

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO THIẾT BỊ KIỂM TRA KÍCH THƯỚC LỖ SỬ DỤNG KHÍ NÉN

THE RESEARCH DESIGN AND MANUFACTURING SIZE TEST EQUIPMENT
USED COMPRESSED AIR NOZZLES

Phùng Xuân Sơn

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu một số kết quả nghiên cứu tính toán thiết kế, chế tạo thiết bị đo kiểm tra kích thước lỗ (vị trí khó đo, lỗ đường kính nhỏ), đo sai lệch hình dạng và vị trí tương quan của chi tiết máy bằng thiết bị đo sử dụng đầu phun khí nén với độ chính xác cao $\pm 1\mu\text{m}$, tỷ số truyền lớn từ $5 \cdot 10^3$ đến 10^4 .

Từ khóa: Đầu phun khí nén; Chính xác cao; Tỷ số truyền lớn.

ABSTRACT

This paper presents some research results calculated design and manufacture instrumentation test pore size (difficult to measure position, small diameter holes), measuring deviations shapes and relative positions of details machine measuring device by using compressed air with high accuracy $\pm 1\mu\text{m}$, large transmission ratio from $5 \cdot 10^3$ to 10^4 .

Keywords: Compressed air nozzle; High accuracy; Large transmission ratio.

1. GIỚI THIỆU

Bản chất của phương pháp đo là khi cho dòng khí nén có lưu lượng, áp suất nguồn P_n không đổi đi qua buồng vòi phun, phun vào bề mặt vật đo sẽ có sự thay đổi áp suất hay lưu lượng. Tuy nhiên, để xây dựng nên một thiết bị đo khí nén có độ ổn định cao, có thể sử dụng trong công nghiệp lại là một việc tương đối khó khăn vì áp suất (hay lưu lượng) của dòng khí nén chịu ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố như áp suất nguồn, áp suất môi trường, tốc độ chảy, bề mặt vật cân.v.v...

- Khả năng công nghệ:

Đối với chi tiết dạng trụ tròn: Đo độ côn, độ đảo hướng trục và hướng kính, độ tròn, độ đồng trục.

Đối với chi tiết dạng phẳng: Đo độ phẳng, độ song song.

2. NGUYÊN LÝ ĐO KIỂM TRA BẰNG ĐẦU ĐO KHÍ NÉN

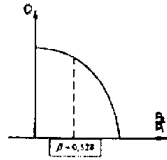
- Nguyên lý đo: Trên dòng chảy của chất khí chịu nén với áp suất P_1 cố định, ta có 1 tiết diện độ thắt F_1 làm cản dòng khí chảy qua nó. Sau khi chảy qua F_1 , áp suất giảm xuống P_2 , lưu lượng khí chảy qua F_1 là Q . Theo phương trình Bernoulli có công thức xác định lưu lượng khí nén:

$$Q = \begin{cases} \mu F_1 \sqrt{\frac{2}{gRt} P_2 (P_1 - P_2) k t} & \frac{P_2}{P_1} \geq \beta \\ \mu F_1 \sqrt{\frac{2}{gRt} \frac{P_1}{2} k t} & \frac{P_2}{P_1} \leq \beta \end{cases}$$

Trong đó: μ -Hệ số chảy kể đến tính chịu nén của không khí; g - Gia tốc trọng lượng, R - Hằng số chất khí và T là nhiệt độ tuyệt đối của khí; P_1, P_2 - Áp suất tuyệt đối của dòng khí nén trước và sau cản trở F_1 , k - Chỉ số đoạn nhiệt của

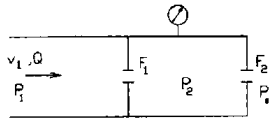
không khí $k=1,4, \beta= 0,528$ (điểm tới hạn của sự chảy).

Quan hệ giữa lưu lượng chảy với áp suất trước và sau cản trở như hình 1.



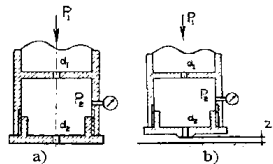
Hình 1: Quan hệ giữa lưu lượng và áp suất

Trên dòng chảy của dòng khí nén không phải 1 mà là 2 cản trở: F_1 và F_2 . Khi đó, với áp suất P_1 ở trước cản trở F_1 , áp suất P_2 sau F_1 và trước F_2 sẽ phụ thuộc vào P_1, F_1, F_2 . Khoảng cách giữa F_1 và F_2 được gọi là buồng đo. Lưu lượng khí vào và ra khỏi buồng đo phải bằng nhau và phụ thuộc áp P_1 , kích thước F_1 và F_2 .



Hình 2: Nguyên lý của đầu phun khí nén

Chế tạo các lỗ dạng tròn: F_1 có đường kính d_1 gọi là đầu phun vào, F_2 đường kính d_2 .



Hình 3. Các dạng đầu phun

Hình 3.a, áp đo P_2 phụ thuộc đường kính d_2 cần đo với P_1 ; d_1 cố định. Đây là dạng chuyển đổi dùng đo lỗ nhỏ.

Hình 3.b, F_2 được tạo bởi đầu phun đo d_2 với tấm chắn phẳng đặt cách miệng phun đo d_2 đoạn khe hở z . Khi P_1 , d_1 , d_2 cố định, tiết diện chảy của dòng khí ra môi trường xung quanh được giới hạn bởi 1 trụ có đường kính d_2 và chiều cao z , diện tích đó bằng $\pi d_2 z$, còn tiết diện

$$\text{chảy tại } d_2 \text{ là } \frac{\pi d_2^2}{4}$$

Khi đó, ta cần quan tâm đến khe hở z ứng với 2 trường hợp:

- Trường hợp 1: $\frac{\pi d_2^2}{4} < \pi d_2 z$ tiết diện cản trở chính không phải là diện tích chảy $\pi d_2 z$ mà

$$\text{là tiết diện chảy } \frac{\pi d_2^2}{4}.$$

- Trường hợp 2: Hình 3.a, áp đo P_2 phụ thuộc vào đường kính d_2 cần đo với P_1 ; d_1 cố định. Đây là dạng chuyển đổi dùng đo lỗ nhỏ.

$\frac{\pi d_2^2}{4} > \pi d_2 z$ diện tích chảy $\pi d_2 z$ mới là cản trở chính cuối cùng của dòng khí.

Như vậy, khi kích thước z thay đổi thì P_2 thay đổi. Trong trường hợp này ta có chuyển đổi:

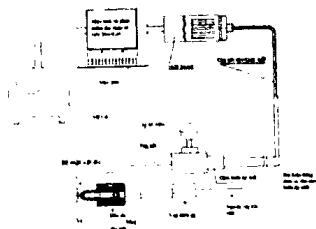
$$P_2 = f(z) \Big|_{P_1, d_1, d_2}$$

Từ đây, ta có khả năng đo kích thước thẳng. Khi kích thước đo của vật cần đo L thay đổi ΔL ta sẽ đo sự thay đổi ΔP_2 tương ứng.

Nhận xét: Trên nguyên tắc đo khe hở, người ta có thể chế tạo ra các dạng miệng phun có tiết diện khác nhau, từ đó ta có các tỉ số truyền khác nhau mà các dụng cụ đo lường khác nhau có

thể thực hiện được.

- Các bộ phận cơ bản của hệ thống đo kích thước bằng đầu đo khí nén:



Hình 4: Cấu tạo hệ thống đo khí nén



Hình 5: Cấu tạo đầu phun khí nén đo ngoài

- + Máy nén khí: $P_{max} = 10 \text{ at}$
- + Ổn áp khí nén: $P_{max} = 4 \text{ at}$
- + Cảm biến áp suất: $P_{max} = 10 \text{ at}$

- Khảo sát cận các thông số của đầu phun khí nén: Thông số quan trọng của đầu khí nén là đường kính lỗ phun d_2 và khoảng điều chỉnh Z .

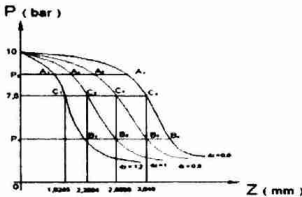
$$\text{Áp suất đầu ra: } P = \frac{P_n}{1 + a^2 z^2} \quad (1)$$

$$a = \frac{4d_2}{d_1^2} \text{ (1/mm); } 0 < P_n \leq 10 \text{ (bar)}$$

Ta khảo sát (1) với $d_1 = 4 \text{ (mm)}$ và $P_n = 10 \text{ (bar)}$ được đường đặc tuyến và bảng thông số sau:

Bảng 1: Các thông số của đầu phun

P_n (bar)	$P_1 \leq P \leq P_2$ (bar)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	Z_{min} (mm)	Z_{max} (mm)
10	$1 \leq P \leq 2$	4	0,6	13,3	20
			0,8	10	15
			1	8	12
			1,2	6,6	10
	$2 \leq P \leq 3$	4	0,6	10,2	20
			0,8	7,6	15
			1	6,1	12
			1,2	5,1	10
	$2 \leq P \leq 4$	4	0,6	8,2	13,3
			0,8	6,1	10
			1	4,9	8
			1,2	4,1	6,7



Hình 6: Đường đặc tuyến của đầu phun khí nén

Dựa vào bảng 1 và đồ thị đường đặc tuyến (hình 5) ta có:

- Khi độ chênh lệch áp suất giữa P_1 và P_2 càng nhỏ thì khoảng điều chỉnh Z sẽ càng lớn. Do đó sẽ có lợi cho quá trình điều chỉnh khoảng cách giữa đầu phun với phôi gia công. Tuy nhiên, khoảng điều chỉnh này cũng cần có 1 giới hạn Z_{min} . Vì khoảng cách Z mà càng nhỏ sẽ rất khó cho việc điều chỉnh.

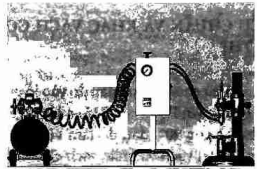
- Với giá trị $P_n = 10$ (bar):

- + $d_2 = 1$ (mm); $6 < Z \leq 12$ (mm);
- + $d_2 = 0,8$ (mm); $7 < Z \leq 15$ (mm).

Các thông số trên được dùng để chế tạo đầu đo khí nén.

3. THIẾT KẾ CÁC CHI TIẾT CHÍNH CỦA THIẾT BỊ ĐO KHÍ NÉN

- Cơ cấu thân gá: Thân gá kính hiển vi.



Hình 7: Đồ gá đầu đo khí nén

- Đầu đo: Chế tạo 2 đầu đo để đo lỗ và đo ngoài, ghép nối bằng ren, khí cần đo thay đầu đo.

- Cơ cấu hiển thị: Hiển thị kết quả đo trên máy tính (khí cần đo chính xác kích thước), còn khi kiểm tra so sánh với cột nước (vị trí trên, dưới).

- Mẫu chuẩn:

+ Chi tiết kiểm tra: $\phi 20_{-0,015}^{0,015}$

+ Tính toán kích thước mẫu chuẩn:

+ Chế tạo mẫu chuẩn: Vật liệu thép 40X gia công tiện tinh các bề mặt trên máy tiện CNC (lỗ để lượng dư mài). Nhiệt luyện đạt độ cứng 40HRC, gia công mài lỗ chính xác cao đạt kích thước yêu cầu.

+ Kiểm tra độ chính xác mẫu chuẩn:

Đo kiểm tra kích thước lỗ mẫu chuẩn trên máy chiếu hình profile, khuếch đại 20X lần, độ chính xác: 0,001mm, độ chính xác quang học: 0,08%.

Kết quả đo đường kính lỗ của mẫu chuẩn:

Mẫu 1: Lần 1: 20,015; Lần đo 2: 20,015;

Mẫu 1: Lần 1: 20,000; Lần đo 2: 20,000.

Kết quả đo cho thấy kích thước mẫu chuẩn đạt yêu cầu.

4. HIỆU CHUẨN VÀ KHÁC VẠCH CƠ CẤU HIỂN THỊ

- Hiệu chuẩn: Đưa đầu đo vào lỗ của mẫu chuẩn 1 (ứng với $D_{max} = 20,015$) 4 lần ở các vị trí lệch nhau 1 góc 90° (đầu đo làm việc ổn định). Xác định vị trí vạch và khắc vạch giới hạn dưới. Tiếp theo, đưa đầu đo khí nén (ứng với $D_{min} = 20$ mm) vào mẫu chuẩn 4 lần ở các vị trí lệch nhau 1 góc 90° . Xác định vị trí vạch và khắc vạch giới hạn dưới.

5. THỰC NGHIỆM SỬ DỤNG ĐẦU ĐO KHÍ NÉN ĐO LOẠT SẢN PHẨM

- Đo so sánh 12 kích thước lỗ chỉ tiết có kích thước chế tạo $\phi 20_{0}^{+0,015}$ phương pháp gia công lỗ: Doa tinh.

- Đánh giá bằng cách đo trên máy chiếu hình Profile độ chính xác 0,001mm và so sánh với phương pháp đo bằng khí nén.

- Kết quả đo cho trong bảng 2.

Bảng 2: Kết quả đo, kiểm tra kích thước

TT	Đo bằng máy chiếu Profile	Thiết bị đo khí nén	Sai lệch ($d_i - d_n$)
1	20.010	20.010	0.001
2	20.010	20.010	0.001
3	20.009	20.009	0.000
4	20.004	20.005	-0.004
5	20.008	20.008	-0.001

6	20.012	20.012	0.003
7	20.007	20.008	-0.001
8	20.007	20.007	-0.002
9	20.008	20.008	-0.001
10	20.013	20.013	0.004
11	20.009	20.009	0.000
12	20.008	20.008	-0.001
13	20.010	20.010	0.001
14	20.008	20.008	-0.001
15	20.010	20.010	0.001
16	20.009	20.009	0.000
17	20.010	20.010	0.001
18	20.009	20.009	0.000
19	20.007	20.008	-0.001
20	20.012	20.013	0.004
21	20.008	20.008	-0.001
22	20.008	20.007	-0.002
23	20.008	20.008	-0.001
24	20.011	20.011	0.002
25	20.009	20.009	0.000
26	20.005	20.005	-0.004
27	20.011	20.010	0.001
28	20.008	20.008	-0.001
29	20.007	20.008	-0.001
30	20.009	20.009	0.000
31	20.011	20.010	0.001
32	20.008	20.009	0.000
33	20.003	20.003	-0.006
34	20.006	20.006	-0.003
35	20.007	20.008	-0.001
36	20.010	20.010	0.001
37	20.012	20.012	0.003
38	20.012	20.012	0.003
39	20.010	20.010	0.001
40	20.008	20.008	-0.001
41	20.012	20.013	0.004
42	20.011	20.012	0.003

43	20.006	20.006	-0.002
44	20.007	20.007	-0.002
45	20.007	20.007	-0.002
46	20.006	20.006	-0.003
47	20.011	20.010	0.001
48	20.010	20.010	0.001
49	20.009	20.009	0.000
50	20.010	20.010	0.001
51	20.002	20.002	-0.007
52	20.009	20.009	0.000
53	20.008	20.009	0.000
54	20.013	20.014	0.005
55	20.010	20.010	0.001
56	20.005	20.005	-0.004
57	20.010	20.010	0.001
58	20.010	20.010	0.001
59	20.005	20.006	-0.003
60	20.007	20.007	-0.002

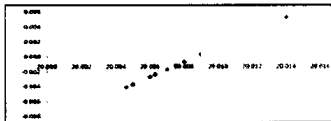
Thiết bị đảm bảo độ chính xác tới 1µm và làm việc ổn định. ❖

Ngày nhận bài: 22/3/2016

Ngày phản biện: 10/4/2016

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trần Văn Đua (2014); *Giáo trình dung sai lắp ghép và kỹ thuật đo lường*; NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [2]. Phùng Xuân Sơn, Nguyễn Chí Tâm, Nguyễn Duy Trinh (2014); *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị đo khoảng cách sử dụng khí nén*; Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.
- [3]. WWW.TableCurve 2D.com.
- [4]. WWW.TableCurve 3D.com.



Hình 8: Biểu đồ phân bố sai lệch d_1-d_{10}

Nhận xét: Phân bố sai lệch kích thước nằm trong phạm vi cho phép của dung sai chi tiết gia công, không có sai lệch dưới của lỗ âm so với kích thước $\phi 20$.

6. KẾT LUẬN

So sánh thiết bị làm việc khi đo loạt chi tiết cho thấy kết quả đo phù hợp với quy luật phân bố kích thước gia công khi đo.

So sánh với khi đo bằng máy chiếu hình kết quả đo ổn định và chính xác, sai số 1µm.