



PRZEPISY

PUBLIKACJA 129/P

WYTWARZANIE PRZYROSTOWE CZĘŚCI METALOWYCH DO ZASTOSOWAŃ MORSKICH I OFFSHORE

lipiec
2025

Publikacje P (Przepisowe) wydawane przez Polski Rejestr Statków są uzupełnieniem lub rozszerzeniem Przepisów i stanowią wymagania obowiązujące tam, gdzie mają zastosowanie.

GDAŃSK

Publikacja 129/P – Wytwarzanie przyrostowe części metalowych do zastosowań morskich i offshore – lipiec 2025 oparta na IACS Rec. 186 New March 2025.

Publikacja ta została zatwierdzona przez Zarząd PRS S.A. w dniu 23 czerwca 2025 r. i wchodzi w życie 1 lipca 2025 r.

Niniejsza Publikacja ma zastosowanie również do innych przepisów PRS, jeżeli jest tam wymieniona.

© Copyright by Polish Register of Shipping*, 2025

* Polski Rejestr Statków oznacza Polski Rejestr Statków S.A. z siedzibą w Gdańsku, al. gen. Józefa Hallera 126, 80-416 Gdańsk, wpisany do Rejestru Przedsiębiorców Krajowego Rejestru Sądowego pod nr KRS: 0000019880. Polski Rejestr Statków, jego oddziały, spółki i inne podmioty zależne, kadra kierownicza, pracownicy, agenci są indywidualnie lub zbiorowo nazywani Polskim Rejestrem Statków lub w skrócie PRS.

SPIS TREŚCI

	Str.
WSTĘP	5
1 Postanowienia ogólne	6
1.1 Zakres	6
1.2 Proces wytwarzania przyrostowego części metalowych	6
1.3 Kategorie części.....	7
1.4 Poziomy krytyczności.....	7
1.5 Poziomy testowe.....	7
1.6 Proces zatwierdzania i certyfikacji.....	8
1.7 Odniesienia.....	11
2 Skróty i definicje	15
2.1 Skróty.....	15
2.2 Definicje	16
3 Wymagania projektowe	19
3.1 Ogólne.....	19
3.2 Rysunek lub model bryłowy	19
3.3 Specyfikacja materiałowa	20
4 Specyfikacja surowca/materiału wsadowego	21
4.1 Ogólne.....	21
4.2 Surowiec sproszkowany	21
4.3 Drut jako materiał wsadowy	23
4.4 Spoiwo jako materiał wsadowy	24
5 Specyfikacja procedury wytwarzania przyrostowego (AMPS)	25
5.1 Ogólne.....	25
5.2 Procedura poprzedzająca wytwarzanie	25
5.3 Procedura wytwarzania	26
5.4 Procedura po zakończeniu wytwarzania.....	29
5.5 Kwalifikacja specyfikacji procedury wytwarzania przyrostowego	31
6 Kwalifikacja części prototypowych wytwarzanych przyrostowo	31
6.1 Postanowienia ogólne	31
6.2 Testy zatwierdzające dla części prototypowej	32
6.3 Informacje, które należy przedłożyć do ostatecznego zatwierdzenia i certyfikacji przez towarzystwo klasyfikacyjne.....	35
6.4 Zakres zatwierdzenia.....	36
7 Produkcja	37
7.1 Postanowienia ogólne	37
7.2 Specyfikacje kwalifikowanego procesu wytwarzania przyrostowego.....	37
7.3 Kontrola i próby	38
7.4 Certyfikat części	42
8 Niezgodność	42
9 Dokumentacja	43
10 Oznaczanie, ponowne próby i badania	43
10.1 Oznaczanie.....	43
10.2 Ponowne badanie materiału	43
10.3 Przeglądy.....	43
10.4 Naprawa części wytwarzanych przyrostowo	44

11	Naprawa części wytworzonej przyrostowo uszkodzonej podczas eksploatacji	44
	ZAŁĄCZNIK 1 – Zatwierdzenie materiału wsadowego do wytwarzania przyrostowego.....	45
1	Postanowienia ogólne	45
2	Wniosek o zatwierdzenie	45
3	Specyfikacja i kwalifikacja materiału wsadowego.....	45
3.1	Postanowienia ogólne	45
3.2	Zatwierdzenie specyfikacji materiału wsadowego	45
3.3	Testy zatwierdzające	46
4	Przegląd	47
4.1	Przegląd zasadniczy	47
4.2	Nadzorowanie prób zatwierdzających	47
4.3	Przegląd roczny	47
5	Informacje przedkładane do zatwierdzenia przez towarzystwo klasyfikacyjne	47
6	Zakres zatwierdzenia	47
	ZAŁĄCZNIK 2 – Zatwierdzenie producenta – materiały metalowe wytwarzane metodami przyrostowymi.....	48
1	Postanowienia ogólne	48
2	Wniosek o zatwierdzenie	48
2.1	Opis producenta.....	49
2.2	Zdolność wytwarzania przyrostowego	49
2.3	Dokumentacja urządzeń produkcyjnych	50
2.4	Dokumentacja dla operatorów.....	51
3	Próby zatwierdzające dotyczące producenta AM.....	52
4	Przegląd	53
4.1	Przegląd zasadniczy	53
4.2	Nadzór nad próbami zatwierdzającymi	53
4.3	Przegląd roczny	54
5	Informacje przedkładane do zatwierdzenia towarzystwa klasyfikacyjnego	54
6	Zakres zatwierdzenia	54
	Załącznik 3 – Zatwierdzenie zakładu naprawczego wytwarzania przyrostowego	56
1	Postanowienia ogólne	56
2	Wniosek o zatwierdzenie	56
3	Specyfikacja i kwalifikacja procedury naprawy.....	56
3.1	Postanowienia ogólne	56
3.2	Zatwierdzenie specyfikacji procedury naprawy	56
3.3	Próby zatwierdzające	57
4	Przegląd	58
4.1	Przegląd zasadniczy	58
4.2	Nadzór nad próbami zatwierdzającymi	58
4.3	Przegląd roczny	58
5	Informacje przedkładane do zatwierdzenia towarzystwa klasyfikacyjnego	59
6	Zakres zatwierdzenia	59

WSTĘP

W zastosowaniach morskich i offshore, gdzie niezawodność, wytrzymałość materiałów i optymalizacja wagi są kluczowe, technologia wytwarzania przyrostowego (Additive Manufacturing (AM)), znana powszechnie jako druk 3D, otwiera nowe horyzonty dla innowacji. Niniejsza publikacja ma na celu przedstawienie kompleksowego przeglądu i wytycznych dotyczących stosowania przyrostowo wytwarzanych części metalowych przeznaczonych do zastosowania w wymagającym szczególnie wiedzy środowisku morskim, opierając się na najnowszych rekomendacjach branżowych.

Przemysł dąży do zwiększenia wydajności, skrócenia czasu realizacji i wytwarzania złożonych form geometrycznych. Technologia wytwarzania przyrostowego stanowi więc atrakcyjne rozwiązanie, szczególnie w przypadku elementów metalowych. Niniejszy dokument jest kompleksowym przewodnikiem zawierającym odpowiedzi na kwestie związane z zatwierdzaniem, certyfikacją i eksploatacją takich komponentów – do wykorzystania przede wszystkim w przemyśle morskim i offshore. Odnosi się on do kluczowych obszarów, w tym wymagań projektowych, specyfikacji materiału wsadowego, kontroli procesu wytwarzania, obróbki, niezbędnych badań nieniszczących (NDT) i procedur naprawczych.

Bazując na najnowszych zaleceniach i najlepszych praktykach, niniejsza publikacja stawia sobie za cel zapewnienie zainteresowanym stronom – w tym producentom, projektantom, stoczniom, producentom części, instytucjom klasyfikacyjnym i operatorom – wytycznych dotyczących zapewnienia integralności, niezawodności i bezpiecznego wytwarzania i stosowania metalowych komponentów AM dostosowanych do warunków morskich i offshore. Opisując szczegółowo rygorystyczne procesy kwalifikacji i zatwierdzania, specyfikacje materiałowe oraz protokoły testowe, chcemy zwiększyć zaufanie do tej innowacyjnej technologii i przyspieszyć jej przyjęcie, co będzie naszym wkładem w nową erę zaawansowanych rozwiązań inżynierskich na morzu.

Ze względu na to, że wytwarzanie przyrostowe jest wciąż rozwijającą się technologią, należy zachować szczególną ostrożność przy podejmowaniu decyzji o jej wykorzystaniu w przemyśle. Niniejszy dokument wprowadza następujące kategorie procesów AM w odniesieniu do metali: fuzja złoza proszkowego (Powder Bed Fusion (PBF)), bezpośrednie osadzanie energii (Directed Energy Deposition (DED)) oraz technologia natryskiwania spoiwa (Binder Jetting Technology (BJT) lub Binder Jetting (BJ)). Technologie PBF i BJT pozwalają wytwarzać stosunkowo małe części z dużą precyzją w komorach roboczych, rzadko przekraczających 30 cm. Technologia DED zwykle działa na otwartej przestrzeni, pozwalając na wytwarzanie części o wymiarach znacznie przekraczających 1 m, poddawane dalszej obróbce chropowatych powierzchni. Procesy AM są bardzo zróżnicowane i podzielone na podtypy, z których większość nadal powstaje i jest stale rozwijana. Nie należy ich traktować jako rodziny ściśle powiązanych procesów, ponieważ wykorzystują one odmienne zjawiska fizyczne i postaci materiałów bazowych do wytwarzania części. Przyrostowe podejście do produkcji jest jedyną wspólną cechą tych procesów, w przeciwieństwie do bardziej tradycyjnych metod subtraktywnych (zdejmujących), które są jednakowo zróżnicowane. Ze względu na różnice, każda metoda musi być dokładnie zbadana pod kątem zagęszczenia materiału, porowatości, spoistości, jednorodności, plastyczności, naprężeń termicznych i wytrzymałości zmęczeniowej. Części zaprojektowane do pracy związanej z cyklicznymi obciążeniami lub znacznymi gradientami temperatury nie są generalnie zalecane do wytwarzania przyrostowego bez dodatkowych analiz. Procesy AM są dobrze zbadane tylko w odniesieniu do regularnych części nośnych lub funkcjonalnych, pracujących w stałych, przewidywalnych warunkach.

We wszystkich sprawach dotyczących technologii wytwarzania przyrostowego, a związanych z wykorzystaniem lub certyfikacją materiałów bazowych, kwalifikacją technologii lub uznawaniem wytwórców wykorzystujących technologie AM do zastosowań w szeroko pojmowanej technice morskiej, urządzeniach okrętowych lub przeznaczonych do urządzeń montowanych

w instalacjach offshore, PRS jest przygotowany do zapewnienia stosownych wyjaśnień i wsparcia merytorycznego, także w kwestiach wynikających z nowych lub powiązanych procesów AM, które nie zostały uwzględnione w momencie publikacji.

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

1.1 Zakres

Zalecenie to stanowi ramy zapewniające spójną jakość procesów wytwarzania przyrostowego (AM) części metalowych, które mają być stosowane jako alternatywa do tradycyjnych procesów wytwarzania, takich jak walcowanie, odlewanie, skrawanie, kucie, czy spawanie.

Zalecenie to nie dotyczy elementów konstrukcyjnych kadłuba zdefiniowanych w UR S6. W odniesieniu do elementów konstrukcyjnych kadłuba, każde zastosowanie procesów wytwarzania przyrostowego podlega zatwierdzeniu przez właściwe towarzystwo klasyfikacyjne.

W przypadku części podlegających klasyfikacji producent musi stosować się do tego zalecenia. Za zgodą towarzystwa klasyfikacyjnego PRS, zamiast wymagań tego zalecenia dotyczących certyfikowanych części mogą być akceptowane uznane normy międzynarodowe lub krajowe (patrz 1.7).

Niniejsze zalecenie obejmuje wskazówki, w zakresie działań klasyfikacyjnych i certyfikacyjnych prowadzonych przez towarzystwo klasyfikacyjne, dotyczące prób kwalifikacyjnych, kontroli produkcji i dokumentacji związanej z projektowaniem, materiałami, wytwarzaniem, kontrolą i próbami w zakresie:

- i) zatwierdzenia materiału wsadowego (załącznik 1);
- ii) ostatecznej akceptacji producenta materiału (załącznik 2);
- iii) zatwierdzenia części (rozdział 6);
- iv) zatwierdzenia procedury naprawy (załącznik 3).

W przypadku części metalowych uszkodzonych w trakcie eksploatacji, do naprawy może zostać wybrany proces AM, który jest podobny do naprawy spawalniczej uszkodzonych części metalowych. Procedura naprawy lub zakład naprawczy powinny być kwalifikowane i zatwierdzone.

W przypadku sytuacji i projektów obejmujących odwrotne metody technologiczne, wszelkie tego typu ustalenia powinny zostać formalnie uzgodnione przez projektanta/producentów oryginalnego sprzętu (OEM), producenta części i użytkownika końcowego.

W celu zapoznania się z normami międzynarodowymi i krajowymi przywoływanymi w niniejszym dokumencie należy zapoznać się z punktem 1.7.

1.2 Proces wytwarzania przyrostowego części metalowych

Niniejsze zalecenie obejmuje następujące procesy wytwarzania przyrostowego części metalowych zgodnie z normą ISO/ASTM 52900:2021 do zastosowań morskich i offshore, które można dalej podzielić na podkategorie:

- i) Procesy fuzji (stapiania) złoża proszkowego (Powder Bed Fusion (PBF)):
 - PBF-LB: fuzja złoża proszkowego – z wiązką laserową;
 - PBF-EB: fuzja złoża proszkowego – z wiązką elektronów;
- ii) Procesy bezpośredniego osadzania energii (Directed Energy Deposition (DED)), obejmujące procesy z użyciem drutu (zwane również wytwarzaniem przyrostowym z wykorzystaniem łuku elektrycznego i drutu, Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM)) oraz z użyciem proszku, które można dalej podzielić na podkategorie:
 - DED-LB: Bezpośrednie osadzanie energii – wiązka laserowa (laser beam);
 - DED-EB: Bezpośrednie osadzanie energii – wiązka elektronów (electron beam);

- DED-PA: Bezpośrednie osadzanie energii – łuk plazmowy (plasma arc);
 - DED-GTA: Bezpośrednie osadzanie energii – łuk wolframowy w osłonie gazowej (gas tungsten arc);
 - DED-GMA: Bezpośrednie osadzanie energii – łuk topliwy w osłonie gazowej (gas metal arc).
- iii) Proces natryskiwania spoiwa (Binder Jetting (BJT)) lub procesy równoważne, w tym spiekanie po zakończeniu budowy lub proces infiltracji w celu uzyskania wymaganych właściwości materiału.

Uwagi:

1. Ze względu na charakterystykę procesu BJT lub procesów równoważnych, końcowa część, po odklejeniu spoiwa i spiekanu/infiltracji, może zawierać więcej i większe porowatości niż części zbudowane w procesach PBF i DED. Części metalowe zbudowane w procesach BJT lub równoważnych powinny być ograniczone do zastosowań z obciążeniem niecyklicznym, dopóki nie zostaną uzyskane bardziej udane doświadczenia eksploatacyjne.

1.3 Kategorie części

Część jest technicznie zdefiniowana jako kombinacja wymagań geometrycznych według modelu CAD lub rysunku (producent oryginalnego sprzętu (OEM)/projektant), wymagań materiałowych według specyfikacji materiałowej (producent oryginalnego sprzętu/projektant) i wymagań funkcjonalnych dla systemu (nabywca). Część wytworzona przyrostowo przez producenta powinna zawierać schemat wytwarzania (pre-build layout) określony w 5.2 oraz posiadać certyfikat zgodności, który szczegółowo opisuje wyniki badań materiałów, inspekcji i badań nieniszczących (NDT).

Części dzielą się na „elementy klasyfikowane” i „elementy certyfikowane”.

W przypadku **elementów klasyfikowanych**, części metalowe wytwarzane przyrostowo powinny spełniać istniejące wymagania zawarte w obowiązujących Ujednoliconych Wymaganiach IACS oraz przepisach towarzystwa klasyfikacyjnego.

W przypadku **wyrobów certyfikowanych**, części metalowe wytwarzane przyrostowo powinny być zgodne ze stosownymi specyfikacjami zgodnie z normami branżowymi, wymaganiami projektantów lub producentów oryginalnego sprzętu (OEM).

1.4 Poziomy krytyczności

Poziom krytyczności metalowej części wytwarzanej przyrostowo można określić na podstawie środowiska eksploatacyjnego, analizy ryzyka i potencjalnych konsekwencji awarii części. W przypadku elementów certyfikowanych, poziomy krytyczności powinny zostać określone przez projektanta/producenta części i uzgodnione z nabywcą. Elementy klasyfikowane powinny być zgodne z przepisami klasyfikacyjnymi, chyba że projektant/producent części i towarzystwo klasyfikacyjne uzgodnią inaczej. Poziomy krytyczności są określane w następujący sposób:

- i) W przypadku zastosowań niekrytycznych należy odnieść się do warunków lokalnych zawartych w rozdz. 4 UI SC 134 dla urządzeń maszynowych.
- ii) W przypadku zastosowań krytycznych należy odnieść się do podstawowych zasadniczych warunków eksploatacyjnych podanych w rozdz. 2 i drugorzędnych zasadniczych warunków eksploatacyjnych podanych w rozdz. 3 UI SC 134 dla urządzeń maszynowych lub elementów konstrukcyjnych innych niż elementy konstrukcyjne kadłuba.

1.5 Poziomy testowe

W przypadku kwalifikowania/zatwierdzania i kontroli jakości podczas wytwarzania, poziomy testowe można odnieść do poziomu wytwarzania przyrostowego (AM Level):

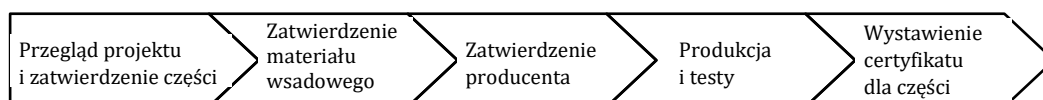
- i) Poziom 1 AM dotyczący certyfikowanych elementów do zastosowań niekrytycznych innych niż elementy klasyfikowane;

- ii) Poziom 2 AM dotyczący certyfikowanych elementów do zastosowań krytycznych innych niż elementy klasyfikowane;
- iii) Poziom 3 AM dotyczący elementów podlegających klasyfikacji (zwanymi dalej elementami klasyfikowanymi).

Uzgodniony poziom AM powinien być zachowany w dokumentacji kwalifikacji/zatwierdzenia i produkcji producenta AM.

1.6 Proces zatwierdzania i certyfikacji

Ogólny proces zatwierdzania i certyfikacji został przedstawiony na rysunku 1.



Rysunek 1 Ogólny proces zatwierdzania i certyfikacji

Szczegółowe wymagania dotyczące materiału wsadowego do wytwarzania przyrostowego, procedur, części i materiału końcowego do zatwierdzenia przedstawiono w tabeli 1 i wymieniono w następujący sposób:

- i) Klient powinien złożyć wnioszek o zatwierdzenie wraz z przedłożonymi informacjami i szczegółowym planem kontroli i prób (ITP) (patrz załącznik 1 dotyczący zatwierdzenia materiału wsadowego, załącznik 2 dotyczący zatwierdzenia materiałów końcowych AM, rozdział 6 dotyczący kwalifikowania i zatwierdzenia części AM oraz załącznik 3 dotyczący zatwierdzenia zakładu naprawczego AM).
- ii) Plan kontroli i prób (ITP) powinien zostać uzgodniony i powinien obejmować projekt części, specyfikację procedury wytwarzania (AMPS), proces końcowy, badania nieniszczące (NDT), badania materiałowe, badania funkcjonalne, plan kwalifikacji i certyfikacji części, plan metodologii naprawy.
- iii) Projekt części powinien zostać zweryfikowany pod kątem modyfikacji geometrii lub zastosowania innego gatunku materiału niż w pierwotnym projekcie.
- iv) Model lub rysunek CAD dla poziomu 3 AM powinien zostać poddany przeglądowi i zatwierdzony zgodnie z przepisami klasyfikacyjnymi. Model lub rysunek CAD dotyczący poziomu 2 i poziomu 1 AM może zostać poddany przeglądowi, a zatwierdzenie typu może zostać przyznane zgodnie z normami branżowymi.
- v) Materiał wsadowy powinien być kwalifikowany zgodnie z międzynarodowymi normami/specyfikacjami określonymi w specyfikacji zakupu dla certyfikowanych elementów, takimi jak ISO 17296-2:2015, ISO/ASTM 52907:2019. Materiały wsadowe dla elementów klasyfikowanych powinny być zatwierdzone zgodnie z wymaganiami klasyfikacyjnymi przez towarzystwo klasyfikacyjne. Zatwierdzenie materiałów wsadowych powinno być zgodne z załącznikiem 1. Kwalifikowany/zatwierdzony materiał wsadowy powinien być dostarczany przez dostawcę materiału wsadowego na podstawie odpowiedniej umowy.
- vi) W przypadku certyfikowanych produktów nabywca powinien określić w zamówieniu zakupu wymagania dotyczące kwalifikowania producenta. W tym celu może podać międzynarodowe normy/specyfikacje, takie jak ISO/ASTM 52920:2023. W przypadku elementów klasyfikowanych, producent części wytwarzanych przyrostowo powinien zostać zatwierdzony przez towarzystwo klasyfikacyjne zgodnie z załącznikiem 2. Zakres zatwierdzenia powinien zostać określony przez towarzystwo klasyfikacyjne, a zatwierdzone materiały powinny być uwzględnione w zatwierdzeniu producenta.

- vii) Jeśli ma to zastosowanie, procedury naprawcze z wykorzystaniem technologii AM powinny być kwalifikowane zgodnie z międzynarodowymi normami/specyfikacjami określonymi w specyfikacji zakupu dla elementów certyfikowanych. Dla elementów klasyfikowanych, procedury naprawcze i urządzenia związane z wytwarzaniem przyrostowym powinny być zatwierdzone przez towarzystwo klasyfikacyjne zgodnie z załącznikiem 3.
- viii) Towarzystwo klasyfikacyjne powinno być obecne przy przeprowadzaniu prób, dokonać przeglądu ich wyników, wykonać przegląd obiektu i urządzeń wytwarzania i wystawić list zatwierdzający lub certyfikat.
- ix) Podczas wytwarzania, przed wydaniem zatwierdzenia lub certyfikatów dla elementów klasyfikowanych zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz dla certyfikowanych elementów krytycznych zgodnie z obowiązującymi normami branżowymi, wymagana jest obecność towarzystwa klasyfikacyjnego przy odbiorze końcowym części. W przypadku elementów niekrytycznych obecność towarzystwa klasyfikacyjnego jest ustalana pomiędzy producentem a nabywcą.

Przegląd zasadniczy powinien być przeprowadzony zgodnie z odpowiednią procedurą opisaną w podrozdziale 1.6 i tabeli 1. Próby zatwierdzające powinny być przeprowadzone w obecności inspektora nadzorującego. Przegląd roczny powinien uwzględniać etapy działań podane w tabeli 1, które powinny być zrealizowane w czasie wytwarzania.

Tabela 1
Wymagania dotyczące zatwierdzania i certyfikacji

Etapy kwalifikacji lub wytwarzania	Numer rozdziału lub podrozdziału	Elementy certyfikowane		Elementy klasyfikowane
		Poziom 1 AM	Poziom 2 AM	Poziom 3 AM
		Niekrytyczne	Krytyczne	
		Wymagania		
Przegląd i zatwierdzenie projektu części	3	MQ	MQ	CS
Wsad sproszkowany	4.1 i 4.2	MQ	MQ	CS
Wsad drutowy	4.1 i 4.3	MQ	MQ	CS
Specyfikacja procedury wytwa- rzania przyrostowego (AMPS)	5	MQ	CS	CS
Przetwarzanie końcowe	5.4	MQ	CS	CS
Kontrola i próby	7.3	MQ	CS	CS
Kwalifikacja części prototypowej	6 Tabela 2, 3, 4	MQ	MQ	CS
Próby funkcjonalne	6.2	MQ	MQ	CS
Zakres zatwierdzenia	6.4	MQ	CS	CS
Certyfikacja części podczas wytwarzania	7.4	MQ	CS	CS
Zatwierdzenie materiału wsadowego	Załącznik 1	MQ	MQ	CS
Zatwierdzenie producenta materiału końcowego	Załącznik 2	MQ	CS	CS
Zatwierdzenie zakładu naprawczego	Załącznik 3	MQ	CS	CS

Uwagi:

1. "MQ" w tabeli oznacza wymagania dotyczące kwalifikowania producenta, określone przez producenta, projektanta i nabywcę, które mogą opcjonalnie obejmować przepisy towarzystwa klasyfikacyjnego i uznane wymagania norm.
2. "CS" w tabeli oznacza wymagania zatwierdzone przez towarzystwo klasyfikacyjne

Zatwierdzenie i certyfikat dla części AM mogą zostać wystawione przez towarzystwo klasyfikacyjne przy udokumentowanych etapach kwalifikacji/wytwarzania zgodnie z tabelą 1. Proces AM i etapy dokumentowania dla części AM przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2
Etapy procesu i dokumentowania

Krok 1: Specyfikacja nabywcy

- Dane nabywcy
- Wymagania dotyczące projektu części
- Kryteria akceptacji
- Decyzja dotycząca odpowiedniego poziomu 1, 2, 3 AM
- Dodatkowe wymagania według specyfikacji lub aplikacji

Krok 2: Zapisy dotyczące kwalifikacji

- Kwalifikowana i udokumentowana procedura wraz z kwalifikowaną określoną częścią i gatunkiem końcowego materiału AM

Krok 3: Ocena ryzyka lub uzasadnienie

- Poziom 3 AM może wymagać kwalifikowania każdej określonej części
- Poziom 2 AM może akceptować kwalifikowanie rodziny, w skład której wchodzi dana część
- Poziom 1 AM może uznać kwalifikację podobnej części z tej samej rodziny cech konstrukcyjnych

Krok 4: Wytwarzanie

- Zastosowanie kwalifikowanej procedury i specyfikacji
- Wytwarzanie
- Próby w toku produkcji
- Kontrola części
- Próby materiałów pod kątem wymaganych właściwości zgodnie z projektem
- Weryfikacja wyników prób pod kątem kryteriów akceptacji

Krok 5: Dokumentacja

- Zaakceptowany z zapisem zgodności
- Uzasadnienie techniczne dotyczące niezgodności, uzgodnione specjalnie przez nabywcę i towarzystwo klasyfikacyjne

Uwagi:

1. Jeśli planowana jest naprawa części, plan oceny i kryteria akceptacji powinny zostać uzgodnione z towarzystwem klasyfikacyjnym dla elementów poziomu 2 i 3.

1.7 Odniesienia

UR M Series (Seria UR M)	Machinery Installations (Instalacje maszynowe)
UR S Series (Seria UR S)	Ship Structure (Konstrukcja statku)
UR W Series (Seria UR W)	Materials and Welding (Materiały i spawanie)
API 20S:2021	Additively Manufactured Metallic Components for Use in the Petroleum and Natural Gas Industries (Komponenty metalowe wytwarzane przyrostowo do stosowania w przemyśle naftowym i gazowym)
ASME B46.1:2019	Surface Texture, Surface Roughness, Waviness and Lay (Struktura powierzchni, chropowatość powierzchni, falistość i warstwowość)
ASME BPVC II C:2023	Specifications for Welding Rods Electrodes and Filler Metals (Specyfikacje dla prętów spawalniczych, elektrod i spoiwa)
ASME BPVC. II D	Materials Properties – Basis for Establishing Stress Values (Właściwości materiałów – podstawa ustalania wartości naprężeń)
Appendix I:2023 (Załącznik I:2023)	
ASME BPVC. II D	Materials Properties – Basis for Establishing Design Stress (Właściwości materiałów – podstawa ustalania projektowych wartości naprężeń)
Appendix II:2023 (Załącznik II:2023)	Intensity Values
ASME PTB-13:2021	Criteria for Pressure Retaining Metallic Components Using Additive Manufacturing (Kryteria dla metalowych komponentów utrzymujących ciśnienie wytwarzanych przyrostowo)
ASME Y14.100:2017	Engineering Drawing Practices (Praktyki rysunków technicznych)
ASME Y14.36:2018	Surface Texture Symbols (Symbole struktury powierzchni)
ASME Y14.41:2019	Digital Product Definition Data Practices (Praktyki dotyczące danych cyfrowej definicji produktu)
ASME Y14.46:2022	Product Design for Additive Manufacturing (Projektowanie produktu wytwarzanego przyrostowo)
ASME Y14.5:2018	Dimension and Tolerancing (Wymiarowanie i odchyłki/tolerancje)
ASTM A20:2020	Standard Specification for General Requirements for Steel Plates for Pressure Vessels (Standardowa specyfikacja ogólnych wymagań dla blach stalowych do zbiorników ciśnieniowych)
ASTM A370:2023	Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products (Standardowe metody badań i definicje dotyczące badań mechanicznych wyrobów stalowych)
ASTM A751:2021	Standard Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products (Standardowe metody badań, praktyki i terminologia w zakresie analizy chemicznej wyrobów stalowych)
ASTM B213:2020	Standard Test Methods for Flow Rate of Metal Powders Using the Hall Flowmeter Funnel (Standardowe metody badania szybkości przepływu proszków metali przy użyciu lejka przepływomierza Halla)

ASTM B214:2022	Standard Test Method for Sieve Analysis of Metal Powders (Standardowa metoda badania do analizy sitowej proszków metali)
ASTM B215:2020	Standard Practices for Sampling Metal Powders (Standardowe praktyki pobierania próbek proszków metali)
ASTM B311:2022	Standard Test Method for Density of Powder Metallurgy (PM) Materials Containing Less Than Two Percent Porosity (Standardowa metoda badania gęstości materiałów metalurgii proszków (PM) o porowatości mniejszej niż dwa procent)
ASTM B822:2020	Standard Test Method for Particle Size Distribution of Metal Powders and Related Compounds by Light Scattering (Standardowa metoda badania rozkładu wielkości cząstek proszków metali i związków pokrewnych metodą rozpraszania światła)
ASTM B962:2023	Standard Test Methods for Density of Compacted or Sintered Powder Metallurgy (PM) Products Using Archimedes' Principle (Standardowe metody badania gęstości zagęszczonych lub spiekanych produktów metalurgii proszków (PM) z wykorzystaniem zasady Archimedesesa)
ASTM E10:2023	Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials (Standardowa metoda badania twardości Brinella materiałów metalowych)
ASTM E1417:2021	Standard Practice for Liquid Penetrant Testing (Standardowa praktyka badania metodą ciekiego penetranta)
ASTM E1444:2022	Standard Practice for Magnetic Particle Testing (Standardowa praktyka badania cząstek magnetycznych)
ASTM E1570:2019	Standard Practice for Fan Beam Computed Tomographic (CT) Examination (Standardowa praktyka badania tomograficznego wiązką wachlarzową (CT))
ASTM E1742:2018	Standard Practice for Radiographic Examination (Standardowa praktyka badania radiograficznego)
ASTM E18:2022	Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials (Standardowe metody badania twardości Rockwella materiałów metalowych)
ASTM E23:2023	Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials (Standardowe metody badań uderzeniowości materiałów metalowych na próbkach z karbem)
ASTM E2651:2019	Standard Guide for Powder Particle Size Analysis (Standardowy przewodnik dotyczący analizy wielkości cząstek proszku)
ASTM E3:2017	Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens (Standardowy przewodnik dotyczący przygotowania próbek metalograficznych)
ASTM E407:2023	Standard Practice for Microetching Metals and Alloys (Standardowa praktyka mikrotrawienia metali i stopów)
ASTM E8:2022	Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials (Standardowe metody badań wytrzymałościowych w próbach rozciągania materiałów metalowych)

ASTM E92:2023	Standard Test Methods for Vickers Hardness and Knoop Hardness of Metallic Materials (Standardowe metody badania twardości Vickersa i Knoopa materiałów metalicznych)
AWS A5.01:2019	Welding Consumables – Procurement of Filler Metals and Fluxes (Materiały dodatkowe do spawania – Zamawianie spoiw i topników)
AWS A5.32:2021	Welding Consumables – Gases and Gas Mixtures for Fusion Welding and Allied Processes (Materiały dodatkowe do spawania – Gazy i mieszaniny gazów do spawania i procesów pokrewnych)
AWS D20.1:2019	Specification for Fabrication of Metal Components using Additive Manufacturing (Specyfikacja wytwarzania elementów metalowych przy zastosowaniu wytwarzania przyrostowego)
ISO 10675-1:2021	Non-destructive Testing of Welds – Acceptance Levels for Radiographic Testing – Part 1: Steel, Nickel, Titanium and their Alloys (Badania nieniszczące spoin – Poziomy akceptacji dla badań radiograficznych – Część 1: Stal, nikiel, tytan i ich stopy)
ISO 10675-2:2021	Non-destructive Testing of Welds – Acceptance Levels for Radiographic Testing – Part 2: Aluminum and its Alloys (Badania nieniszczące spoin – Poziomy akceptacji dla badań radiograficznych – Część 2: Aluminium i jego stopy)
ISO 11666:2018	Non-destructive Testing of Welds – Ultrasonic Testing – Acceptance Levels (Badania nieniszczące spoin – Badania ultradźwiękowe – Poziomy akceptacji)
ISO 14175:2008	Welding consumables – Gases and Gas Mixtures for Fusion Welding and Allied Processes (Materiały dodatkowe do spawania – Gazy i mieszaniny gazów do spawania i procesów pokrewnych)
ISO 17295:2004	Additive manufacturing – General Principles Part Positioning, Coordinates and Orientation (Wytwarzanie przyrostowe – Zasady ogólne. Pozycjonowanie, współrzędne i orientacja części)
ISO 17636-1:2022	Non-Destructive Testing of Welds – Radiographic Testing – Part 1: X- and Gamma-Ray Techniques with Film (Badania nieniszczące spoin – Badania radiograficzne – Część 1: Techniki rentgenowskie i gamma z użyciem filmu)
ISO 17636-2:2022	Non-destructive testing of welds – Radiographic testing – Part 2: X- and Gamma-Ray Techniques with Digital Detectors (Badania nieniszczące spoin – Badania radiograficzne – Część 2: Techniki rentgenowskie i gamma z użyciem detektorów cyfrowych)
ISO 17637:2016	Non-destructive Testing of Welds – Visual Testing of Fusion-Welded Joints (Badania nieniszczące spoin – Badania wizualne złączy spawanych)
ISO 17638:2016	Non-Destructive Testing of Welds – Magnetic Particle Testing (Badania nieniszczące spoin – Badania magnetyczno-proszkowe)
ISO 17640:2017	Non-destructive testing of welds – Ultrasonic testing – Techniques, Testing Levels, and Assessment (Badania nieniszczące spoin – Badania ultradźwiękowe – Techniki, poziomy testowania i ocena)
ISO 23277:2015	Non-destructive Testing of Welds – Penetrant Testing – Acceptance Levels (Badania nieniszczące spoin – Badania penetracyjne – Poziomy akceptacji)

ISO 23278:2015	Non-destructive Testing of Welds – Magnetic Particle Testing – Acceptance Levels (Badania nieniszczące spoin – Badania magnetyczno-proszkowe – Poziomy akceptacji)
ISO 31000:2018	Risk Management (Zarządzanie ryzykiem)
ISO 3452-1:2021	Non-destructive Testing – Penetrant testing – Part 1: General Principles (Badania nieniszczące – Badania penetracyjne – Część 1: Zasady ogólne)
ISO 3954:2007	Powders for Powder Metallurgical Purposes – Sampling (Proszki do zastosowań w metalurgii proszków – Pobieranie próbek)
ISO 5817:2014	Welding – Fusion-Welded Joints in Steel, Nickel, Titanium and their Alloys (Beam Welding excluded) – Quality Levels for Imperfections (Spawanie – Złącza spawane ze stali, niklu, tytanu i ich stopów (z wyłączeniem spawania wiązką) – Poziomy jakości dla niezgodności spawalniczych)
ISO/ASTM 52900:2021	Additive Manufacturing – General principles – Terminology (Wytwarzanie przyrostowe – Zasady ogólne – Terminologia)
ISO/ASTM 52904:2019	Standard for Additive Manufacturing – Process Characteristics and Performance: Practice for Metal Powder Bed Fusion Process to Meet Critical Applications (Standard wytwarzania przyrostowego – Charakterystyka i wydajność procesu: Praktyka w zakresie procesu fuzji złoża proszkowego metali w celu spełnienia krytycznych zastosowań)
ISO/ASTM 52905:2023	Additive manufacturing – General principles – Non-destructive Testing of Additive Manufactured Products (Wytwarzanie przyrostowe – Zasady ogólne – Badania nieniszczące wyrobów wytwarzanych przyrostowo)
ISO/ASTM 52907:2019	Additive manufacturing – Feedstock materials – Methods to Characterize Metallic Powders (Wytwarzanie przyrostowe – Materiały wsadowe – Metody określania właściwości proszków metalicznych)
ISO/ASTM 52910:2018	Additive Manufacturing – Design – Requirements, Guidelines and Recommendations (Wytwarzanie przyrostowe – Projektowanie – Wymagania, wytyczne i zalecenia)
ISO/ASTM 52911-1:2019	Additive Manufacturing – Technical Design Guideline for Powder Bed Fusion - Part 1: Laser-Based Powder Bed Fusion of Metals (Wytwarzanie przyrostowe – Techniczne wytyczne projektowe dotyczące fuzji złoża proszkowego – Część 1: Laserowa fuzja złoża proszkowego metali)
ISO/ASTM 52911-3:2023	Additive Manufacturing – Technical Design Guideline for Powder Bed Fusion – Part 3: Electron-Based Powder Bed Fusion of Metals (Wytwarzanie przyrostowe – Techniczne wytyczne projektowe dotyczące fuzji złoża proszkowego – Część 3: Elektronowa fuzja złoża proszkowego metali)
ISO/ASTM 52922:2020	Guide for Additive Manufacturing – Design – Directed Energy Deposition (Przewodnik po wytwarzaniu przyrostowym – Projektowanie – Bezpośrednie osadzanie energii)

ISO/ASTM 52924-4:2023	Additive Manufacturing of Metals – Qualification Principles – Part 4: Qualification of Machine Operators for DED-LB (Wytwarzanie przyrostowe metali – Zasady kwalifikacji – Część 4: Kwalifikowanie operatorów maszyn dla metody DED-LB)
ISO/ASTM 52924-5:2023	Additive Manufacturing of Metals – Qualification Principles – Part 5: Qualification of machine operators for DED-Arc (Wytwarzanie przyrostowe metali – Zasady kwalifikacji – Część 5: Kwalifikowanie operatorów maszyn dla metody DED-Arc)
ISO/ASTM 52926-1:2023	Additive Manufacturing of Metals – Qualification Principles – Part 1: General Qualification of Machine Operators (Wytwarzanie przyrostowe metali – Zasady kwalifikacji – Część 1: Ogólne kwalifikowanie operatorów maszyn)
ISO/ASTM 52926-2:2023	Additive Manufacturing of Metals – Qualification Principles – Part 2: Qualification of Machine Operators for PBF-LB (Wytwarzanie przyrostowe metali – Zasady kwalifikacji – Część 2: Kwalifikowanie operatorów maszyn dla metody PBF-LB)
ISO/ASTM 52926-3:2023	Additive Manufacturing of Metals – Qualification Principles – Part 3: Qualification of Machine Operators for PBF-EB (Wytwarzanie przyrostowe metali – Zasady kwalifikacji – Część 3: Kwalifikowanie operatorów maszyn dla metody PBF-EB)
ISO/ASTM 52935:2023	Additive manufacturing – Qualification principles – Qualification of Coordinators for Metallic Parts Production (Wytwarzanie przyrostowe – Zasady kwalifikacji – Kwalifikowanie koordynatorów produkcji części metalowych)
ISO/ASTM 52943-2:2023	Standard Guide for Directed Energy Deposition of Metals (Standardowy przewodnik dotyczący bezpośredniego osadzania energii (DED) dla metali)
ISO/ASTM 52950:2021	Additive Manufacturing – General principles – Overview of Data Processing (Wytwarzanie przyrostowe – Zasady ogólne – Przegląd przetwarzania danych)

2 SKRÓTY I DEFINICJE

Terminologię, skróty i definicje dotyczące wytwarzania przyrostowego można znaleźć w normie ISO/ASTM 52900:2021.

2.1 Skróty

AM	Additive Manufacturing (Wytwarzanie przyrostowe (addytywne, druk 3D))
AMF	Additive Manufacturing Format (Format wytwarzania przyrostowego)
AMPS	Additive Manufacturing Procedure Specification (Specyfikacja procedury wytwarzania przyrostowego)
ASME	American Society of Mechanical Engineers (Amerykańskie Stowarzyszenie Inżynierów Mechanicznych)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Amerykańskie Stowarzyszenie Materiałów i Badań)
API	American Petroleum Institute (Amerykański Instytut Naftowy)
AWS	American Welding Society (Amerykańskie Stowarzyszenie Spawalnicze)

BJT	Binder Jetting (Technology) ((Technologia)natryskiwania spoiwa)
CAD	Computer Aided Design (Projektowanie wspomagane komputerowo)
CT	Computerized Tomography (Tomografia komputerowa)
DED	Directed Energy Deposition (Bezpośrednie osadzanie energii)
EB	Electron Beam (Wiązka elektronów)
GMA	Gas Metal Arc (Łuk topliwy w osłonie gazowej)
GTA	Gas Tungsten Arc (Łuk wolframowy w osłonie gazowej)
HIP	Hot Isostatic Pressing (Prasowanie izostatyczne na gorąco)
ISO	International Organization for Standardization (Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna)
ITP	Inspection and Testing Plan (Plan inspekcji i prób)
LB	Laser Beam (Wiązka laserowa)
NDT	Non-destructive Testing (Badania nieniszczące)
OEM	Original Equipment Manufacturer (Producent oryginalnego sprzętu/wyposażenia)
PT	Liquid Penetrant Testing (Badanie penetracyjne cieczą)
PA	Plasma Arc (Łuk plazmowy)
PBF	Powder Bed Fusion (Fuzja złoża proszkowego)
PWHT	Post Weld Heat Treatment (Obróbka cieplna po spawaniu)
SDS	Safety Data Sheet (Karta charakterystyki)
QMS	Quality Management System (System zarządzania jakością)
QR	Qualification Records (Dokumentacja kwalifikacyjna)
QP	Quality Procedure (Procedura jakości)
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data (Standard wymiany danych modelu produktu)
STL	Standard Tessellation Language (Standardowy język teselacji)
SWI	Standard Work Instruction (Standardowa instrukcja pracy)
WAAM	Wire Arc Additive Manufacturing (Wytwarzanie przyrostowe z wykorzystaniem łuku elektrycznego i drutu)
3MF	3D Manufacturing Format (Format pliku 3D do wytwarzania przyrostowego)
UR	IACS Unified Requirement (Ujednolicone wymagania IACS)
Rec.	IACS Recommendations (Zalecenia IACS)

2.2 Definicje

Kryteria akceptacji (Acceptance criteria) – Zestaw wartości lub kryteriów, którym projekt, produkt, usługa lub proces muszą odpowiadać, aby mogły zostać uznane za zgodne.

Zakład AM (AM facility) – Równoważny z producentem AM, który jest uważany za podmiot zdolny do wytworzenia końcowej części/komponentu/materiału AM zgodnie z kwalifikowanym procesem w celu spełnienia wymagań klienta lub nabywcy.

Materiał AM (AM material) – materiał wsadowy, stanowiący substrat w wybranym procesie AM.

Materiał końcowy AM (AM final material) – materiał wsadowy poddany procesowi AM oraz obróbce (*post-processing*), stanowiący budulec części końcowej. Jego właściwości mogą różnić się od właściwości materiału wsadowego.

Część AM (AM part) – określenie części wytwarzanej przyrostowo na dowolnym etapie produkcji, również pośrednim.

Część końcowa AM (AM final part) – produkt końcowy pełnej procedury AM.

Zatwierdzenie (Approval) – Udzielenie pozwolenia na wykorzystanie projektu, produktu, usługi lub procesu w określonym celu na określonych warunkach w oparciu o zadowalającą ocenę dokonaną przez towarzystwo klasyfikacyjne.

Audyt (Audit) – Zaplanowane, systematyczne i niezależne badanie w celu ustalenia, czy działania są udokumentowane, czy udokumentowane działania są wdrażane i czy wyniki spełniają określone cele.

Część brązowa (Brown part) – Część brązowa to część zielona, która została podgrzana i/lub poddana obróbce chemicznej w celu usunięcia materiału wiążącego. Jest to część przeznaczona do spiekania/infiltracji, aby stać się częścią końcową.

Certyfikat (Certificate) – Formalny dokument potwierdzający zgodność projektu, produktu, usługi lub procesu z określonymi kryteriami akceptacji.

Certyfikacja (Certification) – Procedura, w ramach której projekt, produkt, usługa lub proces są zatwierdzane zgodnie z określonymi kryteriami akceptacji.

Klasa (Class) – Skrót od „towarzystwo klasyfikacyjne”.

Zatwierdzenie klasy (Class approval) – Materiał/część AM, która ma być wytwarzana w zakładzie zatwierdzonym przez towarzystwo klasyfikacyjne.

Klasyfikacja (Classification) – Określony rodzaj certyfikacji, który odnosi się do zasad odpowiedniego towarzystwa klasyfikacyjnego.

Komponent (Component) – Część lub element jakiegoś sprzętu lub systemu.

Zgodność (Conformity) – Sytuacja, gdy projekt, produkt, proces lub usługa wykazują zgodność z określonymi wymaganiami.

Projekt (Design) – Wszystkie odpowiednie plany, dokumenty, obliczenia opisane w funkcjonowaniu, instalacji i produkcji produktu.

Wada (Defect) – Jedna lub więcej wad, których rozmiar, kształt, orientacja, lokalizacja lub właściwości nie spełniają określonych kryteriów akceptacji i podlegają odrzuceniu.

Analiza projektu (Design analysis) – Metodologia badawcza stosowana selektywnie do oceny projektu.

Przegląd i zatwierdzenie projektu (Design review and approval) – Część procesu oceny w celu ewaluacji konkretnych aspektów projektu, w tym przegląd i zatwierdzenie rysunku lub modelu bryłowego poparte ostateczną specyfikacją materiałową.

Zielona część (Green part) – Zielona część to część wykonana ze sproszkowanego materiału, który został sprasowany i spójony za pomocą materiału wiążącego.

Równoważny (Equivalent) – Dopuszczalna, nie mniej skuteczna alternatywa dla określonych kryteriów.

Istotne parametry (Essential Parameters) – Każdy parametr jest uważany za istotny, jeśli jakikolwiek jego aspekt znajdujący się poza zakresem akceptowalności wpływa na właściwości mechaniczne lub końcową jakość części. Istotne parametry muszą być zdefiniowane w specyfikacji i muszą być poddane przeglądowi i kontroli. Każde wypadnięcie istotnych parametrów poza kwalifikowany zakres wymaga ponownej kwalifikacji.

Infiltracja (Infiltration) – Proces wypełniania porów niespiekanej lub spiekanej części metalem lub stopem o niższej temperaturze topnienia niż temperatura topnienia części.

Instalacja (Installation) – Montaż i ostateczne umieszczenie komponentów, sprzętu i podsystemów w celu umożliwienia działania systemu.

Producent (Manufacturer) – Podmiot odpowiedzialny za produkcję i jakość produktu.

Proces wytwarzania (Manufacturing process) – Systematyczna seria działań ukierunkowanych na wytworzenie produktu.

Zatwierdzenie procesu wytwarzania (Manufacturing process approval) – Zatwierdzenie procesu, w którym producent wytwarza część przy użyciu wytwarzania przyrostowego.

Modyfikacja (Modification) – Ograniczona zmiana, która nie ma wpływu na bieżące zatwierdzenie.

Określona część (Part, specific) – Określona część lub komponent o takich samych wymaganiach geometrycznych, materiałowych i funkcjonalnych.

Rodzina części (Part, family) – Rodzina części (lub podobnych części) o tych samych wymaganiach funkcjonalnych, tych samych wymaganiach materiałowych oraz cechach konstrukcyjnych lub kształcie, ale o różnym rozmiarze lub grubości przekroju poprzecznego.

Część podobna (Part, similar) – Podobna część o podobnych wymaganiach funkcjonalnych, tych samych wymaganiach materiałowych oraz podobnych cechach konstrukcyjnych, w tym kształcie, rozmiarze i grubości.

Wskazanie NDT (NDT indication) – Reakcja reflektora podczas badania NDT, która może być dalej sklasyfikowana jako istotna lub nieistotna i zwykle wymaga dalszej oceny w celu określenia jej akceptowalności w odniesieniu do określonych kryteriów akceptacji.

Próba wydajności (Performance test) – Operacja techniczna, podczas której określana jest konkretna charakterystyka wydajności.

Próba prototypu (Prototype test) – Badania pierwszej lub jednej z pierwszych nowych części w celu optymalizacji, dostrojenia parametrów sprzętu/systemu i weryfikacji oczekiwanego zachowania podczas działania.

Kwalifikowany lub kwalifikacja – (Qualified or Qualification) Udzielenie pozwolenia na wykorzystanie projektu, produktu, usługi lub procesu w określonym celu i na określonych warunkach w oparciu o zadowalającą ocenę producenta.

Naprawa (Repair) – Przywrócenie do stanu pierwotnego lub zbliżonego do pierwotnego ze stanu zużycia lub uszkodzenia produktu lub systemu w trakcie eksploatacji.

Badanie odwrotne (Reverse Engineering) – Proces polegający na demontażu i szczegółowym badaniu lub analizowaniu (produktu lub urządzenia) w celu ustalenia koncepcji produkcyjnych, zwykle w celu wytworzenia czegoś podobnego (produktu lub urządzenia), tj. poprzez wytwarzanie przyrostowe produkuje się nowy produkt poprzez skanowanie istniejącego produktu. Kwestie własności intelektualnej powinny być rozpatrywane indywidualnie dla każdego przypadku.

Spiekanie (Sintering) – Obróbka termiczna proszku lub materiału zwartego w temperaturze poniżej temperatury topnienia głównego składnika w celu zwiększenia jego wytrzymałości poprzez metalurgiczne wiązanie jego cząstek.

Specyfikacja (Specification) – Dane techniczne lub szczegółowe informacje, które są wykorzystywane do ustalenia przydatności materiałów, produktów, komponentów lub systemów do ich zamierzonego zastosowania. Specyfikacja może być dostarczona przez producenta lub nabywcę i powinna zostać uzgodniona przez nabywcę.

Nadzorujący/obserwator próby (Witness) – Osoba fizycznie obecna przy próbie, będąca w stanie zarejestrować i zaświadczyć na temat jego wyniku. Zdalna obecność może być przedmiotem specjalnych uzgodnień przez każde towarzystwo klasyfikacyjne.

3 WYMAGANIA PROJEKTOWE

3.1 Ogólne

Na każdym etapie procesu wytwarzania powinna być brana pod uwagę jakość i sprawność części AM w odniesieniu do odpowiednich wymagań projektowych i wymagań materiałowych, przy odpowiedniej kontroli podstawowych parametrów.

Producent AM powinien przygotować pakiet projektowy wyrobu, patrz tabela 3, włącznie z procedurami wytwarzania, specyfikacjami zgodnymi ze specyfikacją zakupu, zamówieniem zakupu zawierającym wszystkie wymagania dotyczące produkcji wszystkich wytworzonych części itp.

Tabela 3
Pakiet projektowy wyrobu

Nr	Pozycja
1	Kodeks projektowy, przepisy, normy lub specyfikacje producenta/producenta sprzętu oryginalnego
2	Poziom krytyczności AM (1, 2 lub 3)
3	Rysunek kontrolny zmian, model CAD lub cyfrowy plik kompilacji, w tym próbki testowe (w celach informacyjnych)
4	Odpowiednia specyfikacja materiałowa z kryteriami akceptacji dla każdej zamierzonej części/zastosowania
5	Raport z analizy projektu, jeśli dotyczy
6	Specyfikacja proszku/drutu/spoiwa
7	Specyfikacja/procedura AM, przed, w trakcie i po zakończeniu wytwarzania
8	Plan inspekcji i prób
9	Wszelkie inne specyfikacje, wymagania lub procedury określone jako niezbędne przez producenta lub nabywcę

Model/rysunek bryłowy części i specyfikacje materiałowe powinny być kwalifikowane zgodnie z rozdziałem 6 i włączone do dokumentacji kwalifikacyjnej zgodnie z odpowiednim podrozdziałem 3.2 oraz 3.3.

Kwalifikowane specyfikacje i procedury dla części AM powinny być przestrzegane i przechowywane w dokumentacji produkcyjnej producenta elementów.

3.2 Rysunek lub model bryłowy

Projektowanie części obejmuje tworzenie rysunku części lub modelu bryłowego z przeznaczeniem do użytku końcowego i powinno uwzględniać możliwe do uzyskania właściwości materiału określone w ostatecznej specyfikacji materiału.

Model CAD lub rysunek końcowej części AM powinien uwzględniać wymagania dotyczące ostatecznej geometrii, wymiarów i odchyłek wymiarowych, zgodnie z uznaną międzynarodową normą branżową, np.: ASME Y14.46:2018, Y14.41:2019, Y14.5:2018.

Jeśli model CAD lub rysunek końcowej części AM został przeprojektowany, zoptymalizowany pod kątem topologii lub wygenerowany przez algorytmy projektowe, model CAD końcowej części AM powinien być obliczany lub poddany symulacji przy użyciu oprogramowania technicznego w celu zweryfikowania zgodności i integralności projektu ze względu na wymagania eksploatacyjne. Raport z analizy projektu zawierający stosowną procedurę i wyniki powinien zostać przedłożony do przeglądu przez towarzystwo klasyfikacyjne dla poziomu krytyczności 3.

Zoptymalizowane wymagania projektowe dotyczące końcowej części AM powinny wykazywać co najmniej równoważny poziom funkcjonalności i integralności, w tym zdolność do wytrzymania zastosowanych obciążeń lub zastosowanych warunków środowiskowych w stosunku do tradycyjnie wytwarzanych części, które towarzystwo klasyfikacyjne powinno zaakceptować i zatwierdzić dla poziomu 3 oraz może zaakceptować i zatwierdzić dla poziomów 1 i 2.

Numer wersji modelu bryłowego, rysunku lub cyfrowego pliku kompilacji powinien być zawarty w zatwierdzeniu części AM i uwzględniony w dokumentacji produkcyjnej producenta.

3.3 Specyfikacja materiałowa

Zgodnie z tabelą 4 specyfikacja materiałowa powinna zawierać wszystkie właściwości materiału, z uwzględnieniem określonego procesu AM, w odniesieniu do końcowych warunków dostawy oraz kryteria akceptacji dla części lub materiału AM. Wybrana specyfikacja/gatunek materiału wraz z warunkami obróbki cieplnej powinny zostać określone w ostatecznej specyfikacji materiału AM.

W zależności od zamierzonego zastosowania, dopuszczalne właściwości materiału powinny być równoważne tradycyjnie produkowanym materiałom, zgodnie z obowiązującymi Zaleceniami IACS UR W, lub alternatywnie z międzynarodowo uznanymi normami branżowymi lub specyfikacjami projektanta.

Ze względu na właściwości morfologiczne procesu AM, można rozważyć zastosowanie materiału o alternatywnym składzie chemicznym i ulepszonych właściwościach mechanicznych/korozyjnych, które są równoważne lub przewyższają właściwości materiału zwykle wymagane w warunkach użytkowania, takich jak odporność na uderzenia, zmęczenie, zużycie lub korozja. Wybrany końcowy materiał AM powinien być odpowiedni w odniesieniu do warunków obciążenia, funkcjonalności, środowiska i powinien zostać zatwierdzony przez towarzystwo klasyfikacyjne jako alternatywna nowa metoda produkcji określonej części/zastosowania.

Następujące pozycje w tabeli 4 powinny być określone w specyfikacji materiału AM dla końcowych warunków dostawy. W przypadku materiałów AM dla poziomu 3, specyfikacja materiałowa, z uwzględnieniem następujących pozycji w tabeli 4, powinna zostać przedłożona towarzystwu klasyfikacyjnemu do zatwierdzenia.

Tabela 4
Specyfikacja materiału końcowego

Nr	Pozycja
1	Typ i gatunek materiału
2	Proces wytwarzania, w tym proces AM i wszelkie procesy obróbki cieplnej po zakończeniu wytwarzania
3	Skład chemiczny
4	Mikrostruktura, w tym wielkość ziarna i analiza metalograficzna
5	Gęstość fuzji, stosowana w procesach proszkowych i niewymagana w przypadku procesu bezpośredniego osadzania energii (DED) z wykorzystaniem drutu łukowego
6	Wytrzymałość na rozciąganie
7	Wytrzymałość w próbie udarności Charpy'ego i temperatura próby, jeśli wymagane, zgodnie z temperaturą projektową i klasą materiału
8	Wyniki próby twardości, jeśli wymagana
9	Inne specjalne właściwości, takie jak zmęczenie materiału, właściwości mechaniki pękania, odporność na korozję, erozję lub zużycie, jeśli są wymagane do zamierzonego zastosowania
10	Metody badań nieniszczących, poziom badań, poziom jakości i kryteria akceptacji

Uwagi:

1. Mikrostruktura, gęstość fuzji i specjalne właściwości są wymagane podczas kwalifikacji/zatwierdzania, ale są opcjonalne na etapie wytwarzania.

4 SPECYFIKACJA MATERIAŁU WSADOWEGO

4.1 Ogólne

Dostawca materiału wsadowego powinien utrzymywać system zarządzania jakością, który powinien przynajmniej spełniać minimalne wymagania zgodnie z uznanymi międzynarodowymi normami jakości, takimi jak ISO 9001:2015.

Materiał wsadowy powinien zostać zakwalifikowany poprzez próby zatwierdzania materiałów wsadowych zgodnie z załącznikiem 1, o którym mowa w podrozdziale 1.6 v).

Jeśli zatwierdzenie zostało już udzielone przez inne towarzystwa klasyfikacyjne, należy przedłożyć dowód zatwierdzenia wraz z dokumentacją przeprowadzonych badań zatwierdzających. Wskazane w załączniku 1 badania zatwierdzające mogą zostać ograniczone za zgodą towarzystwa klasyfikacyjnego.

4.2 Materiał wsadowy w postaci proszku

4.2.1 Specyfikacja materiału AM

Producent może odnieść się do uznanych na całym świecie norm branżowych, takich jak ISO 17296-2:2015, ISO/ASTM 52907:2019, dotyczących specyfikacji, dokumentacji, obsługi i przechowywania materiału wsadowego w postaci proszku.

Patrz tabela 5 – specyfikacja proszku powinna być określona z uwzględnieniem odpowiedniego procesu produkcji proszku i zakresu istotnych parametrów. Zgodnie z tabelą 6 należy wskazać parametry inne niż istotne, w celach informacyjnych.

O ile nie uzgodniono inaczej, specyfikacja proszku może być poddana kwalifikacji przez producenta dla elementów certyfikowanych i powinna zostać zatwierdzona przez towarzystwo klasyfikacyjne dla elementów klasyfikowanych, w określonym zakresie parametrów, patrz załącznik 1. Każda zmiana istotnych parametrów poza kwalifikowanym zakresem wymaga ponownej kwalifikacji. Zasadnicze parametry dla materiału wsadowego proszku obejmują następujące pozycje w tabeli 5:

Tabela 5
Podstawowe parametry dla materiału wsadowego w postaci proszku

Nr	Podstawowe parametry materiału wsadowego w postaci proszku
1	Klasa materiału
2	Proces produkcji proszku, w tym proces topienia i atomizacji, rodzaj stosowanego gazu, warunki środowiskowe
3	Proces poatomizacyjny, taki jak przesiewanie
4	Skład chemiczny
5	Zakres wielkości proszku
6	Rozkład wielkości cząstek
7	Morfologia proszku i wewnętrzna mikrostruktura
8	Płynność
9	Odpowiedni proces produkcji (np. proszek dla procesu PBF-LB (fuzja złoża proszkowego z wiązką laserową), proszek dla procesu PBF-EB (fuzja złoża proszkowego z wiązką elektronów), proszek dla procesu DED (bezpośrednie osadzanie energii) lub proszek dla procesu BJT (natryskiwanie spoiwa))

Parametry drugorzędne dla materiału wsadowego w postaci proszku obejmują następujące pozycje w tabeli 6:

Tabela 6
Drugorzędne parametry dla materiału wsadowego w postaci proszku

Nr	Drugorzędne parametry materiału wsadowego w postaci proszku
1	Gęstość, np. gęstość pozorna, gęstość kranowa, gęstość szkieletowa i gęstość fuzji
2	Właściwości termiczne, takie jak temperatura ciała stałego, temperatura cieczy, do celów informacyjnych
3	Zawartość tlenu
4	Zawartość wilgoci itp.

Producent powinien upewnić się, że materiały wsadowe są zgodne ze wszystkimi lokalnymi i krajowymi przepisami dotyczącymi ochrony środowiska, obsługi i bezpieczeństwa.

4.2.2 Dokumentacja dotycząca materiału wsadowego w postaci proszku

Dostawca proszku powinien wydać oświadczenie o zgodności, zgodnie ze specyfikacją producenta materiału AM. Dla każdej dostarczonej partii i/lub serii proszku, dostawca proszku powinien udokumentować, w celu kontroli materiału wsadowego i identyfikowalności, informacje podane w tabeli 7:

Tabela 7
Dokumentacja dla materiału wsadowego w postaci proszku

Nr	Pozycja
1	Informacje o dostawach (proszek powinien pochodzić od dostawcy materiału AM zatwierdzonego przez towarzystwo klasyfikacyjne)
2	Dane kontaktowe dostawcy proszku
3	Numer partii i serii
4	Opis proszku
5	Proces produkcji proszku, w tym proces topnienia i atomizacji, rodzaj stosowanego gazu, warunki środowiskowe
6	Proces po atomizacji, taki jak przesiewanie
7	Metody pobierania próbek, takie jak dzielenie zsyków, mieszanie lub rozdzielanie wirowe
8	Metoda testowania, norma i wyniki wymagane przez specyfikację materiału proszkowego
9	Data pakowania, ilość, wymagania dotyczące obsługi, okres trwałości i instrukcje przechowywania
10	Karta charakterystyki

Uwagi:

1. Kontrola proszku jako materiału wsadowego odbywa się za pomocą numeru serii i numeru partii. Proszek z pojedynczego numeru serii i pojedynczego numeru partii wskazuje ilość materiału AM wyprodukowanego w identyfikowalnych i kontrolowanych warunkach w jednym cyklu procesu produkcyjnego. Wielkość partii materiału AM jest określana przez dostawcę materiału AM. Pojedyncza seria proszku jest używana jako materiał wsadowy w cyklach wytwarzania. Proszek z pojedynczego numeru serii i wielu numerów partii wskazuje ilość materiału AM wyprodukowanego w identyfikowalnych i kontrolowanych warunkach w jednym cyklu procesu produkcyjnego. Pozostały materiał wsadowy w ilości niewystarczającej do ukończenia cyklu produkcji, który został użyty w wielu urządzeniach AM, jest łączony, mieszany i używany do wykończenia partii proszku. Pochodzenie proszku z wielu numerów serii wskazuje, że więcej niż jedna seria proszku jest używana jako materiał wsadowy w cyklach produkcji. Wsad z wielu serii jest zwykle mieszany przed załadowaniem do obszaru podawania.
2. Próbkę pobraną do badań powinny być reprezentatywne dla serii proszku, zapewniając jednorodność po podziale. Przy pobieraniu próbek proszków metalicznych można zastosować postanowienia normy ASTM B215, pod warunkiem wcześniejszego uzgodnienia klienta z dostawcą. Metody pobierania próbek powinny zostać zgłoszone. W przypadku pobierania próbek proszku metalicznego, preferowaną metodą jest zastosowanie techniki dynamicznego pobierania próbek, takiej jak dzielenie zsyku lub rozdzielanie wirowe, aby zapewnić pobranie reprezentatywnej próbki poprzez podzielenie strumienia proszku podczas jego przepływu, minimalizując problem segregacji, który może wystąpić w przypadku statycznych metod pobierania próbek.

4.2.3 Recykling proszków

Proszek powinien być chroniony przed uszkodzeniem, zanieczyszczeniem i pogorszeniem jakości podczas obsługi, przechowywania i recyklingu.

W przypadku procesu DED z użyciem proszku, tylko proszek, który nie opuścił dyszy DED może być poddany recyklingowi.

W przypadku procesu PBF (fuzja złoza proszkowego) lub odpowiednich procesów BJT (natryskiwanie spoiwa) recykling proszku z mieszanych serii jest niedozwolony. Recykling proszku dla tej samej serii wyrobu może być dozwolony zgodnie z procedurami uzgodnionymi przez towarzystwo klasyfikacyjne. Procedury recyklingu proszku mogą uwzględniać następujące czynniki podane w tabeli 8:

Tabela 8
Czynniki wpływające na recykling proszków

Nr	Czynniki
1	Udokumentowane metody śledzenia przebiegu recyklingu proszków.
2	Ograniczenie liczby cykli recyklingu proszku
3	Właściwości materiału końcowego wykonanego z proszku poddanego recyklingowi
4	Udokumentowane procedury kontrolne, takie jak przesiewanie, mieszanie, testowanie zawartości tlenu i wilgotności oraz inne praktyki
5	Wyniki testów kluczowych parametrów powinny mieścić się w określonym zakresie dla proszku świeżego, jeżeli dotyczy
6	Wdrożenie procedur zapobiegania zanieczyszczeniom krzyżowym przy użyciu wielu materiałów na jednej maszynie. Alternatywnie – przypisanie każdej maszyny do jednego rodzaju materiału

4.3 Druk jako materiał wsadowy

4.3.1 Specyfikacja drutu jako materiału wsadowego

W przypadku drutu jako materiału wsadowego, producent może przywoływać uznane międzynarodowe normy branżowe, takie jak AWS A5.01:2019, AWS A5.32:2021, ASME BPVC. II. C:2023 lub inne równoważne normy, takie jak ISO 14175:2008.

Należy określić specyfikację drutu, z uwzględnieniem procesu produkcyjnego i dopuszczalnego zakresu istotnych parametrów podanych w tabeli 9. Należy wskazać wszelkie parametry inne niż istotne dla informacji w protokole kwalifikacji procedury określonym w podrozdziale 5.5.

O ile nie uzgodniono inaczej, specyfikacja drutu powinna być zakwalifikowana przez producenta dla elementów certyfikowanych lub zatwierdzona przez towarzystwo klasyfikacyjne dla elementów klasyfikowanych. Kwalifikacja powinna uwzględniać dopuszczalny zakres parametrów. Każda zmiana następujących istotnych parametrów wychodząca poza kwalifikowany zakres wymaga ponownej kwalifikacji.

Tabela 9
Podstawowe parametry drutu jako materiału wsadowego

Nr	Podstawowe parametry
1	Klasa materiału
2	Właściwości mechaniczne
3	Skład chemiczny
4	Rozmiar

5	Tolerancje/odchyłki i stan powierzchni (Ra) na całej długości
6	Odpowiedni proces AM, w którym może być użyty materiał wsadowy drutu

4.3.2 Dokumentacja dotycząca drutu jako materiału wsadowego

Dostawca drutu powinien wystawić deklarację zgodności i udokumentować następujące informacje zawarte w tabeli 10 dotyczące kontroli materiału wsadowego i identyfikowalności dla każdej partii.

Tabela 10
Dokumentacja dotycząca drutu jako materiału wsadowego

Nr	Informacje
1	Drut powinien pochodzić od dostawcy materiału AM zatwierdzonego przez towarzystwo klasyfikacyjne dla elementów klasyfikowanych
2	Dane kontaktowe dostawcy przewodów
3	Numer serii i partii
4	Opis drutu, z uwzględnieniem rozmiaru drutu, gatunku materiału, oznaczenie AWS, nr F, nr A, jeśli dotyczy
5	Proces produkcji drutu
6	Powiązany gaz osłonowy
7	Metoda testowania i wyniki, zgodnie ze specyfikacją drutu
8	Data pakowania, ilość i instrukcje dotyczące obsługi, przechowywania, kontroli przychodzących towarów
9	Właściwości powykonawcze i właściwości obróbki cieplnej po spawaniu (PWHT), jeśli dotyczy
10	Karta charakterystyki

4.4 Spoiwo jako materiał wsadowy

Jeśli jest to wymagane, specyfikacja spoiwa jako materiału wsadowego powinna być poddana kwalifikacji przez zakład AM. Powinien on określić lub uwzględnić następujące czynniki zawarte w tabeli 11.

Tabela 11
Czynniki dla spoiwa jako materiału wsadowego

Nr	Czynniki
1	Klasa materiału
2	Skład chemiczny
3	Lepkość
4	Napięcie powierzchniowe
5	Analiza termograwimetryczna
6	Temperatura zapłonu
7	Temperatura parowania
8	Temperatura utwardzania
9	Przechowywanie, obsługa i data ważności, jeśli dotyczy

Uwagi:

1. Dodatkowe czynniki, które należy wziąć pod uwagę przy wyborze spoiwa, obejmują: metodę osadzania, kompatybilność z procesem wytwarzania, interakcję między spoiwem a proszkiem, wpływ na wytrzymałość części wytworzonej, stabilność i charakterystykę wypalania.

Spoiwo jest materiałem wtórnym, który jest płynnym środkiem wiążącym lub klejem, który łączy ze sobą cząstki metalu/ceramiki. Spoiwo może wpływać na proces rozpylania spoiwa i spiekania/infiltracji, ale nie powinno wpływać na jakość końcowej części. Ostateczne właściwości materiału i wymiary części powinny zostać osiągnięte w procesie spiekania/infiltracji po zakończeniu wytwarzania. Kwalifikacja materiałów wiążących powinna być udokumentowana przez zakład AM i przedłożona towarzystwu klasyfikacyjnemu, jeśli zostanie to uznane za konieczne.

5 SPECYFIKACJA PROCEDURY WYTWARZANIA PRZYROSTOWEGO (AMPS)

5.1 Ogólne

Specyfikacja procedury wytwarzania przyrostowego (Additive manufacturing procedure specification (AMPS)) powinna być udokumentowana przez producenta w celu kontrolowania i monitorowania zarówno istotnych, jak i pozostałych parametrów, które mogą mieć wpływ na końcową jakość części.

Specyfikacja AMPS powinna być kwalifikowana przy zastosowaniu zakresu parametrów w powiązaniu z próbami zatwierdzającymi przeprowadzanymi przez towarzystwo klasyfikacyjne. Po każdej zmianie istotnych parametrów wykraczającej poza ten zakres powinna zostać przeprowadzona ponowna kwalifikacja. Obecność inspektora w czasie próby jest wymagana dla elementów klasyfikowanych i certyfikowanych elementów krytycznych.

Odpowiednie parametry istotne i nieistotne powinny być udokumentowane przez producenta AM. Każdy parametr mający wpływ na źródło/dopływ ciepła oraz proces pobierania ciepła należy uznać za parametr istotny.

Procedura wytwarzania części AM powinna być uwzględniona w dokumentacji produkcyjnej producenta.

5.2 Procedura poprzedzająca wytwarzanie

Należy zdefiniować i zidentyfikować następujące cechy procesu wstępnego zawarte w tabeli 12, który może być wspomagany przez oprogramowanie do cięcia (slicing) w celu przygotowania procedury wytwarzania:

Tabela 12
Charakterystyka procesu poprzedzającego budowę

Nr	Charakterystyka procesu poprzedzającego budowę
1	Lokalizacja i orientacja części
2	Lokalizacja i orientacja próbki testowej
3	Naddatek na obróbkę części i próbki testowej, jeśli dotyczy
4	Położenie części na platformie budowy oraz rozmieszczenie (nesting), jeśli dotyczy
5	Powierzchnia robocza i kierunek wytwarzania, kierunek grawitacji, jeśli dotyczy
6	Konstrukcja wsporcza/wypełniająca, jeśli dotyczy
7	Odpowiednia procedura czyszczenia platformy roboczej

Uwagi:

- Orientacja części powinna być określona względem określonej powierzchni roboczej, takiej jak platforma robocza lub wbudowane podłoże. Jeśli ma to zastosowanie lub jest wymagane, lokowanie elementu roboczego należy określić względem osi X, Y, Z zgodnie z międzynarodowo uznanymi normami branżowymi, takimi jak ISO 17295:2023.
- W przypadku procesów PBF (fuzja złoża proszkowego) lub odpowiednich procesów BJT (natryskiwanie spoiwa) część może być zorientowana i zoptymalizowana przy użyciu oprogramowania do przygotowania wydruku (pre-build software), aby skrócić czas budowy lub zmniejszyć termiczne naprężenia szczątkowe. W procesach PBF położenie pojedynczej części może być określone w obszarze budowy (build envelope). Konieczne może być zastosowanie wielu położen części, gdy w tym samym obszarze budowy wytwarzanych jest jednocześnie wiele części. W

- przypadku procesów DED (bezpośrednie osadzanie energii), części mogą być zorientowane pionowo, poziomo lub pod innymi kątami zgodnie z ustawieniem podłoża przez urządzenie.
3. Próbkki testowe powinny być identyfikowane w układzie wytwarzania za pomocą unikalnej etykiety. Jeśli zostały na niej przedstawione układ i powierzchnia wytwarzania, należy również wskazać lokalizację wytwarzania, orientację i powiązaną tolerancję dla płytek testowych, zgodnie z międzynarodowo uznanymi normami branżowymi, takimi jak ISO 17295:2023. Cyfrowe modele wytwarzania części i płytek testowych powinny zostać przedłożone do wglądu jako część zgłoszenia.
 4. W przypadku procesu PBF lub odpowiednich procesów BJT, płytki testowe mogą być tworzone jako próbkki testowe o kształcie zbliżonym do ostatecznego lub próbkki testowe mogą być pobierane z odpowiednich bloków testowych.
 5. W przypadku procesów DED płytki testowe mogą być pobierane z przedłużonej części/artefaktu lub oddzielnego bloku testowego, który reprezentuje cechy części lub grubość przekroju części, co może być specjalnie rozważone i uzgodnione przez towarzystwo klasyfikacyjne.
 6. W przypadku procedur PBF lub odpowiednich procesów BJT, do podparcia podczas wytwarzania mogą być stosowane wysięgi i specjalne konstrukcje wsporcze, jeśli jest to wymagane. Alternatywnie, część może zostać ponownie zorientowana podczas procesu wytwarzania, aby uniknąć wysięgu, jeśli jest to możliwe. Jeśli to określono, można zastosować ograniczoną powierzchnię lub objętość do zdefiniowania lokalizacji w celu ograniczenia lub koniecznego zastosowania konstrukcji wspierających/wypełniających. Jeśli nie określono, może zostać zastosowana domyślna konstrukcja podpierająca/wypełniająca w zależności od urządzenia i oprogramowania.

Do przeglądu przetwarzania danych mogą być wykorzystywane międzynarodowo uznane normy branżowe, takie jak ISO/ASTM 52950:2021. Pliki cyfrowe mogą zawierać pochodne oryginalnego modelu CAD (np. STL, AMF, STEP lub 3MF).

Cyfrowe pliki konstrukcyjne powinny być dokładnie wyeksportowane, szczególnie w przypadku cech ważnych, udokumentowane i przedłożone do wglądu, jeśli zostanie to uznane za konieczne przez towarzystwo klasyfikacyjne. Podczas eksportowania cyfrowych plików konstrukcyjnych należy zweryfikować konwersję cyfrowego pliku konstrukcyjnego z modelu bryłowego na model/kod rozpoznawany przez urządzenie, a wszelkie błędy powinny być naprawiane automatycznie przez dostępne oprogramowanie lub ręcznie przez operatora.

5.3 Procedura wytwarzania

5.3.1 Postanowienia ogólne

Parametry wytwarzania związane ze źródłem/wkładem ciepła, patrz podrozdział 5.3.2 dla procesów PBF i 5.3.3 dla procesów DED, oraz przekazywaniem/wcześniejszym dostarczaniem ciepła, patrz podrozdział 5.3.2 dla procesów PBF i 5.3.3 dla procesów DED, są uważane za parametry istotne i powinny być one określone w specyfikacji procedury, kontrolowane i kwalifikowane w tym zakresie.

Nieistotne parametry operacyjne zidentyfikowane na podstawie doświadczenia lub stałe parametry narzucone przez system urządzenia powinny być udokumentowane i kontrolowane w jak największym stopniu, z uwzględnieniem platformy roboczej, środowiska roboczego i wszelkich innych powiązanych parametrów.

Jeśli do monitorowania procesu podczas wytwarzania wymagane są parametry procesu, wymagania te powinny być monitorowane ze względu na ich zgodność, co dotyczy m.in. błędów roboczych urządzenia, awarii lub kontroli wad.

5.3.2 Fuzja złoża proszkowego (Powder Bed Fusion (PBF))

W przypadku procesów z wykorzystaniem proszku producent może odwołać się do uznanych międzynarodowo norm branżowych, takich jak ISO/ASTM 52904:2019, w celu włączenia ich do specyfikacji procedury.

Proces PBF-EB ma podobne możliwości jak PBF-LB, ale wykazuje różnice wynikające z różnych źródeł wiązki. W porównaniu do PBF-LB, energia wiązki przenoszona przez wiązkę elektronów jest

wyższa. Proces może działać w wyższych temperaturach, przy szybszym tempie wytwarzania i stosunkowo niższej rozdzielczości. Dodatkowo, złoże proszku jest wstępnie podgrzewane do temperatury nieco poniżej temperatury topnienia, co skutkuje mniejszymi naprężeniami termicznymi.

Parametry zawarte w tabeli 13 powinny być zdefiniowane w specyfikacji procedury PBF-LB lub PBF-EB.

Tabela 13
Specyfikacja procedury wytwarzania przyrostowego dla procesu PBF

Nr	Pozycja
1	Źródło ciepła: - Typ wiązki, np. wiązka laserowa lub elektronowa - Moc wiązki - Rozmiar wiązki - Kontrola częstotliwości wiązki lub kształtu fali - Podział wiązki - Ustawienie skupienia wiązki
2	Ułożenie: - Grubość warstwy - Wzorzec/strategia skanowania - Prędkość robocza urządzenia - Nakładanie się kreskowania, odległość/odstęp - Kontrola określonych ustawień dotycząca krawędzi lub powierzchni
3	Środowisko robocze dla procesu PBF-LB: - Specyfikacja/oznaczenie materiału platformy roboczej, grubość, wykończenie powierzchni, wymiar, równoległość i tolerancja - Temperatura podgrzewania platformy roboczej - Skład i natężenie przepływu gazu osłonowego - Dodatkowe osłony gazowe - Skład gazu w komorze roboczej - Sprzęt i konfiguracja obudowy środowiskowej
4	Środowisko robocze procesu PBF-EB: - Specyfikacja/oznaczenie i grubość materiału platformy roboczej - Temperatura podgrzewania platformy roboczej - Podciśnienie - Środowisko robocze
5	Inne parametry: - Typ i materiał ostrzarozeprzodacza proszku lub zużycie wałka - Szybkość dozowania proszku - Warunki środowiskowe otoczenia - Stan materiału wsadowego, np. seria proszku, numer partii, materiał świeży lub z recyklingu

5.3.3 Bezpośrednie osadzanie energii (Directed Energy Deposition (DED))

W przypadku procesów DED, producent może odwołać się do uznanych międzynarodowo norm branżowych, takich jak ASTM F3187:2016, w celu włączenia ich do specyfikacji procedury. Parametry zawarte w tabeli 14 powinny być zdefiniowane w specyfikacji procedury DED.

Tabela 14
Specyfikacja procedury wytwarzania przyrostowego (AMPS) dla procesu DED

Nr	Pozycja
1	Źródło ciepła: - Typ wiązki/łuku - Moc wiązki/łuku - Rozmiar wiązki/łuku - Kontrola częstotliwości lub kształtu fali impulsów cieplnych - Podgrzewanie wstępne przy rozszczepianiu wiązki (nie dotyczy procesów PA-DED, GTA-DED i GMA-DED) - Użycie przewodu pod napięciem (wstępnie podgrzanego) (nie dotyczy procesu Powder DED) - Ustawienie ostrości wiązki/łuku (nie dotyczy procesów PA-DED, GTA-DED i GMA-DED)
2	Ułożenie: - Zaprogramowana grubość warstwy (dotyczy procesu DED z proszkiem laserowym, nie dotyczy innych procesów DED) - Wzorzec skanowania/ścieżka narzędzia - Prędkość robocza urządzenia - Nakładanie się kreskowania, odległość/odstęp (dotyczy procesu DED z proszkiem laserowym, nie dotyczy innych procesów DED) - Prędkość posuwu - Początkowa odległość robocza/odległość dyszy (nie dotyczy procesów PA-DED, GTA-DED i GMA-DED) - Specyficzne ustawienia, które mogą wpływać na stan wytwarzanej krawędzi i powierzchni - Parametry podawania drutu, takie jak kąt padania, odległość przesunięcia lub orientacja ścieżki (nie dotyczy procesu DED z proszkiem) - Zastosowane techniki, takie jak tkanie, wieloprzewodowe lub impulsowe dla procesu DED z użyciem drutu, jeśli dotyczy - Punkt początkowy i końcowy
3	Środowisko robocze: - Specyfikacja/oznaczenie materiału platformy roboczej, grubość, wykończenie powierzchni, wymiar i wartości tolerancji - Temperatura podgrzewania platformy roboczej - Temperatura międzyścigowa i czyszczenie międzyścigowe, jeśli dotyczy - Skład i natężenie przepływu gazu osłonowego (nie dotyczy procesu EB-DED) - Natężenie przepływu gazu nośnego proszku (dotyczy procesu DED z użyciem proszku) - Dodatkowe osłony gazowe (nie dotyczy procesu EB-DED) - Skład gazu zasilającego (nie dotyczy procesu EB-DED) - Skład gazu w komorze roboczej, jeśli dotyczy - Podciśnienie (dotyczy tylko procesu EB-DED) - Sprzęt i konfiguracja obudowy środowiskowej
4	Inne parametry: - Kierunek działania źródła ciepła - Warunki otoczenia, takie jak temperatura, wilgotność itp. - Rodzaj materiału wsadowego, np. proszek lub drut

Uwagi:

- Jeśli podłoże jest zintegrowane z końcową częścią, w próbach kwalifikacyjnych powinny zostać uwzględnione właściwości mechaniczne i metalurgiczne na płaszczyźnie łączenia, wraz z wszelkimi wymaganiami dotyczącymi kontroli. Podłoże służące do kwalifikowania powinno mieć właściwości takie jak podłoże do produkcji.

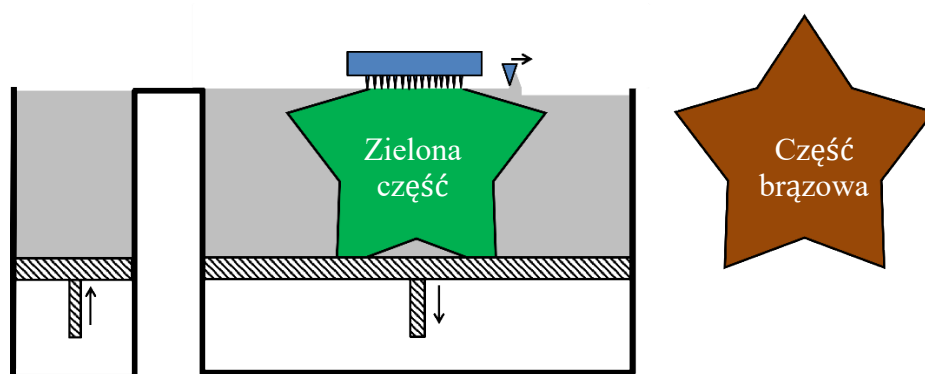
5.3.4 Natryskiwanie spoiwa (Binder Jetting (BJT))

Główne parametry w tabeli 15 powinny być zdefiniowane w specyfikacji procedury BJT lub równoważnej.

Czynniki te są parametrami procesu AM, które należy kontrolować pod kątem wymiarów zielonej części. Ostateczne wymiary i jakość określone są przy procesie spiekania/infiltracji brązowej części.

Tabela 15
Główne parametry procesu BJT

Nr	Główne parametry BJT
1	Grubość warstwy
2	Rozprowadzanie proszku, jeśli dotyczy
3	Prędkość robocza
4	Nasycenie spoiwa, jeśli dotyczy
5	Czas suszenia i stosunek proszku do spoiwa, jeśli dotyczy
6	Kierunek wytwarzania
7	Strategia posuwu



Rysunek 2 Schemat procesu natryskiwania spoiwa

5.3.5 Monitorowanie lub kontrola w trakcie procesu

Niektóre systemy mogą obejmować podsystemy wykorzystujące jeden lub więcej czujników działających w czasie rzeczywistym do monitorowania lub kontrolowania różnych wskazań i statusu procesu roboczego, takich jak temperatura jeziorzka roztopionego metalu, rozmiar, brak fuzji, rozpryski i inne parametry.

Jeśli w ramach podsystemów można zmieniać lub kontrolować jakiekolwiek kwalifikowane parametry podstawowe, podsystemy te powinny być uwzględnione w specyfikacji procedury wytwarzania przyrostowego (AMPS) i są wymagane w zapisach dotyczących kwalifikacji, łącznie ze szczegółami dotyczącymi typu i metody monitorowania lub kontrolowania, ustawień systemu monitorowania lub kontrolowania oraz kwalifikowanych parametrów podstawowych. Uwzględnianie podsystemów nie jest wymagane w specyfikacji AMPS i zapisach dotyczących kwalifikacji, jeśli nie zmieniają one ani nie kontrolują żadnych kwalifikowanych parametrów podstawowych.

5.4 Procedura po zakończeniu wytwarzania

5.4.1 Postanowienia ogólne

Proces powykonawczy wymagany do osiągnięcia jakości i właściwości końcowej dostarczonej części powinien być określony w udokumentowanych procedurach lub specyfikacjach.

Parametry takie jak temperatura, czas wygrzewania i media chłodzące powinny być określone i kontrolowane przez zakład obróbki cieplnej. Należy odnieść się do standardów branżowych w zależności od materiałów.

Jeśli zostanie to określone, naddatki na obróbkę skrawaniem mogą być przyjęte zgodnie z międzynarodowo uznanymi standardami branżowymi lub praktykami producenta.

Te same procesy obróbki cieplnej po zakończeniu wytwarzania powinny być stosowane do próbek testowych i części specjalnie przeznaczonych na zniszczenie/rzeczywistych, jeśli proces po zakończeniu budowy wpływa na ostateczne właściwości dostarczonego materiału lub jest zdefiniowany jako istotny parametr.

5.4.2 Usuwanie proszku

Procedura producenta powinna obejmować proces usuwania luźnego proszku z części wytworzonych w procesach PBF lub BJT. Pozostałości proszku w części mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia i bezpieczeństwa personelu podczas pracy na etapach przetwarzania końcowego, zwłaszcza w przypadku materiałów reaktywnych, takich jak proszek na bazie tytanu lub aluminium. Wszelkie zagrożenia dla zdrowia i bezpieczeństwa powinny zostać zidentyfikowane i zaprojektowane lub zminimalizowane.

5.4.3 Obróbka cieplna

Obróbka cieplna, jeśli została określona, powinna być zgodna z przepisami klasyfikacyjnymi, międzynarodowo uznanymi normami branżowymi lub najlepszymi praktykami dostosowanymi do materiałów, odnosić się do tego samego tradycyjnie produkowanego gatunku materiału. W celu uniknięcia zniekształceń, wytwarzana część powinna być odpowiednio podparta podczas obróbki cieplnej, odpowiednio do kształtu/złożoności elementu.

5.4.4 Usuwanie części

Producent powinien opracować procedury demontażu części lub konstrukcji wsporczej. Należy udokumentować poniższe informacje zawarte w tabeli 16:

Tabela 16
Procedura demontażu części

Nr	Pozycja
1	Odpowiednia temperatura platformy roboczej, gdy planowane jest usunięcie części z komory roboczej
2	Jeśli ma to zastosowanie, usunięcie proszku należy zweryfikować przed obróbką cieplną
3	Stosowane metody i narzędzia, takie jak piła taśmowa, piła wolnoobrotowa, narzędzia ręczne, obróbka skrawaniem, szlifowanie itp.
4	Instrukcje krok po kroku

Ogólnie rzecz biorąc, w celu zmniejszenia naprężeń szczątkowych, przed demontażem części należy przeprowadzić obróbkę cieplną odprężającą. Może to jednak nie mieć zastosowania w przypadku dużych części ze względu na pojemność pieca. Dlatego w niektórych przypadkach części mogą być usuwane przed obróbką cieplną odprężającą. W zależności od materiałów, ze szczególną uwagą należy unikać pęknięć, co wymaga specjalnego rozpatrzenia i uzgodnienia z towarzystwem klasyfikacyjnym.

Usuwanie konstrukcji wsporczych powinno odbywać się w taki sposób, aby uniknąć uszkodzenia części. Można to uwzględnić podczas projektowania, aby ułatwić usuwanie połączenia między konstrukcją wsporczą a częścią wytwarzaną.

5.4.5 Wykończenie powierzchni lub obróbka

Wykończenie powierzchni jest ważne ze względu na zmęczenie materiału, próby nieniszczące (NDT), zachowanie dopuszczalnych odchyłek, teksturę powierzchni i wygląd. Wykończenie powierzchni powinno być zgodne z procedurą producenta. Wykończenie powierzchni lub dodatkowe operacje obróbki skrawaniem powinny być wykonywane po odpowiedniej obróbce cieplnej ze względu na potencjalne odkształcenia i odbarwienia/utlenianie podczas obróbki cieplnej.

5.5 Kwalifikacja specyfikacji procedury wytwarzania przyrostowego

Zgodnie z tabelą 17, celem kwalifikacji procedury jest wykazanie zdolności procedury AM do wytworzenia określonego elementu konstrukcyjnego, zastosowania materiału wsadowego, materiału końcowego lub części naprawczej w procesie AM, w celu spełnienia wymagań.

Specyfikacja procedury wytwarzania przyrostowego (AMPS) powinna dokumentować wymagane zmienne w celu zapewnienia powtarzalności procesu. Zapisy dotyczące kwalifikacji procedury powinny dokumentować dane zarejestrowane podczas testów kwalifikacyjnych, w tym zastosowane parametry i odpowiadające im wyniki testów.

Zapisy dotyczące kwalifikacji AMPS powinny być ustanowione i udokumentowane w celu przeglądu i badania, gdy wymagane jest zatwierdzenie części, materiału wsadowego, producentów materiału końcowego, zakładów naprawczych, patrz tabela 17.

Procedura kwalifikacji zakładu naprawczego, opisana w załączniku 3, wymaga zarówno specyfikacji procedury, jak i udokumentowanych zapisów kwalifikacji. Patrz także podrozdział 10.4 dotyczący naprawy części AM.

Tabela 17
Specyfikacja procedury wytwarzania przyrostowego – kwalifikacja

Zapisy kwalifikacji dotyczące AMPS	
Pozycja	Szczegóły
Część AM	Procedura kwalifikacji części, opisana w rozdziale 6, wymaga specyfikacji procedury i udokumentowanych zapisów kwalifikacji dla dostarczonej części i powinna spełniać wszystkie wymagania projektowe, podane w rozdziale 3
Materiał wsadowy AM	Procedura kwalifikacji materiału wsadowego, opisana w załączniku 1, wymaga specyfikacji procedury i udokumentowanych zapisów kwalifikacji, w celu spełnienia wymogów dotyczących końcowego dostarczonego materiału wsadowego zawartych w podrozdziale 3.3
Producent AM	Procedura kwalifikacyjna dla producenta materiału końcowego, jak opisano w załączniku 2, wymaga specyfikacji procedury i udokumentowanych zapisów kwalifikacyjnych dla dostarczonego materiału końcowego i powinna spełniać kryteria akceptacji określone w podrozdziale 3.3.
Naprawa AM	Procedura kwalifikacji zakładu naprawczego, opisana w załączniku 3, ma zastosowanie w przypadku stosowania procesu AM do naprawy uszkodzonych części eksploatacyjnych. Wymagana będzie specyfikacja procedury oraz udokumentowane zapisy dotyczące kwalifikacji.

6 KWALIFIKACJA CZĘŚCI PROTOTYPOWYCH WYTWARZANYCH PRZYROSTOWO

6.1 Postanowienia ogólne

Kwalifikacja procedury rodzajowej dla części prototypowych jest wymagana zgodnie z podrozdziałem 5.5.

Zgodnie z tabelą 18, specyfikacja procedury wytwarzania przyrostowego (AMPS) i zapisy kwalifikacji do zatwierdzenia części powinny być udokumentowane z kontrolą poprawek. Należy przedstawić dowody na to, że dla wymaganego zastosowania wymagania techniczne/projektowe są możliwe do spełnienia.

Tabela 18
Kwalifikacja części prototypowej wytwarzanej przyrostowo

AMPS i zapisy kwalifikacji dotyczące zatwierdzenia części	
Nr	Szczegóły
1	Próbki testowe i prototyp części powinny być wytwarzane w tej samej partii produkcyjnej przy użyciu ustalonego cyfrowego modelu objętościowego, z uwzględnieniem lokalizacji części i jej orientacji, konstrukcji wsporczej, materiału do obróbki mechanicznej oraz położenia i kierunku usytuowania próbki testowej, w celu spełnienia tych samych specyfikacji, co w przypadku produkcji
2	Próbki testowe powinny reprezentować część rzeczywistą lub element najmniej korzystny, taki jak krawędź platformy roboczej w kierunku Z dla procesu opartego na laserze
3	Odpowiednio, każda oddzielnie wytworzona próbka na rozciąganie w kierunku Z powinna mieć co najmniej maksymalną wysokość części przeznaczoną do procesu PBF lub odpowiedniego procesu BJT. Jeśli nie ma to zastosowania w przypadku dużej części/komponentu, należy poddać próbie znormalizowaną próbkę na rozciąganie o długości pomiarowej 50 mm (2 cale) lub poddać próbie wiele próbek na rozciąganie w kierunku Z, obejmujących wysokość/długość dużej części/komponentu
4	W stosowanych przypadkach, dla procesów DED, próbki powinny być pobierane z przedłużenia wytwarzanej części w celu zastąpienia prób z użyciem części niszczonych w próbach, biorąc pod uwagę, że przedłużenie będzie miało podobne wymiary (np. grubość przekroju części). W przypadku oddzielnych próbek testowych powinny mieć one właściwości danej części. W przypadku procesu PBF próbki mogą być wytwarzane oddzielnie z danej części, a co najmniej jedna próbka powinna pochodzić z każdej strefy lasera, jeśli ma to zastosowanie
5	Powiązanie między kontrolowanymi/określonymi parametrami procesu jako danymi wejściowymi a wynikami prób jako danymi wyjściowymi, zgodnie z modelem części i specyfikacją materiałową, powinno być ustalone na podstawie zapisów kwalifikacyjnych dla określonej kombinacji parametrów
6	Należy ustalić powiązanie dotyczące wymiarów i właściwości materiałowych między próbkami testowymi a daną częścią. Próbki testowe służą do uzyskania ciągłości kontroli jakości podczas wytwarzania lub produkcji
7	Próbki testowe i dana część powinny uzyskać wymagane właściwości w próbach zatwierdzających, zgodnie z obowiązującymi postanowieniami IACS UR, przepisami klasyfikacyjnymi, normami branżowymi lub specyfikacją projektanta/producenta sprzętu oryginalnego (OEM)

6.2 Testy zatwierdzające dla części prototypowej

Kwalifikacja zatwierdzająca części prototypowej obejmuje próby materiałowe, takie jak próby mechaniczne, metalurgiczne, próby nieniszczące (NDT) i próby funkcjonalne. Jeśli część prototypowa jest wytworzona przez zatwierdzonego producenta zgodnie z załącznikiem 2, towarzystwo klasyfikacyjne może uzgodnić ograniczony zakres badań mechanicznych i metalurgicznych.

O ile nie uzgodniono inaczej, należy stosować próbki testowe, metody i ilości testowe określone w tabeli 19 dla procesów PBF, tabeli 20 dla procesów DED i tabeli 21 dla procesów BJT lub równoważnych.

Testy udarności Charpy'ego mogą być specjalnie rozpatrzone i uzgodnione przez towarzystwo klasyfikacyjne, w zależności od materiałów, temperatury projektowej i procesu wytwarzania.

W zależności od wytwarzanych części i zastosowań mogą być wymagane dodatkowe próby, takie jak dotyczące właściwości zmęzeniowych, mechaniki pękania, korozji, zużycia, erozji, spawalności i pomiarów naprężeń szczątkowych.

W zależności od zastosowania, próby funkcjonalne mogą obejmować próby z obciążeniem próbnym części nośnej, próby ciśnienia/szczelności dla części ciśnieniowej lub próby wyważania dla obrotowej części urządzenia itp.

Alternatywne próbki, metody i ilości prób zatwierdzających mogą zostać zaakceptowane przez towarzystwo klasyfikacyjne, pod warunkiem że producent przedstawi wyjaśnienia wykazujące, że są one technicznie podobne.

Tabela 19
Próby zatwierdzające dla procesu fuzji złoza proszkowego

Pobieranie próbek	Rodzaje prób	Poziom 1	Poziom 2	Poziom 3 klasyfikacyjny
		Certyfikowane i niekrytyczne	Certyfikowane i krytyczne	
Próbka testowa	Kontrola wzrokowa	Tak	Tak	Tak
	Kontrola wad powierzchniowych	Tak	Tak	Tak
	Kontrola wad wewnętrznych	Zgodnie z uzgodnieniem	Zgodnie z uzgodnieniem	Zgodnie z uzgodnieniem
	Badania chemiczne	Certyfikat materiału wsadowego	Próbka AM	Próbka AM
	Rozciąganie	1	3	5
		1 w kierunku Z na jednym rogu	3 w kierunku Z (po przekątnej - 2 w narożnikach i 1 w środku)	5 w kierunku Z (4 w narożnikach i 1 w środku)
	Udar, jeśli dotyczy	Zgodnie z uzgodnieniem	1 zestaw	3 zestawy
			1 zestaw w kierunku Z, w narożniku	1 zestaw w kierunku Z, 1 zestaw w kierunku X i 1 zestaw w kierunku Y, w narożniku
	Twardość	Zgodnie z uzgodnieniem	3	6
			1 na 1/8 poniżej powierzchni, 1 na 1/4 grubości, 1 w środku	2 na 1/8 poniżej powierzchni, 2 na 1/4 grubości, 2 w środku
Próby komponentów	Mikrostruktura	Zgodnie z uzgodnieniem	2	4
			1 w kierunku Z i 1 w kierunku X/Y	2 w kierunku Z i 2 w kierunku X/Y
	Gęstość	Opcjonalnie – do uzgodnienia	3	3
	Kontrola wzrokowa	Tak	Tak	Tak
	Kontrola wad powierzchniowych	Tak	Tak	Tak
Próby komponentów	Kontrola wad wewnętrznych	Zgodnie z uzgodnieniem	Tak	Tak
	Testy twardości	Jeśli dotyczy	Jeśli dotyczy	Jeśli dotyczy
	Testy działania	Tak	Tak	Tak

Uwagi:

1. W przypadku procesów PBF-EB, kierunki i ilości do prób rozciągania i Charpy'ego mogą być specjalnie rozpatrzone i uzgodnione przez towarzystwo klasyfikacyjne.
2. X, Y, Z to kierunek wytwarzania, według uznanych międzynarodowych standardów branżowych.
3. Liczba odnosi się do liczby próbek testowych do pobrania w każdej lokalizacji, np. rozciąganie "1 w kierunku Z w jednym narożniku" odpowiada "1 próbie rozciągania w kierunku Z z jednego narożnika".

Tabela 20
Próby zatwierdzające dla procesu bezpośredniego osadzania energii

Pobieranie próbek	Rodzaje prób	Poziom 1	Poziom 2	Poziom 3 klasyfikacyjny
		<i>Certyfikowane i niekrytyczne</i>	<i>Certyfikowane i krytyczne</i>	
Próbka testowa	Kontrola wzrokowa	Tak	Tak	Tak
	Kontrola wad powierzchniowych	Tak	Tak	Tak
	Kontrola wad wewnętrznych	Zgodnie z uzgodnieniem	Zgodnie z uzgodnieniem	Zgodnie z uzgodnieniem
	Badanie chemiczne	Certyfikat materiału wsadowego	Próbka AM	Próbka AM
	Rozciąganie	1	3	6
		1 w kierunku Z	3 w kierunku Z	3 w kierunku Z, 3 w kierunku X lub Y
	Badanie udarowości, jeśli dotyczy	Zgodnie z uzgodnieniem	1 zestaw	3 zestawy
			1 zestaw w kierunku Z	1 zestaw w kierunku Z, 1 zestaw w kierunku X i 1 zestaw w kier. Y
	Twardość	Zgodnie z uzgodnieniem	3	6
			1 na 1/8 poniżej powierzchni, 1 na 1/4 grubości, 1 w środku	2 na 1/8 poniżej powierzchni, 2 na 1/4 grubości, 2 w środku
	Mikrostruktura	Zgodnie z uzgodnieniem	2	4
			1 w kierunku Z i 1 w kierunku X/Y	2 w kierunku Z i 2 w kierunku X/Y
Próby komponentów	Gęstość, dla procesu DED proszkowego	Zgodnie z uzgodnieniem	3	3
	Zginanie, dla procesu DED z użyciem drutu	Zgodnie z uzgodnieniem	4	4
			2 w kierunku Z i 2 w kierunku X/Y	2 w kierunku Z i 2 w kierunku X/Y
	Kontrola wzrokowa	Tak	Tak	Tak
	Kontrola wad powierzchniowych	Tak	Tak	Tak
	Kontrola wad wewnętrznych	Zgodnie z uzgodnieniem	Tak	Tak
	Próby twardości	Jeśli dotyczy	Jeśli dotyczy	Jeśli dotyczy
	Próby działania	Tak	Tak	Tak

Uwagi:

1. W przypadku zatwierdzania części za pomocą procesów DED, zamiast próbek testowych do testów zatwierdzających mają zastosowanie części referencyjne lub części niszczone w próbach.
2. Jeśli procedura DED jest kwalifikowana dla zintegrowanej platformy roboczej, część lub materiał AM nie powinny być usuwane z platformy roboczej w celu uzyskania postaci końcowej. Należy pobrać i poddać próbie co najmniej sześć próbek na rozciąganie dla każdego materiału zintegrowanej platformy roboczej. Trzy próbki na rozciąganie powinny reprezentować płaszczyznę połączenia i strefę wpływu ciepła (HAZ). Pozostałe trzy próbki powinny reprezentować materiały wsadowe AM na długości pomiarowej. Towarzystwo klasyfikacyjne może rozważyć i uzgodnić zastosowanie kwalifikacyjnych prób Charpy'ego. Należy określić charakterystykę płaszczyzny połączeniowej i strefy wpływu ciepła i udokumentować ją w odniesieniu do kwalifikacji tradycyjnej procedury spawania. Na etapie kwalifikacji należy uwzględnić dwie próby zginania w kierunku Z i dwie próby zginania w kierunku X lub Y dla procesów DED z łukiem drutowym, które powinny być uwzględnione dla zintegrowanego elementu konstrukcyjnego dla poziomu 2 i poziomu 3.

3. Liczba odnosi się do liczby odcinków testowych, które mają być pobrane w każdym miejscu, np. rozciąganie "1 w kierunku Z" odpowiada "1 próbie rozciągania w kierunku Z".

Tabela 21
Badania zatwierdzające dla natryskiwania spoiwa lub procesu równoważnego

Pobieranie próbek	Rodzaje testów	Poziom 1	Poziom 2	Poziom 3 klasyfikacyjny
		Certyfikowane i niekrytyczne	Certyfikowane i krytyczne	
Próbka testowa	Kontrola wzrokowa	Tak	Tak	Tak
	Kontrola wad powierzchniowych	Tak	Tak	Tak
	Kontrola wad wewnętrznych	Zgodnie z uzgodnieniem	Zgodnie z uzgodnieniem	Zgodnie z uzgodnieniem
	Badanie chemiczne	Certyfikat materiału wsadowego	Próbka AM	Próbka AM
	Rozciąganie	1	2	3
		1 w dowolnym kierunku	1 w kierunku Z i 1 w kierunku X/Y	Uzgodniony kierunek
		Zgodnie z uzgodnieniem	1 zestaw	2 zestawy
	Badanie udarno- ściowe, jeśli dotyczy		1 zestaw w kierunku Z, w dowolnym miejscu	1 zestaw w kierunku Z, 1 zestaw w kierunku X/Y, w dowolnym miejscu
	Twardość	Zgodnie z uzgodnieniem	3	3
	Mikrostruktura	Zgodnie z uzgodnieniem	1	1
	Gęstość	Zgodnie z uzgodnieniem	3	3
Testy komponentów	Kontrola wzrokowa	Tak	Tak	Tak
	Kontrola wad powierzchniowych	Tak	Tak	Tak
	Kontrola wad wewnętrznych	Zgodnie z uzgodnieniem	Tak	Tak
	Próby twardości	Jeśli dotyczy	Jeśli dotyczy	Jeśli dotyczy
	Próby działania	Tak	Tak	Tak

Uwagi:

1. Liczba odnosi się do liczby odcinków testowych, które mają być pobrane w każdym miejscu, np. rozciąganie "1 w dowolnym kierunku" odpowiada "1 próbce na rozciąganie w kierunku X, Y lub Z".

6.3 Informacje, które należy przedłożyć do ostatecznego zatwierdzenia i certyfikacji przez towarzystwo klasyfikacyjne

Następujące dokumenty w tabeli 22 powinny zostać przedłożone do zatwierdzenia części AM, do przeglądu i badania przez towarzystwo klasyfikacyjne:

Tabela 22
Informacje, które należy przedłożyć w celu uzyskania ostatecznego zatwierdzenia i certyfikacji części AM

Nr	Pozycja
1	Dokumentacja identyfikująca część jako część klasyfikowaną lub certyfikowaną
2	Poziom 1, 2 lub 3 krytyczności w procesie AM
3	Tam, gdzie ma to zastosowanie, model CAD lub rysunek końcowej części oraz pomocnicze obliczenia inżynierskie lub symulacje dla modelu.
4	Tam, gdzie ma to zastosowanie, cyfrowy model wytwarzania części i próbek testowych, w tym orientacja, konstrukcje wsporcze itp. w celach informacyjnych
5	Dowód zatwierdzenia producenta AM dla elementów klasyfikowanych lub dowód certyfikacji producenta AM przez odpowiedni organ kontrolny dla elementów certyfikowanych
6	Końcowa specyfikacja materiału, w tym gatunek materiału, skład, wymagania dotyczące właściwości oraz norma badań NDT i kryteria akceptacji
7	Dowód zatwierdzenia materiału wsadowego dla elementów klasyfikowanych lub dowód certyfikacji materiału wsadowego przez odpowiedni organ kontrolny dla produktów certyfikowanych
8	Specyfikacja procedury AM
9	Specyfikacja procedury po wytwarzaniu
10	Zapisy kwalifikacji dla zatwierdzenia części, w tym wyniki kontroli i prób z możliwością identyfikowalności zastosowanych parametrów
11	Procedury i wyniki prób funkcjonalności
12	Uzgodniony plan instalowania, obsługi i przeglądu
13	Plan kontroli i prób dla certyfikacji części podczas produkcji, patrz rozdz. 7.

6.4 Zakres zatwierdzenia

Patrz tabela 23, zakres zatwierdzenia powinien uwzględniać kombinację kwalifikowanego modelu i procedur/specyfikacji:

Tabela 23
Zakres zatwierdzenia dla części AM

Nr	Pozycja
1	Dokumentacja identyfikująca część jako część klasyfikowaną lub certyfikowaną
2	Poziom krytyczności AM (1, 2 lub 3)
3	Model CAD lub rysunek z numerem wersji
4	Specyfikacja materiałowa końcowego stanu dostawy
5	Model maszyny AM
6	Materiał wsadowy powiązany z dostawcą materiału AM
7	Specyfikacja procedury wytwarzania przyrostowego (AMPS), w tym przed, w trakcie oraz po wytwarzaniu
8	Zamierzone zastosowanie gotowej części (np. sprzęt/system, w którym część ma zostać zainstalowana)

Zatwierdzanie części poziomu 3 – takie części mogą być kwalifikowane i zatwierdzane przy wsparciu zapisu kwalifikacji konkretnej części.

Zatwierdzenie części poziomu 2 – rodzina części może zostać zakwalifikowana i zatwierdzona przy wsparciu analizy ryzyka dla rodziny części i/lub wyników modelu symulacyjnego, z których oba powinny być specjalnie rozważone i zatwierdzone przez towarzystwo klasyfikacyjne.

W przypadku zatwierdzania części poziomu 1, podobna część może zostać zakwalifikowana i zatwierdzona przy wsparciu analizy ryzyka dla rodziny cech konstrukcyjnych i/lub wyników modelu symulacyjnego, przy czym oba te elementy mogą być specjalnie rozważone i zatwierdzone przez towarzystwo klasyfikacyjne.

Uwagi:

1. W przypadku jakichkolwiek zastrzeżeń co do jakości dostarczonej części lub w przypadku jakichkolwiek zmian określonych w sekcji 7 powinna zostać przeprowadzona ponowna kwalifikacja.
2. W celu rozszerzenia zakresu zatwierdzenia można przeprowadzić i zarejestrować dodatkowe próby. Aby rozszerzyć zakres zatwierdzenia z poziomu 1 do poziomu 2, producent powinien wykonać dodatkowe próby określone dla poziomu 2.
3. Aby rozszerzyć zakres zatwierdzenia z poziomu 1 do poziomu 3 lub z poziomu 2 do poziomu 3, producent powinien wykonać dodatkowe próby określone dla poziomu 3.
4. Dodatkowe badania w celu rozszerzenia zakresu zatwierdzenia mogą również obejmować badania uzupełniające określone w podrozdz. 6.2.

7 PRODUKCJA

7.1 Postanowienia ogólne

Podczas produkcji, zatwierdzone, certyfikowane, klasyfikowane części powinny spełniać wymagania kwalifikowanej specyfikacji procedury wytwarzania przyrostowego (AMPS) dla materiału wsadowego, przed, w trakcie i po wytwarzaniu. Raporty z inspekcji i prób powinny być udokumentowane w ramach kontroli partii i włączone do dokumentacji produkcyjnej producenta części AM, aby zapewnić dowód, że podczas procesu wytwarzania zostały spełnione wymagania projektowe.

Uwagi:

1. Partia produkcyjna powinna być losowo wybrana i poddana próbom, tak aby reprezentować wszystkie części/komponenty z tym samym wsadem partii, tym samym sprzętem, tym samym operatorem, tymi samymi parametrami procesu i tym samym przetwarzaniem końcowym.

7.2 Specyfikacje kwalifikowanego procesu wytwarzania przyrostowego

Produkcja zatwierdzonych lub certyfikowanych części z kontrolą partii powinna przebiegać zgodnie z etapami podanymi w tabeli 24.

Tabela 24
Specyfikacje kwalifikowanego procesu wytwarzania przyrostowego dla produkcji

Etap nr	Pozycja	
1	Elementy/funkcje podlegające kwalifikacji:	Model CAD lub rysunek lub cyfrowy model wytwarzania z numerem wersji
2	Kwalifikacje:	Specyfikacja materiału wsadowego powiązana z dostawcą materiału AM na mocy umowy
3	Kwalifikacje:	Specyfikacja procedury wytwarzania przyrostowego (AMPS)
4	Kwalifikacje:	Procedura/specyfikacja obróbki cieplnej po zakończeniu budowy, jeśli dotyczy

Etap nr	Pozycja	
5	Elementy/funkcje do weryfikacji przez producenta i klienta zgodnie z ustaleniami:	Konservacja, kwalifikacja i kalibracja maszyny, wiedza operatora - praktyki i kwalifikacje, obowiązujące parametry istotne i nieistotne, kontrola pliku cyfrowego przed wytwarzaniem, płytki próbne, sprzęt i oprogramowanie urządzenia, wystarczająca ilość materiału wsadowego do cyklu wytwarzania, planowane lub nieplanowane przerwy itp.
6	Plan kontroli i prób (ITP) do uzgodnienia:	Zakres prób dla kontroli produkcji powinien być zawarty w planie kontroli i prób (ITP) uzgodnionym przez nabywcę i producenta. Jako minimum, w ITP powinien być zawarty zakres prób dla poziomu 1. Inne mające zastosowanie próby w podrozdz. 6.2 mogą zostać dodane w oparciu o wymagania projektowe i planowane środowisko eksploatacyjne. Zakres badań dla poziomu 2 i poziomu 3 powinien być odpowiednio dostosowany do wyższej częstotliwości badań, ilości lub zakresu powyżej zakresu badań określonego dla poziomu 1. Powyższe powinno zostać zdefiniowane w specyfikacji zakupu oraz specjalnie rozpatrzone i uzgodnione przez towarzystwo klasyfikacyjne

7.3 Kontrola i próby

Poprzez kontrolę i próby należy zweryfikować, czy wymagania projektu technicznego i wymagania funkcjonalne są spełniane dokładnie i konsekwentnie, przy użyciu reprezentatywnych części i/lub próbek testowych za pomocą metod nieniszczących (NDT) lub niszczących.

Kontrola i próby reprezentatywnych części i/lub próbek testowych powinny być przeprowadzane po wszystkich procesach prowadzonych po wytwarzaniu. Próby materiałowe powinny być przeprowadzane po obróbce cieplnej i mogą nie obejmować obróbki skrawaniem i wykończenia powierzchni. Badania nieniszczące (NDT) powinny być przeprowadzane z odpowiednią obróbką i wykończeniem powierzchni.

Próby powinny być zgodne z UR W2, obowiązującymi przepisami klasyfikacyjnymi, normami branżowymi lub specyfikacjami projektanta/producenta sprzętu oryginalnego w zakresie kontroli jakości podczas produkcji.

Częstotliwość testów produkcyjnych powinna być zgodna z uzgodnionym Planem kontroli i prób (ITP), o którym mowa w tabeli 24 Etap 6.

7.3.1 Skład chemiczny

Skład chemiczny powinien być analizowany zgodnie z międzynarodowo uznanymi normami branżowymi, takimi jak ASTM A751, a wyniki powinny być udokumentowane z uwzględnieniem wszystkich pierwiastków. Skład chemiczny powinien spełniać wymagania specyfikacji materiałowej końcowego stanu dostawy, patrz podrozdział 3.3.

7.3.2 Mikrostruktura

Próbki powinny być przygotowane zgodnie z międzynarodowo uznanymi normami branżowymi. Mikrostruktura po końcowej obróbce cieplnej powinna zostać zbadana za pomocą mikroskopii optycznej lub skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Poniższe informacje zawarte w tabeli 25 powinny być udokumentowane w celu kwalifikacji i wytwarzania, jeśli jest to wymagane.

Tabela 25
Dokumentacja dotycząca mikrostruktury materiału

Nr	Informacje
1	Oznaczenie próbki
2	Grubość części na płaszczyźnie przekroju
3	Kąt płaszczyzny przekroju względem platformy roboczej
4	Zdjęcia na ćwierć i na pół grubości z różnymi powiększeniami, takimi jak 5X, 100X, 500X lub zgodnie z procedurami placówki
5	Zgłoszony opis mikrostruktury z podaniem wielkości ziarna lub innymi obserwacjami
6	Charakterystyka wad lub usterek, z podaniem m.in. morfologii, typu, rozmiaru, lokalizacji, częstotliwości, jeśli dotyczy

7.3.3 Wytrzymałość na rozciąganie

Wytrzymałość na rozciąganie powinna być badana zgodnie z międzynarodowo uznanymi normami branżowymi, takimi jak UR W2, ASTM E8:2022. Próbki niewymiarowe są dopuszczalne dla procesu PBF lub odpowiednich procesów BJT przy minimalnej średnicy pomiarowej 6,25 mm (0,25 cala) zgodnie z ASTM E8:2022. Inne alternatywne rozmiary próbek mogą być specjalnie rozpatrzone i uzgodnione przez towarzystwo klasyfikacyjne.

Należy przeprowadzić co najmniej jedną próbę rozciągania, najlepiej w kierunku Z, a wyniki próby należy przedstawić zgodnie z normą ASTM F2971-13:2021 i udokumentować na potrzeby kwalifikacji i wytwarzania, z uwzględnieniem co najmniej pozycji z tabeli 26.

Tabela 26
Dokumentacja dla wytrzymałości na rozciąganie

Nr	Pozycja
1	Informacje o próbce na rozciąganie, takie jak oznaczenie, długość pomiarowa, średnica dla próbek okrągłych lub szerokość i grubość dla próbek płaskich oraz orientacja próbki
2	Należy podać temperaturę testu, jeśli nie jest to temperatura pokojowa
3	Wyniki prób, takie jak granica plastyczności, końcowa wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie, zmniejszenie powierzchni oraz rodzaj i lokalizacja uszkodzenia przy rozciąganiu

Uwagi:

1. W podwyższonych temperaturach wytrzymałość na rozciąganie inna niż w temperaturze pokojowej może być określona jako dodatkowe wymagania w specyfikacji materiałowej. Jeśli tak określono, badanie wytrzymałości na rozciąganie powinno być przeprowadzane zgodnie z międzynarodowo uznanymi normami branżowymi, takimi jak UR W2 lub ASTM E8:2022.
2. Jeśli wymaga tego projekt, wytrzymałość na rozciąganie może być poddana próbie w określonej temperaturze powyżej temperatury projektowej zamierzonego zastosowania części.
3. Jeśli jest to wymagane, kryteria akceptacji dla wytrzymałości na rozciąganie w podwyższonej temperaturze powinny być zdefiniowane w specyfikacji materiałowej dla końcowego stanu dostawy.

7.3.4 Wytrzymałość na uderzenie

Jeśli wymaga tego specyfikacja materiałowa, należy przeprowadzić co najmniej jeden zestaw prób uderności Charpy'ego V-Notch zgodnie z UR W2. Wyniki prób powinny być udokumentowane i zawierać następujące pozycje zawarte w tabeli 27.

Tabela 27
Dokumentacja wytrzymałości na uderzenie

Nr	Pozycja
1	Informacje o próbce Charpy'ego, takie jak oznaczenie, rozmiar próbki i orientacja karbu
2	Temperatura próby
3	Wyniki prób kwalifikacyjnych i produkcyjnych, dotyczących m.in. pochłanianej energii, procentu krystaliczności i rozszerzalności poprzecznej.
4	Temperatury przejścia od postaci ciągliwej do kruchej, jeśli jest to wymagane podczas kwalifikacji

7.3.5 Twardość

Do kontroli jakości można zastosować trzy próby twardości zgodnie z procedurą producenta. Może to być próba twardości Brinella, próba twardości Rockwella, próba twardości Vickersa lub inne odpowiednie metody prób twardości zgodnie z międzynarodowo uznanymi normami branżowymi. Twardość może być również wymogiem projektowym gotowego produktu.

7.3.6 Próba zginania

Jeśli jest wymagana, należy przeprowadzić dwie próby zginania. Rozmiar próbki do próby zginania i trzpień do zginania mogą odnosić się do prób zginania wymaganych do kwalifikacji procedury spawania lub innych międzynarodowo uznanych norm branżowych.

7.3.7 Właściwości specjalne

Inne właściwości specjalne, takie jak gęstość fuzji, właściwości zmęczeniowe, właściwości korozyjne, zużycie, erozje, odporność na pękanie, właściwości w wysokich lub niskich temperaturach itp., mogą wymagać prób podczas kwalifikacji w zależności od specyfikacji materiałowej i zamierzonego zastosowania.

Plan kontroli i prób oraz procedury prób powinny zostać przedłożone towarzystwu klasyfikacyjnemu do przeglądu. Wyniki prób powinny być udokumentowane dla celów kwalifikacji. Pobieranie próbek do oznaczenia właściwości specjalnych do kontroli produkcji, z uwzględnieniem częstotliwości i ilości, powinno być zgodne z zatwierdzonym lub uzgodnionym planem badań.

Konieczne może być przeprowadzenie prób spawalności w zależności od procesu instalacji i wytwarzania itp. Jeśli planowane jest spawanie, określone próby zostaną rozpatrzone i uzgodnione przez towarzystwo klasyfikacyjne.

7.3.8 Badania nieniszczące (NDT)

7.3.8.1 Postanowienia ogólne

Dostarczona część w końcowej postaci powinna zostać poddana badaniom nieniszczącym (NDT) przez personel NDT certyfikowany na odpowiednim poziomie wg. uznanego w kraju programu dla stosowanych technik, takich jak programy określone w UR W35. W procesach NDT prowadzonych w celu klasyfikacji i certyfikacji wymagane jest uczestnictwo inspektora. Należy wziąć pod uwagę czas badań nieniszczących (zwłokę czasową między zakończeniem produkcji a rozpoczęciem badań nieniszczących), patrz UR W33 i W34, który może zależeć od materiału poddanego badaniu.

Zakres badań nieniszczących powinien być zgodny z uzgodnionym planem badań nieniszczących.

W przypadku elementów klasyfikowanych badania nieniszczące powinny być przeprowadzane zgodnie z IACS UR W33 (konwencjonalne techniki badań nieniszczących) i W34 (zaawansowane techniki badań nieniszczących) i spełniać odpowiednie normy dotyczące wyrobów, np. Rec. 68, Rec. 69 lub inne normy akceptowane przez towarzystwo klasyfikacyjne. Wymagania dla wykonawców badań nieniszczących, z uwzględnieniem poziomów certyfikowanego operatora i inspektora nadzoru, powinny być zgodne z UR W35.

W przypadku elementów certyfikowanych, badania nieniszczące powinny być przeprowadzane zgodnie z uznanymi normami krajowymi/międzynarodowymi i spełniać specyfikację projektową.

7.3.8.2 Badania wizualne

Wymagane jest pełne (100%) badanie wizualne. Kryteria akceptacji powinny być zgodne z międzynarodowo uznanymi normami branżowymi i specyfikacją nabywcy oraz powinny obejmować wykończenie powierzchni, odchyłki i wymiary.

7.3.8.3 Badanie wad powierzchniowych

Badanie powierzchni powinno być zgodne z odpowiednimi technikami badań nieniszczących (NDT) przedstawionymi w UR W33 lub W34. Powykonawcza powierzchnia części może dawać fałszywe wskazania, więc tam, gdzie wymagane jest powierzchniowe NDT, powierzchnia powinna być dostosowana do zastosowanej metody NDT.

7.3.8.4 Badanie wad wewnętrznych

Konwencjonalna kontrola ultradźwiękowa lub radiograficzna powinna odnosić się do UR W33. Dalsze wytyczne dotyczące badań nieniszczących (NDT) podano w Zaleceniach 68 i 69, dla wyrobów odpowiadających równoważnym elementom kutym lub odlewanym. Zaawansowane badania nieniszczące powinny spełniać postanowienia UR W34. Tomografia komputerowa (CT) może być stosowana tam, gdzie jest to określone w specyfikacji projektu.

7.3.8.5 Monitorowanie procesów in-situ

Monitorowanie procesu in-situ może być realną metodą kwalifikacji/kontroli produkcji, która może częściowo lub całkowicie zastąpić kontrolę wad powierzchniowych lub wewnętrznych, w zależności od poziomu krytyczności i uzgodnionego Planu badań i prób.

Przed przyjęciem do produkcji technologia monitorowania procesu in-situ powinna zostać zweryfikowana i zatwierdzona za pomocą odpowiednich technik NDT, z zastosowaniem danych pomocniczych, w połączeniu z uzgodnionymi poziomami jakości kontroli, poziomami prób i kryteriami akceptacji. Towarzystwo klasyfikacyjne może kwalifikować i uzgadniać monitorowanie procesu in-situ w celu inspekcji.

Wytyczne dotyczące stosowania monitorowania procesów in-situ:

1. Podejście oparte na modelu monitorowania procesu in-situ powinno wykorzystywać dane z czujników in-situ do monitorowania procesu wytwarzania. Metody i algorytmy, takie jak modele uczenia maszynowego, mogą być wykorzystywane do kalibracji i mapowania obrazów warstwowych na wektory skanowania laserowego. Obrazy/ dane spektralne/dane są układane w stosy i eksportowane do standardowych formatów danych 3D, aby umożliwić łatwą kontrolę i porównanie z obrazem tomografii komputerowej (CT) lub ultradźwiękowej (UT)/rentgenowskiej RT wytworzonej powierzchni lub z obrazem wady wewnętrznej. Należy wdrożyć procedury w celu wyeliminowania rozbieżności między wskazaniami in-situ zidentyfikowanymi podczas monitorowania procesu a późniejszymi wynikami badań nieniszczących (NDT), w tym dodatkowego skanowania diagnostycznego lub innych środków weryfikacji.

2. Model monitorowania procesu in-situ można zweryfikować przy użyciu danych przechwyconych przez tomografię komputerową o wysokiej rozdzielczości jako zweryfikowanych danych (rzeczywista lokalizacja i rozmiar wady).
3. Wskazania NDT lub wady, np. porowatość gazowa, jamy gazowe, brak przetopu są klasyfikowane lub kategoryzowane na podstawie danych wyjściowych/wynikowych modelu uczenia maszynowego, jeśli ma to zastosowanie.
4. O ile nie uzgodniono inaczej, prawdopodobieństwo wykrycia w przypadku monitorowania procesu in-situ powinno spełniać wymagania 90%/95% niezawodności wykrywania wad, np. do analizy wybrano 100 warstw, a wykrycie wad w 90 warstwach może spełnić dolną granicę 95% przedziału ufności dla określonej wielkości wady zgodnie z kryteriami akceptacji odpowiednich rozdziałów UR W33, W34, ISO 5817:2023, ISO 10675-1:2021, ISO 10675-2:2021 lub norm równoważnych, które mogą zależeć od grubości przekroju części. Procedury wykrywania wad in-situ powinny być udokumentowane, a zdolność wykrywania powinna być poparta wynikami weryfikacji i walidacji procedury.
5. Gdy monitorowanie procesu in-situ jest stosowane podczas wstępnej kwalifikacji i produkcji, należy zweryfikować powtarzalność i wykrywanie danych oraz przeanalizować wyniki, przy czym co najmniej 10% wzajemnie zweryfikowanych danych należy zweryfikować za pomocą tradycyjnych lub zaawansowanych technik NDT (np. gdy 10 części wykorzystuje proces in-situ do wykrywania wad, co najmniej 1 część powinna zostać skontrolowana przy użyciu tradycyjnych lub zaawansowanych technik NDT). W celu zaakceptowania monitorowania procesu in-situ dla małych partii lub jednorazowych części krytycznych, towarzystwo klasyfikacyjne może wymagać wyższego udziału kontroli krzyżowej (cross-checking), współmiernego do krytyczności komponentu i uzgodnionego Planu ITP.

7.4 Certyfikat części

Certyfikat części powinien być wydany przez towarzystwo klasyfikacyjne dla elementu klasyfikowanego. Certyfikaty dla elementów certyfikowanych powinny być wydawane przez producenta i powinny być poparte dokumentami producenta zgodnie z 7.2 i 7.3, jeśli ma to zastosowanie. O ile nie uzgodniono inaczej, certyfikat powinien być dostarczony dla końcowej dostarczonej części przez producenta części, ze wskazaniem:

- i) klasy materiału;
- ii) składu chemicznego;
- iii) przywołania zapisu kwalifikacji procedury wytwarzania przyrostowego;
- iv) wyniku próby na rozciąganie;
- v) wyniku testu Charpy'ego, jeśli dotyczy;
- vi) twardości, jeśli dotyczy;
- vii) wyników prób nieniszczących (NDT);
- viii) wszelkich dodatkowych wyników prób specjalistycznych;
- ix) wyników prób działania, jeśli dotyczy;
- x) innych procesów pośrednich, takich jak obróbka cieplna, wykończenie powierzchni, warunki obróbki.

8 NIEZGODNOŚĆ

Jeśli części nie spełniają określonych wymagań, producent części powinien wygenerować, udokumentować i przechowywać raporty niezgodności. Części mogą zostać zaakceptowane lub odrzucone z przeróbkami lub bez nich w oparciu o uzasadnienie techniczne, które powinno zostać uzgodnione przez towarzystwo klasyfikacyjne i nabywcę.

Producent powinien prowadzić rejestr wszystkich niezgodności, o ile jest to uzasadnione, i powinien przeprowadzać badania przyczyn źródłowych, jeśli w jakiegokolwiek części procesu lub komponentach zostaną zidentyfikowane błędy systematyczne.

9 DOKUMENTACJA

Następujące pozycje w tabeli 28 powinny być udokumentowane przez producenta zgodnie z systemem/programem zarządzania jakością i dostarczone jako zapisy produkcji z pełną identyfikowalnością.

Tabela 28
Dokumentacja dla zapisów produkcyjnych

Nr	Pozycja
1	Specyfikacja procedury wytwarzania przyrostowego (AMPS) z kontrolą poprawek obejmująca specyfikację materiału wsadowego, specyfikację materiału końcowego oraz specyfikację procedury (przed, w trakcie i po wytwarzaniu)
2	Rysunek, model bryłowy, oprogramowanie lub cyfrowy plik kompilacji z kontrolą wersji
3	Numer zatwierdzenia typu (homologacji) lub raport z badania materiału wsadowego
4	Raport z kwalifikacji procedury AM
5	Certyfikat części
6	Wszelkie inne próby specyficzne dotyczące części/zastosowania, w tym wyniki prób i kryteria akceptacji
7	Wszelkie raporty o niezgodnościach

10 OZNACZANIE, PONOWNE PRÓBY I BADANIA

10.1 Oznaczanie

Producent powinien przyjąć system oznaczania części AM, np. kontrolę numeru partii produkcyjnej, który umożliwi identyfikowalność części z zastosowanym procesem AM i raportem z prób, a inspektor powinien mieć pełny dostęp do obiektu w celu śledzenia materiału w razie potrzeby.

10.2 Ponowne badanie materiału

Ponowne badanie materiału w przypadku części podlegających wymogom klasyfikacji powinno być zgodne z indywidualnymi przepisami klasyfikacyjnymi. W przypadku części certyfikowanych, ponowne badanie materiału może być specjalnie uzgodnione. Wyniki badania pierwotnego i ponownego powinny być zgłaszane dla części klasyfikowanych i certyfikowanych.

10.3 Przeglądy

Nadzór inspektora podczas prób funkcjonalnych, takich jak próby ciśnieniowe lub próby obciążeniowe, jest wymagany w przypadku klasyfikowanych i certyfikowanych części krytycznych na etapie kwalifikacji części prototypowej i może być wymagany w przypadku części klasyfikowanych podczas wytwarzania. Próby funkcjonalne mogą być przeprowadzane w warsztacie lub na statku, z zastrzeżeniem przeprowadzenia fabrycznych prób odbiorczych i/lub prób odbiorczych w miejscu, jak określono w zatwierdzonym Planie kontroli i prób lub umowie kontraktowej. Nadzór inspektora po zainstalowaniu powinien zostać uzgodniony zgodnie z obowiązującymi wymaganiami towarzystwa klasyfikacyjnego.

Nadzór inspektora nad badaniami materiałowymi wymagany jest w przypadku części klasyfikowanych i certyfikowanych na etapie kwalifikacji prototypu. Na etapie wytwarzania nadzór nad badaniami materiałowymi jest wymagany dla części klasyfikowanych, ale jest opcjonalny dla części certyfikowanych.

Uwagi:

1. Części AM mogą wymagać dodatkowego przeglądu podczas eksploatacji w porównaniu z częściami produkowanymi tradycyjnie. Może to być wymagane, ponieważ części AM nie są jeszcze wystarczająco długo stosowane w branży morskiej. Należy to określić na wczesnym etapie w ramach koncepcji projektowania i wytwarzania.

10.4 Naprawa części wytwarzanych przyrostowo

O ile nie uzgodniono inaczej, naprawa klasyfikowanej części AM jest zabroniona bez zgody nabywcy i towarzystwa klasyfikacyjnego.

Jeśli konieczna jest naprawa części AM na etapie wytwarzania, procedury i metoda naprawy powinny być odpowiednio ustalone i uzgodnione przez towarzystwo klasyfikacyjne przed naprawą.

**11 NAPRAWA CZĘŚCI WYTWORZONEJ PRZYROSTOWO USZKODZONEJ
PODCZAS EKSPLOATACJI**

Jeśli konieczna jest naprawa klasyfikowanej części AM w eksploatacji, procedury i metoda naprawy powinny być odpowiednio ustalone i uzgodnione przed naprawą przez producenta oryginalnej części AM lub zakład naprawczy AM i towarzystwo klasyfikacyjne, patrz załącznik 3.

W przypadku naprawy nieklasyfikowanych części AM uszkodzonych podczas eksploatacji, procedura i metoda naprawy powinny być zgodne z obowiązującymi specyfikacjami zgodnie z normami branżowymi, wymaganiami projektanta/producenta sprzętu oryginalnego (OEM), patrz załącznik 3.

ZAŁĄCZNIK 1

ZATWIERDZENIE MATERIAŁU WSADOWEGO DO WYTWARZANIA PRZYROSTOWEGO

1 Postanowienia ogólne

Załącznik 1 zawiera zalecenia dotyczące zatwierdzania materiałów wsadowych do wytwarzania przyrostowego przez towarzystwo klasyfikacyjne w celu zatwierdzenia dostawcy materiałów wsadowych. Zalecenia te mogą być również stosowane w przypadku materiałów wsadowych zakwalifikowanych przez producenta AM w celu zatwierdzenia producenta AM i stosowanych w ramach umowy handlowej między dwiema stronami, producentem AM i dostawcą materiałów wsadowych.

Jeśli tradycyjnie wytwarzane części są elementami klasyfikowanymi, materiały wsadowe powinny być zatwierdzone przez towarzystwo klasyfikacyjne. W przypadku elementów certyfikowanych zatwierdzenie materiałów wsadowych może zostać uzgodnione w specyfikacji zakupu.

Zatwierdzenie materiałów wsadowych wiąże się z przeglądem dokumentacji, audytem zakładu i nadzorowaniem prób zatwierdzających. O ile nie uzgodniono inaczej, zatwierdzenie klasyfikacyjne jest ważne pod warunkiem corocznej weryfikacji i/lub potwierdzenia przez inspektora. Podczas corocznej weryfikacji może być wymagany dodatkowy audyt.

2 Wniosek o zatwierdzenie

Klient powinien złożyć wniosek o zatwierdzenie wraz z informacjami i szczegółowym planem kontroli i prób (ITP) zgodnie z tabelą 29.

Tabela 29
Wniosek o zatwierdzenie materiału wsadowego do wytwarzania części AM

Nr	Pozycja
1	Opis skrócony organizacji, w tym system zarządzania jakością, opis obiektu, szczegóły organizacji i obowiązków w zakresie kontroli jakości
2	Opis procesu wytwarzania lub schematy blokowe wskazujące wszystkie etapy procesu
3	Wykaz udokumentowanych procedur producenta, specyfikacji, dokumentacji, raportów i certyfikatów wyrobów
4	Udokumentowane procedury oznaczania oraz identyfikowalności materiałów wsadowych przy użyciu kontroli serii i kontroli partii
5	Udokumentowane dane z poprzednich okresów dotyczące części wytworzonych przy użyciu materiału wsadowego, jeśli dostępne
6	Plan kontroli i prób (ITP)

3 Specyfikacja i kwalifikacja materiału wsadowego

3.1 Postanowienia ogólne

Dla każdego gatunku materiału, dla którego wnioskowane jest zatwierdzenie powinna być przygotowana specyfikacja materiału wsadowego do produkcji części AM. Przed przeprowadzeniem prób zatwierdzających specyfikacja materiału wsadowego oraz Plan kontroli i prób (ITP) powinny zostać przedłożone i zatwierdzone przez towarzystwo klasyfikacyjne/producenta AM.

3.2 Zatwierdzenie specyfikacji materiału wsadowego

Specyfikacja materiału wsadowego powinna zostać przedłożona towarzystwu klasyfikacyjnemu/producentowi AM do przeglądu i zatwierdzenia. Opis i specyfikacja materiału wsadowego powinny być przygotowane zgodnie z 4.2.1 dla specyfikacji materiału wsadowego w postaci proszku z uwzględnieniem poniższych uwag oraz zgodnie z 4.3.1 dla specyfikacji materiału wsadowego w postaci drutu.

Uwagi:

1. Normy ISO 3954:2007 lub ASTM B215:2020 mogą być stosowane do pobierania próbek proszków. Klasa materiału może być nazwą handlową, nazwą zwyczajową lub typowym oznaczeniem materiału.
2. Skład chemiczny należy zbadać i określić za pomocą odpowiedniej procedury testowej, takiej jak mokry proces chemiczny, spektrometria absorpcji atomowej, spektroskopia emisji płomieniowej, analiza fluorescencji rentgenowskiej lub inne uznane metody. W celu określenia zawartości pierwiastków międzywęzłowych, takich jak węgiel, azot, wodór, siarka i tlen, można odwołać się do norm branżowych.
3. Wielkość i rozkład proszku należy badać zgodnie z normą ASTM E2651:2019 lub innymi równoważnymi normami, takimi jak norma ASTM B214:2022 dotycząca przesiewania dla proszku DED, norma ASTM B822:2020 dotycząca statycznej lub dynamicznej analizy obrazu, rozpraszania światła, dyfrakcji laserowej lub innych uznanych metod. Rozkład wielkości cząstek (PSD) dla proszku można opisać za pomocą parametrów D10, D50 i D90. D10 to pierwszy decyl (np. 1/10 populacji statystycznej jest poniżej tej wartości). D50 to wartość mediany (np. 50% populacji statystycznej jest poniżej tej wartości). D90 to ostatni decyl (np. 90% populacji statystycznej znajduje się poniżej tej wartości). Producent proszku może również określić inne parametry rozkładu wielkości cząstek proszku. W przypadku procesu DED z użyciem proszku, maksymalny rozmiar proszku może być określony w zależności od systemu podawania proszku.
4. Na morfologię może mieć wpływ proces produkcji proszku. Preferowaną metodą kontroli jest skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM), obrazowanie elektronów wtórnych lub inne uznane metody.
5. Na płynność może wpływać wiele czynników, takich jak rozmiar i rozkład proszku, spoistość pod wpływem wilgoci, tarcie międzycząsteczkowe, kulistość proszku itp. Normy branżowe, takie jak ASTM B213:2020, mogą być wykorzystywane do testowania zdolności przepływu przez przewody rurowe, dysze, lejki itp.

3.3 Testy zatwierdzające

O ile nie uzgodniono inaczej, należy przeprowadzić następujące próby zatwierdzające, a wyniki prób powinny być raportowane przy użyciu próbek testowych wytworzonych w procesie AM zgodnie z podrozdziałem 7.3 dotyczącym kontroli i prób. Wyniki powinny zostać włączone do dokumentacji kwalifikacyjnej. Zgodnie z tabelą 30 próbki testowe powinny być reprezentatywne dla działania materiału wsadowego.

Tabela 30
Próby zatwierdzające i wyniki prób dla materiału wsadowego do wytwarzania przyrostowego

Nr	Składniki prób
1	Kontrola wzrokowa: Oznaczenie próbki i wyniki
2	Kontrola wymiarów: Oznaczenie próbki i wyniki
3	Kontrola wad powierzchniowych: Oznaczenie próbki i wyniki
4	Jeśli określono, kontrola wad wewnętrznych: Oznaczenie próbki i wyniki
5	3 próby rozciągania: Oznaczenie próbki, orientacja próbki, rozmiar próbki i wyniki prób, w tym granica plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie, rodzaj i lokalizacja uszkodzenia
6	W razie potrzeby 1 zestaw do prób uderzeniowych Charpy'ego mających zastosowanie do materiałów z przejściem od postaci ciągliwej do kruchej: Oznaczenie próbki, orientacja próbki, rozmiar próbki i wyniki próby
7	Jeśli dotyczy, próby zginania: 2 próby zginania w kierunku Z i 2 próby zginania w kierunku X lub Y dla procesów DED z zastosowaniem łuku drutowego oraz wyniki prób
8	Test twardości dla przekroju płaszczyzny łączenia i strefy wpływu ciepła (HAZ) w podłożu dla zintegrowanego wytwarzania: Oznaczenie próbki, wartości twardości lub profil twardości od materiału AM do HAZ
9	Badanie mikrostruktury: Oznaczenie próbki, grubość części na płaszczyźnie przekroju, kąt płaszczyzny przekroju względem platformy roboczej, powiększenie i wyniki
10	Analiza chemiczna: Oznaczenie próbki i wyniki
11	Próba gęstości: Oznaczenie próbki i wyniki
12	Inne próby: inne próby mogą zostać przeprowadzone, jeśli producent uzna je za przydatne do kwalifikacji materiału wsadowego lub jeśli są one określone przez nabywcę proszku

4 Przegląd

4.1 Przegląd zasadniczy

Producent powinien zostać poddany inspekcji przez nadzorującego inspektora. Przegląd zasadniczy zakładów produkcji materiału wsadowego powinien obejmować nadzorowanie procesu wytwarzania materiału wsadowego, przegląd kontroli produkcji pod kątem powtarzalności jakości materiału wsadowego do wytwarzania części AM, ocenę systemu zarządzania jakością, kontrolę dokumentów dotyczących procedury produkcji i specyfikacji oraz kontrolę jakości w zakresie pobierania próbek, wykonywania prób, raportowania itp.

4.2 Nadzorowanie prób zatwierdzających

Próby zatwierdzające powinny być nadzorowane przez inspektora nadzoru.

4.3 Przegląd roczny

Przegląd roczny powinien być przeprowadzany przez nadzorującego inspektora. Przegląd roczny powinien obejmować plan mający na celu wykazanie, że podstawowe parametry są przestrzegane podczas produkcji. Podczas przeglądu rocznego można zażądać przeprowadzenia pełnych lub częściowych prób zatwierdzających w oparciu o wyniki rocznej dokumentacji produkcyjnej.

5 Informacje przedkładane do zatwierdzenia przez towarzystwo klasyfikacyjne

W przypadku części klasyfikowanych, następujące pozycje zawarte w tabeli 31 powinny zostać przedłożone towarzystwu klasyfikacyjnemu:

Tabela 31
Informacje, które należy przedłożyć w celu zatwierdzenia materiału wsadowego

Nr	Pozycja
1	Zapisy dotyczące kwalifikacji operatora
2	Specyfikacja i dokumentacja dotycząca materiałów wsadowych
3	Zalecane parametry wytwarzania przyrostowego dla materiału wsadowego
4	Rodzaje prób zatwierdzających, normy dotyczące prób i wyniki prób zgodnie z załącznikiem 1/3.3
5	Wyniki nadzoru prób kwalifikacyjnych
6	Zapisy dotyczące kwalifikacji z poświadczeniem potwierdzającym ważność danych oraz poświadczającym próby kwalifikacyjne i ich wyniki
7	Uzgodniony plan kontroli jakości podczas produkcji materiału wsadowego

6 ZAKRES ZATWIERDZENIA

Po pomyślnym zakończeniu przeglądu specyfikacji materiału wsadowego i przeglądu, towarzystwo klasyfikacyjne udzieli zatwierdzenia. W świadectwie wydanym przez towarzystwo klasyfikacyjne należy podać następujące informacje:

- i) dostawcę materiału wsadowego;
- ii) specyfikację kwalifikowanego materiału wsadowego zgodnie z 4.2.1 dla materiału wsadowego w postaci proszku i 4.3.1 dla materiału wsadowego w postaci drutu.

ZAŁĄCZNIK 2**ZATWIERDZENIE PRODUCENTA – MATERIAŁY METALOWE
WYTWARZANE METODAMI PRZYROSTOWYMI****1 Postanowienia ogólne**

W przypadku elementów klasyfikowanych, producent powinien być zatwierdzony zgodnie z niniejszym załącznikiem 2. W przypadku elementów certyfikowanych zatwierdzenie producenta powinno być uzgodnione w specyfikacji zakupu.

Producenci powinni spełniać odpowiednie wymagania w ramach własnego systemu zarządzania jakością. Urządzenia, procedury i personel powinny być kwalifikowane i dokumentowane. Producent powinien przestrzegać procedury w czasie wytwarzania.

Producent powinien przygotować specyfikacje/procedury produkcyjne, kwalifikowane przez zatwierdzone próby z użyciem bloków lub próbek testowych. Zatwierdzenie specyfikacji/procedur wytwarzania powinno potwierdzać stałe osiągnięcie końcowych właściwości materiałów AM.

Producenci powinni być oceniani w odniesieniu zarówno do systemu zarządzania jakością, jak i możliwości wytwarzania części AM. Ponadto, poddostawcy lub firmy, które otrzymują zlecenia dotyczące wszelkich usług lub produkcji powinny być poddawane przeglądowi z zastosowaniem specyfikacji/procedury. Poddostawcami lub zleceniobiorcami mogą być dostawcy materiału wsadowego, warsztat obróbki cieplnej po zakończeniu wytwarzania, warsztat maszynowy, laboratorium testowe, obiekty, w których wykonuje się badania NDT lub firmy serwisowe.

Zatwierdzenie klasy obejmuje przegląd dokumentacji, audyt zakładu/producenta oraz nadzór nad próbami zatwierdzającymi. O ile nie uzgodniono inaczej, zatwierdzenie jest ważne przez maksymalnie 5 lat, z zastrzeżeniem corocznej weryfikacji i/lub potwierdzenia przez inspektora nadzoru. Należy wystąpić o odnowienie zatwierdzenia, które powinno być wydane z datą wejścia w życie przypadającą na 5-letnią rocznicę poprzedniego zatwierdzenia. Dodatkowy audyt może być wymagany, jeśli istnieją jakiekolwiek obawy dotyczące jakości.

2 Wniosek o zatwierdzenie

Wniosek o zatwierdzenie wystawia producent części AM i przedkłada go wraz z informacjami wymienionymi w tabeli 32 oraz szczegółowym Planem kontroli i prób (ITP).

Tabela 32
Wniosek o zatwierdzenie producenta AM

Nr	Wymagane dokumenty
1	Opis skrócony producenta, z uwzględnieniem jego systemu zarządzania jakością (patrz podrozdział 2.1.1), opisu zakładu (patrz podrozdział 2.1.2) oraz szczegółów dotyczących organizacji i kontroli jakości producenta (patrz podrozdział 2.1.3).
2	Zdolność do wytwarzania przyrostowego (patrz podrozdział 2.2)
3	Dokumentacja dotycząca sprzętu produkcyjnego (patrz podrozdział 2.3)
4	Dokumentacja dla operatorów (patrz podrozdział 2.4)
5	Lista udokumentowanych specyfikacji procedur wytwarzania, dokumentacja pomocnicza i raporty z prób oraz certyfikaty produktu/części/materiału do wytwarzania przyrostowego
6	Plan kontroli i prób w celu kwalifikacji i wytwarzania
7	Udokumentowane procedury oznaczania oraz identyfikowalności przychodzących materiałów wsadowych z wykorzystaniem kontroli partii
8	Udokumentowane dane historyczne dotyczące wcześniej wytworzonych końcowych części lub materiałów

2.1 Opis producenta

2.1.1 System zarządzania jakością (QMS)

Przegląd i badanie producenta AM przez towarzystwo klasyfikacyjne powinno obejmować opis obiektu, organizację, jakość i zdolność części AM oraz powinno obejmować wszelkie wcześniejsze dane dotyczące zatwierdzenia producenta, zgodnie z wymogami towarzystwa klasyfikacyjnego. Formalny SZJ zgodny z uznaną międzynarodową normą nie jest obowiązkowy, jednak producent AM musi posiadać SZJ, który jest udokumentowany, kontrolowany, audytowalny i osadzony w strukturach organizacyjnych.

2.1.2 Opis obiektu

Ogólne informacje o obiekcie powinny zawierać następujące pozycje z tabeli 33.

Tabela 33
Opis zakładu wytwarzania przyrostowego

Nr	Informacje ogólne dotyczące obiektu
1	Nazwa i adres zakładu AM
2	Ogólne istotne informacje i kontekst
3	Szacowana roczna produkcja gotowych części AM oraz krótki opis planowanych zastosowań

2.1.3 Organizacja i jakość

Organizacja wysokiego szczebla powinna zapewnić następujące elementy zawarte w tabeli 34.

Tabela 34
Organizacja i jakość

Nr	Pozycja
1	Schemat organizacyjny
2	Organizacja działu kontroli jakości i zatrudnionego personelu
3	Kwalifikacje operatorów zaangażowanych w działania związane z jakością części/materiału
4	Certyfikacja zgodności systemu jakości z międzynarodowo uznanymi standardami branżowymi, tam gdzie ma to zastosowanie
5	System zarządzania specyfikacjami technicznymi, procedurami z kontrolą poprawek oraz dokumentacją dotyczącą etykietowania części/próbek i identyfikowalności

Uwagi:

1. Jeśli uznana certyfikacja nie jest dostępna, należy wykazać odpowiednie środki kontroli poprzez przegląd SZJ producenta.

2.2 Zdolność wytwarzania przyrostowego

W zakresie zdolności wytwarzania przyrostowego powinny być zapewnione następujące elementy z tabeli 35.

Tabela 35
Zdolność wytwarzania przyrostowego

Nr	Pozycja
1	Świadectwa/dokumenty zatwierdzenia już przyznane przez towarzystwo klasyfikacyjne, jeśli takie istnieją
2	Lista urządzeń i materiałów/części do zatwierdzenia
3	Schemat przepływu produkcji dla procesu AM
4	Procedura obsługi i przechowywania materiałów wsadowych
5	Procedura obsługi i przechowywania końcowej dostarczonej części/materiału
6	Szczegóły dotyczące różnych wykorzystywanych urządzeń lub obiektów wynajętych, z uwzględnieniem działań przed, w trakcie i po wytwarzaniu części AM (np. piec, stan i metoda rejestracji obróbki cieplnej)
7	Urządzenia do badań nieniszczących (NDT) i niszczących lub firmy serwisowe, które mogą być wynajmowane
8	Informacje o różnych typach i rodzajach materiałów, które zakład zamierza wytwarzać, z podaniem częstotliwości wytwarzania i wszelkimi wcześniejszymi przykładami.
9	Informacje o różnych rodzajach procesów AM, które zakład zamierza stosować w celu wytwarzania części, z podaniem częstotliwości wytwarzania i wszelkimi wcześniejszymi przykładami
10	Dotychczasowe przykłady różnych typów próbek testowych/produkowanych części w obiekcie
11	Informacje o maksymalnej wadze, wymiarach i grubości przekroju elementów, które obiekt jest w stanie obsłużyć.

Uwagi:

1. Producenci powinni przyjąć odpowiedzialność za jakość materiału wsadowego, jego przechowywanie, obsługę i ponowne wykorzystanie, jeśli ma to zastosowanie.

2.3 Dokumentacja urządzeń produkcyjnych

Producent powinien ustanowić i udokumentować dowody w celu wykazania następujących elementów z tabeli 36 (w odniesieniu do międzynarodowo uznanych norm branżowych, w zależności od procesu AM).

Tabela 36
Dokumentacja urządzeń produkcyjnych

Nr	Pozycja
1	Dokumentacja potwierdzająca, że urządzenia do wykonywania procesów i systemy pomocnicze mogą działać w ramach ustalonych/określonych limitów i tolerancji.
2	Udokumentowanie tego, że próbki testowe w całej obwiedni wytwarzania mogą osiągnąć wymagane właściwości w próbach zatwierdzających w zakresie standardowej procedury kwalifikacyjnej.

Pisemne procedury jakości i zapisy dotyczące kwalifikacji urządzeń powinny być udokumentowane w zakresie kalibracji, konserwacji, monitorowania i kontroli sprzętu przez producenta w jego systemie zarządzania jakością i przedłożone towarzystwu klasyfikacyjnemu, jeśli uzna to za konieczne. Dokumentacja urządzenia powinna zawierać następujące informacje podane w tabeli 37.

Tabela 37
Dokumentacja dotycząca kwalifikacji maszyn AM

Nr	Pozycje dokumentacji
1	Producent maszyny
2	Model maszyny
3	Numer seryjny
4	Wszelkie dodatkowe komponenty wpływające na parametry wytwarzania
5	Wersja oprogramowania

Uwagi:

1. Wszelkie zmiany powyższych elementów powinny być udokumentowane jako zmiana urządzenia. Każda zmiana powinna być powiązana z numerem modelu urządzenia. Numer seryjny dla tego samego numeru modelu urządzenia nie jest uważany za zmianę urządzenia. Jeśli używanych jest wiele urządzeń o różnych numerach seryjnych, należy je oddzielnie udokumentować.

2.4 Dokumentacja dla operatorów

Operatorzy powinni posiadać kompetencje wyrażające się udokumentowanym doświadczeniem praktycznym i sprawdzianami wiedzy (takimi jak egzaminy pisemne, szkolenia wewnętrzne, szkolenia zewnętrzne, certyfikacja przez stronę trzecią lub połączenie tych czynników).

Operator powinien posiadać odpowiednie kompetencje w zakresie rozumienia kwalifikowanej specyfikacji procedury wytwarzania przyrostowego (AMPS) i praktyk operacyjnych zgodnie z zatwierdzonymi procedurami kwalifikacji części lub materiału.

W zakresie umiejętności praktycznych, operator powinien zademonstrować wykonywanie niezbędnych etapów procesu na urządzeniu oraz wykazać niezbędne zdolności w zakresie przestrzegania wstępnej/kwalifikowanej specyfikacji procedury wytwarzania przyrostowego (AMPS).

W zakresie procedury, kwalifikacji lub wytwarzania części i materiału operator powinien być oceniany na podstawie praktycznych testów kwalifikacyjnych/zatwierdzających, zgodnie z wymogami procedury zatwierdzania materiału i/lub prób zatwierdzania części oraz zgodnie z procedurami operacyjnymi producenta.

Zakres dokumentacji dotyczącej operatora powinien uwzględniać zagadnienia związane z procesem, materiałem wsadowym i urządzeniem, patrz tabela 38.

Tabela 38
Dokumentacja dotycząca kwalifikacji operatorów maszyn AM

Pozycja	Szczegóły
Proces AM części metalowych	Proces po zmianie powinien być poddany ponownej kwalifikacji
Grupa materiałów wsadowych	Grupa materiałowa po zmianie powinna być poddana ponownej kwalifikacji
Urządzenie	Urządzenie po zmianie powinno być poddane ponownej kwalifikacji

Pisemne procedury jakości i zapisy dotyczące wydajności/kwalifikacji operatora powinny być udokumentowane i zarządzane przez producenta w ramach jego systemu zarządzania jakością i dostępne na żądanie towarzystwa klasyfikacyjnego.

3 Próby zatwierdzające dotyczące producenta AM

Należy kwalifikować procedurę do wytwarzania końcowego materiału/końcowej części AM. Ogólne wymagania zawarte w podrozdziale 5.5 mają zastosowanie do kwalifikacji urządzenia/producenta/materiałów AM. Dodatkowe wymagania dotyczące kwalifikacji procedury w celu zatwierdzenia producentów AM są zawarte w niniejszym załączniku wraz z właściwościami materiałów końcowych AM, zgodnie z podrozdziałem 3.3 dotyczącym specyfikacji materiału końcowego.

Specyfikacja procedury wytwarzania przyrostowego (AMPS) i zapisy dotyczące kwalifikacji powinny zostać ustanowione poprzez kontrolę specyfikacji i dokumentacji w celu wykazania, że wymagania materiałowe spełniają wymagania techniczne/projektowe zgodnie z przepisami klasyfikacyjnymi, normami branżowymi lub specyfikacją projektanta/producenta oryginalnego sprzętu.

Do wszystkich prób kwalifikacyjnych należy przygotować wystarczającą liczbę próbek testowych dla końcowego stanu dostawy. Należy wykazać powtarzalność, która powinna być zatwierdzona przez towarzystwo klasyfikacyjne, patrz tabela 39.

Tabela 39
Badania zatwierdzające dotyczące producenta AM

Nr	Próbki testowe
1	Próbki testowe z częścią przeznaczoną do uszkodzenia/rzeczywistą lub bez niej powinny być wykonane przy użyciu standardowych kwalifikowanych elementów i powinny posiadać wymagane właściwości materiałowe potwierdzone próbami zatwierdzającymi.
2	W przypadku procesów PBF lub stosowanych procesów BJT próbki testowe do prób zatwierdzających powinny być równomiernie rozłożone na całej platformie roboczej i reprezentować przypadek próbki o najgorszych właściwościach podczas produkcji.
3	W przypadku procesów DED próbki testowe powinny posiadać zamierzoną grubość przekroju, taką jak cienkie i grube bloki testowe.
4	Próbki testowe powinny reprezentować badaną część AM i przyjmowane zastosowania lub najtrudniejszy przypadek, taki jak krawędź platformy roboczej z szybkim chłodzeniem.
5	Należy ustalić związki między zmiennymi danymi wejściowymi a wynikami na wyjściu dla określonej kombinacji parametrów na podstawie dokumentacji kwalifikacyjnej do zatwierdzenia producenta.
6	Ilości prób mogą być rozpatrzone i uzgodnione w sposób specjalny przez towarzystwo klasyfikacyjne, jeśli zakład/producent AM może dostarczyć wcześniejsze wyniki testów dla technicznie tego samego układu urządzenia, materiału wsadowego, procedury i materiału końcowego w końcowym stanie dostawy.

Jeśli zatwierdzenie części i zatwierdzenie obiektu są przeprowadzane jednocześnie, kwalifikacja procedury dla zatwierdzenia części i zatwierdzenia obiektu powinna wykorzystywać jedną partię produkcyjną. Metody prób, ilości i kryteria akceptacji dla prób zatwierdzających powinny spełniać wymagania bardziej rygorystycznej procedury.

Próby zatwierdzające, metody prób i kryteria akceptacji powinny być powiązane ze specyfikacją materiałową końcowego stanu dostawy i uzgodnione przed przygotowaniem próbek testowych. Próbki testowe powinny charakteryzować całą powłokę konstrukcyjną. Alternatywne próby mogą być rozpatrzone specjalnie i uzgodnione przez towarzystwo klasyfikacyjne.

O ile nie uzgodniono inaczej, należy przeprowadzić następujące próby zatwierdzające, a wyniki prób powinny być raportowane przy zastosowaniu próbek testowych wykonanych w procesie AM zgodnie z 7.3 dla kontroli i prób oraz włączone do dokumentacji kwalifikacyjnej, patrz tabela 40.

Tabela 40
Dokumentacja badań zatwierdzających i wyniki badań

Rodzaje prób	Zarejestrowane elementy w wynikach prób
Kontrola wzrokowa:	Oznaczenie próbki i wyniki
Kontrola wymiarów:	Oznaczenie próbki i wyniki
Kontrola wad powierzchniowych:	Oznaczenie próbki i wyniki
Kontrola wad wewnętrznych:	Oznaczenie próbki i wyniki
Próby rozciągania:	3 w kierunku Z (patrz ASME PTB-13:2021) i 3 w kierunku X/Y, włącznie z oznaczeniem próbki, orientacja próbki, rozmiar próbki i wyniki próby, w tym granica plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie, typ i lokalizacja uszkodzenia
Próby Charpy'ego dla materiałów z przejściem od stanu ciągliwego do kruchego (jeśli dotyczy):	3 zestawy prób udarności Charpy'ego, włącznie z oznaczeniem próbki, orientacja próbki, rozmiar próbki i wyniki próby
Próby zginania dla procesów DED z łukiem drutowym (jeśli dotyczy):	2 w kierunku Z i 2 w kierunku X/Y
Badanie mikrostruktury:	Oznaczenie próbki, grubość części na płaszczyźnie przekroju, kąt płaszczyzny przekroju względem platformy roboczej, powiększenie i wyniki
Analiza chemiczna:	Oznaczenie próbki i wyniki
3 próby gęstości stapiania dla materiału wsadowego w postaci proszku:	Oznaczenie próbki i wyniki
Pomiar naprężenia szczątkowego (jeśli dotyczy i jest wymagany):	Oznaczenie próbki i wyniki
Inne próby:	Inne próby, takie jak próba zmęczeniowa, próba korozyjna lub próba spawalności, mogą zostać przeprowadzone w zależności od gatunku materiału lub zamierzonego zastosowania

Uwagi:

1. Dodatkowe próby Charpy'ego mogą być wymagane w specyfikacji zakupu przy innej temperaturze testowej, np. 20°C poniżej określonej temperatury, w określonej temperaturze lub 20°C powyżej określonej temperatury.
2. Kierunek próby dla prób rozciągania, Charpy'ego i zginania może odnosić się do załącznika C do AWS D20.1

4 Przegląd**4.1 Przegląd zasadniczy**

Producent powinien zostać poddany audytowi przez nadzorującego inspektora. Przegląd zasadniczy urządzeń do wytwarzania przyrostowego powinien obejmować:

- nadzór nad procesem AM;
- badanie kontroli produkcji pod kątem powtarzalności;
- ocenę systemu zarządzania jakością;
- kontrolę dokumentów dotyczących procedur wytwarzania, specyfikacji i kontroli jakości w zakresie pobierania próbek, wykonywania prób i raportowania;
- kontrolę przychodzących materiałów wsadowych;
- kontrolę wytworzonych części lub materiałów AM itp.

4.2 Nadzór nad próbami zatwierdzającymi

Próby zatwierdzające powinny być wykonywane w obecności nadzorującego inspektora.

4.3 Przegląd roczny

Przegląd roczny powinien być przeprowadzany przez inspektora nadzorującego. Przegląd ten powinien obejmować plan wykazujący, że przestrzegane są podstawowe parametry. Podczas przeglądu rocznego można zażądać przeprowadzenia pełnych lub częściowych prób zatwierdzających w oparciu o wyniki rocznej dokumentacji produkcyjnej.

5 Informacje przedkładane do zatwierdzenia towarzystwa klasyfikacyjnego

Następujące dokumenty wymienione w tabeli 41 powinny zostać przedłożone do zatwierdzenia obiektu wykonującego procesy AM, do przeglądu i badania przez towarzystwo klasyfikacyjne:

Tabela 41
Informacje do zatwierdzenia producenta AM

Nr	Pozycje dokumentacji
1	System zarządzania jakością
2	Zdolność wytwarzania przyrostowego
3	Zapis kwalifikacji urządzenia i operatora, na żądanie towarzystwa klasyfikacyjnego
4	Model objętościowy lub plan prób dla standardowej kompilacji kwalifikacyjnej
5	Specyfikacja zamówienia materiału wsadowego i arkusz danych z wynikami prób
6	AMPS, włącznie z okresem przed, w trakcie i po wytwarzaniu
7	Zapisy dotyczące kwalifikacji specyfikacji procedury w powiązaniu z gatunkiem materiału
8	Normy badań niszczących i nieniszczących (NDT) oraz raport z badań
9	Specyfikacja materiału dla końcowego stanu dostawy

6 Zakres zatwierdzenia

Zakres zatwierdzenia dla zakładu AM/producenta AM powinien być połączeniem następujących kwalifikowanych specyfikacji, z uwzględnieniem wszelkich zmian:

- i) urządzenie
- ii) materiał wsadowy zatwierdzony lub zakwalifikowany zgodnie z załącznikiem 1
- iii) AMPS, w tym przed, w trakcie i po wytwarzaniu
- iv) specyfikacja materiałowa końcowego stanu dostawy
- v) w celu rozszerzenia zakresu zatwierdzenia można przeprowadzić i wykonać zapis prób uzupełniających. Jeśli istnieją jakiegokolwiek obawy dotyczące jakości dostarczonej części lub materiału AM, należy przeprowadzić ponowną kwalifikację.

Uwagi:

1. W przypadku Poziomu krytyczności 1, 2 i 3 wszystkie wyniki prób powinny spełniać minimalne wymagania projektowe.
2. O ile nie uzgodniono inaczej, materiały wsadowe w postaci proszku i drutu powinny posiadać zatwierdzenie typu zgodnie z załącznikiem 1. Producent może zaopatrywać się w zatwierdzone materiały wsadowe u różnych zatwierdzonych dostawców/marek. Zatwierdzony typ i gatunek materiału wsadowego powinien być udokumentowany dla każdego konkretnego dostawcy.
3. O ile nie uzgodniono inaczej, badania zatwierdzające wymienione w załączniku 2 powinny zostać przeprowadzone w celu uzyskania Zatwierdzenia Producenta.
4. W przypadku Poziomu krytyczności 2 i 3 każdy gatunek materiału powinien być kwalifikowany i zatwierdzony. W przypadku Poziomu 1 rodzina materiałów może być kwalifikowana i zatwierdzona przy wsparciu analizy ryzyka i/lub symulacji fizycznej, które mogą być specjalnie rozpatrzone i uzgodnione przez towarzystwo klasyfikacyjne. Grupa materiałów może być podzielona na kategorie:
 - A: Stale niestopowe, niskostopowe i wysokostopowe stale ferrytyczne
 - B: Stale austenityczne, martenzytyczne i utwardzane wydzieleniowo
 - C: Tytan i stopy tytanu, niob, cyrkon i inne materiały reaktywne

- D: Stopy aluminium
 - E: Stopy magnezu
 - F: Stopy niklu, stopy kobaltu
 - G: Inne niż powyższe, takie jak stopy miedzi, ceramika
5. Warunki obróbki cieplnej po wytwarzaniu powinny być rejestrowane podczas kwalifikacji i te same warunki obróbki cieplnej powinny być przestrzegane podczas produkcji. Typowe warunki obróbki cieplnej dla końcowych części/materiałów AM obejmują:
- A: Po wytworzeniu (As built)
 - SR: Odprężanie (Stress Relief)
 - SA: Wyżarzanie w roztworze (Solution Annealed)
 - HIP: Tłoczone izostatycznie na gorąco (Hot Isostatic Pressed)
 - Inne: Inne warunki dostawy (Other Delivery Conditions)

ZAŁĄCZNIK 3**ZATWIERDZENIE ZAKŁADU NAPRAWCZEGO WYTWARZANIA PRZYROSTOWEGO****1 Postanowienia ogólne**

Załącznik 3 ma na celu zastosowanie procesu wytwarzania przyrostowego do naprawy uszkodzonych części z przywróceniem do zatwierdzonego projektu.

Jeśli części są elementami klasyfikowanymi, zakład naprawczy lub proces naprawy powinny być zatwierdzone przez towarzystwo klasyfikacyjne. Jeśli części nie są elementami klasyfikowanymi, proces naprawy powinien zostać zakwalifikowany przez zakład naprawczy, a zakład naprawczy może zostać uznany przez nabywcę lub zatwierdzony przez towarzystwo klasyfikacyjne.

Zatwierdzenie zakładu naprawczego obejmuje przegląd dokumentacji, audyt zakładu i przeprowadzenie prób zatwierdzających. O ile nie uzgodniono inaczej, zatwierdzenie jest ważne przez maksymalnie 5 lat, z zastrzeżeniem corocznej weryfikacji i/lub potwierdzenia przez nadzorującego inspektora. Może być wymagany dodatkowy audyt.

2 Wniosek o zatwierdzenie

Klient powinien złożyć wniosek o zatwierdzenie wraz z informacjami uzupełniającymi i szczegółowym planem kontroli i prób (ITP), patrz tabela 42.

Tabela 42**Wniosek o zatwierdzenie zakładu naprawczego wytwarzania przyrostowego**

Nr	Pozycja
1	Ogólny opis zakładu naprawczego, z uwzględnieniem systemu zarządzania jakością, opisu obiektu, szczegółów dotyczących organizacji i obowiązków w zakresie kontroli jakości
2	Zdolność do naprawy technikami przyrostowymi
3	Program kontroli i oceny uszkodzonych części przed naprawą
4	Wykaz udokumentowanych procedur napraw zakładu naprawczego, specyfikacji, dokumentacji i raportów oraz wszelkie wcześniejsze certyfikaty lub dane dotyczące napraw
5	Udokumentowany plan kontroli i prób części po naprawie zarówno dla kwalifikacji, jak i produkcji

3 Specyfikacja i kwalifikacja procedury naprawy**3.1 Postanowienia ogólne**

Dla każdego materiału i każdej części należy przygotować specyfikację procedur wytwarzania przyrostowego dla napraw. Przed przeprowadzeniem prób kwalifikacyjnych procedury naprawy, procedura ta powinna zostać przedłożona towarzystwu klasyfikacyjnemu w celu zatwierdzenia.

3.2 Zatwierdzenie specyfikacji procedury naprawy

Specyfikacja procedury naprawy powinna zostać przedłożona towarzystwu klasyfikacyjnemu do przeglądu i zatwierdzenia. Ogólny opis procedury powinien być przygotowany zgodnie z podrozdziałami 5.3 i 5.5.

3.3 Próby zatwierdzające

Próbki testowe powinny odwzorowywać kształt badanych części, np. płaski lub cylindryczny, oraz uwzględniać określoną formę naprawy dozwoloną przez właściwą normę dla zamierzonego zastosowania.

Zgodnie z tabelą 43, próbki testowe powinny być odpowiednie do wykonania wymaganych prób zatwierdzających. W oparciu o wymagania projektowe, zakład naprawczy powinien wybrać odpowiednie próby z tabeli 44. Metody prób i wyniki powinny być zgodne z tabelą 45.

O ile nie uzgodniono inaczej, należy przeprowadzić następujące próby zatwierdzające z tabeli 43, a wyniki prób powinny być przekazane zgodnie z podrozdziałem 7.3 dotyczącym kontroli i prób oraz włączone do dokumentacji kwalifikacji.

Tabela 43
Dokumentacja dotycząca prób zatwierdzających i ich wyników

Rodzaje prób	Pozycje zapisu w wynikach próby
Kontrola wzrokowa:	Oznaczenie próbki i wyniki
Kontrola wymiarów:	Oznaczenie próbki i wyniki
Kontrola wad powierzchniowych:	Oznaczenie próbki i wyniki
Kontrola wad wewnętrznych:	Oznaczenie próbki i wyniki
3 próby rozciągania dla przekroju połączenia (jeśli są wymagane i mają zastosowanie do uszkodzenia):	Oznaczenie próbki, orientacja próbki, rozmiar próbki i wyniki próby, w tym granica plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie, typ i lokalizacja uszkodzenia
1 zestaw prób udarności Charpy'ego dla przekroju połączenia, mających zastosowanie do materiałów z przejściem od stanu ciągliwego do kruchego (jeśli wymagane i mające zastosowanie do uszkodzenia):	Oznaczenie próbki, orientacja próbki, rozmiar próbki i wyniki próby
Próby zginania dla procesów DED z łukiem drutowym (jeśli dotyczy):	2 w kierunku Z i 2 w kierunku X/Y
Próba twardości dla przekroju połączenia i strefy wpływu ciepła (HAZ) w podłożu:	Oznaczenie próbki, wartości twardości lub profil twardości od materiału AM do HAZ
Mikrostruktura i badanie makrostruktury (jeśli jest wymagane):	Oznaczenie próbki, grubość części na płaszczyźnie przekroju, kąt płaszczyzny przekroju względem platformy roboczej, powiększenie i wyniki
Analiza chemiczna:	Oznaczenie próbki i wyniki

Tabela 44
Badania zatwierdzające dla procesu naprawczego wytwarzania przyrostowego

Materiał	Elementy testu (wymienione w tabeli 45)
Stale konstrukcyjne	(1) (2) (3) (4) (5)
Metale nieżelazne do zastosowań konstrukcyjnych	(1) (2) (3) (4) (5)
Warstwa odporna na korozję	(2) (4) (6) (7)
Warstwa odporna na zużycie	(1) (3) (4) (5) (7)
Inny materiał lub inne zastosowanie	Według wymagań techniczno-projektowych, takie jak (6) lub (9)

Tabela 45
Metody testowania

Typ próby		Pobieranie próbek i proces próby	Kryteria akceptacji wyników próby
(1)	Próba rozciągania (w pomieszczeniu i w wysokiej temperaturze)	Odniesienie do UR, Przepisów lub odpowiednich norm uznanych na szczeblu międzynarodowym lub krajowym oraz niniejszego załącznika 3/3.3	Minimalna wytrzymałość na rozciąganie powinna spełniać wymagania techniczne projektu i nie może być niższa niż wartość metalu podstawowego
(2)	Próba zginania		Wygięta powierzchnia próbki nie może wykazywać pęknięć przekraczających 3 mm
(3)	Próba udarowości		Spełnienie wymagań dotyczących metalu podstawowego lub wymagań technicznych projektu
(4)	Próba twardości		Warstwa naprawcza powinna spełniać wymagania techniczno-projektowe oraz strefa wpływu ciepła i metal podstawowy muszą spełniać uznane normy
(5)	Próba makrosekcji		Dobrze połączone, bez wad
(6)	Próba korozyjna, jeśli wymagana		Spełnienie wymagań techniczno-projektowych
(7)	Skład chemiczny		Spełnienie wymagań techniczno-projektowych
(8)	Mikrostruktura		Spełnienie wymagań techniczno-projektowych
(9)	Próba zmęczeniowa, jeśli wymagana		Spełnienie wymagań techniczno-projektowych

4 Przegląd

4.1 Przegląd zasadniczy

Producent powinien zostać poddany audytowi przez inspektora nadzorującego. Przegląd zasadniczy zakładów naprawczych wytwarzania przyrostowego powinien obejmować:

- nadzór nad procesem naprawy elementów wytworzonych techniką przyrostową;
- badanie kontroli napraw pod kątem uzgodnionej powtarzalności;
- ocenę systemu zarządzania jakością, kontrolę dokumentów dotyczących procedury napraw, specyfikację i kontrolę jakości pobierania próbek, prowadzenia prób, raportowania;
- kontrolę dostaw materiału wsadowego;
- procedurę kontroli i prób uszkodzonych, tradycyjnie wytwarzanych części;
- procedurę kontroli i prób końcowych części po naprawie w procesie AM itp.

4.2 Nadzór nad próbami zatwierdzającymi

Próby zatwierdzające powinny być prowadzone w obecności inspektora nadzorującego.

4.3 Przegląd roczny

Przegląd roczny powinien być przeprowadzany przez inspektora nadzorującego. Przegląd roczny powinien obejmować plan wykazujący, że podstawowe parametry są przestrzegane poprzez tworzenie próbki testowej. Podczas przeglądu rocznego można zażądać przeprowadzenia pełnych lub częściowych prób zatwierdzających w oparciu o zapisy rocznej produkcji/naprawy.

5 Informacje przedkładane do zatwierdzenia towarzystwa klasyfikacyjnego

Następujące pozycje w tabeli 46 powinny zostać przedłożone towarzystwu klasyfikacyjnemu:

Tabela 46
Informacje do zatwierdzenia zakładu naprawczego wytwarzania przyrostowego

Nr	Pozycje dokumentacji
1	Dokumentacja uszkodzonej części, w tym oryginalne wymiary i gatunek materiału podłoża, dopuszczalne straty, metoda usuwania wad i weryfikacja usunięcia wad
2	Raport z audytu zakładu naprawczego przeprowadzonego przez towarzystwo klasyfikacyjne
3	Wykaz kwalifikacji operatora
4	Specyfikacja i dokumentacja materiałów AM
5	Specyfikacja procedury naprawy AM
6	Rodzaje badań zatwierdzających, normy badań i wyniki badań w załączniku 3/3.3
7	Raport inspektora z nadzoru prób zatwierdzających kwalifikację procedury napraw
8	Protokoły kwalifikacji z poświadczeniem potwierdzającym ważność danych oraz poświadczającym próby kwalifikacyjne i ich wyniki
9	Uzgodniony plan badań nieniszczących (NDT) podczas wytwarzania
10	Uzgodniony plan przeglądu w eksploatacji

6 Zakres zatwierdzenia

W przypadku naprawy uszkodzonej części metalowej towarzystwo klasyfikacyjne powinno wydać zakładowi naprawczemu pismo zatwierdzające konkretną procedurę naprawy, patrz tabela 47.

Tabela 47
Zakres zatwierdzenia dla zakładu naprawczego AM

Nr	Elementy, które należy uwzględnić w piśmie zatwierdzającym
1	Kwalifikowany materiał wsadowy powiązany z jego dostawcą
2	Kwalifikowane procedury naprawy
3	Klasa(-y) kompatybilnego materiału podłoża
4	Odpowiedni zakres rozmiaru części lub grubości przekroju

Ponadto zatwierdzona procedura naprawy AM może być użyta w innych zastosowaniach, pod warunkiem przeprowadzenia dodatkowych prób w celu rozszerzenia zakresu zatwierdzenia.