



Microtrac Retsch GmbH

Retsch-Allee 1-5
42781 Haan
Germany

Phone +49 2104/2333-300
E-Mail info@microtrac.com

www.microtrac.com

10 LỖI THƯỜNG GẶP TRONG PHÂN TÍCH KÍCH THƯỚC HẠT VÀ CÁCH PHÒNG TRÁNH

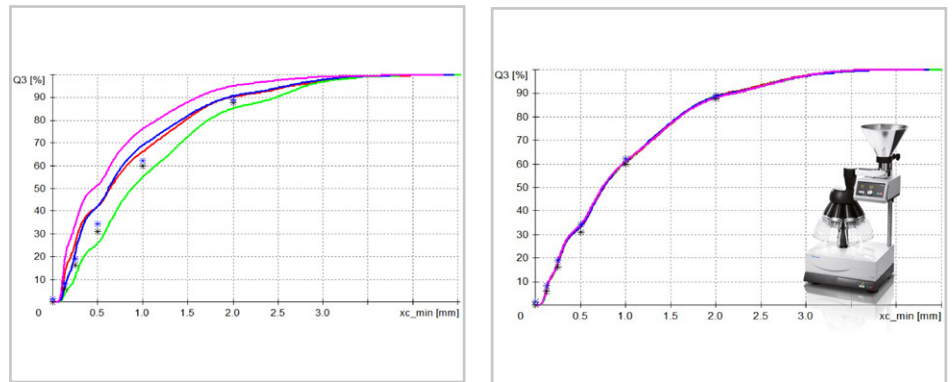
Phân tích hạt là một phần quá trình không thể thiếu trong việc kiểm soát chất lượng vật liệu và được thực hiện ở các phòng thí nghiệm. Các phương pháp được sử dụng thường đã được thiết lập trong nhiều năm và hầu như không bao giờ được đặt câu hỏi về các vấn đề có thể xảy ra. Tuy nhiên, quy trình này nên được xem xét lại theo thời gian vì theo thời gian nhiều nguồn sai số có thể xuất hiện gây ảnh hưởng tiêu cực đến kết quả phân tích hạt. Bài viết này nhằm cung cấp các thông tin hữu ích cho các phương pháp xác định đặc tính của hạt trở nên đáng tin cậy và chính xác hơn.

1. LẤY MẪU ĐẠI DIỆN

Khi lấy mẫu vật liệu rời không đồng nhất, phải đảm bảo rằng các đặc tính của mẫu thử được lấy tương ứng với các đặc tính của tổng lượng mẫu. Việc lấy mẫu sẽ có thể bị phức tạp do trong quá trình xử lý các vật liệu bị phân tách theo kích thước. Đồng thời, trong quá trình vận chuyển, các hạt nhỏ có xu hướng di chuyển xuống các khoảng kẽ do rung lắc và đọng lại ở đáy. Ở các thùng chứa hình nón, người ta thường quan sát thấy sự tập trung của các hạt nhỏ ở phía đáy của hình nón. Do đó, việc lấy mẫu tại một địa điểm khó có thể mang tính đại diện. Các mẫu thường được lấy từ nhiều điểm khác nhau và trộn lẫn với nhau để chống lại tác động của sự phân tách. Có thể sử dụng dụng cụ hỗ trợ thích hợp như ống lấy mẫu để cải thiện tình hình.

2. CHIA MẪU

Lượng mẫu đại diện để phân tích hạt thường quá lớn đối với các thiết bị phân tích được sử dụng. Trong nhiều trường hợp, số lượng phải được giảm đi rất nhiều để phù hợp với mô hình phân tích trong phòng thí nghiệm. Việc phân chia mẫu kém/ không hiệu quả là một trong những nguyên nhân chính gây ra sai số trong phân tích hạt, đặc biệt đối với các vật liệu có dải phân bố kích thước rộng. Việc lấy mẫu ngẫu nhiên không theo quy chuẩn sẽ tạo ra các mẫu phụ có dải phân bố kích thước hạt khác nhau, có thể thấy được độ tái lập kém của kết quả đo (Hình 1, bên trái). Việc sử dụng bộ chia mẫu có thể giúp khắc phục được tình trạng này. Ngay cả một bộ chia mẫu đơn giản cũng có thể giúp cải thiện độ tái lập một cách đáng kể khi phân tích mẫu phụ. Các mẫu được phân chia tốt nhất nhờ các Bộ chia mẫu xoay tự động như Retsch PT 100 (Hình 1, bên phải). Vật liệu mẫu được sử dụng là cát tiêu chuẩn với kích thước hạt từ 63 µm đến 4000 µm. Màu xanh lam và đen * biểu thị các giá trị tham chiếu.



Hình 1 (bên trái): Lấy mẫu ngẫu nhiên. Bốn phép đo với máy phân tích hình ảnh CAMSIZER P4 (đỏ / xanh dương / tím / xanh lá cây) cung cấp bốn kết quả khác nhau. Không có giá trị nào nằm trong khoảng phạm vi kỳ vọng (đen và xanh lam *).

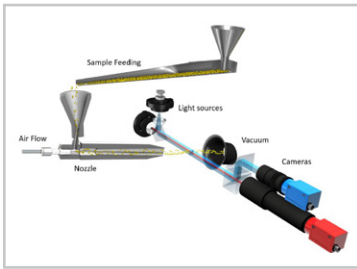
Hình 1 (bên phải): Chia mẫu với bộ chia mẫu xoay cung cấp bốn kết quả giống nhau và chính xác.

3. PHÂN TÁN

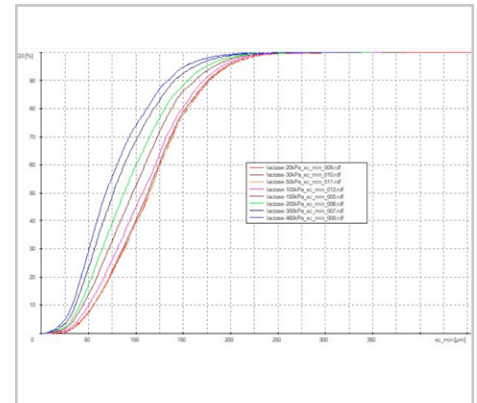
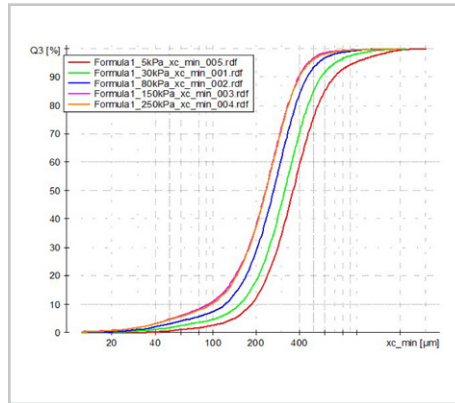
Sự phân tán là quá trình phân tách các hạt để chúng có thể đo được. Các hạt dính với nhau do các lực hút khác nhau được gọi là sự kết tụ. Thông thường chúng ta cần phá vỡ các khối kết tụ này trước khi đo. Tuy nhiên, sự kết tụ cũng có thể được quan tâm trong một số trường hợp chủ đích tạo ra kết tụ có chủ đích (tạo hạt). Trong trường hợp này, cần chú ý đến sự phân tán để không phá hủy các kết cấu cần đo. Đối với các phép đo khô, sự phân tán thường được thực hiện trong dòng khí nén. Hình 5 cho thấy một ví dụ về các phép đo khô với CAMSIZER X2 ở các áp suất phân tán khác nhau. Trong ví dụ đầu tiên (Hình 3a), khi áp suất tăng lên, kết quả dần mịn cho đến khi nó ổn định ở 150kPa trở lên. Do đó 150kPa sẽ là áp suất phân tán tối ưu cho mẫu này. Nói chung, "càng nhiều càng tốt và ít nhất có thể" được áp dụng khi chọn áp suất phân tán. Đối với hầu hết các vật liệu dạng bột, 20-30 kPa đã đủ để phân tán hoàn toàn các hạt. Trong ví dụ đo lường thứ hai (Hình 3b), sự phân tán ngày càng trở nên mịn hơn từ áp suất 100 kPa, điều này cho thấy các hạt phân tích là đất. Các mẫu thậm chí có thể được phân tích trong quá trình rơi tự do.

Sự kết tụ cũng có thể xảy ra ở dạng huyền phù. Điều này thường có thể được ngăn chặn bằng cách chọn một môi trường phân tán thích hợp (lưu chất mang). Các chất kết tụ vẫn còn trong huyền phù có thể được phá vỡ bằng cách sử dụng siêu âm. Hầu hết các máy phân tích kích thước hạt hiện đại đều có đầu dò siêu âm mạnh mẽ được tích hợp sẵn, do đó việc chuẩn bị mẫu có thể được thực hiện hoàn toàn bên trong thiết bị.

Tổng kết, các hạt càng lớn thì xác suất sai sót khi lấy mẫu và tách mẫu càng cao. Với các hạt mịn hơn, khả năng bị lỗi dễ xảy ra hơn trong quá trình phân tán.



Hình 2: Bộ phận phun mẫu khô của CAMSIZER X2

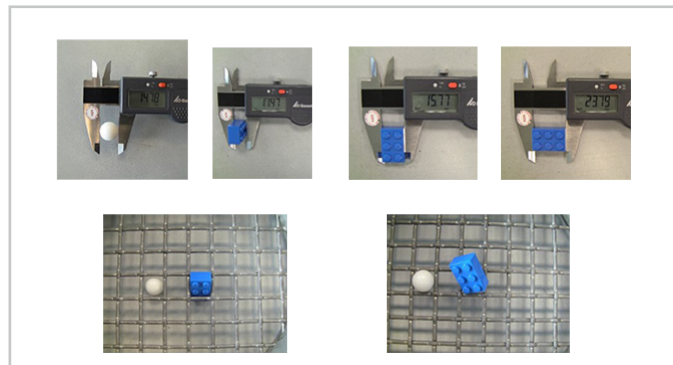


Hình 3a: Kết quả trở nên mịn hơn khi tăng áp suất. 5 kPa (đỏ), 30 kPa (xanh lục), 80 kPa (xanh lam), 150 kPa (tím) và 250 kPa (màu cam). Không phát hiện sự thay đổi từ 150 kPa đến 250 kPa. Mẫu: sữa bột.

Hình 3b: Các phép đo ở 20 đến 50 kPa mang lại kết quả giống hệt nhau, từ 100 kPa, kết quả trở nên mịn hơn, cho thấy tiến trình phá hủy của các hạt. 20kPa (đỏ), 30 kPa (nâu), 50 kPa (cam), 100kPa (tím), 100 kPa (tím), 150 kPa (xám), 200 kPa (xanh lá cây), 300 kPa (xanh lá cây đậm) và 460 kPa (xanh lam).

4. XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC

Nói một cách chính xác, việc xác định kích thước các hạt chỉ phù hợp nhất cho các hạt có dạng hình cầu, thông qua tính toán đường kính của nó. Đối với các hạt không phải hình cầu, có thể thu được các giá trị đo khác nhau, tùy thuộc vào hướng và kỹ thuật đo được sử dụng. Trong ví dụ ở Hình 4, khối cầu và viên Lego lọt qua sàng 16 mm, trong khi chúng được giữ lại bởi sàng 14 mm. Đối với phân tích sàng, cả hai đối tượng đều có kích thước như nhau, chúng có cùng "đường kính tương đương" là 14-16 mm, khó có thể xác định chính xác bằng phương pháp phân tích sàng. Khi đo bằng thước cặp, các giá trị nhỏ hơn hoặc lớn hơn thu được sẽ tùy thuộc vào hướng đo.



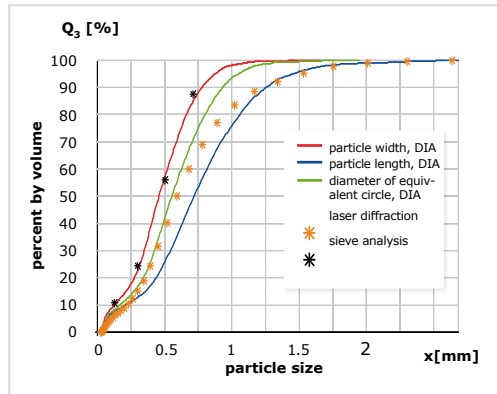
Hình 4: Kích thước hạt phụ thuộc vào hình dạng và thiết bị đo được sử dụng.

Ngay cả các phương pháp đo kích thước hạt tiên tiến hơn cũng sử dụng các "mô hình kích thước" khác nhau. Trong phân tích sàng, lý tưởng nhất là các hạt tự định hướng sao cho diện tích hình chiếu nhỏ nhất của chúng lọt qua mắt lưới sàng nhỏ nhất có thể. Do đó, phân tích rây sàng có xu hướng xác định chiều rộng hạt. Trong kỹ thuật hình ảnh (ví dụ như hình ảnh thu được bởi CAMSIZER), có thể giúp xác định các kích thước khác nhau. Phân bố kích thước có thể được báo cáo riêng biệt chiều dài và chiều rộng của mẫu.

Trong nhiễu xạ laser, tất cả các tín hiệu nhiễu xạ được đánh giá qua việc giả định các hạt được tạo ra từ mô hình hình cầu lý tưởng. Ngược lại với phương pháp phân tích hình ảnh không xác định được hình dạng hạt. Hơn nữa, nhiễu xạ laser đánh giá tín hiệu được tạo ra thông qua một tập hợp các hạt với các kích thước khác nhau. Do đó, việc tính toán phân bố kích thước hạt là phương pháp gián tiếp. Tuy nhiên, nhiễu xạ laser là một trong những kỹ thuật chính được thiết

lập, nhờ tính linh hoạt cao và phạm vi dải đo rộng từ vài nanomet đến phạm vi milimet. Hình 5 cho thấy kết quả đo kích thước của một mẫu bột cà phê khi phân tích bằng các phương pháp như sàng lọc, phân tích hình ảnh CAMSIZER và nhiễu xạ laser.

Từ những mô tả trên, có thể thấy rằng các phương pháp đo hạt khác nhau sẽ cho ra các kết quả khác nhau. Trong khi phân tích nhiễu xạ và sàng bằng tia laser rất khó tương quan với nhau thì các kết quả của phân tích sàng và phân tích hình ảnh lại tương quan hơn. Vì kỹ thuật hình ảnh có thể xác định chiều rộng của hạt, trong khi phân tích sàng có xu hướng đo chiều rộng hạt.



Hình 5: Sự phân bố kích thước hạt của một mẫu bột cà phê được xác định bằng phân tích rây (đen *), nhiễu xạ laser (cam *) và phân tích ảnh động. Phân tích hình ảnh cung cấp ba kết quả dựa trên chiều rộng hạt (màu đỏ), chiều dài hạt (màu xanh lam) hoặc đường kính tương đương hạt (màu xanh lá cây). Định nghĩa "chiều rộng" rất phù hợp với phân tích sàng, trong khi nhiễu xạ laser có xu hướng tương ứng với đường kính tương đương hạt.

5. LƯỢNG MẪU KHÔNG CHÍNH XÁC

Sử dụng quá nhiều hoặc quá ít mẫu vật liệu có thể gây ảnh hưởng đến kết quả đo. Trong nhiễu xạ laser, khi mật độ phân bố hạt quá cao có thể dẫn đến nhiễu tán xạ, và nếu sử dụng quá ít mẫu thì tỷ lệ tín hiệu S/N sẽ kém. Tuy nhiên, các máy phân tích laser hiện đại gần đây cho phép hiển thị mật độ lý tưởng để đo và cảnh báo người dùng ngay khi lượng mẫu quá cao hoặc quá thấp. Trong phân tích hình ảnh, không thể sử dụng quá nhiều mẫu. Nếu quá ít mẫu được phân tích hình ảnh, kết quả sẽ không đáng tin cậy và độ lặp lại kém. Lượng mẫu đo phụ thuộc vào kích thước của các hạt và hơn cả là vào độ rộng dải phân bố, nên rất khó để đưa ra các khuyến nghị chung. Kiểm tra độ lặp lại rất hữu ích, đặc biệt là nghiên cứu thêm về phần đuôi lệch của biểu đồ phân bố. Có thể cải thiện độ lặp lại bằng cách sử dụng nhiều mẫu đo hơn. Trong phân tích hình ảnh động với thiết bị CAMSIZER, hầu hết các hạt được phát hiện trong vòng 2-5 phút ở điều kiện bình thường và cho kết quả đo đáng tin cậy.

Phương pháp đo chịu ảnh hưởng lớn nhất lượng mẫu phân tích là phân tích sàng: một trong những lỗi phổ biến nhất ở đây là sàng quá tải. Nếu sử dụng lượng mẫu quá nhiều, các hạt có thể mắc kẹt trong các mắt lưới và bị chặn lại. Các hạt nhỏ sau đó không còn lọt qua sàng nữa và sự phân bố kích thước hạt ghi nhận được là kết quả "thô".

Trong phân tích sàng, lượng mẫu sử dụng phải được điều chỉnh theo cỡ hạt, khối lượng mẫu sàng được sử dụng và tỷ trọng mẫu. Không nên lấy 100g mẫu thử cho tất cả các thí nghiệm vì con số này có thể được cho là quá nhiều hoặc quá ít so với thí nghiệm. Tùy mỗi trường hợp mà lượng mẫu thử cần lấy là khác nhau, phải phù hợp với tiêu chuẩn máy và đặc tính thí nghiệm.

6. HIỂU VỀ DUNG SAI

Mọi dụng cụ đo lường đều có sai số hệ thống và dung sai nhất định do đó các sai số này phải được tính trước khi giải thích kết quả. Điều này sẽ được minh họa thông qua sử dụng ví dụ về phân tích sàng rây. Sàng kiểm tra bằng vải dây được sản xuất theo tiêu chuẩn DIN ISO 3310-1 hoặc ASTM E11. Các tiêu chuẩn này quy định cách kiểm tra kích thước mắt lưới thực của mỗi sàng. Mỗi sàng thử nghiệm được kiểm tra bằng phương pháp quang và đo số lượng mắt lưới quy định trước khi giao hàng. Giá trị trung bình của chiều rộng lỗ đo được phải nằm trong dung sai quy định của kích thước mắt lưới đã xác định. Đối với sàng có kích thước mắt lưới xác định 500 μm , giá trị trung bình của kích thước mắt lưới thực phải nằm trong khoảng $\pm 16.2 \mu\text{m}$. Do đó, sàng phù hợp với tiêu chuẩn có thể có chiều rộng lỗ trung bình từ 483,8 μm đến 516,2 μm . Điều quan trọng cần lưu ý ở đây là các giá trị trung bình; trên thực tế sẽ có các lỗ có kích thước đặc biệt lớn hơn và cho phép các hạt có kích thước tương ứng lọt qua sàng. Do đó, tiêu chuẩn cũng xác định kích thước độ mở tối đa cho phép đối với từng cỡ sàng. Chứng chỉ hiệu chuẩn có sẵn cho mỗi sàng chứa thông tin về kích thước mắt lưới thực và phân bố thống kê kích thước lỗ.

7. ĐÁNH GIÁ ĐỘ NHẠY QUÁ CAO

Một vấn đề thường xuyên xảy ra trong phân tích hạt là phát hiện các hạt quá nhỏ, i. e. một lượng nhỏ các hạt lớn hơn so với dải phân bố. Ở đây, độ nhạy của phương pháp đo đóng vai trò quyết định. Điểm mạnh của phân tích hạt hình ảnh là mỗi hạt được phát hiện đại diện cho một "tỉ lệ đo lường" và do đó cũng được hiển thị trong kết quả. Điều này có nghĩa là CAMSIZER X2 cho phép phát hiện hàm lượng hạt quá nhỏ hơn 0,02%. Nhiều xạ laser là một "phương pháp đo lường tập hợp", giả định tín hiệu ánh sáng tán xạ là do tất cả các hạt đồng thời tạo ra. Sự phân bố kích thước các hạt riêng lẻ được xếp chồng lên nhau và một quy trình lặp đi lặp lại được sử dụng để tính toán phân bố kích thước hạt. Nếu số lượng các hạt quá nhỏ chỉ chiếm phần nhỏ, thì sự đóng góp của các hạt này không đủ (tỷ lệ tín hiệu S/N) để hiển thị trong kết quả. Để phát hiện đáng tin cậy các hạt có kích thước quá nhỏ bằng nhiều xạ laser, mức đóng góp phải > 2%. Máy phân tích nhiễu xạ laser SYNC của Microtrac cung cấp khả năng phát hiện tốt hơn nhiều đối với các hạt quá nhỏ, vì SYNC có một camera tích hợp giúp phát hiện các hạt quá nhỏ với xác suất phát hiện cao.

8. PHÂN BỐ SAI TỶ TRỌNG

Sự phân bố kích thước hạt có thể được biểu diễn bằng đồ thị theo một số cách, với kích thước hạt luôn nằm trên trục x. Biểu diễn biểu đồ giúp tiếp cận một cách trực quan hơn, trong đó chiều rộng thanh tương ứng với giới hạn dưới và giới hạn trên của lớp hạt đo lường, và chiều cao tương ứng với số lượng hạt trong khoảng kích thước tương ứng thể hiện. Các khoảng kích thước này được xác định bởi hiệu suất và độ phân giải của hệ thống đo lường được sử dụng. Trong khi phương pháp sàng khi chồng 8 sàng sẽ phân ra 9 loại kích thước (bao gồm kích thước hạt ở đáy sàng), khi đó máy phân tích hình ảnh sẽ cung cấp vài nghìn cấp độ đo và máy phân tích nhiễu xạ laser cung cấp 64-150 cấp độ đo, tùy thuộc vào cấu hình đầu dò. Bên cạnh đó cung cấp thêm thông tin bằng đường cong tích lũy, cho biết tổng các đại lượng trong mỗi lớp đo lường. Từ đó tạo ra một đường cong tăng liên tục từ 0% đến 100%. Đối với mỗi giá trị x (kích thước hạt), số lượng các hạt nhỏ hơn x có thể được đọc từ đường cong tích lũy. Ngoài ra, đường cong tích lũy hiển thị trực tiếp các hàm phân vị, chẳng hạn như giá trị d50 (trung vị).

Phổ biến với nhiều người dùng là biểu diễn kết quả đo kích thước hạt dưới dạng mật độ phân bố, thường được gọi ngắn gọn là "đường cong phân phối Gauss". Mật độ phân bố là đạo hàm cấp một của đường cong tích lũy. Khi đường cong tích lũy tăng dốc, mật độ phân bố có giá trị cực đại; khi đường cong tích lũy bằng phẳng, mật độ phân bố đạt giá trị nhỏ nhất. Do đó mật độ phân bố thực cho thấy độ dốc của đường cong tích lũy. Vậy nên số lượng trong lớp hạt đo lường phải được chia cho bề dày lớp hạt. Độ chính xác của phân bố mật độ tăng lên theo số lượng các lớp hạt đo lường. Kết nối các thanh của biểu đồ bằng "đường cong cân bằng" không giúp cung cấp

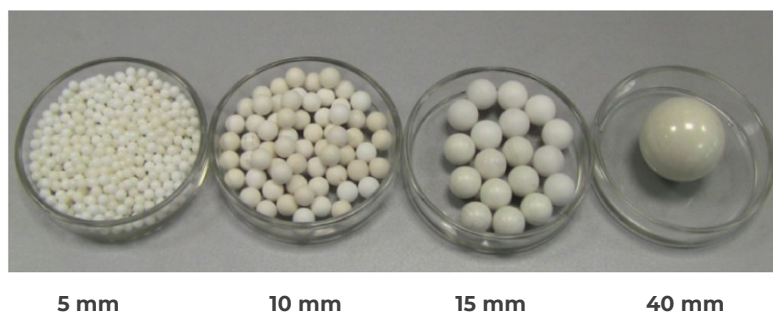
mật độ phân bố. Vì nội dung thông tin cung cấp thấp và phân bố mật độ dễ bị sai số, do đó nên được thể hiện phân phối theo hướng phân bố tích lũy.

9. CÁC LOẠI PHÂN BỐ (SỐ LƯỢNG, THỂ TÍCH, MẬT ĐỘ)

Kết quả phân tích hạt thường được đưa ra dưới dạng phần trăm, hoặc phần trăm trên mỗi lớp đo lường, hoặc dưới dạng tỷ lệ lớn hơn/ nhỏ hơn một kích thước x nhất định. Tuy nhiên, những tỷ lệ phần trăm này có ý nghĩa rất khác nhau. Từ đó tạo ra những khác biệt lớn về giá trị của khối lượng, thể tích hay số lượng. Các loại phân bố hiện nay phụ thuộc nhiều vào hệ thống đo lường được sử dụng. Trong phân tích sàng, khối lượng của mẫu trong mỗi phần được xác định bằng cách cân ngược sau quá trình sàng và chuyển thành phần trăm khối lượng. Tương tự với phân bố dựa trên thể tích, miễn là không có sự khác biệt về tỷ trọng giữa các hạt có kích thước khác nhau thì sẽ được hiển thị dưới chung phần trăm. Các phương pháp khác, chẳng hạn như đo bằng tay với thước cặp sẽ cung cấp các phân bố dựa trên số liệu từ các hạt trong từng phép đo. Sự khác biệt giữa phân bố dựa trên số lượng và dựa trên khối lượng/ thể tích nằm ở phân bố thể tích thực tế, các hạt lớn thường có vai trò lớn hơn, trong khi đó, với phân bố theo số lượng, các hạt nhỏ lại có vai trò chính.

Nhiều xạ laser là phương pháp giả định tất cả các tín hiệu thu được từ các hình cầu có hiệu ứng như nhau, và cung cấp kết quả dưới dạng phân bố dựa trên thể tích. Do các tín hiệu thu được ở dạng tập hợp chứ không phải đánh giá riêng lẻ nên nhiều xạ laser không thể xác định phân bố dạng số chính xác. Tuy nhiên đối với phương pháp đo hạt đơn, chẳng hạn như phân tích hình ảnh thì dữ liệu đo lường thu thập được chủ yếu được phân phối dựa trên số lượng. Trong khi các phương pháp hiển vi (phân tích ảnh tĩnh) thường làm việc với các phân bố dạng số, thì thực tế phổ biến trong phân tích ảnh động là phân bố thể tích. Vì phân tích hình ảnh thường bao gồm các xác định kích thước khác nhau, nên có thể thực hiện chuyển đổi này với một mô hình thể tích phù hợp (thường là một ellipsoid quay nghiêng). Điều này làm cho dữ liệu phân tích hình ảnh có thể so sánh với dữ liệu sàng hoặc nhiễu xạ laser. Cũng có thể chuyển đổi kết quả nhiễu xạ laser thành phân bố số lượng, nhưng vì chỉ có một mô hình hình cầu đơn giản nên dẫn đến kém chính xác hơn, do đó phân bố thể tích nên được sử dụng trong bất kỳ trường hợp nào có thể sử dụng.

Sự tán xạ ánh sáng động DLS là đại diện cho một trường hợp đặc biệt. Ở đây các kích thước hạt được đánh giá dựa theo sự đóng góp của chúng vào tổng cường độ tán xạ. Điều này dẫn đến kết quả là các hạt lớn chiếm vai trò lớn, bởi vì cường độ tán xạ tăng theo kích thước và theo hệ số 10^6 , có nghĩa là một hạt 100 nm tán xạ một triệu lần photon hơn một hạt 10 nm. Trong DLS, người ta thường chuyển đổi các bản phân phối thành "dựa trên thể tích", nhưng cần phải cẩn thận khi diễn giải kết quả để xác định kiểu phân phối nào đã được sử dụng.



Kích thước	Trọng lượng	P ₃	Số lượng	P ₀
5 mm	190 g	25%	490	85,5%
10 mm	190 g	25%	64	11,2%
15 mm	190 g	25%	18	3,1%
40 mm	190 g	25%	1	0,2%
Gesamt	760 g	100%	573	100%

Hình 6 / Bảng 1: Sự khác biệt giữa phân bố theo số lượng và khối lượng bằng cách sử dụng ví dụ về bốn kích thước bi mài khác nhau. Trong phân phối liên quan đến thể tích hoặc khối lượng (p₃), tất cả các phần đều có mặt với tỷ lệ bằng nhau ở 25%. Vì số lượng giảm khi kích thước hạt tăng lên, tỷ lệ liên quan đến số lượng (p₀) cao hơn ở các viên bi nghiền nhỏ.

10. LÀM VIỆC KHÔNG CÓ QUY TRÌNH SOPS

Như tất cả các phương pháp phân tích khác, một quy trình thống nhất, được tiêu chuẩn hóa cũng là điều kiện tiên quyết để cho kết quả đo nhất quán và có ý nghĩa. Các Quy trình Vận hành Chuẩn (SOP) luôn đảm bảo các quy trình đo lường và các quy trình làm việc giống nhau. Điều kiện tiên quyết là tất cả các thiết bị được cài đặt phần mềm lưu trữ và có thể được truy xuất. Tuy nhiên, SOP không chỉ bao gồm các cài đặt công cụ. Các thông số kỹ thuật về lấy mẫu, phân chia mẫu, chuẩn bị và đánh giá mẫu cũng cần được quy định chính xác trong quy trình vận hành chuẩn này. Nên tạo ra các hướng dẫn công việc càng chính xác càng tốt để đảm bảo chất lượng nhất quán của kết quả đo.

TỔNG KẾT

Nhiều phương pháp khác nhau được sử dụng để phân tích hạt, phổ biến nhất là nhiễu xạ laser, phân tích ảnh động và phân tích sàng. Chỉ có thể đạt được kết quả phân tích hiệu quả và có ý nghĩa nếu các bước chuẩn bị như lấy mẫu, phân chia mẫu và chuẩn bị mẫu được thực hiện một cách chính xác. Việc lựa chọn phương pháp thích hợp cho vật liệu mẫu và đánh giá ý nghĩa dữ liệu đo cuối cùng hỗ trợ cho phân tích hạt thành công.

Microtrac MRB là một trong những nhà cung cấp hàng đầu về công nghệ đo lường hạt từ các lĩnh vực nhiễu xạ laser và tán xạ ánh sáng động cũng như phân tích hình ảnh tĩnh và động, đồng thời cung cấp danh mục đầu tư đầy đủ cho việc xác định đặc tính của hạt từ một nguồn duy nhất.



Find out more on
www.microtrac.com

