



CK.0000070650

NGUYỄN THỊ PHƯƠNG MAI

KỸ THUẬT CHÂN KHÔNG VÀ CÔNG NGHỆ BỀ MẶT



SUYỀN
LIỆU

NHÀ XUẤT BẢN
KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



NGUYỄN THỊ PHƯƠNG MAI

KỸ THUẬT CHÂN KHÔNG VÀ CÔNG NGHỆ BỀ MẶT



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Lời nói đầu

Kỹ thuật chân không ngày nay gắn liền với lĩnh vực cơ khí và công nghệ bề mặt khi các ứng dụng đã trở thành một bước trong quy trình công nghệ gia công các chi tiết máy và sản phẩm công nghiệp, bao gồm cả cơ khí chính xác và máy công cụ. Năng suất, chất lượng, hiệu quả kinh tế là những yếu tố mà sản xuất cơ khí luôn phấn đấu để đạt được kết quả ngày càng tốt hơn; đặc biệt là khi trình độ sản xuất được tự động hoá ở mức cao và chất lượng sản phẩm ngày càng hoàn hảo, nhất là lĩnh vực quang – cơ điện tử. Cùng với đó là yêu cầu về giảm kích thước sản phẩm với cùng chức năng kỹ thuật là những đòi hỏi cấp thiết có thể tìm thấy những gợi ý hữu ích khi người đọc xem cuốn sách này.

Tiếp nối những cuốn giáo trình về vật lý và kỹ thuật chân không, để có tài liệu kịp thời phục vụ đào tạo và nghiên cứu về lĩnh vực "Kỹ thuật chân không và công nghệ bề mặt" trong lĩnh vực cơ khí, cuốn sách này được biên soạn trên cơ sở các bài giảng đã thực hiện cho sinh viên và học viên cao học, các nghiên cứu và tài liệu về lĩnh vực này ở các nước tiên tiến trên thế giới. Tài liệu này cũng sử dụng các kết quả đã được sử dụng trong công nghiệp trong và ngoài nước.

Sách được sử dụng làm giáo trình cho sinh viên ngành kỹ thuật cơ khí, chuyên ngành cơ khí chính xác và quang học cũng như cho học viên thạc sĩ ngành kỹ thuật cơ khí, vừa có tính chuyên khảo cho những kỹ sư chuyên ngành khác quan tâm đến chế tạo chi tiết cơ khí trong điều kiện chính xác và ít ảnh hưởng của môi trường như các công nghệ trong chế tạo linh kiện điện tử, công nghệ vật liệu... Cuốn sách cũng sẽ hữu ích cho các sinh viên, học viên các chuyên ngành trong kỹ thuật cơ khí, máy hoá, dầu khí, vật lý kỹ thuật, vật liệu... trong các trường đại học kỹ thuật, các cán bộ kỹ thuật kỹ sư hoạt động trong lĩnh vực liên quan, các kỹ thuật viên vận hành thiết bị trực tiếp.

Nội dung cuốn sách trình bày về dòng chảy khí loãng, hiện tượng vật lý, hoá học kết hợp với công nghệ chân không, sản xuất và đo chân không cao, kín khí và kỹ thuật phát hiện rò rỉ. Người đọc cũng tìm thấy sự dẫn giải từ các phương trình lý thuyết, phương thức điều chỉnh các yếu tố ảnh hưởng, ví dụ bằng số, bằng biểu, đồ thị và các ứng dụng thực tế trong công nghiệp.

Cuốn sách bao gồm tính toán thiết kế hệ chân không cùng công nghệ chế tạo màng mỏng quang học và lớp phủ bề mặt. Nó cung cấp một đánh giá rộng rãi các công nghệ mới nhất trong lĩnh vực này: Kỹ thuật chế tạo lớp phủ bằng phương pháp vật lý và lắng đọng hoá học từ pha hơi. Các tính chất cơ, hoá học cũng như thuộc tính ma sát của lớp phủ và kỹ thuật kiểm tra đánh giá phương thức nâng cao chất lượng lớp phủ theo yêu cầu kỹ thuật. Các trường hợp khác nhau được xem xét để chứng minh sự cải thiện chất lượng chi tiết máy và cung cấp hướng dẫn để lựa chọn lớp phủ.

Cuốn sách này phù hợp cho giảng dạy, đồng thời cung cấp sự phong phú của tài liệu với mong muốn là một tài liệu hữu ích cho các kỹ sư.

Trong quá trình hoàn thành bản thảo, được sự giúp đỡ và góp ý của các đồng nghiệp, tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ quý báu đó. Chắc chắn tài liệu còn nhiều thiếu sót, rất mong sự góp ý của bạn đọc và các đồng nghiệp.

Tác giả

MỞ ĐẦU

§0.1. CHÂN KHÔNG

Chân không xuất xứ từ chữ *Vacuum* trong tiếng Latinh nghĩa là trống rỗng. Tuy vậy ở áp suất thấp nhất mà phương pháp bơm hiện đại nhất tạo được hiện nay vẫn còn hàng trăm phân tử trong 1 cm^3 của khoảng không tuyệt đối đó.

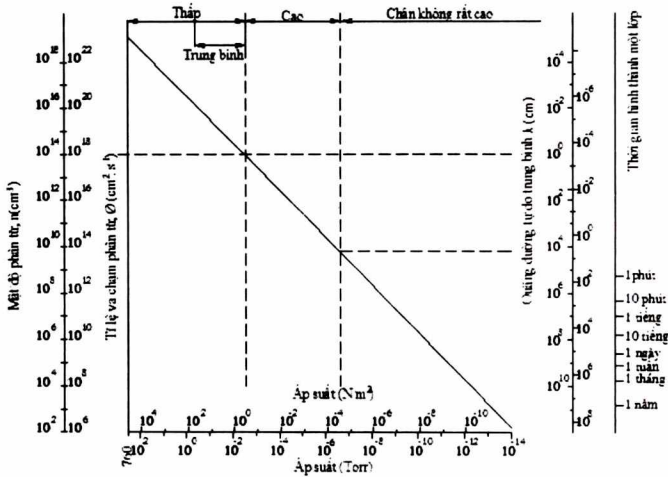
Chân không là khái niệm chỉ khoảng không mà chất khí còn lại trong đó có áp suất thấp hơn áp suất khí quyển, nghĩa là mật độ các phân tử khí thấp hơn $2.5.10^{19}$ phân tử/ cm^3 .

Ngày nay chân không được chia thành 18 mức áp suất khác nhau theo mật độ, kể từ áp suất chuẩn là áp suất không khí. Giới hạn thấp nhất của áp suất càng ngày càng thấp hơn, bởi vì kỹ thuật chân không chế tạo ra những loại bơm tốt hơn và kỹ thuật đo ngày càng chính xác hơn.

1. Chân không nhân tạo

Chúng ta ở trên trái đất, chân không chỉ có thể tạo được bằng cách bơm từ một bình kín; độ chân không tăng do áp suất trong bình giảm xuống dưới áp suất khí quyển. Thực chất, mỗi mức chân không tương ứng với một trạng thái vật lý; để mô tả các trạng thái này, người ta đưa ra các khái niệm về mật độ phân tử, quãng đường tự do trung bình, thời gian để hình thành 1 lớp, cũng như các vấn đề liên quan đến áp suất, dạng khí và nhiệt độ.

- **Mật độ phân tử** là số phân tử trung bình trong một đơn vị thể tích.
- **Quãng đường tự do trung bình** là khoảng cách trung bình mà một phân tử có thể dịch chuyển trong chất khí giữa 2 va chạm đàn hồi với các phân tử khác trong khí đó.
- **Thời gian để hình thành 1 lớp** là thời gian cần thiết để một bề mặt sạch được phủ hoàn toàn bởi một lớp có chiều dày 1 phân tử; Thời gian này được tính bằng tỷ số giữa số các phân tử cần thiết để hình thành một lớp hoàn chỉnh (Khoảng 8×10^{14} phân tử/ cm^2) và tốc độ ngưng tụ của phân tử (lên bề mặt).



Hình 0.1. Mối quan hệ của một số khái niệm xác định độ chân không

P Torr	n phân tử/ cm^3	Φ phân tử/ $\text{cm}^2 \cdot \text{giây}$	λ cm	τ giây
760	2.46×10^{19}	2.88×10^{23}	6.7×10^{-6}	2.2×10^{-9}
1	3.25×10^{16}	3.78×10^{20}	5.1×10^{-3}	2.2×10^{-6}
10^{-3}	3.25×10^{13}	3.78×10^{17}	5.1	2.2×10^{-3}
10^{-6}	3.25×10^{10}	3.78×10^{14}	5.1×10^3	2.2
10^{-9}	3.25×10^7	3.78×10^{11}	5.1×10^6	2.2×10^3
10^{-12}	3.25×10^4	3.78×10^8	5.1×10^9	2.2×10^6
10^{-15}	3.25×10	3.78×10^5	5.1×10^{12}	2.2×10^9

Bảng 0.1. Giá trị của mật độ phân tử n , tỷ lệ va chạm phân tử Φ , quãng đường tự do trung bình λ và thời gian để hình thành một lớp τ phụ thuộc vào áp suất P của không khí ở 25°C

Khí	Φ phân tử/ $\text{cm}^2 \cdot \text{giây}$	λ cm	τ giây
H_2	14.4×10^{17}	9.3	1×10^{-3}
He	10.4×10^{17}	14.7	2.3×10^{-3}
N_2	3.85×10^{17}	5.0	2.1×10^{-3}
A	3.60×10^{17}	5.4	2.4×10^{-3}
Không khí	3.22×10^{17}	5.3	2.6×10^{-3}
H_2O	3.78×10^{17}	5.1	2.2×10^{-3}
CO_2	4.80×10^{17}	3.4	1.1×10^{-3}
	3.07×10^{17}	3.3	1.7×10^{-3}

Bảng 0.2. Giá trị của Φ , λ và τ cho các khí khác nhau ở 25°C và 10^{-3} Torr

Thông thường để phân loại độ chân không người ta đo áp suất tuyệt đối của hệ thống và chia thành các vùng áp suất thấp, trung bình, cao và rất cao tương ứng với các mức độ áp suất thấp và rất thấp. Với mỗi mức chân không khác nhau, người ta dùng một loại bơm riêng và cách đo độ chân không cũng khác nhau.

- *Chân không thấp (và trung bình):* Từ áp suất không khí đến 10^{-2} Torr.
Số phân tử của pha khí lớn so với số phân tử phủ lên bề mặt, ở mức này bơm trực tiếp các phân tử ra khỏi pha khí.
- *Chân không cao:* Từ áp suất 10^{-3} đến 10^{-7} Torr.
Các phân tử khí định xứ trên bề mặt, quãng đường tự do trung bình bằng hoặc lớn hơn kích thước của buồng chân không. Ở mức này, ngoài rút khí bằng bơm còn ứng dụng hiện tượng hấp phụ và bắt khí đi theo dòng chảy phân tử của bơm.
- *Chân không rất cao:* Từ áp suất 10^{-7} đến 10^{-16} Torr.
Thời gian hình thành 1 lớp bằng hoặc lâu hơn thời gian thông thường đối với các phép đo thí nghiệm, bề mặt "sạch" được chuẩn bị trong môi trường như vậy và các tính chất của bề mặt sạch có thể được khảo sát kỹ lưỡng khi quan sát theo từng lớp đơn phân tử.

2. Chân không trong tự nhiên

Không có chân không tự nhiên trên trái đất, chỉ có chân không nhân tạo.

Chân không trong không gian: Áp suất 760 mmHg là áp suất khí quyển tại mặt nước biển, áp suất giảm theo độ cao, áp suất giảm 10 lần khi lên cao 15 km, ở độ cao 90 km áp suất khoảng 10^{-3} Torr, ở độ cao lớn hơn đã là chân không, chân không giảm 10 lần khi tăng độ cao thêm 100 – 200 km, ở độ cao 1.000 km, độ chân không là 10^{-10} Torr, ở khoảng cách xa độ chân không tăng chậm hơn, khi ở độ cao 10.000 km độ chân không là 10^{-13} Torr.

§0.2. CÁC ỨNG DỤNG VÀ TẦM QUAN TRỌNG CỦA KỸ THUẬT CHÂN KHÔNG

Phân loại các ứng dụng của kỹ thuật và công nghệ chân không theo trạng thái vật lý:

Sự chênh lệch áp suất do quá trình rút khí có thể tạo ra áp suất đến 1 kg/cm^2 ; các lực này thường dùng để giữ, nâng các vật rắn, để chuyển các chất rắn hoặc lỏng và đúc các vật.

Trạng thái vật lý	Đối tượng	Ứng dụng
Áp suất thấp	Áp suất đạt được khác nhau	Giữ, nâng, Vận chuyển (khí nén, làm sạch, lọc) Khuôn mẫu
Mật độ phân tử thấp	Thay đổi thành phần cấu thành không khí Thay đổi khí hút hoặc khí hoà tan Giảm quá trình truyền năng lượng	Đèn (dây tóc, huỳnh quang, ống phóng điện) Làm nóng chảy, thiêu kết Đóng gói Đóng nang thuốc, phát hiện dò khí Làm khô, tách nước, ly tâm, làm khô lạnh, tách khí, luyện dung môi, tẩm sấy trong chân không, Cách nhiệt Cách điện Cân vi lượng chân không Mô phỏng không gian
Quãng đường tự do trung bình lớn	Chống va chạm	Ống phóng điện tử, ống tia catốt, đèn hình, tế bào quang điện, bộ nhân quang điện, ống phóng tia X, máy gia tốc, bộ nhớ vòng, phổ kế khối lượng, bộ tách đồng vị, kính hiển vi điện tử, hàn bằng chùm điện tử, chế tạo màng mỏng (bốc bay nhiệt, phun xạ), chưng cất phân tử
Thời gian hình thành 1 lớp dài	Làm sạch bề mặt	Nghiên cứu: Mài mòn, dính bám, phát xạ, kiểm tra vật liệu cho không gian

Bảng 0.3. Phân loại các ứng dụng của kỹ thuật và công nghệ chân không

Các đĩa plastic hoặc cao su được đặt lên bề mặt, sau đó không khí giữa vật và đĩa được rút ra, do đó có thể giữ các vật nhỏ. Nguyên tắc tương tự cũng dùng để giữ các vật trên bàn làm việc, phần giữa của 1 tấm cao su tròn lớn bao quanh dụng cụ được hút chân không cơ học, đường kính ngoài của tấm sẽ giữ cho chi tiết đứng vững trên bàn. Bằng cách dùng các giác hút, sau khi đặt miệng giác lên đối tượng, người ta có thể nâng các vật nhỏ và di chuyển chúng một cách chính xác (ví dụ như các sợi dây tóc để chế tạo đèn sợi đốt, mắt kính...). Các vật tương đối lớn (các tấm kim loại, ôtô...) cũng được nâng bằng chân không nếu miệng giác hút lớn 1 m² có thể nâng đến 5 – 7 tấn.

Máy hút bụi là ví dụ đơn giản nhất của việc sử dụng chân không trong vận chuyển:

Máy hút bụi tạo được áp suất cỡ 600 Torr, như vậy có thể nâng các vật vài chục gam/cm². Hệ thống vận chuyển chân không để vận chuyển hạt và bột làm theo nguyên tắc này.