

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 14312:2025

ISO/ASTM 52942:2020

Xuất bản lần 1

**SẢN XUẤT BỒI ĐẮP – NGUYÊN TẮC ĐÁNH GIÁ – ĐÁNH
GIÁ NĂNG LỰC NGƯỜI VẬN HÀNH MÁY VÀ THIẾT BỊ
SẢN XUẤT BỒI ĐẮP GIƯỜNG BỘT KIM LOẠI BẰNG
LAZE DỪNG TRONG CÁC ỨNG DỤNG HÀNG KHÔNG
VŨ TRỤ**

*Additive manufacturing – Qualification principles – Qualifying machine operators of
laser metal powder bed fusion machines and equipment used in aerospace applications*

HÀ NỘI – 2025

Lời nói đầu

TCVN 14312:2025 hoàn toàn tương đương ISO/ASTM 52942:2020

TCVN 14312:2025 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 261 Sản xuất bởi đáp 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 đánh giá – Đánh giá năng lực người vận hành máy và thiết bị sản xuất bồi đắp giường bột kim loại bằng laze dùng trong các ứng dụng hàng không vũ trụ

Additive manufacturing – Qualification principles – Qualifying machine operators of laser metal powder bed fusion machines and equipment used in aerospace applications

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định yêu cầu đối với việc đánh giá năng lực người vận hành máy và thiết bị sản xuất bồi đắp giường bột kim loại bằng laze cho sản xuất bồi đắp trong các ứng dụng hàng không.

Tiêu chuẩn này áp dụng nếu việc kiểm tra chứng nhận người vận hành được yêu cầu bởi hợp đồng hoặc bởi các tiêu chuẩn ứng dụng trong lĩnh vực hàng không.

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*

ISO/ASTM 52921, *Standard terminology for additive manufacturing – Coordinate systems and test methodologies* (Thuật ngữ tiêu chuẩn cho các phương pháp sản xuất bồi đắp – Hệ tọa độ và kiểm tra)

ISO 18490, *Non-destructive testing – Evaluation of vision acuity of NDT personnel* (Kiểm tra không phá hủy - Đánh giá thị lực của nhân viên NDT)

EN 4179, *Aerospace series – Qualification and approval of personnel for non-destructive testing* (Chuẩn hàng không – Chứng nhận và phê duyệt nhân viên cho kiểm tra không phá hủy)

NAS 410, *Nas Certification & Qualification Of Nondestructive Test Personnel* (Chứng chỉ NAS và chứng nhận của nhân viên kiểm tra không phá hủy)

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 ISO/ASTM 52921 và các thuật ngữ và định nghĩa sau:

3.1

Người kiểm tra (examiner)

Người được chỉ định để xác minh sự phù hợp với tiêu chuẩn áp dụng

CHÚ THÍCH 1: Trong một số trường hợp, có thể yêu cầu một người kiểm tra độc lập bên ngoài.

[Nguồn: ISO 14732:2013, 3.12]

3.2

Tổ chức kiểm tra (examining body)

Tổ chức được bổ nhiệm để xác minh sự tuân thủ tiêu chuẩn áp dụng

CHÚ THÍCH 1: Trong một số trường hợp, có thể yêu cầu một cơ quan kiểm tra độc lập bên ngoài.

[Nguồn: ISO 14732:2013, 3.13]

3.3

Người vận hành (operator)

Người vận hành các máy bồi đắp vật liệu giường bột kim loại và thiết bị cho sản xuất bồi đắp

3.4

Quy định quy trình sản xuất bồi đắp (additive manufacturing procedure specification)

APS

Tài liệu đã đủ tiêu chuẩn và cung cấp các tham số cần thiết của quá trình sản xuất bồi đắp để đảm bảo tính lặp lại trong quá trình sản xuất

3.5

Quy định quy trình sản xuất bồi đắp sơ bộ (preliminary additive manufacturing procedure specification)

PAPS

Tài liệu chứa các tham số cần thiết của quá trình sản xuất bồi đắp mà vẫn chưa được đủ điều kiện.

4 Đánh giá

4.1 Tổng quan

Cần chỉ định một điều phối viên, bằng văn bản, để chịu trách nhiệm về việc kiểm tra đánh giá cho người vận hành, đánh giá lại và huỷ bỏ đánh giá. Điều phối viên phải có kiến thức và kinh nghiệm liên quan đến quá trình sản xuất bồi đắp giường bột kim loại bằng laze và được cơ quan có thẩm quyền chấp thuận.

Các bài kiểm tra tiêu chuẩn cho người vận hành phải bao gồm các khía cạnh sau:

a) kiểm tra lý thuyết;

- b) kiểm tra thực hành;
- c) bằng chứng về thị lực.

Bài kiểm tra thực hành cho người vận hành phải tuân theo quy định quy trình sản xuất bồi đắp. Ví dụ về quy định quy trình sản xuất bồi đắp (APS) được cung cấp trong Phụ lục D.

4.2 Các tham số thiết yếu và phạm vi đánh giá năng lực

4.2.1 Tổng quan

Việc đánh giá năng lực của người vận hành máy sản xuất bồi đắp giường bột kim loại cho sản xuất bồi đắp dựa trên các tham số thiết yếu. Đối với mỗi tham số thiết yếu, một phạm vi đánh giá được xác định. Nếu người vận hành phải làm việc ngoài phạm vi đánh giá, cần thực hiện kiểm tra đánh giá mới. Các tham số thiết yếu là:

- a) nhóm nguyên liệu bột;
- b) mẫu máy.

Ghi chú: Đối với mẫu máy, xem 4.2.3.

4.2.2 Nhóm nguyên liệu bột

Bài kiểm tra lý thuyết trong khuôn khổ đánh giá phải được điều chỉnh theo nhóm nguyên liệu bột sử dụng cho sản xuất.

Nhóm nguyên liệu A: Thép không hợp kim, thép hợp kim thấp, thép ferritic hợp kim cao.

Nhóm nguyên liệu B: Thép austenitic, thép martensitic và thép tôi cứng bằng kết tủa.

Nhóm nguyên liệu C: Titan và hợp kim titan, niobi, zirconium và các kim loại phản ứng khác.

Nhóm nguyên liệu D: Hợp kim nhôm và magiê.

Nhóm nguyên liệu E: Nguyên liệu không thuộc các nhóm nguyên liệu khác (ví dụ: molybdenum, tungsten, hợp kim đồng, titan aluminide).

Nhóm vật liệu F: Hợp kim nickel, hợp kim cobalt.

Việc đánh giá thực hiện trong một nhóm nguyên liệu thì chỉ chứng nhận cho nhóm cụ thể đó.

4.2.3 Mẫu máy

Mẫu máy liên quan đến nhà sản xuất máy và loại máy cụ thể.

4.3 Bằng chứng về thị lực

Bất kỳ hạn chế nào (ví dụ, công cụ hỗ trợ thị lực khi cần thiết để vượt qua bài kiểm tra thị lực) phải được ghi lại trên chứng chỉ kiểm tra đánh giá. Bất kỳ hạn chế nào về khả năng phân biệt màu sắc phải được kiểm tra trước khi đánh giá và được ghi lại trên chứng chỉ kiểm tra đánh giá.

Yêu cầu về thị lực phải đạt được bằng cách sử dụng một mắt hoặc cả hai mắt. Ứng viên phải đạt được khả năng thị lực gần và khả năng phân biệt màu sắc được quy định ở đây.

Các bài kiểm tra thị lực phải được thực hiện bởi nhân viên có năng lực.

Phương pháp kiểm tra thị lực gần phải được chọn từ một trong các phương pháp sau:

- a) bảng kiểm tra Jaeger số 2 ở khoảng cách khoảng 400 mm;
- b) Visus 0,8 ở khoảng cách khoảng 400 mm;
- c) yêu cầu thị lực của EN 4179/NAS 410 hoặc ISO 18490.

CHÚ THÍCH: Kết quả của 3 phương pháp kiểm tra thị lực gần không hoàn toàn có thể so sánh được.

Khả năng phân biệt màu sắc phải được kiểm tra bằng phương pháp phù hợp, ví dụ như bài kiểm tra Ishihara.

Thị lực gần phải được kiểm tra theo các yêu cầu này ít nhất 2 năm một lần. Khả năng phân biệt màu sắc phải được kiểm tra theo các yêu cầu này ít nhất 6 năm một lần.

4.4 Kiểm tra lý thuyết

Kiểm tra lý thuyết phải bao gồm nội dung được cung cấp trong Phụ lục A.

Kiến thức lý thuyết phải được chứng minh tối thiểu trong một bài kiểm tra trắc nghiệm. Bài kiểm tra phải có tối thiểu 20 câu hỏi. Ít nhất phải trả lời đúng 80 % câu hỏi.

4.5 Kiểm tra thực hành

Kiểm tra thực hành phải bao gồm nội dung được cung cấp trong Phụ lục B.

Để chứng minh kỹ năng thực hành, người vận hành phải thể hiện các bước quy trình cần thiết trên máy bồi đắp giường bột kim loại bằng laze và phải thiết lập máy theo một quy định quy trình sản xuất bồi đắp (PAPS hoặc APS).

CHÚ THÍCH: Xem Phụ lục D để biết ví dụ về APS.

Các kỹ năng nâng cao được liệt kê trong Phụ lục B phải được ghi trên chứng chỉ kiểm tra đánh giá khi đã được đào tạo và đạt kiểm tra.

5 Chứng chỉ kiểm tra đánh giá

Người kiểm tra hoặc cơ quan kiểm tra phải chứng nhận rằng người vận hành máy bồi đắp giường bột kim loại bằng laze đã vượt qua tất cả các bài kiểm tra thành công.

Nếu người vận hành máy bồi đắp giường bột kim loại bằng laze không vượt qua một trong các bài kiểm tra theo 4.3, 4.4 và/hoặc 4.5, không cấp chứng chỉ đủ điều kiện.

Chứng chỉ phải chứa ít nhất các thông tin sau:

- a) tên;

- b) ngày sinh hoặc mã định danh, ví dụ: số nhân viên;
- c) mẫu máy (nhà sản xuất máy và loại máy cụ thể) của máy (các máy) được sử dụng để đánh giá thực hành;
- d) nhóm nguyên liệu được đề cập trong bài kiểm tra lý thuyết;
- e) nếu có, các kỹ năng nâng cao đã được đào tạo và kiểm tra (theo Phụ lục B);
- f) kính điều chỉnh, nếu cần để vượt qua bài kiểm tra thị lực theo 4.3;
- g) ngày cấp chứng chỉ;
- h) ngày hết hạn của thời gian hiệu lực;
- i) tên và chữ ký của người kiểm tra.

Chứng chỉ phải được cấp dưới trách nhiệm của người kiểm tra hoặc cơ quan kiểm tra. Một định dạng chứng chỉ được đề xuất được cung cấp trong Phụ lục C.

6 Tính hợp lệ của bài kiểm tra

6.1 Tổng quan

Chứng chỉ kiểm tra đánh giá chỉ có giá trị cho các mô hình máy, nguyên liệu bột và kỹ năng đã được đánh giá.

6.2 Thời hạn hiệu lực

Chứng chỉ kiểm tra đánh giá có hiệu lực trong vòng 2 năm. Chứng chỉ kiểm tra đánh giá của người vận hành cần được gia hạn mỗi 2 năm theo quy định tại 6.3.

Chứng chỉ kiểm tra đánh giá hết hạn vào cuối tháng tương ứng với thời điểm kiểm tra thực tế được thực hiện.

Việc đánh giá lại phải được thực hiện trong thời gian hiệu lực bất cứ khi nào:

- a) có lý do để nghi ngờ rằng người vận hành không đáp ứng các yêu cầu của đánh giá;
- b) người vận hành không làm việc trên mô hình máy được đánh giá quá 6 tháng;
- c) kết quả không đạt yêu cầu trên các chi tiết đại diện, liên quan đến việc thiết lập máy theo quy định quy trình.

6.3 Kiểm tra đánh giá lại

Đối với bài kiểm tra đánh giá lại, các yêu cầu giống như đối với các bài kiểm tra đánh giá ban đầu áp dụng. Đánh giá lý thuyết có thể được điều chỉnh theo kinh nghiệm chuyên môn của người vận hành. Đánh giá thực hành có thể được thực hiện trong quá trình sản xuất. Kết quả đánh giá lại thành công cần được ghi nhận liên tục vào chứng chỉ kiểm tra đánh giá.

6.4 Bài kiểm tra bổ sung

TCVN 14312:2025

Một bài kiểm tra bổ sung cần được thực hiện để thêm các mô hình máy, nguyên liệu bột và kỹ năng nâng cao vào chứng chỉ kiểm tra đánh giá. Nội dung của đánh giá lý thuyết và thực hành có thể được giới hạn vào các tham số thể bổ sung. Bài kiểm tra bổ sung không ảnh hưởng đến hiệu lực của chứng chỉ kiểm tra đánh giá ban đầu.

Phụ lục A

(quy định)

Nội dung đánh giá lý thuyết

Đánh giá lý thuyết phải bao gồm tối thiểu các khía cạnh sau:

a) an toàn lao động:

- liên quan đến mô hình máy;
- bột (bột độc hại, nguy cơ cháy và nổ, xử lý, thiết bị bảo vệ cá nhân, khu vực cách ly);
- môi trường xử lý (argon, nitrogen, chân không, hệ thống an toàn);
- phụ gia (ví dụ: chất tẩy rửa).

b) thiết bị và quá trình:

- nguyên tắc cơ bản của quá trình bao gồm ưu điểm và nhược điểm của quá trình, các lĩnh vực ứng dụng;
- tham số quá trình;
- kiến thức cơ bản về thiết bị;
- chức năng của máy;
- bảo trì theo hướng dẫn của nhà sản xuất/công ty;
- quy trình chứng nhận cho máy;
- các biện pháp đảm bảo quá trình (ổn định điện, hình học chùm tia, vị trí chùm tia);
- thiết lập máy (vệ sinh, gọn gàng, để in);
- xử lý bột (phê duyệt, lưu trữ, ô nhiễm);
- theo dõi lô bột;
- can thiệp và các ảnh hưởng tiêu cực của chúng;
- hoạt động hậu xử lý.

c) phạm vi và thời gian hiệu lực của chứng chỉ kiểm tra đánh giá:

- phạm vi;
- thời gian hiệu lực và kiểm tra lại.

Phụ lục B

(quy định)

Nội dung đánh giá thực hành

Đánh giá thực hành phải bao gồm tối thiểu các khía cạnh sau:

a) lắp đặt và thiết lập hệ thống sản xuất bồi đắp giường bột bằng laze (L-PBF):

- xác minh cấu hình máy (ví dụ: hệ thống điều khiển, đầu quét, nguồn cung cấp tia laze, cung cấp khí, hệ thống làm mát, vệ sinh và thay thế các thành phần);
- chuẩn bị (xử lý, sàng lọc) và xác minh để in và bột (nguyên liệu đầu vào);
- tải file và xác minh đặc tả công việc in dựa trên APS (bao gồm việc chèn/xác minh các tham số quá trình nếu cần);
- xác minh các tham số và điều kiện tia laze (ví dụ: ổn định nguồn, hình dạng, định vị điểm hội tụ);
- thực hiện bố trí sản xuất, nếu có;
- tuân thủ các quy trình về sức khỏe, an toàn và môi trường khi lắp đặt và thiết lập hệ thống L-PBF;
- chuẩn bị máy cho công việc sản xuất;
- tuân thủ và hoàn thành tài liệu công việc;

b) giám sát và quản lý việc sản xuất các chi tiết:

- nếu áp dụng, đảm bảo các lớp được sản xuất theo yêu cầu chất lượng (ví dụ: các lớp đầu tiên và định kỳ);
- báo cáo sự cố và thực hiện các hành động khắc phục hoặc phòng ngừa theo chỉ dẫn;
- gỡ bỏ để in khỏi máy;
- gỡ bỏ bột khỏi giường bột và các chi tiết;
- tuân thủ các quy trình về sức khỏe, an toàn và môi trường;
- thực hiện kiểm tra cơ bản các chi tiết đã sản xuất (không có kiểm tra NDT);

c) chuẩn bị các chi tiết L-PBF cho hậu xử lý:

- nếu áp dụng, cung cấp thông tin từ dữ liệu giám sát quá trình về các khu vực quan trọng để thử nghiệm mở rộng (ví dụ: giám sát giường bột, bất thường trong sản xuất);
- vệ sinh các chi tiết;
- chuyển các chi tiết để thực hiện các thao tác hậu xử lý;
- tuân thủ các quy trình về sức khỏe, an toàn và môi trường;

d) bảo trì hệ thống L-PBF:

- thực hiện các quy trình bảo trì thiết bị (+ phần mềm);
- vệ sinh và thay thế các thành phần vật liệu (ví dụ: giường bột, chất tẩy rửa, bộ lọc, kính bảo vệ);
- báo cáo sự cố;

- tuân thủ các quy trình về sức khỏe, an toàn và môi trường;
- e) kỹ năng nâng cao, nếu được thực hiện bởi người vận hành máy:
- đo công suất;
 - xác định hình dạng tia laze;
 - định vị tia laze.

Phụ lục C

(tham khảo)

Ví dụ về chứng chỉ kiểm tra đánh giá cho người vận hành máy bồi đắp giường bột kim loại bằng laze

(Người sử dụng mẫu này được phép sao chép mẫu hiện tại)

Tổ chức/ công ty kiểm tra

Chứng nhận tiêu chuẩn vận hành máy bồi đắp giường bột kim loại bằng laze cho sản xuất chi tiết kim loại theo TCVN 14312:2025 (ISO/ASTM 52942)

Số chứng chỉ kiểm tra đánh giá: _____ Số định danh người vận hành: _____

Họ và tên: _____

Ngày sinh: _____

Nhà sản xuất và địa điểm: _____

Đã vào ngày xx-yy-zzzz thành công vượt qua bài kiểm tra tiêu chuẩn cho người vận hành máy bồi đắp giường bột kim loại bằng laze cho sản xuất bồi đắp chi tiết kim loại theo TCVN 14312:2025 (ISO/ASTM 52942).

Chi tiết bài kiểm tra

Nhà sản xuất máy và các mô hình: _____

Nhóm nguyên liệu:

Kính điều chỉnh cần thiết: Có ☐ Không ☐

Mô tả các kỹ năng nâng cao đã được đánh giá hoặc bất kỳ hạn chế nào, nếu có:

Chứng chỉ này sẽ hết hạn vào yyyy-mm [cuối tháng cấp chứng chỉ + 2 năm], trừ khi được gia hạn bằng cách ghi chú ở mặt sau sau khi vượt qua bài kiểm tra lại.

Nơi cấp và ngày cấp: _____

Người kiểm tra/Tổ chức kiểm tra

Số chứng chỉ kiểm tra đánh giá: _____ Số định danh người vận hành: _____

Họ và tên:

Bài kiểm tra lại đủ điều kiện đã vượt qua vào:
Nơi và ngày xác minh:
Người kiểm tra/Tổ chức kiểm tra

Thay đổi so với chứng chỉ kiểm tra tiêu chuẩn trước đó:

Bài kiểm tra lại đủ điều kiện đã vượt qua vào:
Nơi và ngày xác minh:
Người kiểm tra/Tổ chức kiểm tra

Thay đổi so với chứng chỉ kiểm tra tiêu chuẩn trước đó:

Bài kiểm tra lại đủ điều kiện đã vượt qua vào:
Nơi và ngày xác minh:
Người kiểm tra/Tổ chức kiểm tra

Thay đổi so với chứng chỉ kiểm tra tiêu chuẩn trước đó:

Bài kiểm tra lại đủ điều kiện đã vượt qua vào:
Nơi và ngày xác minh:
Người kiểm tra/Tổ chức kiểm tra

Thay đổi so với chứng chỉ kiểm tra tiêu chuẩn trước đó:

Bài kiểm tra lại đủ điều kiện đã vượt qua vào:
Nơi và ngày xác minh:
Người kiểm tra/Tổ chức kiểm tra

Thay đổi so với chứng chỉ kiểm tra tiêu chuẩn trước đó:

Phụ lục D

(tham khảo)

Ví dụ về quy định quy trình Sản xuất bồi đắp (APS)

(Người sử dụng mẫu này có thể sao chép mẫu hiện tại.)

Quá trình:	Bồi đắp bột kim loại bằng lazer
Số APS:	
Phiên bản/Ngày APS:	
Báo cáo kiểm tra đánh giá:	
Nhà sản xuất/Mẫu:	
Số máy:	
Địa điểm/Tòa nhà:	
Loại bàn in/Nguyên liệu:	
Chuẩn bị bàn in:	
Thông số bột:	
Thông số khí/độ tinh khiết:	
Cài đặt áp suất khí:	
Cài đặt lưu lượng khí:	
Không gian in khả dụng (w x d x h):	
Phiên bản/phát hành phần mềm:	
Tham số máy:	Xem các bảng dữ liệu đính kèm (_____ trang)
Người tạo (Tên/Chức vụ):	
Ngày và chữ ký:	
Người xác nhận (Tên/Chức vụ):	
Ngày và chữ ký:	

Trang 2 của số APS/Revision:	
Nhận diện chương trình:	
Phiên bản/Ngày chương trình:	
Độ dày lớp:	
Năng lượng tia laze (nội bộ/ngoại vi/hỗ trợ):	
Đường kính tiêu điểm:	
Sát nhau của đường hàn (nội bộ/ngoại vi/hỗ trợ):	
Tốc độ tia laze (nội bộ/ngoại vi/hỗ trợ):	
Thông số nạp bột:	
Loại máy gạt bột:	
Tốc độ máy gạt bột:	
Điểm kích hoạt cảm tham số khí:	

CHÚ THÍCH: Mô tả/Sơ đồ về vị trí và định hướng của các chi tiết và mẫu kiểm tra chứng kiến cần được bao gồm trong APS này.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 12424:2018 (ISO 14732:2013), *Nhân sự hàn – Kiểm tra chấp nhận thợ hàn máy và thợ điều chỉnh và cài đặt thiết bị hàn đối với hàn cơ khí hóa và hàn tự động vật liệu kim loại*
- [2] ISO 15609 (all parts), *Specification and qualification of welding procedures for metallic materials – Welding procedure specification* ((tất cả các phần), *Đặc tính kỹ thuật và sự chấp nhận các quy trình hàn kim loại – Đặc tính kỹ thuật của quy trình hàn*)
- [3] ISO 24394, *Welding for aerospace applications – Qualification test for welders and welding operators – Fusion welding of metallic components* (Hàn cho các ứng dụng hàng không vũ trụ – Kiểm tra trình độ cho thợ hàn máy và thợ điều chỉnh – Hàn nóng chảy các thành phần kim loại)
- [4] ISO 52941, *Additive manufacturing – System performance and reliability – Standard test method for acceptance of powder-bed fusion machines for metallic materials for aerospace application* (Sản xuất bồi đắp – Hiệu suất và độ tin cậy của hệ thống – Phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn để chấp nhận máy sản xuất bồi đắp giường bột cho vật liệu kim loại cho ứng dụng hàng không vũ trụ)
-