

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 13871:2023**

**ISO 17200:2020**

Xuất bản lần 1

**CÔNG NGHỆ NANO –  
HẠT NANO DẠNG BỘT – ĐẶC TÍNH VÀ PHÉP ĐO**

*Nanotechnology – Nanoparticles in powder form –  
Characteristics and measurements*

**HÀ NỘI – 2023**

## **Lời nói đầu**

**TCVN 13871:2023** hoàn toàn tương đương với ISO 17200:2020.

**TCVN 13871:2023** do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 229 *Công nghệ nano* biên soạn, Viện Tiêu chuẩn Chất lượng Việt Nam đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## Lời giới thiệu

Như chúng ta đã biết, đối với mọi công nghệ liên quan đến việc phát triển các vật liệu mới nói chung và đối với công nghệ nano nói riêng, sự trao đổi và thống nhất về cách hiểu đối với các đặc tính của vật liệu giữa người tiêu dùng, cơ quan quản lý và các ngành công nghiệp là quan trọng. Đối với vật liệu hạt nano thì mối quan tâm chính của các bên liên quan là các đặc tính của các hạt nano trong vật liệu, nghĩa là có những hạt nano nào có mặt và sự phân bố cỡ của các hạt nano này như thế nào. Việc này có thể được thúc đẩy khi phát triển được các tiêu chuẩn đối với các đặc tính và phương pháp đo hạt nano.

Tiêu chuẩn này cung cấp các phương pháp để xác định và mô tả đặc điểm của các hạt nano dạng bột. Hiện tại ISO đã xây dựng một số tiêu chuẩn cho các vật liệu cụ thể, như ISO/TS 11931 cho canxi cacbonat và ISO/TS 11937 cho titan dioxide. Tiêu chuẩn này là tiêu chuẩn chung và có thể áp dụng cho các hạt nano, thường được cấu tạo từ kim loại/ion kim loại và ion đối, và vật liệu cacbon (ví dụ như fullerene và các dẫn xuất của fullerene) và polyme (ví dụ: polystyrene). Nội dung của tiêu chuẩn này cũng được áp dụng cho canxi cacbonat và titan dioxide. Tiêu chuẩn này có thể áp dụng cho cả hạt nano có và không có lớp phủ.

Tiêu chuẩn này tạo điều kiện để trao đổi dữ liệu và thống nhất cách hiểu giữa người tiêu dùng, các cơ quan quản lý và các ngành công nghiệp về các đặc tính của hạt nano. Tiêu chuẩn này hỗ trợ người tiêu dùng mua và sử dụng các sản phẩm chứa hạt nano, các cơ quan quản lý trong việc thiết lập khung pháp lý và các ngành công nghiệp trong thiết lập hệ thống kiểm soát rủi ro tự nguyện.

# **Công nghệ nano – Hạt nano dạng bột – Đặc tính và phép đo**

*Nano technology – Nanoparticles in powder form – Characteristics and measurements*

## **1 Phạm vi áp dụng**

Tiêu chuẩn này quy định các đặc tính cơ bản cần được đo của mẫu hạt nano dạng bột để xác định cỡ, thành phần hóa học và diện tích bề mặt. Tiêu chuẩn này cũng quy định các phương pháp đo để xác định từng đặc tính đó.

Tiêu chuẩn này nhằm tạo điều kiện trao đổi dữ liệu giữa người tiêu dùng, cơ quan quản lý và các ngành công nghiệp với các đặc tính cần thiết.

Tiêu chuẩn này không liên quan đến các ứng dụng công nghiệp cụ thể của các hạt nano dạng bột và phương pháp đo chi tiết cũng như các ứng dụng liên quan đến các vấn đề về sức khỏe, an toàn và môi trường.

## **2 Tài liệu viện dẫn**

Các tài liệu viện dẫn sau đây rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

ISO 9276-1, *Representation of results of particle size analysis – Part 1: Graphical representation* (Trình bày kết quả phân tích cỡ hạt - Phần 1: Biểu diễn bằng đồ thị)

ISO/TS 80004-1, *Nanotechnologies – Vocabulary – Part 1: Core terms* (Công nghệ nano – Từ vựng – Phần 1: Thuật ngữ cốt lõi)

ISO/TS 80004-2, *Nanotechnologies – Vocabulary – Part 2: Nano-objects* (Công nghệ nano – Từ vựng – Phần 2: Vật thể nano)

## **3 Thuật ngữ, định nghĩa**

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa nêu trong ISO/TS 80004-1, ISO/TS 80004-2 và các thuật ngữ, định nghĩa sau.

## **TCVN 13871:2023**

### **3.1**

**Đường kính tương đương diện tích** (area equivalent diameter)

Đường kính của một vòng tròn có cùng diện tích với hình chiếu của hạt

[NGUỒN: ISO 13322-1: 2014, 3.1.1, được sửa đổi.]

### **3.2**

**Tinh thể** (crystallite)

Miền tinh thể nhỏ trong vật liệu

### **3.3**

**Hạt nano được chế tạo** (engineered nanoparticle)

Hạt nano (3.6) được chế tạo cho mục đích hoặc chức năng cụ thể

CHÚ THÍCH 1: Trong tiêu chuẩn này, vật liệu dạng bột có chứa các hạt nano được chế tạo và cung cấp cho phép đo được gọi là "mẫu hạt nano" và có thể được viết tắt là "mẫu".

[NGUỒN: ISO/TS 80004-1: 2015, 2.8, đã sửa đổi.]

### **3.4**

**Mẫu hạt nano được chế tạo** (engineered nanoparticle sample)

Mẫu dạng bột có chứa các hạt nano được chế tạo (3.3)

### **3.5**

**Đường kính Feret** (Feret diameter)

Khoảng cách giữa hai tiếp tuyến song song ở các phía đối diện của ảnh hạt

[NGUỒN: ISO 13322-1: 2014, 3.1.5]

### **3.6**

**Hạt nano** (nanoparticle)

Vật thể nano với tất cả các chiều bên ngoài ở thang nano trong đó độ dài của trục dài nhất và ngắn nhất của vật thể nano không khác nhau đáng kể

CHÚ THÍCH 1: Nếu các kích thước khác nhau đáng kể (thường là gấp ba lần), các thuật ngữ như "sợi nano" hoặc "tấm nano" có thể được ưu tiên sử dụng hơn là thuật ngữ "hạt nano".

[NGUỒN: ISO/TS 80004-2: 2015, 4.4]

### **3.7**

**Phân bố cỡ hạt** (particle size distribution)

Sự phân bố của các hạt là hàm số của cỡ hạt

### **3.8**

**Hạt sơ cấp** (primary particle)

Hạt nguồn ban đầu của kết tụ hoặc kết tập hoặc hỗn hợp của cả hai

CHÚ THÍCH 1: Các hạt cấu thành của kết tụ hoặc kết tập ở một trạng thái thực tế nhất định có thể là các hạt sơ cấp, nhưng các thành phần thường là kết tập.

[NGUỒN: ISO/TS 80004-2: 2015, 3.2, đã sửa đổi.]

### 3.9

**Hiển vi điện tử quét (scanning electron microscopy)**

SEM

Phương pháp xác định và phân tích thông tin vật lý (chẳng hạn như điện tử thứ cấp, điện tử tán xạ ngược, điện tử hấp thụ và bức xạ tia X) thu được bằng cách phát ra chùm điện tử và quét bề mặt của mẫu để xác định cấu trúc, thành phần và hình thái học (topography) của mẫu

[NGUỒN: ISO/TS 80004-6: 2013, 3.5.5]

### 3.10

**Hiển vi điện tử truyền qua quét (scanning transmission electron microscopy)**

STEM

Phương pháp tạo ra hình ảnh phóng đại hoặc các hình ảnh nhiễu xạ của mẫu bằng cách sử dụng các chùm điện tử hội tụ quét trên bề mặt, truyền qua mẫu và có các tương tác với mẫu

CHÚ THÍCH 1: Phương pháp thường sử dụng chùm điện tử có đường kính nhỏ hơn 1 nm.

CHÚ THÍCH 2: Phương pháp cung cấp hình ảnh có độ phân giải cao về vi cấu trúc bên trong và bề mặt của mẫu mỏng (hoặc các hạt nhỏ), cũng như đặc trưng hóa học và cấu trúc của các miền có kích thước đến micromet và dưới micromet thông qua việc đánh giá phổ tia X và hình ảnh nhiễu xạ điện tử.

[NGUỒN: ISO/TS 80004-6: 2013, 3.5.7]

### 3.11

**Diện tích bề mặt riêng (specific surface area)**

Diện tích bề mặt tuyệt đối của mẫu chia cho khối lượng mẫu

CHÚ THÍCH 1: Trong tiêu chuẩn này, diện tích bề mặt tuyệt đối được xác định bằng cách đo lượng khí hấp thụ vật lý bằng phương pháp Brunauer – Emmett – Teller.

[NGUỒN: ISO 9277:2010, 3.11, đã sửa đổi.]

### 3.12

**Hiển vi điện tử truyền qua (transmission electron microscopy)**

TEM

Phương pháp tạo ra hình ảnh phóng đại hoặc hình ảnh nhiễu xạ của mẫu vật bằng cách sử dụng chùm điện tử truyền qua mẫu vật và có các tương tác với mẫu

[NGUỒN: ISO/TS 80004-6: 2013, 3.5.6]

**3.13****Nhiễu xạ tia X (X-ray diffraction)****XRD**

Phương pháp thu được thông tin tinh thể học về một mẫu bằng cách quan sát hình ảnh nhiễu xạ thu được khi một chùm tia X chiếu vào một mẫu

[NGUỒN: ISO/TS 80004-6:2013, 5.2.1, đã sửa đổi.]

**4 Thuật ngữ viết tắt**

BET	Brunauer – Emmett – Teller	Brunauer – Emmett – Teller
EDX	energy dispersive X-ray spectrometry	Phép đo phổ tia X tán xạ năng lượng
ICP – OES	inductively coupled plasma optical emission spectrometry	Phép đo phổ phát xạ plasma cặp cảm ứng
NMR	nuclear magnetic resonance	Cộng hưởng từ hạt nhân
SEM	scanning electron microscopy	Hiển vi điện tử quét
SIMS	secondary ion mass spectrometry	Phép đo khối phổ ion thứ cấp
STEM	scanning transmission electron microscopy	Hiển vi điện tử truyền qua quét
TEM	transmission electron microscopy	Hiển vi điện tử truyền qua
TG	thermogravimetry	Đo nhiệt lượng
UV/Vis/NIR	ultraviolet, visible and near infrared absorption spectrophotometry	Phép đo quang phổ hấp thụ tia cực tím, khả kiến và cận hồng ngoại
XPS	X-ray photoelectron spectroscopy	Quang phổ quang điện tử tia X
XRD	X-ray diffraction	Nhiễu xạ tia X
XRF	X-ray fluorescence spectrometry	Phép đo phổ huỳnh quang tia X

## 5 Đặc tính cần đo và phương pháp đo

### 5.1 Yêu cầu chung

Các đặc tính của mẫu hạt nano cần đo đặc được liệt kê trong Bảng 1. Các phương pháp đo liệt kê trong Bảng 1 được chấp nhận để xác định các đặc tính.

Khi biểu thị kết quả đo, các đơn vị phải là đơn vị SI hoặc bội hoặc là ước số của chúng theo TCVN 7870-1 (ISO 80000-1). Các ký hiệu đơn vị "nm" và "g" có thể được sử dụng thay cho " $10^{-9}$  m" và " $10^{-3}$  kg".

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các hạt nano nêu trong Phụ lục A.

**Bảng 1 – Đặc tính và phương pháp đo**

Đặc tính		Phương pháp đo
Hàm lượng hoá học/ tinh thể	Thành phần hoá học	Phân tích hoá học (xem 5.2)
	Hàm lượng các thành phần pha tinh thể	Phương pháp XRD (xem 5.3)
Diện tích bề mặt	Diện tích bề mặt riêng	Phương pháp hấp phụ khí (xem 5.4)
Cỡ hạt	Đường kính của hạt sơ cấp	TEM, SEM hoặc STEM (xem 5.5)
	Cỡ tinh thể	Phương pháp XRD (xem 5.6)

### 5.2 Thành phần hóa học

Mẫu có thể bao gồm các hợp chất hóa học nhất định. Hàm lượng của các hợp chất cấu thành là tỷ lệ giữa khối lượng của hợp chất hóa học trong mẫu bột so với khối lượng khô của toàn bộ mẫu. Hàm lượng của hợp chất chính trong mẫu phải được đo và kết quả thường được biểu thị dưới dạng % khối lượng.

Từng phương pháp đo thích hợp sẽ được áp dụng để xác định hàm lượng. Các phương pháp đo có thể được lấy từ danh mục các phương pháp đo sau đây. Những tiêu chuẩn được liệt kê cung cấp các quy trình đo hữu ích cho các phương pháp đo:

- Phương pháp chuẩn độ;
- Phương pháp phân tích khối lượng;
- XRF: ISO 9516-1:2003 và ISO/TS 80004-6:2013;
- ICP-OES: ISO/TS 80004-6:2013;
- NMR: ISO/TS 80004-6:2013;
- XPS: ISO 10810:2019 và ISO/TS 80004-6:2013;
- SIMS: ISO/TS 80004-6:2013;



## **TCVN 13871:2023**

- EDX: ISO/TS 80004-6:2013;
- UV/Vis/NIR: ISO/TS 10868:2017 và ISO/TS 80004-6:2013;
- TG, xem ISO/TS 11308:2020 và ISO/TS 80004-6:2013.

Các tiêu chuẩn quy định riêng cho các quy trình đo lường đối với thành phần hóa học của vật liệu liên quan và phương pháp đo liên quan được nêu trong Thư mục tài liệu tham khảo. Các tài liệu khác mô tả các phương pháp đo cũng được nêu trong Thư mục tài liệu tham khảo.

Các phép đo phải sử dụng vật liệu chuẩn được chứng nhận liên quan, nếu có.

### **5.3 Hàm lượng các thành phần pha tinh thể**

Mẫu có thể bao gồm các thành phần pha tinh thể khác nhau của hợp chất hóa học. Hàm lượng các thành phần tinh thể của hợp chất hóa học là tỷ lệ giữa khối lượng của các thành phần và khối lượng của toàn bộ hợp chất hóa học. Hàm lượng các thành phần pha tinh thể phải được đo khi mẫu bao gồm các thành phần pha tinh thể khác nhau và kết quả của hàm lượng thành phần riêng lẻ được biểu thị bằng cùng một đơn vị hoặc kg/kg.

Hàm lượng các thành phần pha tinh thể phải được đo bằng XRD. Các quy trình đo để xác định cấu trúc tinh thể được mô tả trong EN 13925-1:2003 và JIS K 0131:1996. Bước sóng của các tia X đặc trưng phải được tham khảo từ cơ sở dữ liệu đáng tin cậy. Các thông số đối với khoảng cách mạng tinh thể phải được tham khảo từ một cơ sở dữ liệu đáng tin cậy hoặc từ các văn bản hướng dẫn của vật liệu chuẩn dạng bột đã được sử dụng.

Khi mẫu không hiển thị vạch nhiễu xạ rõ ràng, ví dụ, trong trường hợp vô định hình và cấu trúc đa tinh thể, hàm lượng các thành phần pha tinh thể nằm ngoài phạm vi của các đặc tính được đo.

### **5.4 Diện tích bề mặt riêng**

Diện tích bề mặt của mẫu tương quan với cỡ của các hạt tạo thành. Diện tích bề mặt riêng của mẫu phải được đo và kết quả được biểu thị bằng đơn vị  $\text{m}^2/\text{g}$  hoặc tương đương.

Diện tích bề mặt riêng của mẫu phải được đo bằng phương pháp hấp phụ khí sử dụng phương pháp BET. Đối với phương pháp BET, phải sử dụng các vật liệu chuẩn đã chứng nhận và sẵn có. ISO 9277 có thể áp dụng cho phép đo diện tích bề mặt riêng. ISO 18757 cung cấp một số thông tin chi tiết hữu ích cho các vật liệu cụ thể.

### **5.5 Đường kính hạt sơ cấp**

Đường kính hạt sơ cấp hoặc là giá trị trung bình của đường kính Feret dài nhất và ngắn nhất hoặc đường kính tương đương diện tích của hạt sơ cấp dựa trên kích thước ngoài cùng được xác định trên một ảnh hai chiều được chụp bởi TEM, SEM hoặc STEM. Phải báo cáo đường kính áp dụng.

Đường kính hạt sơ cấp có thể thu được bằng cách đo các hạt đơn lẻ rời rạc ở trạng thái không kết tụ hoặc các hạt có cấu trúc trong kết tụ hoặc kết tụ. Quy trình được sử dụng phải được lập thành văn bản như yêu cầu trong Điều 7.

Kết quả của phép đo phân bố cỡ hạt của các hạt phải được biểu thị dưới dạng biểu đồ hoặc bảng trong đó số lượng hạt với đường kính nằm trong phạm vi nhất định trên trục tung và đường kính hạt được biểu thị trên trục hoành như quy định trong ISO 9276-1. Phải nêu rõ giá trị nào được sử dụng: đường kính Feret hay đường kính tương đương diện tích. Ngoài ra, đường kính trung bình của các hạt phải được lấy làm giá trị trung vị của tập dữ liệu. Đường kính hạt phải được biểu thị bằng đơn vị  $\mu\text{m}$  hoặc  $\text{nm}$ .

Đường kính hạt sơ cấp phải được đo bằng TEM, SEM hoặc STEM có thể được sử dụng khi độ chụm của phép đo các hạt là đủ. ISO 14488, ISO 14887 và bộ ISO 2859 áp dụng cho việc chuẩn bị hoặc lấy mẫu và ISO 13322-1 áp dụng cho xử lý hình ảnh. Các hạt sơ cấp cần được xác định thông qua quá trình xử lý hình ảnh. Việc hiệu chuẩn của phạm vi của ảnh TEM và SEM phải được thực hiện bằng cách sử dụng các vật liệu chuẩn đã được chứng nhận hoặc từ các cơ sở dữ liệu hình ảnh đã được phổ biến có thông tin về kích thước như khoảng cách mạng tinh thể hoặc kích thước của các vật liệu thu được từ hình ảnh vi hiển thị. Số lượng và cỡ của các hạt đếm được phải được lập thành văn bản. Số lượng được chọn sẽ phụ thuộc vào khoảng cỡ hạt và độ chụm mong muốn.

Tiêu chuẩn hóa cho việc áp dụng TEM, SEM và STEM đối với việc xác định cỡ hạt nano và phép đo phân bố cỡ hạt được quy định trong TCVN 13872 (ISO 19749) và TCVN 13874 (ISO 21363). Tiêu chuẩn hóa có thể áp dụng đối với các quy trình đo cỡ hạt sơ cấp và sự phân bố cỡ hạt.

Trên thực tế, việc giải thích định nghĩa của hạt sơ cấp trong 3.8 để áp dụng phương pháp đo có thể phụ thuộc vào hợp chất hóa học cụ thể và việc chuẩn bị mẫu thông qua quá trình phân tán cụ thể được áp dụng. Báo cáo bằng văn bản về việc chuẩn bị mẫu là cần thiết.

Khi ảnh của hạt sơ cấp không thể nhìn thấy trong vật liệu bằng kính hiển vi, ví dụ: trong trường hợp các hạt được kết tụ ở mật độ cao trong kết tập, phép đo bằng kính hiển vi phải được tiến hành đối với các kết tập hoặc kết tụ.

## **5.6 Cỡ tinh thể**

Chiều rộng pic của XRD từ các hạt tinh thể phụ thuộc vào cỡ trung bình của các hạt theo công thức Scherrer. Đường kính trung bình của các hạt phải được đo bằng XRD và kết quả được biểu thị bằng đơn vị  $\mu\text{m}$  hoặc  $\text{nm}$ .

Khi mẫu bột không thể hiện vạch nhiễu xạ rõ ràng, trong trường hợp chất vô định hình hoặc cấu trúc đa tinh thể, thì việc đo cỡ tinh thể là không thể áp dụng được và có thể bị loại trừ khỏi các đặc điểm cần đo. Ngoài ra, đối với mẫu vật liệu dạng bột, khi cỡ hạt sơ cấp đã được đo với mức chính xác có thể chấp nhận, thì không cần thiết phải đo cỡ tinh thể.

Các quy trình đo áp dụng cho cỡ tinh thể được mô tả trong EN 13925-1:2003 và JIS K 0131:1996. Thông thường, việc chuẩn bị mẫu và thiết bị đo giống nhau có thể được sử dụng cho cả hai các phép đo cỡ tinh thể và hàm lượng các thành phần pha tinh thể.

## **6 Lấy mẫu và chuẩn bị mẫu**

Mẫu đo phải là mẫu đại diện cho tập hợp gốc của các hạt dạng bột. Lấy mẫu và quy trình tách mẫu áp dụng ISO 14488.

Phải dự kiến ảnh hưởng bất kỳ của quá trình lấy mẫu đến các đặc tính đo của các hạt nano. Áp dụng các hiệu chỉnh đối với các ảnh hưởng như vậy hoặc tích hợp vào các thành phần thích hợp của độ không đảm bảo.

CHÚ THÍCH: Để biết thêm thông tin chung về quy trình lấy mẫu, xem ISO 28591.

Trong quá trình xử lý mẫu, cần áp dụng phương pháp phân tán đã thiết lập, ví dụ: ISO 14887.

## **7 Báo cáo thử nghiệm**

Báo cáo thử nghiệm phải bao gồm các thông tin sau:

- a) thông tin cần thiết để xác định mẫu được đo (tên sản phẩm, tên hóa chất và tên của nhà sản xuất và các thông tin khác, nếu có);
- b) thông tin định tính về sự có mặt của vật liệu phủ trên bề mặt vật liệu lõi;
- c) viện dẫn tiêu chuẩn này, tức là TCVN 13871:2023 (ISO 17200:2020);
- d) kết quả của các phép đo;
- e) tài liệu về quy trình chuẩn bị mẫu và các phương pháp đo được sử dụng đối với từng đặc tính;
- f) ngày đo, tên phòng thử nghiệm và các công bố về hệ thống chất lượng của phòng thử nghiệm;
- g) độ không đảm bảo của kết quả đo;
- h) thông tin bất kỳ khác chứng minh độ tin cậy của kết quả đo;
- i) sai lệch bất kỳ so với các phương pháp đo; nếu có sai lệch so với tiêu chuẩn này, tên và thông tin chi tiết về các phương pháp đo được sử dụng và giải thích những sai lệch này.

**Phụ lục A**

(tham khảo)

**Khả năng áp dụng đối với các hợp chất hóa học và kim loại**

Tiêu chuẩn này có thể áp dụng cho các hạt nano dạng bột của các hợp chất hóa học và kim loại sau:

- oxit kim loại ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{CoO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Ho}_2\text{O}_3$ ,  $\text{InO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SmO}_3$ ,  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Tb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ );
- các muối cacbonat ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CoCO}_3$ ,  $\text{ZrCO}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{NiCO}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ );
- cacbua ( $\text{SiC}$ ,  $\text{TiC}$ );
- nitrit ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{AlN}$ ,  $\text{CrN}$ ,  $\text{ZrN}$ ,  $\text{TaN}$ ,  $\text{TiN}$ ,  $\text{NbN}$ ,  $\text{VN}$ ,  $\text{BN}$ );
- vật liệu cacbon (fulleren, các dẫn xuất của fulleren);
- polyme (polystyrene);
- florua ( $\text{MgF}_2$ );
- muối oxit kim loại ( $\text{BaTiO}_3$ );
- kim loại ( $\text{Ni}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Si}$ ).

**Thư mục tài liệu tham khảo**

- [1] ISO 2859 (All parts) *Sampling procedures for inspection by attributes* [(tất cả các phần), Quy trình lấy mẫu để kiểm tra theo các thuộc tính]
- [2] ISO 9277:2010, *Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption – BET method* (Xác định diện tích bề mặt riêng của chất rắn bằng phương pháp hấp phụ khí – BET)
- [3] ISO 9516-1:2003, *Iron ores – Determination of various elements by X-ray fluorescence spectrometry – Part 1: Comprehensive procedure* (Quặng sắt – Xác định các nguyên tố khác nhau bằng phép đo phổ huỳnh quang tia X – Phần 1: Quy trình toàn diện)
- [4] ISO 10810:2019, *Surface chemical analysis – X-ray photoelectron spectroscopy – Guidelines for analysis* (Phân tích hóa học bề mặt – Quang phổ quang điện tử tia X – Hướng dẫn phân tích)
- [5] ISO/TS 10868: 2017, *Nanotechnologies – Characterization of single-wall carbon nanotubes using ultraviolet – visible - near infrared (UV-Vis-NIR) absorption spectroscopy* [Công nghệ nano – Đặc tính của ống nano cacbon một thành sử dụng quang phổ hấp thụ tia tử ngoại - phổ kiến - hồng ngoại gần (UV-Vis-NIR)]
- [6] ISO/TS 11931, *Nanotechnologies – Nanoscale calcium carbonate in powder form – Characteristics and measurement* (Công nghệ nano – Canxi cacbonat thang nano dạng bột – Đặc tính và phép đo)
- [7] ISO/TS 11937, *Nanotechnologies – Nanoscale titanium dioxide in powder form – Characteristics and measurement* (Công nghệ nano – Titan dioxit thang nano dạng bột – Đặc tính và phép đo)
- [8] ISO/TS 11308:2020, *Nanotechnologies – Characterization of carbon nanotube samples using thermogravimetric analysis* (Công nghệ nano - Đặc tính của các mẫu ống nano cacbon sử dụng phân tích nhiệt lượng)
- [9] ISO 13322-1:2014, *Particle size analysis – Image analysis methods – Part 1: Static image analysis methods* (Phân tích cỡ hạt – Phương pháp phân tích ảnh – Phần 1: Phương pháp phân tích ảnh tĩnh)
- [10] ISO 14887, *Sample preparation – Dispersing procedures for powders in liquids* (Kế hoạch lấy mẫu tuân tự để kiểm tra theo thuộc tính) (Chuẩn bị mẫu – Quy trình phân tán bột trong chất lỏng)
- [11] ISO 14488, *Particulate materials – Sampling and sample splitting for the determination of particulate properties* (Vật liệu dạng hạt – Lấy mẫu và tách mẫu để xác định đặc tính hạt)

- [12] ISO 18757, *Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Determination of specific surface area of ceramic powders by gas adsorption using the BET method* [Gốm mịn (gốm cao cấp, gốm kỹ thuật cao cấp) – Xác định diện tích bề mặt riêng của bột gốm bằng hấp phụ khí sử dụng phương pháp BET]
  - [13] TCVN 13782 (ISO 19749) *Công nghệ nano – Phép đo phân bố cỡ hạt và hình dạng bằng hiển vi điện tử quét*
  - [14] TCVN 13874 (ISO 21363) *Công nghệ nano – Phép đo phân bố cỡ hạt và hình dạng bằng hiển vi điện tử truyền qua*
  - [15] ISO 28591, *Sequential sampling plans for inspection by attributes*
  - [16] TCVN 7870-1 (ISO 80000-1), *Đại lượng và đơn vị – Phần 1: Tổng quan*
  - [17] ISO/TS 80004-6:2013, *Nanotechnologies – Vocabulary – Part 6: Nano-object characterization* (Công nghệ nano – Từ vựng – Phần 6: Đặc điểm vật thể nano)
  - [18] EN 13925-1:2003, *Non-destructive testing – X-ray diffraction from polycrystallite and amorphous materials – Part 1: General principles* (Thử nghiệm không phá hủy – Nhiễu xạ tia X từ đa tinh thể và vật liệu vô định hình – Phần 1: Nguyên tắc chung)
  - [19] JIS K 0131:1996, *General rules for X-ray diffractometric analysis* (Quy tắc chung về phân tích nhiễu xạ tia X)
-