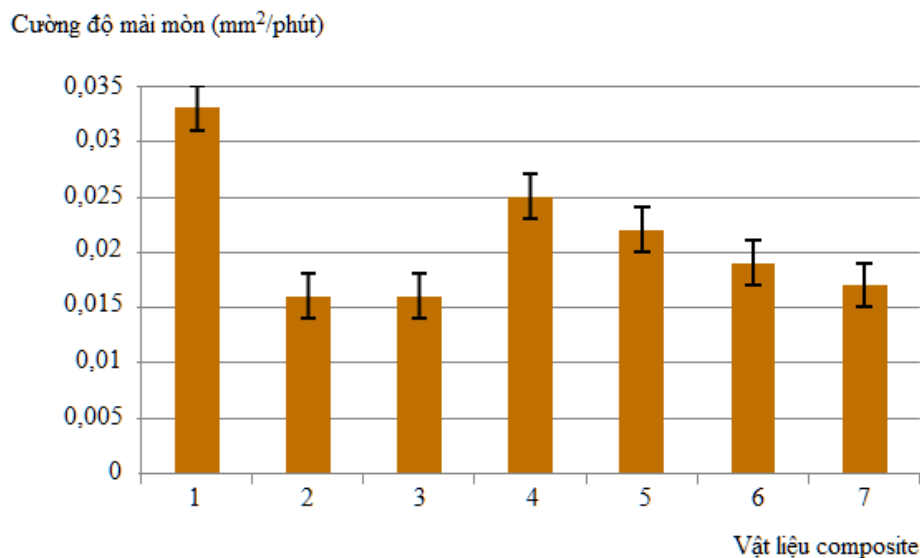
Kết quả cho thấy tính chất đàn hồi dẻo của vật liệu composite nền UHMW-PE (giới hạn chảy, giới hạn bền) giảm xuống khi tăng hàm lượng của than chì và MoS₂ từ 3 - 10% khối lượng. Khi thêm MoS₂ tính chất đàn hồi dẻo của vật liệu giảm xuống nhiều hơn so với khi thêm than chì. Khối lượng riêng của vật liệu tăng dần theo sự gia tăng hàm lượng chất phụ gia. Độ cứng vật liệu theo thang Shore hầu như không thay đổi. Độ giãn dài tương đối cũng tăng theo sự tăng % khối lượng chất phụ gia. MoS₂ và graphit đều có tác dụng làm tăng độ dẫn dài (tăng thêm khoảng 60% ở hàm lượng 10% chất độn) và có xu hướng tác dụng tương đương nhau.

Chúng tôi cũng đã xác định độ chịu mài mòn của tất cả các mẫu vật liệu ở trên. Trong hình 1 biểu diễn sự phụ thuộc của diện tích mài mòn vào thời gian của các loại vật liệu.



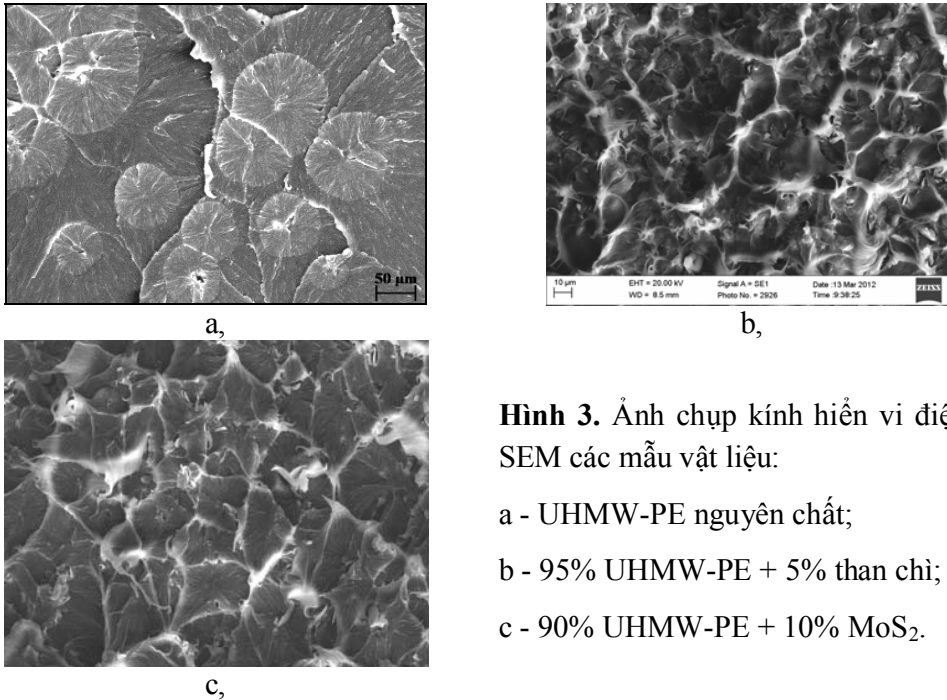
Hình 1. Sự phụ thuộc của diện tích mài mòn theo thời gian của các mẫu vật liệu

Hình 1 cho thấy, khi thêm phụ gia than chì và MoS₂, tốc độ mài mòn của vật liệu giảm đáng kể. Kết quả cho thấy vật liệu có tốc độ chịu mài mòn tốt nhất thu được khi thêm 5% than chì. Sự phụ thuộc cường độ mài mòn (tính bằng mm²/phút) vào phần trăm khối lượng chất độn được thể hiện ở hình 2.



Hình 2. Sự phụ thuộc cường độ mài mòn vào phần trăm tỷ lệ chất phụ gia
 1 - UHMW-PE; 2 - 97%UHMW-PE+3% than chì; 3 - 95%UHMW-PE+5% than chì;
 4 - 90%UHMW-PE+10% than chì; 5 - 97%UHMW-PE+3% MoS₂;
 6 - 95%UHMW-PE+5% MoS₂; 7 - 90%UHMW-PE+10% MoS₂

Hình 2 cho thấy, khi thêm 5% than chì độ chịu mài mòn giảm xuống ở mức thấp nhất (tăng lên gần 2 lần so với mẫu không sử dụng phụ gia). Khi thêm than chì với tỷ lệ khối lượng lớn (hơn 10% khối lượng) độ chịu mài mòn của vật liệu bắt đầu giảm xuống. Độ chịu mài mòn của vật liệu composite nền UHMW-PE phụ gia MoS₂ tăng dần theo sự tăng tỷ lệ phần trăm khối lượng MoS₂ được khảo sát trong thành phần vật liệu. Kết quả tốt nhất thu được ở mẫu 90% UHMW-PE + 10% MoS₂, độ chịu mài mòn tăng lên khoảng 1,8 lần.



Hình 3. Ảnh chụp kính hiển vi điện tử SEM các mẫu vật liệu:

- a - UHMW-PE nguyên chất;
- b - 95% UHMW-PE + 5% than chì;
- c - 90% UHMW-PE + 10% MoS₂.

Kết quả chụp cấu trúc phân tử bằng kính hiển vi điện tử cho thấy, ở mẫu UHMW-PE không có phụ gia cũng như ở các mẫu composite UHMW-PE + than chì và UHMW-PE + MoS₂ đều quan sát được cấu trúc hạt tròn. Hơn nữa ở các mẫu vật liệu composite UHMW-PE + 5% than chì và mẫu UHMW-PE + 10% MoS₂, đường kính hạt nhỏ hơn nhiều so với đường kính hạt UHMW-PE không có phụ gia (hình 3).

4. KẾT LUẬN

- Việc sử dụng phụ gia than chì và molopden disunfua MoS₂ không làm thay đổi đáng kể độ cứng (theo thang Shore) của vật liệu composite nền UHMW-PE. Khi tăng 10% khối lượng chất phụ gia nói trên, giới hạn bền của vật liệu giảm 6 - 12 %, độ giãn dài tương đối tăng từ 60 - 65%.

- Độ chịu mài mòn của vật liệu composite UHMW-PE với than chì hay MoS₂ tăng lên đáng kể so với khi không có phụ gia. Khi thêm 5% khối lượng than chì thu được composite có độ chịu mài mòn tốt nhất (tăng lên khoảng 2 lần).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Машков Ю. К., Овчар З. Н., Байбарацкая М. Ю., Мамаев О. А., *Полимерные композиционные материалы в триботехнике*, М.:ООО “Недра-Бизнесцентр”, 2004.
2. Gai J. and Li H., *Ultrahigh molecular weight polyethylene/ polypropylene/ organo-montmorillonite nanocomposites: phase morphology, rheological and mechanical properties*, J. of Applied Polymer Science, 2007, 106, p.3023 - 3032.
3. Galetz M. C., Blar T., Ruckdaschel H., Sandler K. W. and Alstadt V., *Carbon nanofibre-reinforced ultrahigh molecular weight polyethylene for tribological applications*, J. of Applied Polymer Science, 2007, 104, p.4173-4181.
4. Panin S. V., Kornienko L. A., Wannasri S. et al., *Comparison of effectiveness of the UHMWPE modification by nanofibers (C, Al₂O₃) and nanoparticles (Cu, SiO₂) for obtaining of antifriction composites*, Friction and wear, 2010, 31(6):685-696.
5. Panin S. V., Kornienko L. A., Wannasri S., Ivanova L. R., Shilko S. V., *Comparative analysis of the influence of nano- and microfillers of oxidized Al on friction-mechanical properties of UHMWPE*, Friction and wear, 2010, 31(5):353-360.
6. Steven M. Kurtz, *The UHMWPE handbook: Ultra-high molecular weight polyethylene in total joint replacement*, Academic press, 2004, p.379.
7. Wei Z., Zhao Ya-Pu, Ruan S. L. and Gao P., *A study of the tribological behavior of carbon nanotube-reinforced ultrahigh molecular weight polyethylene composites*, Surface and Inter face Analysis, 2006, 38, p.883-886.
8. Zhou J. and Yan F., *Improvement of the tribological behavior of ultra-high-molecular-weight polyethylene by incorporation of poly (phenyl p-hydroxyzoate)*, J. of Applied Polymer Science, 2005, 96, p.2336-2343.

SUMMARY

THE IMPACT OF GRAPHITE AND MOLYBDENUM DISULFIDE ON STRUCTURE AND PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON ULTRA HIGH MOLECULAR WEIGHT-POLYETHYLENE

The effect of various fillers (graphite, MoS₂) on the mechanical and tribological properties of ultra high molecular weight-polyethylene (UHMW-PE) is studied. The modification of UHMW-PE by graphite or MoS₂ leads to a substantially enhance in its tribological properties but not change substantially their mechanical properties. The results of analysis SEM shows that modification UHMW-PE by these fillers leads to the formation of supramolecular spherulitic structure. The friction resistance of UHMW-PE increases about two times with 5% graphite (particle size 2 - 3 μm).

Từ khóa: Ultra high molecular weight polyethylene, tribological, mechanical properties, graphite, molybdenum disulphide.

Nhận bài ngày 18 tháng 6 năm 2014

Hoàn thiện ngày 12 tháng 10 năm 2014

⁽¹⁾ Chi nhánh Ven Biển, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga

⁽²⁾ Đại học Bách khoa Tomsk

⁽³⁾ Viện Vật liệu và độ bền, Viện Hàn lâm Khoa học Nga chi nhánh Sibiri