



2020

---

# 적층가공 승인 및 검사 지침서

---

GL-0011-K

## 한 국 선 급

- Disclaimer :

Although all possible efforts have been made to ensure correctness and completeness of the contents contained in these guidelines, the Korean Register is not responsible for any errors or omissions made herein, nor held liable for any actions taken by any party as a result of information retrieved from these guidelines.

These guidelines are non-mandatory, but are intended to provide practical technical materials to ship owners, ship operators, shipyards, designers and manufacturers. It might be amended periodically or upgraded to rules and guidance as future technology develops and matures.

## “적층가공 승인 및 검사 지침서”의 적용

1. 이 지침서는 “3D 프린팅”이라고 알려진 적층가공 기술을 적용하여 제작된 금속제품을 승인 및 검사하는 절차를 제공하고 있다.
2. 적층가공 기술로 만들어지는 제품들은 다양할 수 있기 때문에 승인 신청된 제품의 특성에 맞게 기준을 조정할 수 있으며, 이 지침서를 참고하여 검사 및 승인 절차를 진행한다.

# 차 례

<b>제 1 장 일반사항</b> .....	1
제 1 절 일반사항 .....	1
제 2 절 승인절차 .....	3
<b>제 2 장 원재료 형식승인</b> .....	5
제 1 절 일반사항 .....	5
제 2 절 형식시험 .....	6
<b>제 3 장 제조법승인</b> .....	9
제 1 절 일반사항 .....	9
제 2 절 실현성 검증 .....	12
제 3 절 공장조사 .....	13
제 4 절 승인시험 .....	13
<b>제 4 장 개별제품</b> .....	15
제 1 절 일반사항 .....	15
제 2 절 시험 및 검사 .....	15

# 제 1 장 일반사항

## 제 1 절 일반사항

### 101. 적용

1. 이 지침서는 적층가공(3D 프린팅) 기술로 제조되어 선박에 탑재되는 금속 의장품의 원재료 형식승인, 제조법 승인, 제품검사 등에 대하여 적용할 수 있는 절차 및 방법을 제공한다.
  - (1) 적층가공 기술 중 레이저금속 용착법(LMD), 레이저분말베드 용융법(LPBF), 와이어 아크 적층가공법(WAAM) 기술에 대하여 적용한다.
  - (2) 원재료의 종류는 분말 및 용가재(와이어)로 한정한다.
  - (3) 그 외 다른 적층가공 기술 또는 원재료를 사용하고자 할 경우에는 우리 선급과 협의하여야 한다.
2. 이 지침서에서 별도로 제공하지 아니한 사항에 대하여는 우리선급 규칙 및 제조법 및 형식승인 등에 관한 지침의 규정에 따른다.
3. 그 외, 우리 선급 규칙 및 지침에서 규정하지 아니한 사항에 대하여는 우리 선급의 승인을 받아 관련 국제 규정을 따를 수 있다.
4. 이 지침서의 적층가공(3D 프린팅) 기술은 보수(repair) 작업에는 적용하지 않는다.
5. 이 지침서에서 규정한 요건의 적용이 불가능할 경우, 사전에 우리 선급과 협의하여야 한다.

### 102. 정의

1. 이 지침서에서 사용하는 용어는 다음에 따른다. 이 지침서에서 명시하고 있지 않은 용어는 선급기술규칙 또는 관련 국제/국가 규격에 따른다.
  - (1) 삼차원 프린터 (3D printer) : 삼차원 프린팅을 위해 사용되는 기계
  - (2) 삼차원 프린팅 (3D printing) : 프린트 헤드(print head), 노즐 또는 기타 프린터 기술을 사용하여 소재의 적층을 통해 출력물을 제작하는 것
  - (3) 적층가공 (Additive manufacturing, AM) : 삼차원 모델 데이터로부터 출력물을 만들기 위해 소재를 결합하는 공정으로 일반적으로 겹겹이 층을 쌓아 제작하는 방식으로, 절삭가공(subtractive manufacturing) 및 조형 가공(forming manufacturing) 방식과는 반대 개념임
  - (4) 적층가공 시스템 (AM system) : 적층가공을 위해 사용되는 기계 및 부속장치
  - (5) 적층가공 기계 (AM machine) : 적층가공 시스템의 한 부분으로서 제작 사이클을 완료하기 위해 요구되는 하드웨어, 기계 제어 소프트웨어, 요구되는 설정 소프트웨어 및 주변장치
  - (6) 원재료 (Feedstock) : 적층가공 제작 공정에 공급되는 벌크 원재료. 일반적으로 액체, 분말, 현탁액, 와이어, 필라멘트, 판재 등과 같은 다양한 형태로 공급된다. 이 지침서에서는 주로 분말형과 와이어형의 원재료를 다룬다.
  - (7) 후처리 (post-processing) : 출력물의 최종 특성을 구현하기 위해 적층 가공 제작 사이클을 완료한 후에 실시되는 하나 이상의 공정
  - (8) 분말 배치 (powder batch) : 분말형 원재료로서 재사용 분말, 미사용 분말 또는 두 가지를 혼합한 분말. 분말 배치는 다른 공정 파라미터를 사용하는 한 가지 이상의 생산 실행에 사용할 수 있다.
  - (9) 분말 베드 (powder bed) : 분말 원재료가 열에너지에 의해 녹거나, 결합제를 사용하여 누적되거나 선택적으로 융합되어 출력물을 제작하는 적층가공 시스템 내의 제작 구역을 의미함
  - (10) 공정 파라미터(Process parameters) : 제작 사이클 동안 사용되는 작동 파라미터 및 시스템의 세팅
  - (11) 적층가공 파일 형식(AM file format) : 적층가공 모델 데이터를 전송하기 위한 파일 형식으로, 색상, 재질, 격자, 텍스처, 짜임(constellation) 및 메타데이터를 지원하는 3차원 표면 기하 정보를 포함한다.
  - (12) 직접 에너지 용착법 (Directed Energy Deposition, DED) : 소재에 집속된 열 에너지를 조사하여 녹여 결합(용착)시키는 방식의 적층가공 공정. 집속된 열 에너지란 용착시킬 소재를 녹이는 집속된 에너지원(예, 레이저, 전자빔 또는 플라즈마 아크)을 의미한다.
  - (13) 레이저금속 용착법 (Laser Metal Deposition, LMD) : 레이저 고에너지원으로 원재료를 녹여 제조하는 적층가공 기술
  - (14) 레이저분말베드 용융법 (Laser Powder Bed Fusion, LPBF) : 분말 형태의 소재 위에, 레이저를 주사하여 선택적으로 용융 및 경화를 일으켜 3차원 구조물을 제조하는 적층가공 기술

(15) 와이어 아크 적층가공 (Wire Arc Additive Manufacturing, WAAM) : 종래의 용접공정과 비슷한 아크용접을 이용하여 와이어를 국부적으로 용융시켜 3차원 구조물을 제조하는 적층가공 기술

2. 이 지침에서 다루는 적층가공 기법의 분류는 그림 1.1과 같으며, 적층가공 각 기법별 적층원리는 그림 1.2를 참조한다.

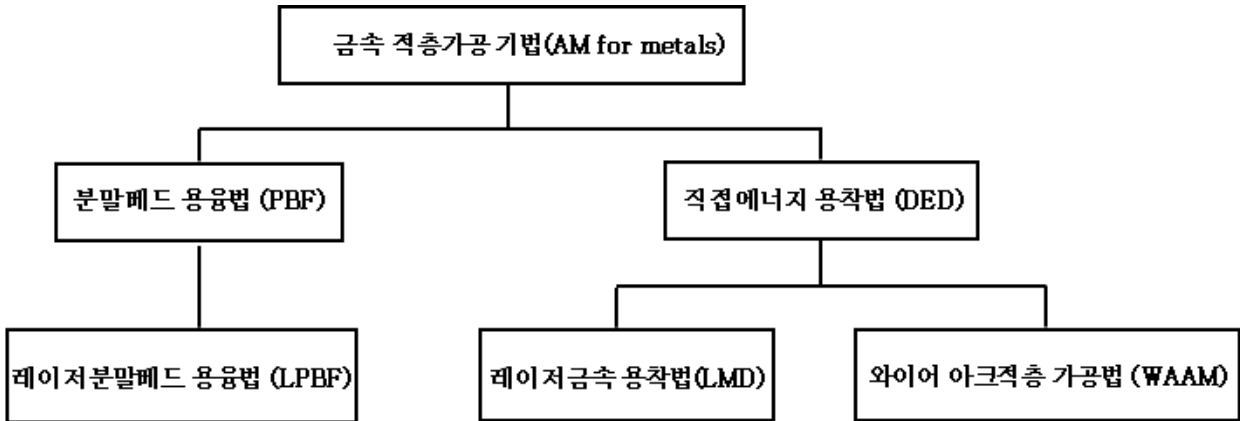


그림 1.1 적층가공 기술 용어 및 분류

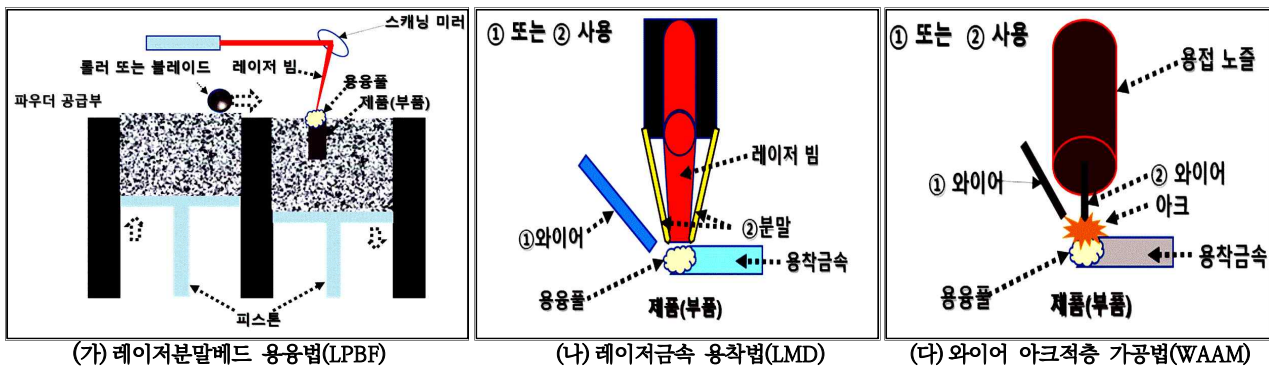


그림 1.2 적층가공 기법별 적층원리

## 제 2 절 승인절차

### 201. 승인절차

1. 적층가공 기술의 승인과 관련한 승인절차는 그림 1.3을 따른다.

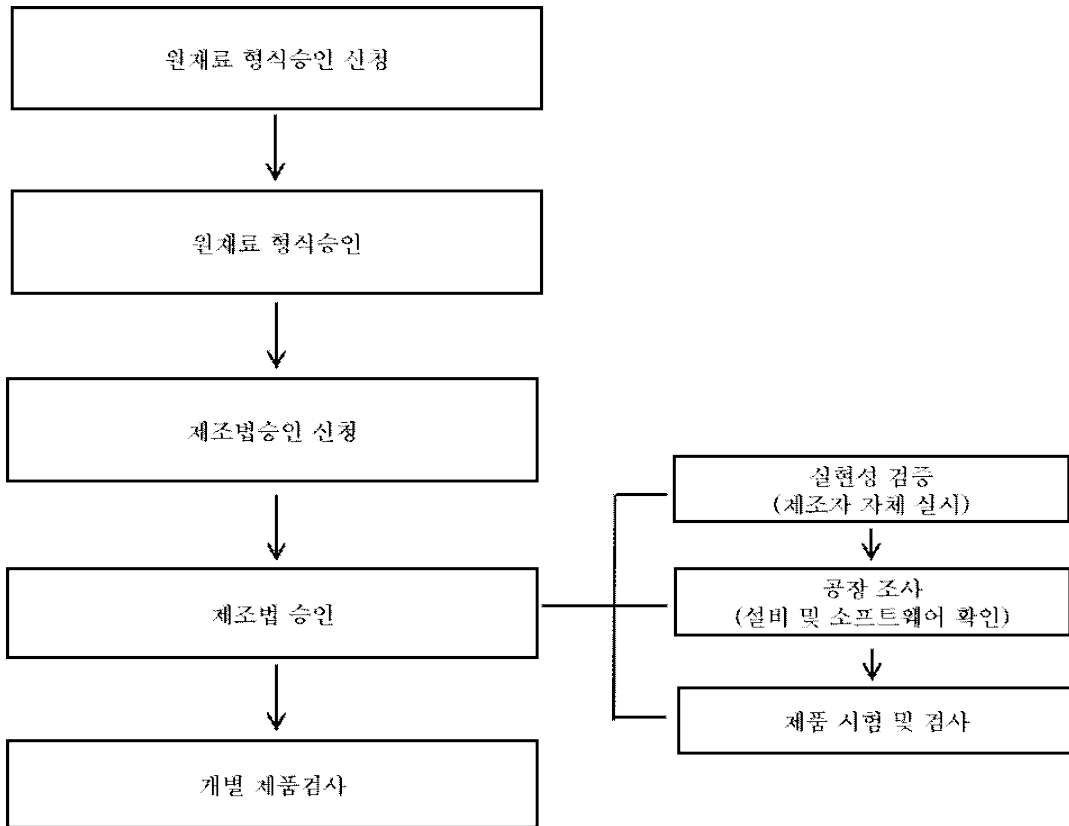


그림 1.3 적층가공 기술에 관한 선급승인 절차 흐름도

↓

## 제 2 장 원재료 형식승인

### 제 1 절 일반사항

#### 101. 일반

##### 1. 적용

이 장의 규정은 적층가공에 사용되는 원재료의 형식승인에 대한 승인절차 및 시험 등에 적용한다.

#### 102. 승인 신청

##### 1. 승인 신청자

승인 신청자는 원칙적으로 승인 신청한 재료의 제조자로 하지만, 우리 선급이 지장이 없다고 인정하는 경우에는 제품의 제조자가 아니라도 신청할 수 있다.

2. 형식승인을 받고자 하는 제조자는 승인신청서 (제조법 및 형식승인 등에 관한 지침 부록 6 참조) 1부 및 첨부자료 중 승인용 3부 및 참고용은 2부를 우리 선급에 제출하여야 한다.

##### 3. 첨부자료

###### (1) 승인용 자료

승인용 자료는 다음을 포함한다. 다만 이 지침서 또는 KS, ISO 등에 시험방법과 절차 등이 명시된 경우, 관련 규격을 표시한 것으로 대신할 수 있다.

###### (가) 형식 승인시험 방안

- (a) 시험재의 재료기호
- (b) 시험재의 제조방법 요약 (원재료의 종류, 제조방법, 제조설비의 종류, 열처리 및 후처리)
- (c) 시험재의 치수 및 중량
- (d) 시험편의 채취 방법
- (e) 시험항목, 시험방법 및 판정기준
- (f) 시험장소 (외부에서 실시하는 경우)

###### (나) 상기 (가)와 관련된 적용규격 (요구되는 경우)

(다) 적용되는 적층가공 기법 (LPBF, LMD, WAAM 등) 및 기법별 각종 파라미터

(라) 취급 및 보관 방법

(마) 원재료 재사용(재활용) 관련 권고 사항

(바) 환경, 안전 및 인체 관련 사항

(사) 와이어의 경우, 제조법 및 형식승인 등에 관한 지침 3장 2절 202.에 규정된 사항

###### (아) 분말

- (a) 화학 조성(결정상 및 시험방법 정보 포함)
- (b) 열 특성(용융 온도)
- (c) 입자 크기 및 분포 정보
- (d) 밀도
- (e) 분말 유동 특성 (ISO 4490에 따라 홀 유량계 사용)
- (f) 형상 정보(ISO 9276-6)
- (g) 산소 함량

###### (2) 참고용 자료

제조법 및 형식승인 등에 관한 지침 3장 1절 102.에 추가하여 다음의 자료를 제출하여야 한다.

(가) 적층가공 이외의 용도(접합 등)로 사용된 실적

(나) 조선, 해양 이외의 타산업계에서 승인되거나 적용한 실적

## 제 2 절 형식시험

### 201. 형식시험

#### 1. 일반사항

- (1) 원재료의 특성(기계적 성질, 재료 종류 등)은 적층제조 기계 및 최종 사용자의 요구사항에 부합해야 한다.
- (2) 의도적으로 첨가되는 색소 같은 첨가물은 원재료의 특성에 영향을 끼칠 수 있으므로 변경되는 경우에 재시험이 요구된다.
- (3) 형식시험은 원재료 제조자가 실시하거나 제조자/우리 선급이 지정하는 기관이 실시할 수 있으며, 검사원이 입회한다.
- (4) 형식시험은 원재료 및 재료 종류별로 요구된다. 또한 적층되는 자세별로 형식시험이 요구된다.
- (5) 검사원이 필요하다고 판단되는 추가 시험을 요구할 수 있다.

#### 2. 시험편

- (1) 요구되는 시험편이 충분히 채취될 수 있도록 제조자는 시험재의 형상(원통, 직육면체 등)을 선택하여 각기 다른 형상을 가진 2개의 시험재를 적층한다. 적층 방향은 기록되어야 한다.
- (2) 별도로 규정하지 않는 한 시험편의 채취 위치는 시험재 두께 1/4 지점에서 채취한다.
- (3) 원재료 제조자가 추천하거나 적층가공 제조자가 요구하는 열처리만을 시험재에 할 수 있으며, 모든 열처리 완료 후에 시험편을 채취한다.
- (4) 시험편의 채취 전에 적절한 비파괴검사를 시험재에 실시한다.
- (5) 시험편의 형상은 **규칙 2편**의 규정을 준용한다.

#### 3. 승인 시험 및 판정기준

- (1) 시험항목 및 시험방법은 **표 2.1**을 따른다.

**표 2.1 원재료 시험항목 및 시험방법**

시험항목 <sup>(1)</sup>	시험편의 채취 및 시험방법 <sup>(2)</sup>	판정기준
외관검사	시험재의 모든 표면을 검사하며, 별도의 기계 가공은 하지 않는다.	우리 선급의 규칙, 우리 선급이 인정하는 국제/국가규격 또는 우리 선급이 승인한 제조자 규격에 따른다.
화학성분	주요 화학성분을 포함하여, 의도적으로 추가한 원소 또는 잔류원소를 분석한다. 원재료와 시험재에서 각각 분석된 화학성분을 서로 비교한다.	
밀도	기공을 포함하는 겉보기 밀도(apparent density)와 탭밀도(tap density)를 측정한다. 각각 <b>ASTM B417</b> 과 <b>ASTM B527</b> 에 따라 실시한다.	
인장시험	시험재마다 각 방향(x,y,z)으로 2개씩 채취한다.	
충격시험	시험재마다 각 방향(x,y,z)으로 2조(1조에 3개)씩 채취하며, 시험온도는 아래에 따른다. - 20℃ - 저온 특성을 가지는 재료인 경우에는 <b>규칙 2편</b> 에서 요구하는 온도	
굽힘시험	시험재마다 각 방향(x,y,z)으로 2개씩 채취한다. 굽힘각은 180°로 한다.	
마이크로 조직	100배, 500배로 한다.	
부식시험	스테인리스강 등과 같이 부식성이 요구되는 경우에 실시한다.	
수소시험 <sup>(3)</sup>	<b>규칙2편 2장 6절 602. 6항</b> 에 따른다.	
분말 재사용 측정 시험	분말을 최대 몇 번까지 재사용할 수 있는지에 대해 알 수 있도록 재사용하지 않는 분말과 비교시험을 한다. 시험방법은 제조자가 제시한다.	
비파괴검사	재료의 종류 및 형상을 고려하여 내부 및 표면에 대한 결함 유무를 식별할 수 있는 검사 방법을 선택한다.	
분말 형태 특성	<b>ASTM F3049</b> 에 따라 분말 형태 특성을 측정한다.	
<b>(비고)</b>		
(1) 필요한 경우에는 시험을 추가할 수 있다.		
(2) 우리 선급이 인정하는 경우, 이 표와 다르게 제조자가 제시하는 방법으로 시험을 할 수 있다.		
(3) 저수소계인 경우에 실시한다.		



## 202. 기호

시험을 합격한 원재료의 기호는 다음을 따른다.

(1) 원재료의 형태별로 사용되는 적층가공 기법과 원재료의 재료기호를 함께 부기한다.

(2) 다음의 예시를 따른다.

(가) AMF(Additive Manufacturing Feedstock)-P(Powder)-LPBF(Laser Powder Bed Fusion)

-16Cr5Ni(프로펠러용 스테인리스 주강품 재료기호) : ***AMF-P-LPBF-16Cr5Ni***

(나) AMF(Additive Manufacturing Feedstock)-W(Wire)-LMD(Laser Metal Deposition)

-16Cr5Ni(프로펠러용 스테인리스 주강품 재료기호) : ***AMF-W-LMD-16Cr5Ni***

## 203. 정기검사

제조법 및 형식승인 등에 관한 지침의 3장 2절 204.에 따른다. ↕

## 제 3 장 제조법승인

### 제 1 절 일반사항

#### 101. 일반

##### 1. 적용

이 장의 규정은 적층가공 기술로 제품을 생산하는 제조자의 제조법 승인에 대한 승인절차 및 시험 등에 적용한다.

#### 102. 승인 신청

1. 적층가공 제품의 제조법 승인을 받고자 하는 제조자는 승인신청서 1부(제조법 및 형식승인 등에 관한 지침 부록 6 참조) 및 첨부자료 중 승인용은 3부 및 참고용 자료 2부를 우리 선급에 제출하여야 한다.
2. 제조자는 제품에 관한 승인 범위를 고려하여 승인을 요청하여야 한다.

##### 3. 첨부자료

###### (1) 승인용 자료

승인용 자료는 다음을 포함한다. 다만 이 지침서 또는 KS, ISO 등에 시험항목과 절차 등이 명시된 경우, 관련 규격을 표시한 것으로 대신할 수 있다.

- (가) 제품 유형 (제품 요약설명)
- (나) 제조 방법
- (다) 적용 가능한 제품 크기 범위(치수 및 무게)
- (라) 사용 원재료
- (마) 배송 조건
- (바) 제조법 승인시험 방안
  - (a) 시험재의 재료기호
  - (b) 시험재의 제조방법 요약 (원재료의 종류, 제조방법, 제조설비의 종류, 열처리 및 후처리)
  - (c) 시험재의 치수 및 중량
  - (d) 시험편의 채취 방법
  - (e) 시험항목, 시험방법 및 판정기준
  - (f) 시험장소 (외부에서 실시하는 경우)
- (사) 상기 (바)와 관련된 적용규격 (요구되는 경우)
- (아) 그 외 우리 선급이 요구하는 추가 서류

###### (2) 참고용 자료

제조법 및 형식승인 등에 관한 지침 2장 1절 102.에 추가하여 다음의 자료를 제출하여야 한다.

- (가) 자체 실현성 검증 자료
  - (나) 설계에 관한 자료
    - (a) 설계 요구사항 (법적 및 규제 요구 사항)
    - (b) 설계 개념(Design concept)
    - (c) 구성 요소의 복잡성
    - (d) 디자인 최적화
      - (i) 준비된 3D 모델 정보
      - (ii) 3D 모델의 품질 및 적층가공 기술의 적합성 검사 절차 정보 (예 : 내부 표면, 돌출 형상)
      - (iii) 스케일링, 슬라이싱, 세분화, 해치 전략, 시뮬레이션 모델, 경계 조건에 대한 세부 정보
      - (iv) 고정물, 지지대 또는 기타 필요한 형상을 추가하여 최적의 방향으로 제작하는 제품을 배치하기 위한 방법 정보 (제작 방향은 ISO/ASTM 52921 규격 참조)
      - (v) 위상 배치 최적화의 통합을 위한 적층 도구, 격자 구조, 기하 보상 방식, 입력 파일 최적화, 슬라이싱 및 제작 방향을 고려한 설계 정보 (지지 구조물의 최소화 및 최적 제거 방식)
      - (vi) 사전 왜곡된 결과 형상의 모델 계산
  - (e) 최종 디자인
- (다) 설비에 관한 자료

- (a) 시설 설명, 주변 조건, 기후 제어 및 기타 관련 정보
  - (b) 적층가공 시스템의 사양, 기능 및 제한 사항 (예 : 모델 번호, 소프트웨어 및 펌웨어 버전)
  - (c) 적층가공 기계의 파라미터 설정 및 작업자가 제어 할 수 있는 변수 파라미터
  - (d) 적층가공 기계의 인증 세부 사항
  - (e) 운영자 자격 사항
  - (f) 입력파일 버전, 추적 파일 개정 및 장치 로딩에 대한 데이터 감지 및 로깅 절차에 대한 세부 정보
  - (g) 추적 확인을 위한 부품의 일렬화 정보
  - (h) 제어 데이터에 대한 보고서 생성
  - (i) 적층가공 기계 준비 및 원재료 검증 내역
  - (j) 빌드 데이터의 로딩 및 검색 사항
  - (k) 최적 공정 변수 (레이저 출력, 스캔 속도, 레이어의 높이 및 간격, 높이 및 너비, 오버랩 비율 빌딩 방향, 부품 수 및 간격 등을 포함한 인쇄 계획) 및 제어 범위
  - (l) 스캔 및 용착 전략 및 모니터링 방법
  - (m) 분급(Sieving) 타입 및 메쉬 크기
  - (n) 공정 중 사용하는 가스 및 유량
  - (o) 재료 예열 방법
- (라) 소프트웨어에 관한 자료
- (a) 사용된 적층가공 파일(STL/AMF) 및 전처리 소프트웨어의 세부 사항
  - (b) STL/AMF 파일의 품질 검사 절차 (예 : 매직 소프트웨어)
  - (c) 인쇄될 디자인에 대한 소프트웨어 버전 및 IP 권한의 세부 사항
  - (d) 데이터 암호화, 압축 및 기타 사이버 보안 문제를 위한 방법
- (마) 제조에 관한 서류
- (a) 표준 운영 절차
  - (b) 부품별 작업 지침
  - (c) 위험성 평가
  - (d) 현장 시험 절차
  - (e) 설치, 운영, 유지 보수 지침
  - (f) 사전 정비 사항
  - (g) 성능 시험 사항
  - (h) 교정 정보
  - (i) 제조 파라미터
- (바) 기술의 종류에 따라 아래의 자료를 추가로 제출하여야 한다.
- (a) 레이저분말 베드 용융법
    - (i) 레이저 (예: 파워, 스팟 치수, 노출 시간, 초점 위치)
    - (ii) 스캔 전략 (예: 스캔 속도, 레이어 두께)
    - (iii) 포인트 거리 (연속 레이저 스팟 사이의 거리)
    - (iv) 헤치 거리 및 조건 (예: 빔 스캐닝 평면에서 트랙간 이동 및 트랙 거리)
    - (v) 레이저 흡수율 또는 반사율 (예: 기판 재료는 반사율을 감소시키기 위해 숏 블라스팅을 요구할 수 있다)
    - (vi) 환경 제어 사항 (예: 불활성 가스, 제조 플랫폼 예열 온도, 제조 공간의 온도 및 압력, 리코터(recoater) 블레이드)
    - (vii) 외부 환경 제어 사항 (예: 온도, 습도)
    - (viii) 분말 공급 원료 (예: 입자 크기 범위 및 분포, 형태)
    - (ix) 바닥판 제어 (예 : 빌드를 위해 선택된 바닥판 재료, 바닥 판의 청결도)
  - (b) 레이저금속 용착법
    - (i) 레이저 (예: 전력, 스팟 치수)
    - (ii) 노즐 (동축, 3-빔 또는 사이드 피더)
    - (iii) 이동 속도
    - (iv) 스탠드 오프 거리 (예: 노즐팁과 표면 사이의 거리)
    - (v) 차폐 가스 (예: Ar 또는 He, 가스 유량 및 방향)
    - (vi) 열 입력 및 냉각 특성

- (vii) 외부 환경 제어 사항 (예: 온도, 습도)
  - (viii) 분말 공급 원료 (입자 크기 범위 및 분포, 형태, 공급 속도, 유량, 용착 속도)
  - (ix) 레이저 흡수율 또는 반사율 (예: 기관 재료는 반사율을 감소시키기 위해 슛 블라스팅을 요구할 수 있다).
  - (x) 바닥판 제어 (예 : 빌드를 위해 선택된 바닥판 재료, 바닥 판의 청결도)
- (c) 와이어 아크 적층가공
- (i) 용가재 제조 정보
  - (ii) 공정 절차 및 위치
  - (iii) 기술사항 (예: 직조, 다중 와이어)
  - (iv) 플럭스 및 차폐 가스를 포함한 용가재 정보
  - (v) 용가재 제어 (예: 건조 조건)
  - (vi) 용착물의 화학 성분
  - (vii) 공정 매개 변수
  - (viii) 예열 및 인터패스 온도
  - (ix) 공정 중 레이어(layer)별 청결 관리 및 검사 정보
  - (x) 바닥판 제어 (예 : 빌드를 위해 선택된 바닥판 재료, 바닥 판의 청결도)
  - (xi) 후열처리 사항
- (d) 후처리에 관한 자료
- (i) 적층가공 작업 완료 후 기기 플랫폼에서 대상물을 기다리는 시간
  - (ii) 가공 또는 기타 표면 마무리 작업
  - (iii) 기계 플랫폼에서 대상물을 꺼내는 방법
  - (iv) 내부 증공부에서 분말 입자 제거
  - (v) 대상물 청소
  - (vi) 제품에서 지지물을 제거하는 방법
  - (vii) 후열처리의 세부 사항
  - (viii) 연마재 또는 쇼트 피닝 처리 및 관련 요구 사항과 같은 가공 또는 기타 표면 마무리 작업
  - (ix) 밀도 및 확인 방법
  - (x) 인쇄 후 적층가공 설비 청소 프로세스
  - (xi) 응력 해소 열처리 방법

### 103. 승인 범위

1. 적층 가공되는 제품별 및 원재료별로 승인 시험을 실시한다.
2. 제품별 크기에 대한 승인 범위는 관련된 **선급기술규칙**에 따른다.
3. 삼차원 프린터를 포함하는 적층가공 기계의 제품별로 승인 시험을 실시한다.

### 104. 자료심사

우리 선급은 제출된 제조법 승인시험 방안 등을 심사하여 적절하다고 인정되는 경우 제조법 승인시험 방안을 승인하여 제조자에게 송부한다.

### 105. 원재료 형식승인

1. 제조자는 원재료 형식승인에서 사용된 각종 파라미터(parameters)를 기반으로 적층가공에 적용해야 한다.
2. 원재료 형식승인이 없는 경우에는 원재료에 관한 다음의 자료를 제출하여 제조법승인 절차를 진행할 수 있다.

#### (1) 분말

- (가) 분말 공급 업체 정보
- (나) 포장 날짜
- (다) 분말의 고유 식별 정보(배치 번호)
- (라) 제품 설명 (제품 모델명, 등급)
- (마) 분말 생산 공정
- (바) 포장 및 보관 지침(최대 산소 함량 정보)
- (사) 물질안전보건자료(MSDS)

- (아) 분말 재활용 또는 재사용 정보
- (2) 와이어(고체 용가재)
  - (가) 와이어 공급 업체 정보
  - (나) 포장 날짜
  - (다) 와이어 고유 식별 정보(배치 번호)
  - (라) 제품 설명 (제품 모델명, 등급, 직경, 무게 및 스폴 크기)
  - (마) 포장 및 보관 지침
  - (바) 물질안전보건자료(MSDS)
  - (사) 화학성분
- (3) 분말시료의 경우, 분말 배치에서 시험 샘플을 채취하여 다음 항목에 관한 재료 정보를 추가로 확인하여야 한다. 샘플링 절차는 ISO 3954 또는 동등 이상의 국제/국가 규격에 따른다.
  - (가) 화학 조성(결정상 및 시험방법 정보 포함)
  - (나) 열 특성(용융 온도)
  - (다) 입자 크기 및 분포 정보
  - (라) 밀도
  - (마) 분말 유동 특성 (ISO 4490에 따라 홀 유량계 사용)
  - (바) 형상 정보(ISO 9276-6)
  - (사) 산소 함량

## 106. 원재료 관리

### 1. 원재료 보관

- (1) 원재료를 종류별로 분리 및 표기(labeling)하여 보관해야 하며, 지정된 보관 장소에는 습도 관리가 되어야 한다.
- (2) 특히 분말형 원재료는 운반이나 보관하는 과정에서 서로 다른 종류나 배치(batch)의 분말이 섞이지 않도록 주의해야 한다.
- (3) 사용한 원재료와 사용하지 않은 원재료의 구분을 명확히 하여 관리하는 시스템을 갖추어야 한다.

### 2. 분말형 원재료의 재사용

- (1) 원재료를 재사용할 때에는 이물질이 섞이지 않았는지 확인해야 하며, 이물질을 걸러낼 수 있는 설비를 보유해야 한다.
- (2) 제조자는 원재료가 재사용되는 횟수를 최대 몇 번까지로 제한할 것인지를 규명해야 한다. 이를 위해 제조자는 재사용된 원재료가 재사용되지 않은 원재료 이상의 품질을 가지고 있는지를 시험하여 그 결과를 제출해야 한다. 원재료 형식승인에서 확인된 재사용 횟수를 인정할 수 있다.

## 제 2 절 실현성 검증

### 201. 일반

- 1. 신청자는 적층가공 기술을 이용한 제품의 제조법 승인 신청 시에 실현성 검증 자료를 참고로 제출한다.
- 2. 실현성 검증을 통해 해당 제품이 선박에 탑재할 수 있는 품목(부품)인지 여부를 판단할 수 있다.

### 202. 실현성 검증 자료

- 1. 실현성 검증 자료는 다음을 포함한다.

- (1) 위험도 분석 자료
  - (가) 생산 과정에서 발생할 수 있는 고위험(high risk) 단계를 식별해야 하며, 관련된 요소(factor)들의 관리방안을 수립해야 한다.
  - (나) 제품의 형상, 재질 등에 따른 민감도를 파악하여 관리 방안을 수립해야 한다.
- (2) 시제품(사전 생산된 제품)의 사전 시험 정보 및 결과
- (3) 적용되는 규칙, 국제/국가 표준, 규격 정보
- (4) 시험 방법 및 합격 기준 등이 적용되는 규칙 등과의 편차 정보(해당되는 경우)
- (5) 설계, 제조, 시험 및 검사와 관련된 절차서

## 제 3 절 공장조사

### 301. 공장조사

#### 1. 목적

공장조사는 승인 신청한 제조법으로 안정된 작업 아래 품질이 균일한 제품을 제조할 수 있는가를 확인하기 위하여 검사원이 시행한다.

#### 2. 조사사항

공장조사는 제조공장마다, 승인 신청한 제품마다 다음 사항을 조사한다.

##### (1) 품질시스템 일반

- (가) 품질시스템의 확립 및 실행 상태
- (나) 고객 불만 처리절차의 수립 및 준수 여부
- (다) 직원의 교육 및 훈련 계획수립 및 실시 여부

##### (2) 공정관리 및 품질관리

- (가) 작업표준의 확립 및 준수 여부
- (나) 품질관리 공정도의 확인 및 준수 여부
- (다) 부적합품의 관리 및 시정조치
- (라) 원재료의 관리 상태

##### (3) 제조 및 검사설비의 관리

- (가) 설비 및 소프트웨어의 관리기준 설정 및 준수 여부
- (나) 검사장비의 규정 여부 및 교정 상태

##### (4) 기타

- (가) 적용규격 등 문서의 확보 여부 및 최신화 상태
- (나) 선급검사업무에 대한 이해도

(5) 상기 공장조사 항목의 조사방법 및 평가기준에 대하여는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.

3. 조사 시기 공장조사 시기는 원칙적으로 신청된 제품이 제조되는 시기 또는 승인시험의 실시시기에 한다. 또한, 제조자는 조사시에 검사원에게 필요한 편의를 제공하여야 한다.

4. 조사의 생략 과거에 우리 선급의 승인을 받은 제품으로서 동일한 설비 및 동일한 방법으로 제조되는 경우는 공장 조사를 생략할 수 있다.

## 제 4 절 승인시험

### 401. 승인시험

#### 1. 일반사항

- (1) 시험방법 및 합격 기준은 승인시험 전에 제출되어야 한다.
- (2) 시험편의 수, 방향, 채취 위치는 검사원과 사전에 협의되어야 한다.

#### 2. 시험재

- (1) 시험재(제품)는 아래의 사항을 고려하여, 승인을 요청하는 범위를 대표(represent)하여야 한다.
  - 재료의 종류 또는 기호
  - 제조방법
  - 원재료의 종류 및 제조사
  - 제조설비의 종류 및 제조사
  - 제품의 종류 또는 형상
  - 최대 사이즈 또는 중량
  - 열처리 또는 후처리
- (2) 최대 크기를 가진 시험재(제품) 및 평균 크기를 가진 시험재가 각각 1개씩 별도로 제작되어야 한다. 이 때 크기가 동일한 제품만을 생산하는 경우에는 해당 크기의 제품 2개를 별도 제작하여 시험재로 사용할 수 있다.
- (3) 시험재(제품)의 채취 및 시험은 원칙적으로 우리 선급 검사원의 입회하에 실시하여야 한다. 다만, 밀도, 조직시험,

부식시험, 피로시험, 잔류응력 등 우리 선급이 인정하는 경우에는 입회를 생략할 수 있다.

- (4) 시험재(제품)가 요구되는 시험편을 모두 채취하기 어려운 형상 및 치수를 보유한 경우에는 필요한 방향(x,y,z)으로 추가하여 제품에 적층할 수 있다.
- (5) 시험재(제품)는 제품의 열처리 및 표면처리 등을 포함하는 최종 조건이 완료된 이후에 시험편 채취에 사용되어야 한다.

3. 시험항목 및 시험편의 채취

시험 항목은 아래 표 3.1에 따르는 것을 원칙으로 하며, 승인을 신청한 제품의 적용분야에 일반적으로 요구되는 사항을 고려해야 하며, 승인시험을 진행하기 전에 승인되어야 한다.

표 3.1 시험항목 및 시험편의 채취

시험항목 <sup>(1)</sup>	시험편의 채취 <sup>(2)</sup> 및 시험방법	판정기준
화학성분	주요 화학성분을 포함하여, 의도적으로 추가한 원소 또는 잔류원소를 분석한다.	우리 선급의 규칙, 우리 선급이 인정하는 국제/국가규격 또는 우리 선급이 승인한 제조자 규격에 따른다.
밀도	ISO 3369 또는 동등한 방법에 따른다.	
인장시험	시험재마다 각 방향(x,y,z)으로 2개씩 채취한다.	
충격시험	시험재마다 각 방향(x,y,z)으로 2조(1조에 3개)씩 채취하며, 시험온도는 아래에 따른다. - 20 ℃ - 설계온도 또는 규칙에 규정된 온도	
굽힘시험	요구되는 경우, 시험재마다 각 방향(x,y,z)으로 2개씩 채취한다.	
마이크로 조직	100배, 500배로 한다.	
마크로 조직	ISO 4969 또는 동등한 방법에 따른다.	
부식시험	스테인리스강 등과 같이 부식성이 요구되는 경우에 실시한다.	
피로시험 <sup>(5)</sup>	요구되는 경우에 실시한다.	
잔류응력 <sup>(5)</sup>	요구되는 경우에 실시한다.	
비파괴검사	재료의 종류 및 형상을 고려하여 내부 및 표면에 대한 결함 유무를 식별할 수 있는 검사 방법을 선택한다.	
용접성시험	요구되는 경우에 실시한다.	
(비고) (1) 필요한 경우에는 시험을 추가할 수 있다. (2) 시험편의 채취 위치는 제품과 관련된 선급기술규칙에 따르며, 별도의 규정이 없는 경우에는 제조자가 제안할 수 있다. (3) 제조자 시험 등의 적절한 시험성적서가 있을 경우, 이 시험을 생략할 수 있다.		



## 제 4 장 개별제품

### 제 1 절 일반사항

#### 101. 일반

##### 1. 적용

이 장의 규정은 적층가공 기술을 이용한 제품의 제품검사에 대한 승인절차 및 시험 등에 적용한다.

### 제 2 절 시험 및 검사

#### 201. 일반

1. 개별제품의 시험절차 및 승인 기준은 그 제품에 대한 요구사항을 규정하고 있는 **선급기술규칙** 또는 이와 동등하다고 판단되는 국제/국가 규격에 따르며, 제조자는 검사원 입회하에 그 요구사항이 만족함을 입증해야 한다.
2. 제품의 기계적 성질 및 품질에 영향을 줄 수 있는 고객과의 주문 사양에 대해서는 검사원에게 알려야 하며, 제품의 검사 전에 검사 방법 및 합격기준에 대해 협의해야 한다.
3. 적층가공의 특성상 검사원이 추가로 필요하다고 판단되는 시험을 요구할 수 있다.

#### 202. 시험 방법

##### 1. 시험 및 검사 계획

- (1) 제조자는 제조법 승인 시에 제출된 검사 및 시험 계획을 기반으로 제품 생산 시에 실시할 수 있는 시험 및 검사 계획을 검사원에게 제출해야 한다.
- (2) 검사 및 시험 계획에는 제조법 승인에서 변경된 사항에 대해서 식별할 수 있도록 기술되어야 한다.
- (3) 시험 방법 및 합격 기준이 적용되는 **선급기술규칙** 또는 이와 동등하다고 판단되는 국제/국가 규격을 제시해야 한다.
- (4) **선급기술규칙** 또는 이와 동등하다고 판단되는 국제/국가 규격에서 규정하고 있지 않는 사항에 대해서는 제조자가 제안할 수 있다.
- (5) 제출된 시험 및 검사 계획을 검사원이 이상이 없다고 판단한 이후에 시험/검사를 실시한다.

##### 2. 시험재

- (1) 생산되는 제품에 대해 규정하고 있는 **선급기술규칙** 또는 이와 동등하고 판단되는 국제/국가 규격에 따라 시험재의 수를 결정한다. 다만, 시험재(제품)는 생산되는 제품들의 형상을 대표해야 하며, 생산되는 제품들의 최대 크기 및 평균 크기를 가져야 한다.
- (2) 제품의 특성에 따라 생산되는 제품 외에 별도의 제품을 적층 제조하여 시험재로 사용할 수 있다.
- (3) 생산되는 제품의 수량을 고려하여 시험재의 수를 우리 선급의 승인 후에 적절히 증가/감소시킬 수 있다.
- (4) 시험재(제품)가 요구되는 시험편을 모두 채취하기 어려운 형상 및 치수를 보유한 경우에는 필요한 방향(x,y,z)으로 추가하여 제품에 적층할 수 있다.
- (5) 시험재는 제품의 열처리 및 표면처리 등을 포함하는 최종 조건이 완료된 이후에 시험편 채취에 사용되어야 한다.

##### 3. 시험 방법

###### (1) 육안검사

- (가) 모든 제품의 모든 표면에 대해 육안 검사를 실시한다.
- (나) 제품의 크기/치수, 표면 거칠기 등을 측정하여 설계와 비교한다.

###### (2) 비파괴 검사

- (가) 검사 및 시험 계획에 따라 비파괴 검사를 실시한다.
- (나) 비파괴 검사는 제품의 재질 및 형상을 고려하여 내부 및 표면에 대한 결함 유무를 식별할 수 있는 검사 방법을 선택한다.

###### (3) 기계 시험

**선급기술규칙** 또는 이와 동등하다고 판단되는 국제/국가 규격에서 요구되는 바에 따른다.



### 203. 합격품의 표시

시험에 합격한 제품은 제품명 뒤에 *-AM*을 부기한다.

↓

---

발행 2020년 5월 20일

## 적층가공 승인 및 검사 지침서

발행인 이 형 철  
발행처 한 국 선 급  
부산광역시 강서구 명지오션시티 9로 36  
전화 : 070-8799-7114  
FAX : 070-8799-8999  
Website : <http://www.krs.co.kr>

---

신고번호 : 제 2014-000001호 (93. 12. 01)

Copyright© 2020, KR

이 지침서의 일부 또는 전부를 무단전재 및 재배포시 법적제재를 받을 수 있습니다.