



TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 14313:2025

ISO/ASTM 52950:2021

Xuất bản lần 1

**SẢN XUẤT BỒI ĐÁP – NGUYÊN TẮC CHUNG – TỔNG  
QUAN VỀ XỬ LÝ DỮ LIỆU**

*Additive manufacturing – Generally principles – Overview of data processing*

HÀ NỘI – 2025

## Lời nói đầu

TCVN 14313:2025 hoàn toàn tương đương ISO/ASTM 52950:2021

TCVN 14313:2025 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 261 Sản xuất bột đắp biên soạn, Viện Tiêu chuẩn Chất lượng Việt Nam đề nghị, Ủy ban Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng Quốc gia thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

# **Sản xuất bồi đắp – Nguyên tắc chung – Tổng quan về xử lý dữ liệu**

*Additive manufacturing – Generally principles – Overview of data processing*

## **1 Phạm vi áp dụng**

Tiêu chuẩn này đề cập đến các yếu tố chính áp dụng cho việc trao đổi dữ liệu trong sản xuất bồi đắp. Nó xác định các thuật ngữ và định nghĩa cho phép trao đổi thông tin mô tả hình học hoặc các chi tiết sao cho chúng có thể được sản xuất bồi đắp. Phương pháp trao đổi dữ liệu nêu rõ loại tệp, dữ liệu kèm theo định dạng của dữ liệu đó và dữ liệu đó có thể sử dụng cho mục đích gì.

Tiêu chuẩn này:

- xác định định dạng phù hợp cho việc trao đổi dữ liệu,
- mô tả các phát triển hiện có trong công nghệ sản xuất bồi đắp của hình học 3D,
- nêu rõ các định dạng tệp hiện có được sử dụng trong các phát triển hiện tại, và
- giúp hiểu các tính năng cần thiết cho việc trao đổi dữ liệu, cho những người áp dụng tiêu chuẩn này.

Tiêu chuẩn này hướng đến người dùng và nhà sản xuất quy trình sản xuất bồi đắp và các hệ thống phần mềm liên quan. Nó áp dụng ở bất kỳ khu vực nào sử dụng các quy trình sản xuất bồi đắp, đặc biệt là cho các lĩnh vực sau:

- nhà sản xuất hệ thống và thiết bị sản xuất bồi đắp bao gồm phần mềm;
- kỹ sư phần mềm tham gia vào hệ thống CAD/CAE;
- nhà phát triển hệ thống kỹ thuật đảo ngược;
- các cơ quan thử nghiệm muốn so sánh hình học yêu cầu và thực tế.

## **2 Tài liệu viện dẫn**

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn có ghi năm công bố thì chỉ áp dụng phiên bản đã 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, nếu có.

TCVN 14305 (ISO/ASTM 52900), *Sản xuất bồi đắp – Nguyên tắc chung – Cơ sở và từ vựng*

### 3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa nêu trong TCVN 14305 (ISO/ASTM 52900) và các thuật ngữ và định nghĩa sau:

#### 3.1

**Đa giác hóa (polygonization) (triangulation)**

Tam giác hoá

Tạo ra một mô hình số của bề mặt dưới dạng nhiều đa giác liên kết với nhau.

CHÚ THÍCH 1: Việc tạo ra một bề mặt từ các đa giác tam giác liên kết thường được gọi là phân giác.

CHÚ THÍCH 2: Trong sản xuất bồi đắp, đa giác/tam giác hoá là một thao tác hỗ trợ phần mềm được sử dụng để tạo ra mô hình đa giác phân tử từ đám mây điểm hoặc mô hình CAD 3D.

### 4 Trao đổi dữ liệu

#### 4.1 Dòng dữ liệu

##### 4.1.1 Tổng quan

Một tập dữ liệu 3D hoàn chỉnh của chi tiết là cơ sở cho sản xuất bồi đắp. Thông thường, điều này được tạo ra bằng mô hình hóa CAD 3D trực tiếp. Các tập dữ liệu cũng có thể được tạo ra từ dữ liệu quét 3D nếu các chi tiết tồn tại dưới dạng vật lý (xem Hình 1).

Một sự miêu tả dựa trên các đa giác phân tử được tạo ra từ mô hình khối lượng hoặc diện tích thông qua phân giác hoặc đa giác (xem 4.1.2.4) và chuyển đến quy trình sản xuất bồi đắp trong định dạng truyền dữ liệu phù hợp. Quá trình hỗ trợ phần mềm này hoạt động tự động trong phạm vi có thể.

##### 4.1.2 Giải thích các thuật ngữ chính sử dụng trong Hình 1

###### 4.1.2.1 Mô hình hóa CAD 3D (mô hình khối rắn)

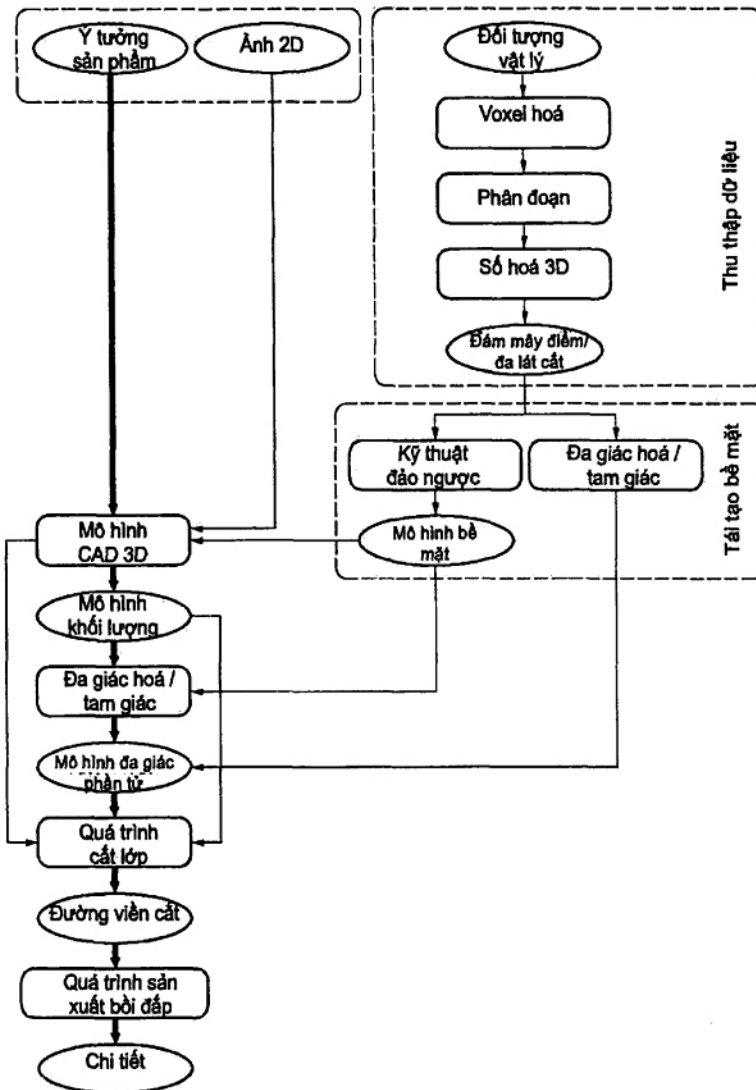
Mô hình hóa CAD 3D là quá trình thường được sử dụng trong thiết kế để tạo ra mô hình số 3D. Điểm khởi đầu có thể là một ý tưởng cho sản phẩm, hình thành và ngày càng được định hình trực tiếp trên màn hình máy tính trong quá trình thiết kế, hoặc một hình ảnh đã được tạo trước đó của đối tượng dưới dạng phác thảo, bản vẽ, ..., có thể được chuyển đổi thành dữ liệu 3D thông qua quá trình mô hình hóa trong hệ thống CAD. Khối lượng có thể được mô tả bằng hai kỹ thuật khác nhau, hoặc sự kết hợp của cả hai. Đối tượng có thể được cấu thành từ các khối cơ bản (hình dạng) (ví dụ: lập phương, chóp, hình trụ, hình nón, hình cầu, và hình xoắn) tạo nên đối tượng thực qua một chuỗi các phép toán Boolean, hoặc khối lượng được mô tả bằng các bề mặt bao quanh và vị trí của nguyên liệu so với các bề mặt bao quanh.

###### 4.1.2.2 Số hóa 3D

Số hóa 3D là quá trình đo lường hình học bề mặt của một đối tượng vật lý bằng cách sử dụng phần cứng và phần mềm phù hợp và ghi lại trong mô hình đám mây điểm. Các đối tượng có thể là sản phẩm sản xuất thủ công hoặc mô hình hoàn chỉnh cần được sao chép dưới dạng số. Việc sử dụng số hóa 3D đặc biệt hiệu quả nếu mô hình có các khu vực bề mặt dạng tự do được phác thảo thực nghiệm, vì những khu vực này khó tái tạo qua mô hình hóa CAD 3D trực tiếp.

#### 4.1.2.3 Tái tạo bề mặt

Tái tạo bề mặt là phương pháp xử lý dữ liệu được tạo ra thông qua số hóa 3D. Bắt đầu từ đám mây điểm do máy tính tạo ra, các đường cong và bề mặt được mô tả toán học với thông tin tô pô đủ để tái tạo chính xác bề mặt đối tượng. Những dữ liệu này có thể được lưu trữ riêng biệt hoặc tích hợp vào mô hình khối lượng CAD hiện có. Tái tạo bề mặt do đó tạo ra cầu nối giữa số hóa 3D và mô hình hóa CAD.



**Hình 1 – Tổng quan chung về luồng dữ liệu truyền thống từ ý tưởng sản phẩm đến chi tiết thực tế (thuật ngữ)**

#### 4.1.2.4 Đa giác hóa/ Tam giác hoá

Quá trình được phần mềm hỗ trợ này được sử dụng để tạo ra mô hình đa giác phần tử dựa trên khối lượng từ đám mây điểm sau khi số hóa 3D hoặc từ mô hình khối lượng sau khi mô hình hóa CAD 3D. Bề mặt đối tượng được đại diện bởi nhiều đa giác phần tử nhỏ, hoặc đa giác, được kéo căng giữa các điểm. Số lượng và kích thước của các đa giác phần tử là một yếu tố xác định độ chính xác của việc tái tạo hình học bề mặt thực tế. Quá trình này tạo ra một tập dữ liệu.

#### 4.1.2.5 Mô hình đa giác phần tử

Phương pháp này mô tả ranh giới hình học rắn và khu vực tính toán. Mỗi đa giác phần tử tam giác được kết nối với một đa giác phần tử lân cận bằng các cạnh chung để đảm bảo rằng các bề mặt là kín. Trong một mô hình đa giác phần tử, độ chính xác của nó được xác định bởi độ lệch dây cung so với mô hình CAD. Độ chính xác cao hơn yêu cầu nỗ lực tính toán nhiều hơn.

#### 4.1.2.6 Quá trình cắt lớp

Quá trình cắt lớp là một giai đoạn chuẩn bị thiết yếu trong tất cả các quy trình sản xuất bồi đắp. Nó liên quan đến việc cắt lớp mô hình đa giác phần tử (khối lượng) thành nhiều lớp liên tiếp và ghi lại thông tin chứa trong từng lớp. Dữ liệu đường viền cắt không còn kết nối với nhau theo trục z, có nghĩa là việc mở rộng sau đó không còn khả thi. Với một số công nghệ, quá trình này được thực hiện tự động bởi phần mềm, khi các tham số cần thiết (ví dụ: độ dày lớp) đã được thiết lập. Các hệ thống khác yêu cầu phần mềm riêng để chuẩn bị và lưu trữ dữ liệu lớp này.

### 4.2 Định dạng dữ liệu

#### 4.2.1 Tổng quan

Các định dạng giao diện phổ biến nhất được sử dụng trong luồng dữ liệu được giải thích từ 4.2.2 đến 4.2.8. Định dạng STL là định dạng dữ liệu thường được sử dụng nhất cho việc truyền dữ liệu. Nếu định dạng STL không thể xuất do thiếu mô-đun giao diện (không được cung cấp theo tiêu chuẩn với tất cả các chương trình phần mềm CAD), dữ liệu có thể được chuyển đến các chương trình CAD khác thông qua các định dạng giao diện (ví dụ: STEP hoặc IGES), mà sau đó sẽ cho phép xuất STL.

CHÚ THÍCH: Các vấn đề chuyển đổi có thể phát sinh khi truyền dữ liệu qua các giao diện hệ thống trung lập, vì khả năng của các giao diện (mặc dù đã có các tiêu chuẩn thiết lập) rất khác nhau và các chương trình hoạt động với các mức độ chính xác khác nhau (ví dụ: trong việc chấp nhận việc kết nối hai bề mặt liền kề).

#### 4.2.2 STL

Định dạng tập tin STL được phát triển ban đầu như một phần của gói CAD cho máy in SLA đầu tiên (vì liên quan đến quá trình đó), nhưng đã trở thành định dạng phổ biến để truyền dữ liệu mô hình 3D đến các công nghệ sản xuất bồi đắp. Đây là một định dạng dữ liệu trung lập hệ thống để trao đổi các tọa độ hình học thuần túy. Các bề mặt ranh giới của mô hình khối lượng được mô tả bằng các tam giác (đa giác phần tử phẳng) và các vector pháp tuyến của chúng. Tập dữ liệu STL có thể được lưu trữ bằng các đại diện ASCII hoặc nhị phân, cái sau giảm đáng kể kích thước tệp. Định dạng dữ liệu STL không phù

hợp để trao đổi dữ liệu giữa các hệ thống CAD/CAM vì hình học được phân giác không thể thay đổi (xem TCVN 14305 (ISO/ASTM 52900)).

#### 4.2.3 VRML (WRL)

VRML (ngôn ngữ mô hình hóa thực tế ảo) ISO/IEC 14772-1 và ISO/IEC 14772-2, phần mở rộng tập tin "wrl" (thế giới) hoặc "wrz" (cho các tập tin VRML nén), là một định dạng hình ảnh ba chiều độc lập với nền tảng, được hỗ trợ bởi chức năng mạng. VRML không bị hạn chế chỉ việc nhập dữ liệu điểm hoặc cạnh dưới dạng danh sách; nó cũng mô tả các đối tượng 3D hoặc kịch bản theo cách hướng đối tượng trong một loại ngôn ngữ máy tính (văn bản ASCII hoặc UTF-8). Các thành phần cơ bản của VRML là "loại nút" và các kênh giao tiếp: các nút hình dạng (các hình học cơ bản như lập phương, hình trụ, hình nón, và hình cầu), các nút hình thức [màu sắc, kết cấu (tính chất vật liệu), và biến đổi hình học], các nút ánh sáng, các nút máy ảnh (chiếu phối cảnh song song), và các nút nhóm để thực hiện cấu trúc phân cấp, cũng như các mẫu để mở rộng dải loại nút hiện có. Gần đây, định dạng VRML đã trở thành định dạng XML gọi là "eXtensible 3D" bởi Web3D (Consortium xem ISO/IEC 19775-1).

#### 4.2.4 IGES

IGES (đặc tả trao đổi đồ họa ban đầu) là một định dạng trao đổi dữ liệu CAD trung lập nhằm trao đổi thông tin hình học sản phẩm và chú thích hình học (xem ISO/ASTM 52900). Có những hạn chế của IGES khi chuyển đổi các mô hình biểu diễn ranh giới, có thể mất tính chặt chẽ của chúng do vấn đề dung sai.

CHÚ THÍCH: IGES là tên phổ biến của tiêu chuẩn NBSIR 80-1978 của Cục Tiêu chuẩn Quốc gia Hoa Kỳ, Đại diện Kỹ thuật số cho Giao tiếp Dữ liệu Định nghĩa Sản phẩm, được ANSI phê duyệt đầu tiên dưới tên ANS Y14.26M-1981 và sau đó là ANS USPRO/IPO-100-1996. Phiên bản IGES 5.3 đã được thay thế bởi ISO 10303 STEP vào năm 2006.

#### 4.2.5 STEP

ISO 10303 STEP (tiêu chuẩn cho việc trao đổi dữ liệu mô hình sản phẩm) là một định dạng giao diện trung lập hệ thống để mô tả và trao đổi dữ liệu mô hình sản phẩm giữa các hệ thống CAD khác nhau. STEP có thể được sử dụng để chuyển dữ liệu sản phẩm (ví dụ: lắp ráp sản phẩm, dữ liệu vòng đời sản phẩm, màu sắc, văn bản, ...) ngoài dữ liệu hình học (như với IGES). Tất cả các dạng mô hình dữ liệu CAD có thể được tích hợp trong đại diện hình học (mô hình khung dây, mô hình bề mặt, và mô hình khối lượng). (Xem TCVN 14305 (ISO/ASTM 52900)).

CHÚ THÍCH: Đây là tiêu chuẩn ISO cung cấp một đại diện thông tin sản phẩm, cùng với các cơ chế và định nghĩa cần thiết để trao đổi dữ liệu sản phẩm. ISO/TS 10303-1835 áp dụng cho việc đại diện thông tin sản phẩm, bao gồm các thành phần và lắp ráp; việc trao đổi dữ liệu sản phẩm, bao gồm lưu trữ, chuyển giao, truy cập và lưu trữ.

#### 4.2.6 AMF

Định dạng Sản xuất bồi đắp (AMF) là một định dạng dựa trên XML để giao tiếp dữ liệu mô hình sản xuất bồi đắp, bao gồm mô tả hình học bề mặt 3D với hỗ trợ gốc cho màu sắc, vật liệu, lưới, kết cấu và các cấu hình. Siêu dữ liệu chứa thông tin xử lý hoặc xử lý nguội AM có thể được bao gồm trong loại tệp AMF (xem TCVN 14305 (ISO/ASTM 52900)). AMF có thể đại diện cho một trong nhiều đối tượng được sắp

xếp trong một cấu hình. Tương tự như STL, hình học bề mặt được đại diện bởi lưới tam giác, nhưng trong AMF, các tam giác cũng có thể cong. AMF cũng có thể quy định vật liệu và màu sắc của mỗi khối lượng và màu sắc của mỗi tam giác trong lưới. ISO/ASTM 52915 cung cấp quy định tiêu chuẩn của AMF.

4.2.7 OBJ

Định dạng tập tin OBJ mã hóa hình học bề mặt của mô hình 3D. Nó có khả năng lưu trữ thông tin màu sắc và kết cấu, hoặc với một tệp PNG kèm theo chứa bản đồ kết cấu, hoặc với một tệp Thư viện Mẫu Vật liệu (MTL) chứa các thuộc tính mặt. Định dạng này là mã nguồn mở, trung lập và ở định dạng tệp ASCII. Các tệp OBJ đạt được lưới chính xác hơn, vì mã hóa bề mặt trong OBJ không bị giới hạn ở các đoạn tam giác mà cũng có thể là nhiều đa giác khác nhau, chẳng hạn như tứ giác hoặc hình lục giác.

4.2.8 3MF

Định dạng Sản xuất 3D (3MF) là một dự án mã nguồn mở được phát triển bởi liên doanh 3MF. Đây là một nền tảng dựa trên XML. Nó chứa mô hình 3D và thông tin thuộc tính. Tệp cũng có thể chứa các cấu trúc hỗ trợ gắn liền với dữ liệu chi tiết và hỗ trợ nhiều vật liệu.

4.3 Chuẩn bị dữ liệu

4.3.1 Tầm quan trọng của chất lượng dữ liệu đối với chất lượng chi tiết

Việc tái tạo chính xác hình học trong tập dữ liệu là điều kiện tiên quyết để đảm bảo sản xuất chi tiết chất lượng cao và không gặp sự cố khi sử dụng công nghệ sản xuất bồi đắp. Cần lưu ý các điểm sau:

- tất cả các bề mặt của các mô hình bề mặt phải được làm mịn và cắt tia (mô hình chặt chẽ hoàn hảo);
- tất cả các bề mặt phải được định hướng sao cho khối lượng có thể được nhận diện rõ ràng <sup>1)</sup>;
- khi thực hiện phân giác, không chọn các công cụ xây dựng hỗ trợ (lớp, hình trụ, trục, các yếu tố ẩn, ...);
- các mô hình bề mặt phải được chuyển đổi thành khối rắn trước khi thực hiện đa giác hóa/phân giác.

Việc tạo ra hoặc cung cấp dữ liệu kém chất lượng có thể yêu cầu sửa chữa tập dữ liệu, điều này trong một số trường hợp có thể rất tốn thời gian và chi phí và do đó yêu cầu phê duyệt riêng.

Vì lý do này, và do các vấn đề về dung sai, nên cung cấp các bản vẽ có kích thước.

4.3.2 Tham số xuất

Việc cài đặt các tham số xuất khi nhập tập dữ liệu và do đó độ chính xác của đa giác hóa/phân giác xác định mức độ chính xác của việc gần đúng hình học mong muốn. Độ phân giải quá thô ảnh hưởng đến độ chính xác và hình thức của mẫu thử cuối cùng. Tuy nhiên, độ phân giải rất cao đòi hỏi dung lượng lưu trữ lớn (kích thước tệp quá mức) và tăng thời gian chuẩn bị (xem Bảng 1).

Các tham số xuất khác nhau có thể được cài đặt tùy thuộc vào chương trình CAD:

- độ cao dây cung, tỷ lệ khung và độ phân giải;

10 <sup>1)</sup> Tất cả các hướng bề mặt cần phải nhất quán để bên trong mô hình CAD luôn được xác định rõ ràng. Nếu không đạt được điều này, các hình tam giác trong tệp STL hoặc AMF có thể hướng sai hướng, tạo thành một lỗ trên bề mặt chi tiết. Hướng

- dung sai bề mặt, làm mịn bề mặt tuyệt đối, sai lệch mặt phẳng tuyệt đối, sai lệch khoảng cách tối đa, dung sai chuyển đổi, dung sai tiếp giáp;
- dung sai tam giác, dung sai góc, điều khiển góc, góc mặt phẳng bề mặt.

Đối với một số chương trình không cho phép cài đặt các tham số riêng biệt trong quá trình xuất, các tham số đầu ra được điều chỉnh theo các tham số hiển thị. Trong trường hợp này, cần đảm bảo rằng độ phân giải hiển thị đủ cao trong chương trình đã được chọn bằng cách điều chỉnh trước.

Việc tăng số lượng mặt phẳng sau khi tăng chất lượng hình ảnh không thể đạt được mà không tốn kém đáng kể. Ngược lại, việc giảm số lượng mặt phẳng sau đó mà không gây vấn đề thường là khả thi.

**Bảng 1 – Các lỗi định dạng tiềm ẩn trong tập dữ liệu và ảnh hưởng của chúng đến quá trình sản xuất**

| Lỗi định dạng                                                      | Ảnh hưởng đến quá trình                                          | Ảnh hưởng đến chi tiết                       | Biện pháp khắc phục                                     |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Tam giác quá thô                                                   | Không có ảnh hưởng                                               | Gần đúng hình học thực tế kém                | Tạo tệp với độ phân giải điều chỉnh                     |
| Tam giác quá tinh                                                  | Thời gian tính toán quá mức, thời gian xây dựng dài              | Khuyết tật do lỗi quá trình                  | Tạo tệp với độ phân giải điều chỉnh                     |
| Bề mặt không đồng đều và/hoặc không được cắt tỉa trong mô hình CAD | Lỗi quá trình do khối lượng dữ liệu lớn                          | Khuyết tật hình học gây ra bởi lỗi quá trình | Sửa chữa = "khối lượng đóng" sạch sẽ                    |
| Định hướng bề mặt không chính xác trong mô hình CAD                | Lỗi quá trình do định nghĩa chi tiết không rõ ràng hoặc lớp rỗng | Khuyết tật hình học gây ra bởi lỗi quá trình | Kiểm tra vector pháp tuyến và đảm bảo "khối lượng đóng" |

### 4.3.3 Các cân nhắc đặc biệt trong xử lý dữ liệu

#### 4.3.3.1 Dự phòng gia công

Tùy thuộc vào thành phần hoặc phương pháp chọn lựa, sản xuất có thể yêu cầu gia công sau. Trong trường hợp này, cần phải cho phép sự gia công thừa hoặc thiếu phù hợp ở các khu vực liên quan khi tạo mô hình CAD. Nhà thầu/nhà sản xuất nên được thông báo thêm về các khu vực gia công.

#### 4.3.3.2 Giảm thể tích

Một số công nghệ sản xuất bồi đắp có thể rất dài và tốn kém khi chế tạo các thể tích lớn. Có thể giảm thể tích ở giai đoạn mô hình CAD, chẳng hạn như bằng cách tạo ra các vùng hoàn toàn rỗng hoặc các vùng bên trong có mật độ thấp với cấu trúc lưới. Việc giảm thể tích của chi tiết cần phải được thỏa thuận trước cho sản xuất theo đơn hàng.

#### **4.3.3.3 Căn chỉnh chi tiết và hỗ trợ**

Tùy thuộc vào quy trình, độ chính xác của chi tiết xây dựng và các đặc điểm khác nhạy cảm với định hướng chi tiết và thứ tự nạp vật liệu. Điều này cần được tính đến khi căn chỉnh chi tiết trong không gian xây dựng. Ngoài ra, thời gian sản xuất thường phụ thuộc vào vị trí.

Một số quy trình sản xuất bồi đắp yêu cầu sử dụng các cấu trúc bổ sung để hỗ trợ các hình học treo và gắn chúng vào một cấu trúc vững chắc, chẳng hạn như mặt bàn xây dựng bên dưới. Những hỗ trợ này được áp dụng vào tệp xây dựng trước khi thực hiện xây dựng và thường được loại bỏ bằng tay sau khi chi tiết hoàn thành.

Người dùng hệ thống tạo ra các hỗ trợ bằng cách sử dụng các tùy chọn trong phần mềm hệ thống hoặc các công cụ phần mềm riêng biệt.

Không phải lúc nào cũng có thể tránh hoàn toàn việc làm hỏng hoàn thiện bề mặt khi gắn các hỗ trợ. Vì lý do này, điều quan trọng là phải đánh dấu các khu vực mà không thể gắn các hỗ trợ (xem ISO/ASTM 52915).

## Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] ISO 6983-1, *Automation systems and integration – Numerical control of machines – Program format and definitions of address words – Part 1: Data format for positioning, line motion and contouring control systems* (Hệ thống tự động hóa và tích hợp – Điều khiển số của máy móc – Định dạng chương trình và định nghĩa của từ địa chỉ – Phần 1: Định dạng dữ liệu cho hệ thống điều khiển định vị, chuyển động theo đường và tạo đường viền)
- [2] ISO/TS 10303-1835, *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 1835: Application module: Additive manufacturing part and build information* (Hệ thống tự động hóa công nghiệp và tích hợp – Biểu diễn và trao đổi dữ liệu sản phẩm – Phần 1835: Mô-đun ứng dụng: Thông tin về bộ phận và bản dựng sản xuất bồi đắp)
- [3] ISO 10303 (all parts), *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange* ((tất cả các phần), Hệ thống tự động hóa công nghiệp và tích hợp – Biểu diễn và trao đổi dữ liệu sản phẩm)
- [4] ISO/IEC 14772-1, *Information technology – Computer graphics and image processing – The Virtual Reality Modeling Language – Part 1: Functional specification and UTF-8 encoding* (Công nghệ thông tin – Đồ họa máy tính và xử lý hình ảnh – Ngôn ngữ mô hình hóa thực tế ảo – Phần 1: Đặc tả chức năng và mã hóa UTF-8)
- [5] ISO/IEC 14772-2, *Information technology – Computer graphics and image processing – The Virtual Reality Modeling Language (VRML) – Part 2: External authoring interface (EAI)* (Công nghệ thông tin – Đồ họa máy tính và xử lý hình ảnh – Ngôn ngữ mô hình hóa thực tế ảo (VRML) – Phần 2: Giao diện biên soạn bên ngoài (EAI))
- [6] ISO 18739, *Dentistry – Vocabulary of process chain for CAD/CAM systems* (Nha khoa – Từ vựng về chuỗi quy trình cho CAD/CAM hệ thống)
- [7] ISO/IEC 19775-1, *Information technology – Computer graphics, image processing and environmental data representation – Extensible 3D (X3D) – Part 1: Architecture and base components* (Công nghệ thông tin – Đồ họa máy tính, xử lý hình ảnh và biểu diễn dữ liệu môi trường – 3D mở rộng (X3D) – Phần 1: Kiến trúc và các thành phần cơ sở)
- [8] ISO/ASTM 52915, *Specification for additive manufacturing file format (AMF) Version 1.2* (Đặc điểm kỹ thuật cho định dạng tệp sản xuất bồi đắp (AMF) Phiên bản 1.2)
-