

NGHIÊN CỨU ĐÁNH BÓNG BẰNG DUNG DỊCH HẠT MÀI ĐƯỢC DẪN ĐỘNG BẰNG KHÍ VÀ BƠM TRÊN KÍNH QUANG HỌC NBK-7

STUDY ABRASIVE JET POLISHING AND AIR- DRIVING FLUID JET POLISHING ON NBK-7 OPTICAL GLASS

Phạm Hữu Lộc

Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, độ nhám bề mặt của kính quang học N-BK7 được cải tiến bằng cách sử dụng hai phương pháp đánh bóng: Đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng khí và đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng máy bơm hạt mài. Kết quả sử dụng phương pháp đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng máy bơm, độ nhám bề mặt (R_a) của mẫu thí nghiệm được cải tiến từ $0.35 \mu\text{m}$ đến $0.018 \mu\text{m}$ khi sử dụng các thông số đánh bóng tối ưu. Sử dụng đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng khí thì độ nhám bề mặt (R_a) của mẫu thí nghiệm được cải tiến từ $0.35 \mu\text{m}$ đến $0.032 \mu\text{m}$ khi sử dụng các thông số đánh bóng tối ưu. Như vậy, cải tiến độ nhám bề mặt của phương pháp đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng máy bơm hạt mài cho kết quả tốt hơn phương pháp đánh bóng hạt mài được dẫn động bằng khí.

Từ khóa: Đánh bóng; Độ nhám bề mặt; Phương pháp Taguchi; Kính quang học.

ABSTRACT

In this study, the surface roughness of N-BK7 optical glass is improved by using two polishing methods: Air-driving fluid jet polishing and abrasive jet polishing (AJP). Using the AJP method, the surface roughness (R_a) of the test sample is improved from $0.35 \mu\text{m}$ to $0.018 \mu\text{m}$ using optimum polishing parameters. Using air-driving fluid jet polishing, the surface roughness (R_a) of the specimen is improved from $0.35 \mu\text{m}$ to $0.032 \mu\text{m}$ using optimum polishing parameters. Thus improving the surface roughness of NBK-7 optical glass using the AJP method is better using the air-driving fluid jet polishing method.

Keywords: Polishing, surface roughness, Taguchi methods, optical glass.

1. TỔNG QUAN

Kính quang học được sử dụng rộng rãi, được ứng dụng trong nhiều sản phẩm công nghiệp, chẳng hạn như: Kính lúp, kính hiển vi, kính thiên văn, kính đeo mắt và các thấu kính ứng dụng trong vũ trụ. Ngoài ra, nhiều máy hiện đại sử dụng thấu kính như: Máy tính, máy chụp hình kỹ thuật số và trong ngành Công nghiệp ô tô. Độ bóng bề mặt là một trong những thông số quan trọng để đánh giá chất lượng thấu kính cũng như chất lượng kính quang học.

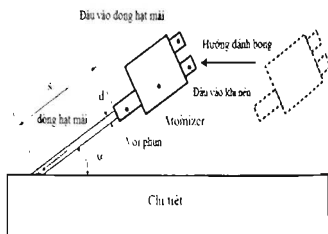
Fähle và cộng sự đã phát triển kỹ thuật đánh bóng bằng dòng chất lỏng để giảm độ nhám bề mặt của BK7 từ 350 đến 25 nm [1]. Nghiên cứu của họ chứng minh rằng có thể sử dụng phương pháp đánh bóng bằng dòng chất lỏng cho vật liệu kính BK7. Booji đã khảo sát đánh bóng bằng dòng chất lỏng trên vật liệu thủy tinh [2]. Li và cộng sự đã nghiên cứu lý thuyết để phân tích và mô phỏng quá trình đánh bóng bằng dung dịch hạt mài trên vật liệu kính BK7, nghiên cứu của họ cho thấy, biên dạng của quá trình bóc tách vật liệu phụ thuộc vào góc tác động và quá trình quay của mẫu thí nghiệm [3]. Thiết bị được sử dụng trong quá trình đánh bóng bằng dung dịch hạt mài là máy CNC 3 trục [4, 5]. So sánh với các kỹ thuật đánh bóng truyền thống thì đánh bóng bằng dung dịch hạt mài có nhiều ưu điểm hơn, chẳng hạn như ít ăn mòn hệ thống, không tiếp xúc giữa dụng cụ và bề mặt chi tiết, có khả năng đánh bóng các chi tiết có bề mặt phức tạp, dụng cụ đánh bóng được làm mát, loại bỏ các mảnh vụn phoi trong quá trình đánh bóng và giảm chi phí gia công và chi phí môi trường [6, 7]. Do đó, nghiên cứu này sử dụng hai phương pháp đánh bóng để làm tăng độ bóng bề mặt kính quang học N-BK7 là: Đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng khí và đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng máy bơm hạt mài.

2. NỘI DUNG THÍ NGHIỆM

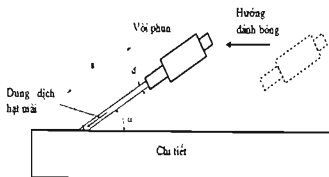
Sơ đồ đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng khí và bơm được minh họa bởi Hình 1 và 2. Thời gian đánh bóng, nồng độ hạt mài, vật liệu hạt mài, khoảng cách với phun (s), đường kính vòi phun (d) và góc tác động (α) là những thông số quan trọng trong quá trình đánh bóng bằng dòng hạt mài được minh họa bởi hình 1 và 2.

2.1. Thiết kế và gia công dụng cụ đánh bóng

Trong nghiên cứu này, dụng cụ đánh bóng được thiết kế mới và gia công cho quá trình đánh bóng. Nó bao gồm chuỗi dụng cụ, tấm kẹp, vòi phun, bộ kẹp vòi phun. Trong suốt quá trình đánh bóng chuỗi dụng cụ được kẹp chặt trên trục chính máy trung tâm gia công. Để điều chỉnh góc tác động, tấm kẹp được thiết kế hai hàng lỗ gồm 16 lỗ và các lỗ này được sử dụng để kẹp vòi phun bằng các bu lông. Như vậy, dụng cụ đánh bóng dễ dàng điều chỉnh góc tác động từ 20° đến 90° . Vị trí của vòi phun có thể điều chỉnh được trên bộ kẹp vòi phun, khoảng cách của vòi phun đến bề mặt mẫu thử có thể thay đổi từ 5 mm đến 30 mm.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý quá trình đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng khí.



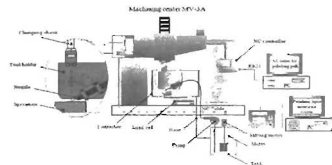
Hình 2 Sơ đồ nguyên lý quá trình đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng máy bơm

2.2. Vật liệu của mẫu thí nghiệm

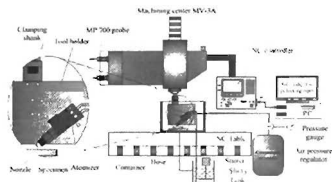
Trong nghiên cứu này, kính quang học N-BK7 được sử dụng như là mẫu thí nghiệm. Kính thước của mẫu thử N-BK7 có đường kính $\phi 90$ mm và độ dày 12 mm. Ngoài ra, độ nhám bề mặt (R_a) trước và sau quá trình đánh bóng được đo bởi thiết bị 'Color 3D laser scanning microscope' loại Keyence VK-9700. Độ nhám bề mặt (R_a) của mẫu thí nghiệm trước khi đánh bóng là $0,35 \mu\text{m}$.

2.3. Thiết lập thí nghiệm

Hình 3, mô tả sơ đồ thí nghiệm của phương pháp đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng máy bơm. Một máy bơm có thể điều chỉnh được áp suất phun được sử dụng để hút dung dịch hạt mài từ thùng chứa. Dung dịch hạt mài được bơm từ thùng chứa và chảy qua đường ống đến vòi phun. Từ miệng vòi phun dòng dung dịch hạt mài phun lên bề mặt mẫu thử và sau đó quay lại thùng chứa để tái sử dụng. Mẫu thí nghiệm được đánh bóng trên máy trung tâm gia công, loại MV-3A. Ngoài ra, sơ đồ thí nghiệm của phương pháp đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng khí được minh họa bằng Hình 4. Hai phương pháp đánh bóng này chỉ khác nhau bộ phận truyền động dòng hạt mài.



Hình 3. Thiết lập thí nghiệm cho quá trình đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng bơm.



Hình 4. Thiết lập thí nghiệm cho quá trình đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng khí.

2.4. Thông số thí nghiệm

Ảnh hưởng của các thông số đánh bóng lên độ bóng của N-BK7 được xác định bằng cách thực hiện các thí nghiệm Taguchi [8]. Các thông số cố định và các thông số điều khiển cho hai phương pháp đánh bóng được minh họa trong Bảng 1 và 2.

Bảng 1. Thông số cố định trong thí nghiệm đánh bóng:

Thông số cố định	Giá trị
Đường kính vòi phun (Vật liệu: Đồng)	3 mm
Kích thước hạt mài	CeO_2 Al_2O_3
Chất thêm vào	Nước
Phôi (mẫu đánh bóng)	Kính quang học N-BK7
Tốc độ quay cánh khuấy	100 (vòng/phút)
Diện tích đánh bóng	6 mm × 6 mm

Bảng 2 Các thông số điều khiển và các mức trong thí nghiệm đánh bóng:

Thông số điều khiển	Mức		
	1	2	3
A. Vật liệu hạt mài	CeO ₂	Al ₂ O ₃	
B. Nồng độ hạt mài (%)	10	15	20
C. Góc tác động (°)	40	50	60
D. Khoảng cách vòi phun (mm)	6	9	12
E. Áp suất phun (kgf/cm ²)	3	4	5
F. Thời gian đánh bóng (phút)	15	30	45

3. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

3.1. Thông số tối ưu

Dựa vào kết quả thí nghiệm L18 cho quá trình đánh bóng bằng dung dịch hạt mài, bảng 3 và 4 chỉ ra giá trị độ nhám bề mặt (R_a) của các mẫu đánh bóng và tính toán giá trị tỷ số S/N cho hai phương pháp đánh bóng. Mức tối ưu cho mỗi thông số có giá trị tỷ số S/N (η) lớn nhất và sự kết hợp của các mức tối ưu cho sáu thông số cho phương pháp đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được dẫn động bằng bơm là $A_2B_3C_1D_3E_3F_3$ và dẫn động bằng khí là: $A_2B_1C_1D_3E_3F_2$.

3.2. Thí nghiệm kiểm chứng

Để kiểm tra độ tin cậy của kết quả thí nghiệm Taguchi, ba thí nghiệm kiểm chứng được thực hiện sử dụng các thông số đánh bóng tối ưu cho hai phương pháp. Kết quả giá trị trung bình độ nhám bề mặt (R_a) của các mẫu thử sau thí nghiệm kiểm chứng là 0.018 μm đối với

phương pháp đánh bóng được dẫn động bằng bơm. Như vậy, độ nhám bề mặt của N-BK7 sau quá trình đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được cải tiến xấp xỉ 94.8 %.

Kết quả giá trị trung bình độ nhám bề mặt (R_a) của các mẫu thử sau thí nghiệm kiểm chứng là 0.032 μm đối với phương pháp đánh bóng được dẫn động bằng khí. Như vậy, độ nhám bề mặt của N-BK7 sau quá trình đánh bóng bằng dung dịch hạt mài được cải tiến xấp xỉ 90.8 %. Như vậy, kết quả đánh bóng của phương pháp đánh bóng hạt mài dẫn động bằng bơm cho kết quả cao hơn phương pháp còn lại. Điều này, có thể lý giải là trong quá trình đánh bóng dẫn động bằng bơm, dòng hạt mài ổn định do đó lực đánh bóng tác động đều lên bề mặt chi tiết nên cải tiến độ nhám bề mặt sản phẩm tốt hơn. Đánh bóng dùng dòng hạt mài dẫn động bằng khí tuy không dùng bơm, tuy nhiên lực tác động lên bề mặt không ổn định, dòng dung dịch hạt mài phụ thuộc vào dòng khí nên cung cấp.

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm của mẫu sử dụng dành bóng dung dịch hạt mài dẫn động bằng máy bơm

STT	Thông số điều khiển						Giá trị đo R_a (μm)			Tỷ số S/N	R_a trung bình
	A	B	C	D	E	F	1	2	3	(dB)	(μm)
1	1	1	1	1	1	1	0,177	0,148	0,145	16,0638	0,157
2	1	1	2	2	2	2	0,152	0,148	0,139	16,6871	0,146
3	1	1	3	3	3	3	0,125	0,126	0,120	18,1530	0,124
4	1	2	1	1	2	2	0,095	0,098	0,091	20,4721	0,095
5	1	2	2	2	3	3	0,102	0,105	0,099	19,8255	0,102
6	1	2	3	3	1	1	0,185	0,190	0,194	14,4385	0,190
7	1	3	1	2	1	3	0,137	0,131	0,145	17,2159	0,138
8	1	3	2	3	2	1	0,145	0,172	0,153	16,0778	0,157
9	1	3	3	1	3	2	0,079	0,075	0,081	22,1167	0,078
10	2	1	1	3	3	2	0,071	0,079	0,080	22,2959	0,077
11	2	1	2	1	1	3	0,191	0,208	0,196	14,0465	0,198
12	2	1	3	2	2	1	0,131	0,129	0,134	17,6314	0,131
13	2	2	1	2	3	1	0,035	0,028	0,030	30,1338	0,031
14	2	2	2	3	1	2	0,061	0,074	0,072	23,1933	0,069
15	2	2	3	1	2	3	0,054	0,058	0,056	25,0325	0,056
16	2	3	1	3	2	3	0,020	0,028	0,025	32,1968	0,024
17	2	3	2	1	3	1	0,057	0,050	0,053	25,4475	0,053
18	2	3	3	2	1	2	0,089	0,084	0,085	21,3073	0,086

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm của mẫu sử dụng dành bóng dung dịch hạt mài dẫn động bằng khí:

STT	Thông số điều khiển						Giá trị đo R_a (μm)			Tỷ số S/N	R_a trung bình
	A	B	C	D	E	F	1	2	3	(dB)	(μm)
1	1	1	1	1	1	1	0.107	0.102	0.087	20.084	0.099
2	1	1	2	2	2	2	0.060	0.033	0.041	26.730	0.045
3	1	1	3	3	3	3	0.042	0.043	0.060	26.190	0.048
4	1	2	1	1	2	2	0.062	0.043	0.046	25.845	0.050

5	1	2	2	2	3	3	0.048	0.047	0.046	26.557	0.047
6	1	2	3	3	1	1	0.215	0.228	0.221	13.097	0.221
7	1	3	1	2	1	3	0.109	0.130	0.133	18.099	0.124
8	1	3	2	3	2	1	0.066	0.069	0.068	23.391	0.068
9	1	3	3	1	3	2	0.067	0.063	0.060	23.958	0.063
10	2	1	1	3	3	2	0.033	0.031	0.032	29.894	0.032
11	2	1	2	1	1	3	0.079	0.071	0.079	22.335	0.076
12	2	1	3	2	2	1	0.108	0.117	0.106	19.138	0.110
13	2	2	1	2	3	1	0.067	0.063	0.061	23.915	0.064
14	2	2	2	3	1	2	0.068	0.061	0.067	23.688	0.065
15	2	2	3	1	2	3	0.094	0.079	0.086	21.255	0.086
16	2	3	1	3	2	3	0.045	0.042	0.048	26.923	0.045
17	2	3	2	1	3	1	0.075	0.081	0.082	22.004	0.079
18	2	3	3	2	1	2	0.091	0.085	0.083	21.270	0.086

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này đề xuất hai phương pháp đánh bóng để cải thiện độ nhám bề mặt kính quang học N-BK7. Nghiên cứu đã xác định được hai bộ thông số tối ưu cho hai phương pháp trên. Ngoài ra, kết quả thí nghiệm cho thấy khi sử dụng các thông số tối ưu, độ nhám bề mặt của kính quang học N-BK7 cải thiện từ giá trị 0,35 μm đến 0,018 μm đối với phương pháp đánh bóng bằng dung dịch hạt mài dẫn động bằng bơm và từ giá trị 0,35 μm đến 0,032 đối với phương pháp đánh bóng bằng dung dịch hạt mài dẫn động bằng khí. ❖

Ngày nhận bài: 08/01/2019

Ngày phản biện: 18/02/2019

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Fahle OW, Van Brug H, Frankena HJ (1998): Fluid jet polishing of optical surfaces. *Appl Opt* 37: 6771-6773
- [2]. Booy SM (2003) Fluid jet polishing possibilities and limitations of a new fabrication technique. Ph.D. Thesis, Technische Universiteit Delft, Netherlands.
- [3]. Li Z, Li S, Dai Y, Peng XQ (2010). Optimization and application of influence function in abrasive jet polishing. *Appl Opt* 49(15): 2947-2953
- [4]. Walker DD, Brooks D, Freeman R, King A, McCavana G, Morton R, Riley D, Simms J (2001) The first aspheric form and texture results from a production machine embodying the precision process. *Proceedings of SPIE* 4451: 267-276.
- [5]. Walker D D, Beaucamp AT H, Brooks D, Freeman R, King A, McCavana G, Morton R, Riley D, Simms J (2002) Novel CNC polishing process for control of form and texture on aspheric surfaces. *Proceedings of SPIE* 4767: 99-105
- [6]. Liu H, Wang J, Huang CZ (2008). Abrasive liquid jet as a flexible polishing tool. *Int J Mater Prod Tec* 31 (1) 2-13
- [7]. Tsai FC, Yan BH, Kuan CY, Hsu RT, Hung JC (2009) An investigation into superficial embedment in mirror-like machining using abrasive jet polishing. *Int J Adv Manuf Tech Journal* 43 500-512.
- [8]. Roy RK (2001) Design of experiments using the Taguchi approach. 16 steps to product and process improvement John Wiley & Sons, Inc, New York.