# 직무변화 모니터링 보고서

[철강 : 재료시험/재료조직평가]

2025. 12.

재료산업 인적자원 개발위원회

(대표기관 : 한국철강협회)

# 목 차

제1장 사업 개요 ····· 05
1-1. 목적 및 필요성 ····· 05
1-2. 직무 선정 및 주요 내용 ····· 08

제2장 철강산업 생태계 분석 ····· 16
2-1. 철강산업 환경 분석 ····· 16
2-2. 철강산업 생태계 분석 ····· 20
2-3. 기업 집단별 특성 ····· 31

제3장 철강산업 정성 모니터링 ····· 38
3-1. 정성 모니터링 개요 ····· 38
3-2. 직무변화 모니터링 정성조사 결과 ····· 45
3-3. 직무변화 모니터링 정성조사 내용 ····· 47
3-4. 직무변화 모니터링 정성조사 시사점 ····· 68

제4장 활용 방안 ····· 80

비상업 목적으로 본 보고서에 있는 내용을 인용 또는 전재할 경우, 내용의 출처를 명시하면 자유롭게 인용하실 수 있으며, 보고서 내용에 대한 문의는 아래와 같이하여 주시기 바랍니다.

<재료산업 인적자원개발위원회 사무국>
허지회 과장, jihie.her@ekosa.or.kr, 02-559-3566

# 표 목 차

[표 1-1] 국내 2025년부터 2026년까지 AI·디지털 전환 기업 지원 정책 ···· 06
[표 1-2] 재료시험/재료조직평가 모니터링 필요 사유 ····· 09
[표 1-3] 전로제강/전기로제강 모니터링 필요 사유 ····· 10
[표 1-4] 산업환경 변화 주요 요인 ····· 13
[표 2-1] 철강산업 종사자 수 및 부가가치 규모 ····· 16
[표 2-2] 국내 조강 생산 및 철강재 수출량 ····· 16
[표 2-3] 2021년 기준 주요 산업별 연관효과 지수 ····· 17
[표 2-4] 2024~2026년 세계 철강 수요 전망 ····· 19
[표 2-5] 철강산업 기업 구분 ····· 29
[표 2-6] 금속재료 자격증 취득현황 ····· 33
[표 2-7] 금속엔지니어링 관련 취업 통계 ····· 33
[표 3-1] 재료시험/재료조직평가 직무수준 ····· 38
[표 3-2] 직무변화 모니터링 정성조사 수행 준비 ····· 45
[표 3-3] 직무변화 모니터링 정성조사 수행개요 ····· 45
[표 3-4] 현대제철 인터뷰 결과 ····· 47
[표 3-5] 대신품질연구소 인터뷰 결과 ····· 52
[표 3-6] 성광벤드 인터뷰 결과 ····· 55
[표 3-7] 두산에너빌리티 인터뷰 결과 ····· 58
[표 3-8] 현대비앤지스틸 인터뷰 결과 ····· 61
[표 3-9] 포스코 인터뷰 결과 ····· 62
[표 3-10] 대성기업 인터뷰 결과 ····· 64
[표 3-11] 피앤피 인터뷰 결과 ····· 67

# 그림 목차

[그림 1-1 포스코DX 스마트팩토리 ····· 06
[그림 1-2] 아마존 머신러닝 활용 ····· 06
[그림 2-1] 철강산업 가치사슬 모식도 ····· 20
[그림 2-2] 철강산업 제품 수요 분야 ····· 23
[그림 2-3] 제선 및 제강 공정도 ····· 27
[그림 2-4] 열간압연 공정도 ····· 29
[그림 2-5] 선재제품 제조 공정도 ····· 29
[그림 2-6] 철강산업 생태계 ····· 31
[그림 3-1] 삼성SDS Nexplant Platform 구성요소 ····· 68
[그림 3-2] 연구진이 구축한 스마트 실험실 개요 ····· 29
[그림 3-3] 북미 시험 자동화의 투자 추세 ····· 29
[그림 3-4] 자동화 시험기기 ····· 70
[그림 3-5] 오토노머스 랩 로봇팔 ····· 71
[그림 3-6] 자동 화학분석기 ····· 71
[그림 3-7] 극저온 인장 및 피로시험기 ····· 73
[그림 3-8] 자동화 20K 극저온 펜들럼 충격 시험기 ····· 73
[그림 3-9] 인스트론 고온 인장시험기 ····· 74
[그림 3-10] 극저온 고압인장시험기 ····· 74
[그림 3-11] 응력부식(SSRT)시험기 ····· 75
[그림 3-12] DIC 장비를 재료시험에 적용한 모습 ····· 76
[그림 3-13] DIC 측정 장비 ····· 76
[그림 3-14] 디지털 이미지 기법을 이용한 시험편 측정 과정 ····· 77

# 1 사업 개요

## 1 목적 및 필요성

### 1. 직무변화 모니터링 목적

#### □ 재료시험 및 재료조직평가 직무 중요성에 따른 직무변화 파악

○ 재료시험 및 재료조직평가 직무는 철강 산업 전반에서 제품의 성능, 안전성, 신뢰성을 최종적으로 판단하는 핵심 기술 직무로서, 산업 경쟁력과 직결되는 기반 기능을 수행하고 있음

○ 해당 직무는 과거 표준에 따른 시험 수행과 합격·불합격 판정 중심의 역할에서, 최근에는 설계 변경, 공정 조건 조정, 대외 인증·규제 대응의 근거 자료를 제공하는 고부가가치 직무로 전환되고 있음

○ 이에 따라 본 직무변화 모니터링은 재료시험 및 재료조직평가 관련 산업체를 대상으로 한 정성조사를 통해, 직무의 역할 변화, 수행 방식 변화, 요구 역량 변화를 체계적으로 분석하고자 함

#### □ 정부 및 국제정책 흐름에 따른 산업의 디지털 전환 확산 가속 등 산업환경 변화요인에 따른 직무변화 확인

○ 글로벌 전 산업 분야에서 디지털 전환(DX)은 생산 효율·품질·고객가치 제고를 위한 핵심 전략으로 확산 중

* 제조업에서는 설비·공정 데이터를 실시간으로 수집·표준화하고 AI로 최적 조건을 도출하는 방식이 보편화되고 있음
* (포스코) 스마트팩토리 데이터 플랫폼을 기반으로 공정 데이터의 수집·정렬·저장·분석 및 제어까지 연계하는 체계를 구축·운영 중임
* (아마존) 머신러닝 활용 고객맞춤형 추천 서비스, 로봇 및 시스템 활용 물류 효율성 증대

○ 세계 각국에서는 국가 경쟁력 강화를 위해디지털 전환 정책을 수립하여 기업의 DX 도입을 촉진하는 등 디지털 전환 확산을 위해 노력하고 있음

* (EU) 2030년까지 중소기업의 90% 이상이 기본 수준의 디지털 강도를 달성하는 목표를 제시하고 있음
* (호주) 2030년까지 세계 10대 디지털 경제·사회를 지향하는 디지털경제 전략을 추진하고 있음

[그림 1-1] 포스코DX 스마트팩토리

*출처 : 토마토뉴스 기사

[그림 1-2] 아마존 머신러닝 활용

*출처 : 아마존 홈페이지

○ 국내에서도 정부가 2025년부터 2026년까지 AI・디지털 전환 기업 지원 정책을 통해 디지털 전환을 위한 업종별・단계별 DX 확산을 위한 정책을 추진

[표 1-1] 국내 2025년부터 2026년까지 AI·디지털 전환 기업 지원 정책

| 지원 분야 | 주요 내용 | 대상 기업 |
|---|---|---|
| R&D 및 기술 개발 지원 | AI 솔루션 개발 자금, 디지털 전환 기술 고도화 바우처 | AI 스타트업, 스마트 팩토리 도입기업 |
| 인력양성 및 교육 | 재직자 교육 수강료 지원, 전문 인력 채용 보조 | 디지털 역량 강화 희망기업 |
| 자금 및 금융 지원 | 저금리 채용 융자, 투자 유치 연계 프로그램 | 디지털 기술 도입 초기 투자 부담기업 |
| 인프라 구축 및 컨설팅 | 클라우드 서비스 도입 지원, 디지털 전환 전략 컨설팅 | 클라우드 전환 희망 기업, 전략수립 어려움 겪는 기업 |

○ 디지털 전환 확산은 ‘생산 공정’뿐 아니라 ‘품질 판정·신뢰 확보’ 기능까지 디지털화하며, 재료시험·재료조직평가 직무의 역할과 책임 구조를 근본적으로 변화시키고 있음

- 자동화·전산화로 측정·기록의 편차는 줄어드는 반면, 데이터 결과 해석, 판정 근거 제시, 대외 설명·검증 대응의 중요성이 크게 확대됨
- 재료시험·재료조직평가 직무를 ‘아날로그 시험 수행 직무’에서 ‘디지털 기반 품질·신뢰 판단 직무’로 재정립하고, 디지털 전환 시대에 부합하는 직무 체계 및 요구 역량 방향을 제시함

## 2. 직무변화 모니터링 필요성

### □ 효율 및 생산성 극대화를 통한 산업경쟁력 제고를 위한 디지털 전환 확산

**○ 디지털 전환의 확산은 재료시험·재료조직평가 직무의 수행 방식 자체를 근본적으로 변화시키고 있음**

- 시험 장비의 자동화, 시험 데이터의 전산화 및 통합 관리, 이미지 분석 및 AI 기반 조직 판독 기술 도입으로 인해 단순 시험 수행의 비중은 감소하는 반면 시험 조건 설정, 결과 해석, 판정 근거 제시의 중요성은 지속적으로 강화되고 있음

**○ 디지털 전환은 산업 전반에 구조적 변화를 야기하며, 직무 역시 변화의 기로에 놓여 있음**

- 자동화·인공지능 기술로 대표되는 디지털 전환은 기존 산업을 보다 효율적이고 효과적인 방향으로 재편하고 있으며, 이 과정에서 기존 직무의 변화 및 신규 직무 창출을 동시에 유발하고 있음

① 포드 : 제조공정에 로봇 및 자동화 시스템을 도입함에 따라 단순 반복 작업은 자동화되는 반면, 신규로 로봇·자동화 설비의 운영·유지·보수를 담당하는 직무가 발생

② 지멘스 : 스마트 공장 도입을 통해 자동화된 시스템에서 생성되는 데이터를 분석하고 공정을 운영·관리하는 직무가 새롭게 확대

- 디지털 전환에 따른 직무변화는 기존 직무의 소멸 또는 요구 역량의 변화로 이어지며, 이에 대한 체계적인 재교육·재훈련이 필요
- 직무 변화가 발생할 경우, 기존 직무가 축소·소멸되거나 직무의 핵심 역량이 변화함에 따라 재직자를 대상으로 한 직업전환 교육 및 재훈련의 필요성이 증대됨

**□ 직무변화에 따른 요구 역량 및 수행 역할 변화에 대한 관찰·대응 필요**

○ 산업 환경변화와 신기술 도입은 직무의 해체·재구성과 같은 급격한 변화부터, 기존 직무 내 일부 역량 변화와 같은 점진적 변화까지 다양한 형태의 직무 변화를 초래할 수 있음

○ 직무의 크고 작은 변화는 신규 인력 수요를 창출하는 동시에, 기존 재직자에게는 새로운 역량 습득을 요구

- 이에 따라 직무 변화 양상을 체계적으로 관찰·분석하고, 향후 인력 수요 변화 및 교육·훈련 방향을 선제적으로 대응할 필요가 있음
- 특히 재료시험·재료조직평가 직무의 경우, 디지털 전환에 따른 데이터 해석·판정·책임 역량의 강화가 핵심 변화 요소로 작용하고 있어, 이에 대한 직무변화 모니터링이 필수적임

## ② 직무 선정 및 주요 내용

### 1. 직무변화 모니터링 직무 선정

**□ 대상 직무 선정 기준**

○ 산업환경 변화 시 가장 큰 영향을 받을 것으로 예상되는 산업군의 직무 선정

- 디지털 전환은 전 산업에 영향을 미치고 있으나, 그중에서도 영향의 강도와 변화 폭이 큰 직무를 중심으로 모니터링 필요

○ 이전 수행한 “직무변화 모니터링” 직무와 다른 직무로 직무를 선정

- 이에 따라 대표기관이 전문성을 보유한 분야의 직무를 중심으로 우선 수행하여, 모니터링 방법론과 분석 노하우를 축적하고자 함

- 이후 축적된 성과와 운영 경험을 참여기관과 공유함으로써, 향후 직무변화 모니터링 사업의 확산 및 타 직무·타 산업으로의 적용을 지원하는 것을 목표로 함

## □ 대상 직무 선정 결과

○ 직무변화 분과위원회를 통해 직무변화 모니터링 대상직무를 논의하여 재료시험/재료조직평가와 전로제강/전기로제강을 후보군으로 선정함

[표 1-2] 재료시험/재료조직평가 모니터링 필요 사유

| 구 분 | 내 용 |
|---|---|
| 주요 변화사항 | o Smart Factory 발전방향에 따른 디지털 및 자동화에 따른 생산 방향이 전환되고 있음<br>o 최근 10년간 원가 경쟁력이 있는 로봇자동화 시험설비 구축 및 시험판정 자동화, 데이터 기반해석기법이 급격하게 발전함<br>o 광학현미경 수준에서 전자현미경, X-ray 분석 등 다차원 분석으로 발전하고 있고, 생산공정의 실시간 모니터링 기술연구가 진행됨<br>o 고기능성 소재개발 확대에 따라 미세조직 분석 · 평가기술이 제품 성능확보의 핵심으로 부각되고 있고, 첨단 장비의 활용도가 높아짐 |
| 모니터링 필요사유 | o 최근 다양한 환경에서 적용되는 재료특성을 평가할 수 있는 시험의 필요성이 증대되고 있음<br>o 직무변화에 따른 과거의 근로자 개인의 기능에 의한 수작업 프로세스에서 현재는 로봇자동화, AI 전환 등을 통한 자동화의 급속 확산에 따른 운영 전략수립 필요<br>o 철강산업의 디지털 전화과 친환경 기술도입으 로 인해 소재 특성에 대한 정밀 시험 수요가 증가하고 있으며, 이에 대한 모니터링이 필요함 |

[표 1-3] 전로제강/전기로제강 모니터링 필요 사유

| 구 분 | 내 용 |
|---|---|
| 주요 변화사항 | o 최근 온실가스 저감 및 에너지 효율성 강화 요구로 전기로 비중이 확대되며, 스크랩 활용률을 높이는 동시에 전력 절감·재생에너지 연계 기술이 현장에 적용되고 있음<br>o 조업에 IoT 센서, AI 제어시스템이 도입되면서 온도·조성·전력 소비를 실시간으로 제어하는 방식으로 변화하며, 조업자의 경험 의존도가 줄고 데이터 기반 의사결정이 강조됨<br>o 직무역량이 단순조업에서 에너지 관리·원료 품질 관리·탄소 배출 저감 관리로 전문성 확대되고 전기 및 제어 기술 이해도가 필수 역량으로 자리잡음 |
| 모니터링 필요사유 | o 최근 고객사에서 탄소저감 제품 공급 요구가 증가함에 따라 탄소 중립 및 친환경 제강 전환 요구에 따라 친환경 인증 대응 위한 업무가 증가하고 있으며, 이에 따른 직무변화 모니터링이 필요함<br>o 전문조작 자동화로 작업자 개입을 최소화하고, 안전 및 생산성 향상, 처리시간 단축을 위한 신규기술이 적용되고 있음<br>o 설비 운영 및 관리에 디지털 기술이 도입되어 실시간 모니터링 및 예측 유지보수 업무가 증가하고, 자동화 설비도입으로 반복적이고, 단순한 작업이 감소함 |

o 2024년에 냉간압연/열간압연에 대해 모니터링 직무를 수행하였으며, 전로제강/전기로제강은 모니터링 수행 시 공정 특성 상 직무가 작년 수행한 냉간압연/열간압연과 유사한 측면이 많아 2025년에는 재료시험/재료조직평가 직무변화 모니터링을 수행키로 함

**o 재료시험/재료조직평가 직무 시장환경**

**- 인력 공급의 절벽**

・현황 : 금속 관련 직업계고 졸업자 수가 2022년 470명에서 2024년 41명으로 91.3% 급감함. 이는 현장 실무를 담당할 신규 인력 공급망이 붕괴 수준임을 의미함

・시사점: 기업은 인력난 해소를 위해 공정 자동화를 가속화할 것이며, 이에 따라 단순 시험 인력보다는 자동화된 시험 장비를 운용하고 데이터를 해석할 수 있는 '소수 정예 전문가'의 몸값이 급등할 것으로 전망됨

**- 자격 취득의 양극화**

・현황: 최근 3년간 자격 취득 추이를 보면, 기능장(+109%)과 기술사(증가세) 등 고숙련 자격 취득은 늘어난 반면, 중간 허리층인 산업기사(-10.3%) 취득은 감소함

・시사점: 현장 엔지니어들이 단순 오퍼레이터에서 벗어나 '마스터(Master)'급 역량을 갖추기 위해 노력하고 있음. 시장은 이제 어중간한 기술보다는 확실한 전문성을 갖춘 고급 기술자를 원하고 있음

- 대외 환경: 탄소중립과 품질 규제

・현황: EU CBAM(탄소국경조정제도)과 미국 무역확장법 232조 등 글로벌 규제는 제품 성능뿐만 아니라, 제조 과정에서 발생한 내재 탄소배출량에 대한 정량적 데이터 보고와 검증을 기업에 요구하고 있음

・시사점: 탄소 감축을 위한 전기로 확대와 스크랩 사용 증가는 탄소 측면에서는 유리하나, 구리(Cu), 주석(Sn) 등 트램프 엘리먼트 및 비금속 개재물 증가로 인한 품질 리스크를 동시에 확대시킴. 이에 따라 탄소 데이터 관리와 함께, 미세조직 분석을 통해 품질 변동성을 통제하는 재료시험・조직평가 수요가 병행 확대될 것으로 전망됨

## 2. 직무변화 모니터링 주요 내용

### □ 산업환경 변화와 영향을 확인하기 위한 산업 생태계 분석

○ 산업 및 직무변화는 특정 산업 또는 공정의 일부에서 시작되어, 전・후방 산업 및 연관 직무로 확산되는 경향이 높아 산업 생태계 전반에 대한 분석이 필요

- 산업 변화는 단일 기업이나 개별 직무 차원에서 발생하기보다 산업의 가치사슬을 따라 원자재 조달-생산-가공-유통-소비 단계 전반으로 파급되는 특성을 가짐

- 이에 따라 전・후방 산업 연계 구조, 원・하청 관계, 세부 업종 간 생산-소비 연계 관계 등을 종합적으로 고려한 다각적인 산업 생태계 분석을 통해 변화의 흐름과 영향 범위를 확인할 필요가 있음

- 가치사슬을 기반으로 한 산업 생태계 분석은 산업 내 각 주체 간 연관 관계와 특정 직무 변화가 타 직무·타 산업으로 확산되는 경로를 체계적으로 파악하는 데 유용함

**○ 산업계 중심의 산업 생태계 분석을 통해 현장성 높은 산업 구조 이해 도모**

- NCS 직무맵은 ISC에서 산업계 의견을 반영하여 구축한 자료로, 산업 구조 이해와 국가직무능력표준 개발 시 중요한 기준점으로 활용되고 있음
- 다만 직무맵은 생산공정을 중심으로 직무를 나열한 구조로, 산업 간 상호 영향 관계나 산업환경 변화에 따른 직무 변화의 수준과 강도를 파악하는 데에는 한계가 존재함
- 또한 직무맵은 생산공정을 기준으로 직무를 나열한 자료이며 산업 간 영향력과 직무의 변화 수준을 확인하는 데 한계가 있음
- 이에 직무변화 모니터링을 위해서는 직무맵을 기초 자료로 활용하되, 산업 현장의 관점에서 산업 간 영향력과 변화 흐름을 보다 세분화한 확장된 산업 생태계 분석이 필요함

**○ 산업 이해도 제고를 위한 유사 집단 범주화 분석 추진**

- 산업 및 직무를 보다 구조적으로 이해하기 위해, 산업분류 체계 내에서 기업 특성이 유사한 집단을 범주화하여 분석함
- 이를 통해 일부 기업 또는 직무에서 발생한 변화가 동일 집단 내로 확산될 가능성과 파급 정도를 분석하고, 산업환경 변화에 따른 직무 변화의 구조적 특성을 보다 정밀하게 파악하고자 함

**□ 직무 종사자 대상 정성 조사**

**○ 산업 생태계 분석 과정에서 도출된 산업환경 변화 요인에 대한 현장 검증**

- 문헌조사 및 산업 생태계 분석을 통해 산업환경 변화 요인을 도출하고, 이 중 산업 및 직무에 영향을 미칠 가능성이 높은 요인을 잠정적 직무변화 선행요인으로 설정함
- 전 세계적·전 산업적으로 나타나는 거시적 변화 요인을 고려하되, 산업 현장에서 직무 종사자가 실제로 체감하는 변화 요인을 우선적으로 검증함

- 현업자의 인식과 경험을 통해 변화 요인의 실효성을 확인하고, 이를 토대로 문헌조사 결과를 보완・정교화

[표 1-4] 산업환경 변화 주요 요인

| 요인 구분 | 주요 내용 |
|---|---|
| **기술** | 자동화 및 인공지능(AI), 디지털 전환, 첨단 제조기술 등 |
| **경제** | 공급망 변화, 경제 위기 및 경기 변동, 산업구조 재편 등 |
| **사회** | 인구학적 요소, 소비자 행동 변화, ESG 등 |
| **정치** | 규제 강화, 정부 지원 및 정책 변화 |
| **환경** | 기후 변화 대응, 자원 고갈 및 환경 보호 |
| **문화** | 디지털 문화 확산, 직장 내 다문화 등 |

*출처 : 토마토뉴스 기사

**○ 직무변화를 유발할 수 있는 주요 요인에 대한 철강산업의 대응 현황 점검**

- 직무변화를 야기할 가능성이 높고 산업 전반에 공통적으로 영향을 미칠 수 있는 요인을 중심으로 우선 검토함
  - (친환경) 탄소중립, 환경오염 방지 등 환경 규제 강화에 따른 공정・직무 변화
  - (디지털전환) 자동화, 데이터 수집・활용 확대, 인공지능 도입에 따른 업무 방식 변화
  - (수요산업) 조선・자동차・에너지 등 수요 산업 및 기술 트렌드 변화에 따른 소재 요구 특성 변화

**○ 문헌조사로 포착하기 어려운 직무변화 요인 및 현장 대응 방식 도출**

- 외부 공개 자료만으로는 파악하기 어려운 현업자가 인지하는 직무 변화 요인을 정성조사를 통해 도출함
  - (사업 확장) 설비증설, 공정 변경, 생산 제품 다변화 등 기업의 사업 전략 변화
  - (인력 계획) 채용 방식 변화, 퇴직 예정 인력 활용, 채용 경로 다변화 등 인적자원 관리 요인
- 이외에도 사전 조사에서 예상하지 못한 간접적 요인(연관 산업 변화, 세대 인식 변화, 산업 이미지 변화 등)에 대해서도 개방형 질문을 통해 검토함

**○ 실제 산업 현장에서의 직무변화 발생 여부 및 근거 확인**

- 문헌조사를 통해 정의한 직무변화 요인이 실제 산업 현장에서 직무변화를 유발했는지 여부를 확인하고, 그 결과에 따라 조사 방향을 탄력적으로 조정
  ·(영향 발생) 문헌조사로 정의한 요인이 실제 직무 변화로 이어진 경우
  ·(영향 미발생) 해당 요인의 영향이 없거나 미미한 경우
  ·(기타) 사전 정의되지 않은 요인으로 직무 변화가 발생한 경우
- 영향이 확인된 경우에는 해당 요인을 직무변화 선행요인으로 정의하고, 질문을 통해 아래 사항 확인
  · 직무변화에 가장 큰 영향을 미친 요인
  · 변화로 인해 가장 크게 달라진 직무 내용 및 요구 역량
  · 직무변화에 따른 역량 중요도의 변화 여부 등을 심층적으로 조사함
- 반대로 영향이 미미한 경우에는 그 원인과 중장기적 변화 가능성, 변화가 억제된 요인 등을 분석함

**○ 동일 직무에 대한 다양한 의견 출처 확보를 통한 조사 결과의 산업 대표성 제고**

- 동일한 환경 변화 요인이라도 사업장별로 상이한 영향을 받을 수 있으므로, 다양한 기업·사업장에 재직 중인 직무 전문가를 대상으로 정성조사 실시
- 같은 기업 내에서도 사업장별 설비 수준, 공정 특성, 대응 전략에 따라 직무 변화의 시기와 강도에 차이가 발생할 수 있으므로, 복수의 정보 출처를 통해 편차 여부를 검증함
- 이를 통해 조사 결과가 특정 기업이나 사업장에 국한되지 않고, 산업 전반을 대표할 수 있는 직무변화 분석 결과로 활용될 수 있도록 함

**□ 산업현장 직무와 연계한 각종 자료 개선·개발 및 시사점 제시**

**○ 산업현장 직무변화 관측 결과를 반영한 직무맵 최신화 추진**

- 직무맵은 산업 내 직무를 조사·분석하여 최신 산업 트렌드를 반영하는 기초 자료로서, NCS 및 SQF 개선·개발의 핵심 기반 자료로 활용됨

- 직무변화 모니터링을 통해 확인된 직무의 역할 변화, 수행 방식 변화, 요구 역량 변화는 직무맵의 직무 분류, 직무 수준, 직무 정의 등 구성 요소에 반영하여 향후 NCS 및 SQF 개정 시 참고 자료로 활용할 필요가 있음

- 직무변화가 일부 사업장에 국한되거나 산업 전반으로 확산되지 않은 경우에는, 직무맵의 구조적 변경보다는 직무변화 요인과 관측 결과를 직무맵 설명에 보완적으로 제시함으로써 향후 직무 변화 가능성을 시사하는 참고 자료로 활용함

- 다만, 신규 직무가 등장한 경우에는 다음 사항을 종합적으로 고려하여 직무맵 반영 여부를 신중히 검토함
  ・(일회성) 단기적・일시적 수요 대응을 위한 임시・계약직 성격의 직무인지 여부
  ・(확산성) 특정 기업 또는 사업장의 특수성에 기인한 직무인지, 산업 전반으로 확산될 가능성이 있는지 여부
  ・(수요성) 기존 인력의 역량 강화 교육을 통해 대체 가능한 직무인지, 별도의 직무로 분리할 필요가 있는지 여부

**○ 직무변화에 따른 Re-Skilling 및 Up-Skilling 수요 확인과 대응 방안 마련**

- 직무변화가 발생할 경우, 특히 종사자 수가 많은 직무일수록 고용 구조에 미치는 영향이 커질 수 있으므로 선제적인 변화 관측과 대응이 필요함

- 직무 내용 및 요구 역량이 변화한 경우에 기존 종사자를 대상으로 새로운 직무로의 전환을 지원하는 전환교육 또는 변화된 직무를 보다 높은 숙련 수준으로 수행할 수 있도록 지원하는 강화교육이 요구됨

- 이에 직무변화 모니터링 결과를 바탕으로 직무별 전환교육・강화교육 수요를 파악하고, 산업계・교육기관・정책 주체 간 협의를 통해 선제적인 교육・훈련 대응 방안을 논의함

- 아울러 산업 관련 교육을 제공하는 대학, 직업계고, 훈련기관 등을 대상으로 산업 직무변화에 대한 인식 수준과 교육과정 반영 여부를 조사함으로써, 직무변화가 실제 교육 현장에 적절히 반영되고 있는지 점검할 필요가 있음

# 2 철강산업 생태계 분석

## 1 철강산업 환경 분석

### 1. 철강산업 현황

#### □ 철강산업 시장 개요

○ 철강산업은 국가 기간산업이자 핵심 기초소재산업으로 국민 경제 및 고용 창출에 핵심적 역할을 수행하고 있으며, 제조업 부가가치의 4.7%를 창출하는 등 주력 산업으로서의 위상을 유지하고 있음

[표 2-1] 철강산업 종사자 수 및 부가가치 규모

(단위 : 명, 백만원, %)

| 산업별 | 종사자 수 | 부가가치 | 제조업 대비 비중 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 종사자 | 부가가치 |
| 제조업(전체) | 2,974,315 | 672,555,075 | - | - |
| 제철, 제강 및 합금철 제조업 | 3,827 | 372,610 | 0.1 | 0.1 |
| 철강 압연, 압출 및 연신제품 제조업 | 45,693 | 20,962,247 | 1.5 | 3.1 |
| 철강관 제조업 | 26,010 | 4,521,007 | 0.9 | 0.7 |
| 기타 1차 철강 제조업 | 23,063 | 4,208,111 | 0.8 | 0.6 |
| 철강 주조업 | 8,977 | 1,350,766 | 0.3 | 0.2 |
| 계 | 107,570 | 31,414,741 | 3.6 | 4.7 |

* 자료: 광업·제조업조사, 통계청, 2023년 기준

○ 글로벌 시장에서 국내 조강 생산량은 세계 6위, 수출량은 세계 3위를 지속 유지 중이며, 총생산량의 약 44%가 수출에 해당하여 국내 철강산업은 대표적인 수출 주도형 산업으로 자리매김하고 있음

[표 2-2] 국내 조강 생산 및 철강재 수출량

| 조강생산 | | | 철강재 수출 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2021 | 2022 | 2023 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 6위 (70.4백만톤) | 6위 (65.8백만톤) | 6위 (66.7백만톤) | 4위 (27.1백만톤) | 4위 (25.7백만톤) | 3위 (27.3백만톤) |

* 자료: worldsteel, 2025년 기준

○ 아울러 철강산업은 자동차, 조선 등 전방산업(수요산업)과 원료・에너지 등 후방산업 간의 생산 유발 효과가 매우 높은 산업 연관 구조를 형성하고 있음

[표 2-3] 2021년 기준 주요 산업별 연관효과 지수

| 구분 | 철강 | 석유화학 | 자동차 | 조선 | 반도체 | 가전 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 생산유발계수 | 1.80 | 1.71 | 2.53 | 2.36 | 1.45 | 2.18 |
| 부가가치유발계수 | 0.53 | 0.47 | 0.67 | 0.56 | 0.65 | 0.65 |
| 영향력계수 (후방연쇄효과) | 0.95 | 0.90 | 1.34 | 1.24 | 0.76 | 1.15 |
| 감응도계수 (전방연쇄효과) | 1.62 | 1.76 | 1.17 | 0.58 | 0.89 | 0.59 |
| 수입유발계수 | 0.47 | 0.53 | 0.33 | 0.44 | 0.35 | 0.35 |
| 고용계수 | 0.72 | 0.35 | 1.30 | 2.37 | 0.60 | 1.28 |
| 고용유발계수 | 2.66 | 1.72 | 4.90 | 6.55 | 1.82 | 4.59 |
| 취업계수 | 0.73 | 0.37 | 1.34 | 2.42 | 0.61 | 1.34 |
| 취업유발계수 | 3.30 | 2.21 | 5.89 | 7.63 | 2.19 | 5.65 |

* 자료: 산업통계분석시스템, 산업연구원, 2021년 기준

## □ 국내 철강산업 동향

○ 국내 철강산업은 2024년 내수 5천만 톤 붕괴 이후 2025~2026년에도 구조적 수요 부진이 지속되며, 경기순환을 넘어선 저성장 고착 국면에 진입한 것으로 평가됨

- (내수) 2025년 저점 형성 후 2026년 제한적 반등 전망

  ・국내 철강 내수는 2024년 5천만 톤 붕괴 이후 2025~2026년에도 45백만 톤 수준에 정체될 것으로 전망임

  ・이는 2009년 금융위기(45.4백만 톤) 이후 최저 수준이며, 단기적 경기 회복이 아닌 구조적 수요 축소 국면으로 판단됨

  ・건설경기 위축에 따라 봉형강 수요는 역사적 저점을 기록하고 있으며, 자동차・기계・조선 등 제조업 수출 둔화로 판재류 수요 역시 증가 모멘텀을 확보하지 못하는 상황임

  ・2026년에는 기저효과에 따른 2% 내외의 소폭 반등 가능성이 제기되나, 민간 건축과 지방 건설경기 회복이 지연될 경우 반등 폭은 극히 제한적일 것으로 전망됨

- (생산) 내수 위축·수출 정체에 따른 저수준 생산 구조 고착화
  - 국내 철강 생산은 내수 수요 축소와 글로벌 가격 약세, 수출 경쟁 심화의 영향으로 조강 생산량이 중장기적으로 6천만 톤 초반대에서 정체되는 흐름이 지속될 가능성이 높음
  - 중국산 저가 공세 확대와 선진국 수입규제 강화로 국내 생산의 외형 확대 여건은 구조적으로 제약되는 국면에 진입한 것으로 판단됨

- (수출) 중국 저가공세·보호무역 강화로 구조적 제약 심화
  - 판재류·봉형강 모두 동남아, 중동, 중남미, 아프리카 등 신흥시장 중심으로 수출 지역을 다변화하며 저가 공세를 본격화
  - 미국, EU는 관세·CBAM·반덤핑 규제를 병행 강화하며 한국산 철강에 대한 견제가 구조화
  - 이에 따라 국내 철강 수출은 확대 국면이 아닌 '방어 국면'에 진입한 것으로 판단되며, 기존 주력 시장에서는 물량 유지조차 어려운 구조가 형성

- (수입) 중국·일본 중심 수입 구조 고착화, 시장잠식 압력 지속
  - 국내 철강 수입은 내수 둔화로 전체 물량은 정체되는 흐름이나, 중국·일본산 비중이 90% 이상을 차지하는 구조는 유지
  - 특히 중국산 강재는 가격 경쟁력을 바탕으로 열연강판·후판·반제품 중심으로 점유율 확대 기조를 지속
  - 내수 대비 수입재 비중 확대는 국내 철강기업의 가격 협상력 약화 및 수익성 저하 요인으로 상시 작용하는 구조가 고착화되는 양상

## 2. 해외 철강산업

### □ 해외 철강산업 동향

○ 주요 지역·국가별 수요 구조 변화

- 선진국의 경우 EU+영국과 미국은 2025년을 저점으로 점진적인 회복이 예상되지만, 전반적인 성장세는 매우 제한적임
- 신흥국 가운데 인도는 글로벌 철강 수요 성장의 핵심 축으로 부상하고 있음

- 지역 블록 차원에서는 아세안・MENA・아프리카・중남미 등 광범위한 신흥국에서 견조한 수요 확대가 동시다발적으로 나타나고 있음

- 이러한 흐름을 종합하면, 2025~2026년 글로벌 철강 수요는 중국・선진국의 정체・감소와 인도・아세안・MENA・아프리카・중남미 등 신흥국의 고성장이 상쇄・결합된 '저성장・고변동' 국면으로 전개될 전망임

[표 2-4] 2024~2026년 세계 철강 수요 전망

(단위: 백만 톤,%)

| 지역 | 물량 | | | 전년비 성장률('25.10) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2024 | 2025(f) | 2026(f) | 2024 | 2025(f) | 2026(f) |
| 유럽연합(27) & 영국 | 140.3 | 142.0 | 146.6 | 2.0 | 1.3 | 3.2 |
| 기타 유럽 | 45.3 | 46.9 | 47.7 | 1.5 | 3.4 | 1.8 |
| 러시아 & 기타 CIS + 우크라이나 | 59.2 | 56.1 | 55.2 | -1.9 | -5.2 | -1.7 |
| USMCA | 129.7 | 128.1 | 130.9 | -2.1 | -1.2 | 2.2 |
| 중남미 | 46.8 | 49.4 | 50.4 | 2.2 | 5.5 | 2.2 |
| 아프리카 | 40.1 | 41.1 | 43.0 | 5.8 | 2.4 | 4.7 |
| 중동 | 57.9 | 60.1 | 62.5 | 5.5 | 3.7 | 4.0 |
| 아시아 & 오세아니아 | 1230.0 | 1225.5 | 1236.1 | -2.7 | -0.4 | 0.9 |
| **세계** | **물량** | | | **전년비 성장률('25.10)** | | |
| | **2024** | **2025(f)** | **2026(f)** | **2024** | **2025(f)** | **2026(f)** |
| 세계 | 1749.4 | 1749.2 | 1772.5 | -1.6 | 0.0 | 1.3 |
| 세계(중국 제외) | 892.8 | 909.7 | 941.4 | 2.3 | 1.9 | 3.5 |
| 선진국 | 348.9 | 347.2 | 352.5 | -2.1 | -0.5 | 1.5 |
| 중국 | 856.6 | 839.5 | 831.1 | -5.4 | -2.0 | -1.0 |
| 인도 | 147.9 | 161.1 | 175.7 | 11.4 | 8.9 | 9.1 |
| 신흥·개도국 (중국·인도 제외) | 395.9 | 401.4 | 413.3 | 3.4 | 1.4 | 3.0 |
| ASEAN(5) | 78.5 | 80.8 | 84.1 | 8.4 | 3.0 | 4.0 |
| MENA | 74.5 | 76.9 | 80.2 | 8.1 | 3.2 | 4.4 |
| **국가** | **물량** | | | **전년비 성장률('25.10)** | | |
| | **2024** | **2025(f)** | **2026(f)** | **2024** | **2025(f)** | **2026(f)** |
| 대한민국 | 47.8 | 44.8 | 45.1 | -8.9 | -6.3 | 0.6 |
| 중국 | 856.6 | 839.5 | 831.1 | -5.4 | -2.0 | -1.0 |
| 인도 | 147.9 | 161.1 | 175.7 | 11.4 | 8.9 | 9.1 |
| 미국 | 89.1 | 90.7 | 92.3 | -1.6 | 1.8 | 1.8 |
| 일본 | 49.7 | 48.1 | 47.7 | -3.9 | -3.1 | -0.8 |
| 러시아 | 43.7 | 40.2 | 39.0 | -2.1 | -8.0 | -3.0 |
| 튀르키예 | 38.3 | 39.7 | 40.3 | 0.6 | 3.7 | 1.5 |
| 멕시코 | 27.8 | 24.9 | 25.9 | -4.3 | -10.5 | 4.0 |

자료: Worldsteel, Short Range Outlook 2025년 10월 기준

*ASEAN(5) : 인도네시아, 말레이시아, 필리핀, 태국, 베트남

## 2 철강산업 생태계 분석

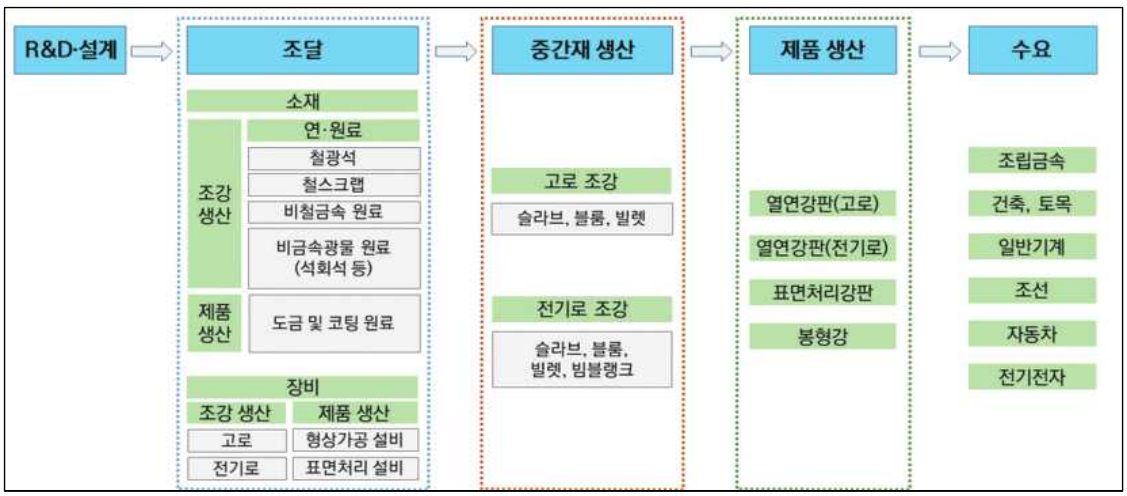
### 1. 철강산업 가치사슬

#### □ 철강산업 가치사슬 분석

○ 전반적인 철강산업을 보면 설계부터 수요에 이르는 5가지 단계로 이루어지며, 이는 과정을 한눈에 볼 수 있도록 아래와 같이 표현 가능함

- 공정을 기준으로 설명할 때에는 조달에서 제품생산까지를 주로 설명함

[그림 2-1] 철강산업 가치사슬 모식도




* 출처 : 산업연구원, 2023, 철강산업의 가치사슬별 경쟁력 진단과 정책방향

○ 철강산업 가치사슬(Value Chain)을 표현하면 “R&D・설계 → 조달 → 중간재 생산 → 제품 생산 → 수요”의 순서로 제시할 수 있음

- 철강산업의 가치사슬은 원료・설비・공정기술에서 시작해 제품화・유통을 거쳐 전방 수요산업으로 연결되며, 최근에는 탄소중립(저탄소 공정 전환)과 디지털 전환(데이터 기반 운영・품질관리)이 영향을 미치고 있음

- (R&D 설계)

  ・ 철강재 생산을 위한 최적의 물리적・화학적 조성을 연구하고, 목표품질・원가・생산성・환경성을 달성하기 위한 공정 조건을 설계하는 단계

  ・ 최근에는 고강도・극저온・수소 환경 대응 소재, 수요산업 맞춤형 고부가 강종 개발과 함께, 공정 데이터・시험 데이터 기반의 설계 고도화가 확대되는 추세

- (조달)

  · 철강제품 생산을 위한 기초 소재·부자재를 확보하는 단계로, 철광석, 유연탄, 철스크랩, 합금철·비철 첨가소재 등 원료 조달을 포함함

  · 또한 생산설비 설치·유지·보수에 필요한 설비·부품·소모품 조달까지 포괄하며, 최근에는 원료 품질 변동 관리와 공급망 리스크 대응의 중요성이 증대

- (중간재 생산)

  · 원료를 용해·정련하여 중간재(예: 슬래브·빌릿 등)를 생산하는 단계로, 고로 기반 일관공정 및 전기로 공정 등을 통해 제조됨

  · 최근에는 탄소중립 대응으로 전기로 비중 확대, 에너지 효율 개선, 원료 다변화가 진행되며, 이에 따라 조업 조건 최적화, 원료 불순물 관리, 공정 이상 탐지 등 데이터 기반 운영이 강화되는 추세

- (제품 생산)

  · 철강산업의 완제품이자 전방 수요산업의 중간재가 되는 제품(판재류, 봉형강, 선재, STS 등)을 생산하는 단계

  · 품질 경쟁이 심화됨에 따라 치수·표면·기계적 성질 뿐 아니라, 용도 특성(성형성·용접성·취성/균열 저항 등)을 만족시키기 위한 정밀 공정 제어 및 품질 보증 체계가 고도화되고 있음

  · 특히 고객 요구 및 국제 규격 대응을 위해 시험·검사 데이터의 표준화·추적성 확보(성적서 신뢰, 이력 관리)가 중요해지는 추세

- (수요)

  · 철강제품을 사용하는 전방 산업 영역으로, 건설·자동차·조선·기계·에너지·플랜트 등에서 핵심 기초소재로 활용됨

  · 최근에는 안전·품질 규제 강화, 공급망 책임(원산지·품질·탄소 데이터) 요구 확대, 고부가 제품 중심의 조달 변화 등으로 인해, 단순 납품을 넘어 품질·성능·데이터(시험/인증/탄소) 기반 신뢰 제공의 중요성이 증대

○ 철강산업은 자동차·조선·건설 등 국가 주력 제조업 전반에 필수적인 기초 소재를 공급하며, 산업·수출·고용 측면에서 국가 경제의 중추적 역할 수행

- 전방산업은 철강 제품을 주요 원재료로 사용하는 산업군으로, 전방 수요의 변화가 철강 수급·품질에 직접적인 영향을 미침
  - ·자동차 : 차체, 섀시, 배터리팩 하우징·보강재 등
  - ·건설 : 건축 구조재, 교량·터널·플랜트 등
  - ·조선 : 선박의 구조와 부품 제작에 필수적인 원재료
  - ·가전제품 : 냉장고, 세탁기, 에어컨 등의 내부 구조 및 외장재
  - ·기계 : 공작 기계, 농업 기계, 중장비 등 기계의 부품 제작용
- 후방산업은 철강 생산을 위한 원재료·설비·에너지·소재를 공급하는 산업군으로, 원료 품질·가격·조달 안정성이 철강 원가 및 품질 경쟁력에 직접 영향을 미침
  - ·광업 : 철광석, 석탄, 철스크랩 등(최근 스크랩 활용 확대에 따른 원료 품질 변동 관리 중요)
  - ·화학 : 석회석·합금원료·플럭스·각종 화학 첨가제 등(품질·조업 안정성에 영향)
  - ·에너지 : 전력·연료·산소/질소 등(전기로 확대 및 에너지비용 변동성으로 중요도 상승)
  - ·설비 : 대형 설비, 자동화·제어 시스템, 유지·보수 부품(설비 신뢰성·가동률이 경쟁력 핵심)

○ 철강산업은 전·후방 산업과 상호의존적 관계를 유지하며, 이러한 연계성 때문에 산업 생태계 내 파급효과가 큰 핵심 기반산업으로 기능

- 전방산업의 수요(물량·규격·성능 요구)가 철강산업의 생산량, 제품 포트폴리오, 품질 기준을 결정하며, 철강 제품의 품질·공급 안정성은 전방산업의 제품 완성도·안전·납기에 직접 영향을 미침
- 후방산업의 원료·에너지·설비 공급 여건은 철강산업의 원가·가동률·생산 효율·품질 안정성을 좌우하며, 철강산업의 생산 수준은 후방산업의 물량·투자·공급 구조에도 영향을 미침
- 최근에는 공급망 리스크(원료·물류)와 품질·탄소 데이터 요구(추적성)가 강화되면서, 전후방 연계가 단순 물량 연결을 넘어 데이터 기반 신뢰·책임 구조로 확대되는 추세

○ 철강산업은 대표적인 장치산업으로 대규모 설비투자와 높은 고정비 구조를 기반으로 하며, 규모의 경제와 가동률이 경쟁력의 핵심

- 고로 등 핵심 설비는 초대형 투자와 장기간 운영을 전제로 하므로 산업 집중도가 높고, 설비 특성상 단기간에 생산량을 탄력적으로 조절하기 어려워 경기 변동 시 수급 불균형(과잉・부족)이 발생할 수 있음
- 수급 불균형은 수출입을 통해 완충되는 경향이 있어, 철강산업은 글로벌 경기・국제 수요・해상운임・환율 등 대외 변수에 민감하게 반응함
- 또한 철강은 세계적으로 교역 비중이 큰 품목군으로, 과잉 공급・가격 경쟁 심화 국면에서 반덤핑, 상계관세, 세이프가드 등 무역구제조치와 통상 규제가 빈번하게 적용되는 산업 특성을 가짐
- 최근에는 여기에 더해 탄소규제, 공급망 책임이 강화되면서, 무역 환경 변화가 단순 가격 경쟁을 넘어 품질・인증・데이터 경쟁으로 확장되는 추세

[그림 2-2] 철강산업 제품 수요 분야

[자동차 프레임] [건축 철구조물] [가전제품] [조선]

* 출처 : 포스코 홈페이지

## □ 철강산업 가치사슬 - R&D 설계(연구개발)

○ 국내 철강산업의 연구개발 활동은 제품연구와 공정연구로 구분되며, 산업 특성상 핵심 R&D 역량은 소수의 대규모 철강 기업에 상대적으로 집중되는 경향이 있음

- 제품연구는 강재의 물성・성능・품질이 원료 조성 및 제선・제강・정련 등 상 공정에서 크게 좌우되는 특성이 있어, 대규모 설비・데이터・시험인프라를 보유한 기업을 중심으로 수행되는 비중이 높음

- 공정연구는 공정 전반의 최적화·고도화를 다루며, 공정 간 상호작용을 실증할 수 있는 통합 설비와 운영 데이터가 필요한 만큼 전 공정을 보유한 대기업 중심으로 연구가 수행되는 경향이 있음
- 다만 최근에는 소재·부품·장비, 분석·시험 전문기관, 대학·연구소와의 협업이 확대되면서, 특정 세부 기술(분석·시뮬레이션·AI 등) 영역에서 분업형 R&D 생태계가 강화되는 추세임

○ 최근 국내 철강산업의 R&D는 고부가가치 강재 개발, 탄소중립·친환경 전환, 디지털 전환 기반 공정·품질 혁신을 중심으로 확대되는 추세

- 고부가가치 강 개발은 전방산업의 고도화 요구에 대응하기 위해 수행되며, 극저온(LNG·액화수소 등), 고압·고하중, 내식 환경 등 극한 사용 조건에서 성능을 확보할 수 있는 강재 개발을 통해 수요산업(조선·에너지·플랜트·자동차 등) 내 신규 시장 및 고부가 영역을 확대하는 목적을 가짐
- 탄소중립·친환경 R&D는 공정 전환과 배출 저감을 동시에 목표로 하며, 생산과정에서 발생하는 이산화탄소의 포집·활용·저장(CCUS) 기술 검토와 함께 전기로 확대, 저탄소 원료 활용, 수소환원제철 등 비 고로 중심 또는 저탄소 공정 전환 기술에 대한 연구가 병행되는 추세임
- 디지털 전환(DX) 기반 R&D는 공정·품질을 데이터 기반으로 최적화하는 방향으로 전개되고 있으며, 공정 데이터 수집·표준화, AI 기반 품질 예측, 설비 예지보전, 디지털 트윈 등 데이터·AI 기반 의사결정 체계 구축이 핵심 과제로 부상함
- 이는 R&D 단계에서부터 실험·시험·분석 데이터의 중요성을 높이며, 향후 제품개발 및 공정개선 과정에서 재료시험·재료조직평가 직무의 연계·역할 확대로 이어질 수 있음

### □ 철강산업 가치사슬 - 조달

○ 조달 단계는 철강산업에서 제품 생산에 필요한 연·원료, 설비, 장비 및 부품을 확보하는 과정으로, 다양한 후방산업과 긴밀하게 연계된 핵심 가치사슬 단계임

- 철강 생산은 대규모·연속 공정의 특성이 있으므로, 원재료 및 설비의 안정적 수급 여부가 생산량·원가·품질 경쟁력을 직접적으로 좌우함
- 이에 조달 단계는 단순 구매 기능을 넘어, 공급망 안정성·원료 품질 관리·비용 변동성 대응을 포함하는 전략적 기능으로 중요성이 증대되고 있음

○ 국내 철강산업에 필요한 주요 원재료는 국내 생산 기반이 취약하여 수입 의존도가 매우 높은 구조

- 철광석, 유연탄 등 고로 공정의 주원료뿐만 아니라, 합금용 비철금속 등 대부분의 원재료를 글로벌 공급사로부터 수입에 의존
- 전기로 공정의 핵심 원료인 철스크랩 역시 국내 발생량만으로는 수요를 충족하기 어려워 상당 부분을 수입에 의존하는 구조

○ 원재료의 해외 의존도가 높은 산업 특성상, 안정적 조달을 위한 수입선 다변화와 공급망 리스크 관리의 중요성이 지속적으로 확대

- 철광석은 호주·브라질이 수입의 대부분을 차지하고 있으며, 원료탄은 호주·인도네시아·러시아 등이 주요 수입국으로 기능해 왔음
- 다만 최근에는 지정학적 갈등, 국제 제재, 물류 차질 등으로 인해 특정 국가 의존에 따른 조달 리스크가 현실화되고 있으며, 러시아산 원료의 경우 수입 제약이 발생하는 등 공급망 불확실성이 확대되고 있음
- 이에 따라 장기 공급 계약, 수입선 다변화, 대체 원료 확보 등 조달 전략의 고도화가 필수 과제로 부상

○ 탄소저감 및 친환경 요구 확대에 따라 전기로제강 확대와 이에 따른 조달 구조 변화가 가속화되는 추세

- 국내 철강산업은 현재 고로 중심의 생산 체계 비중이 높으나, 탄소중립 정책 및 국제 규제 강화에 따라 전기로 비중이 점진적으로 확대될 가능성이 큼
- 이에 따라 철스크랩, 저탄소 원료, 전기로용 부자재 등 전기로제강에 적합한 원재료의 수요가 증가하고 있으며, 원료 품질 변동성 관리의 중요성도 함께 증대되고 있음
- 조달 단계에서의 원료 품질 관리는 향후 제품 품질·공정 안정성에 직접적인 영향을 미치므로, 재료시험·조직평가와의 연계 필요성 또한 강화되고 있음

○ 해외 의존도 완화를 위한 핵심 소재·부품의 국산화 노력이 조달 단계에서 점진적으로 성과를 창출

- 전량 수입에 의존하던 전기로용 전극봉 제조 기술의 국산화에 성공하는 등, 일부 핵심 조달 품목에서 해외 의존도를 낮추기 위한 기술 개발과 투자 노력이 지속되고 있음
- 이러한 국산화는 단순 비용 절감뿐만 아니라, 공급 안정성 확보, 품질 관리 용이성, 기술 자립도 제고 측면에서 철강산업 전반의 경쟁력 강화에 기여

### □ 철강산업 가치사슬 - 중간재 생산

○ 중간재 생산 단계는 철강산업 가치사슬 중 제선·제강 공정이 포함되는 영역으로, 철강제품의 물성·조직·내구성 등 핵심 품질 특성이 결정되는 중요한 공정 단계

- 제선·제강 단계에서 형성된 화학 조성, 불순물 수준, 미세조직 특성은 이후 압연·열처리 등 하공정에서 근본적으로 변경하기 어려워, 철강제품 품질의 출발점이자 한계선을 결정하는 역할을 수행함

○ 철강산업이 대표적인 장치산업으로 분류되는 주요 이유 중 하나가 제선·제강 공정의 대규모 설비 투자 구조

- 제선 공정은 철광석과 원료탄을 사용하여 쇳물을 생산하는 공정으로, 고로 1기 구축에 약 3조 원 이상의 대규모 투자가 필요함
- 이러한 높은 진입장벽으로 인해, 국내에서 제선 공정을 수행하는 기업은 소수의 대형 일관제철소에 한정되어 있음
- 제강 공정은 철스크랩과 전력을 활용하여 쇳물을 생산하는 방식으로, 고로 대비 상대적으로 탄소 배출이 적으나, 대용량 전력 설비와 정련·연주 설비 등 상당한 초기 투자가 요구됨

  · 국내에서 전기로 기반 제강 공정을 수행할 수 있는 기업 역시 일정 규모 이상의 자본·기술 역량을 갖춘 업체로 제한됨

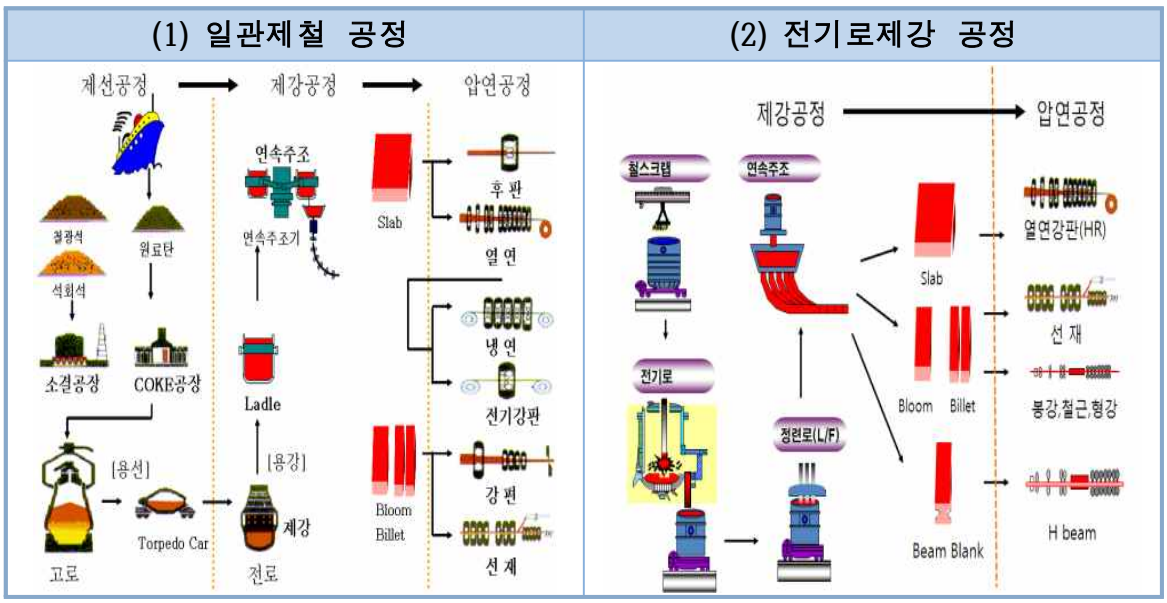
○ 제선·제강 공정을 통해 생산되는 중간재(슬래브·빌릿 등)는 하공정(압연·가공) 단계에서 제품 특성을 결정짓는 핵심 입력물임

- 합금 첨가, 정련, 탈황·탈인 등 제강 단계의 제어 결과가 제품의 강도, 연성, 피로 수명, 용접성 등에 직접적인 영향을 미침
- 하공정에서는 형상·치수·표면 품질 조정이 가능하나, 화학 조성이나 내부 조직과 같은 근본적 특성은 중간재 단계에서 이미 결정되므로, 제선·제강 공정은 철강산업의 핵심 공정으로 평가됨

○ 최근 제선·제강 공정은 탄소중립과 친환경 전환 요구에 따라 철강 가치사슬 중 가장 큰 영향을 받는 단계로 부상

- 제선 공정은 석탄을 주요 열원으로 사용하는 구조적 특성상 대량의 이산화탄소가 발생하여, 탄소 저감을 위한 기술적 전환 요구가 가장 집중되는 영역임
- 이에 따라 고로 효율 개선, 부생가스 회수, 탄소 포집·활용·저장 기술, 수소환원제철 등 저탄소·무탄소 공정 전환을 위한 연구개발과 투자가 지속되고 있음
- 동시에 전기로 비중 확대, 저탄소 원료 활용, 공정 데이터 기반 최적화 등 제강 공정의 친환경·디지털 전환도 가속화되는 추세

[그림 2-3] 제선 및 제강 공정도




*출처 : 한국철강협회

## □ 철강산업 가치사슬 - 제품 생산

○ 제품 생산 단계는 철강산업 가치사슬 중 철강산업으로 정의되는 최종 공정으로, 중간재에 부가가치를 부여하여 수요산업에 직접 공급하는 핵심 단계

- 이 단계에서 철강제품은 형상, 치수, 표면 품질, 기계적 특성 등 최종적으로 구현하며, 철강산업의 수익성과 시장 경쟁력이 집중되는 영역으로 기능함

○ 제선·제강 공정을 통해 생산된 중간재(슬래브, 빌릿, 블룸 등)를 압연 및 후 가공 공정을 거쳐 수요산업에서 요구하는 최종 제품으로 전환

- 열간압연, 냉간압연, 열처리, 표면처리, 절단·가공 등의 공정을 통해 판재류, 봉형강, 선재, 강관, STS 등 다양한 제품군을 생산

- 이 과정에서 제품의 강도, 연성, 성형성, 표면 품질 등 수요산업 맞춤형 성질을 정밀하게 제어함으로써 제품 차별화 및 부가가치 창출이 이루어짐

○ 제품 생산 단계는 철강산업 내에서 가장 많은 기업이 영위하는 분야로, 중소·중견기업의 비중이 매우 높은 구조

- 중간재를 국내에서 구매하거나 해외에서 수입하여 압연·가공 설비를 통해 완제품을 생산하는 구조로, 제선·제강 공정에 비해 상대적으로 설비 투자 부담이 낮아 진입 장벽이 비교적 낮은 편

○ 철강산업 가치사슬 상 단순 가공 및 유통을 수행하는 기업도 제품 생산 단계에 포함되며, 산업 저변 확대에 기여

- SSC(Steel Service Center)는 수요업체를 대상으로 철강제품의 절단, 가공, 재고 관리, 유통 기능을 수행하는 기업군으로, 다품종·소량 생산 대응, 납기 단축, 수요산업 맞춤형 규격 공급 등에서 중요한 역할을 담당

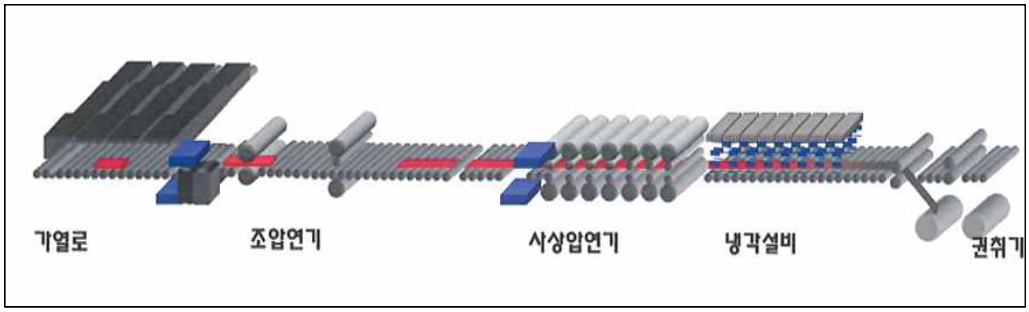
- SSC를 포함한 제품 생산 단계는 수요산업과의 접점이 가장 밀접한 영역으로, 고객 요구 변화가 가장 빠르게 반영되는 특징을 가짐

○ 최근 제품 생산 단계는 품질 책임 강화, 디지털 전환, 수요산업 고도화 요구에 따라 역할과 요구 역량이 변화하는 추세

- 단순 압연·가공 중심에서 벗어나, 제품품질에 대한 설명 책임과 데이터 기반 품질 관리 요구가 확대

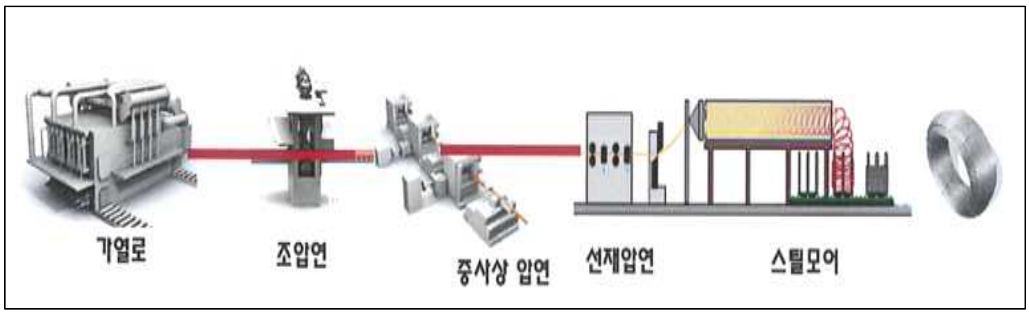
- 이에 따라 재료시험·재료조직평가 결과를 활용한 품질 검증, 성능 설명, 인증 대응의 중요성이 증가하며, 제품 생산 단계와 시험·분석 직무 간 연계가 강화되고 있음

[그림 2-4] 열간압연 공정도




*출처 : 현대제철

[그림 2-5] 선재제품 제조 공정도




*출처 : 현대제철

## 2. 철강산업 생태계

○ 철강산업은 특성상 상·하공정이 확실하게 나뉘어져 있으며, 전반적인 구조가 철강산업이 태동한 이후로 변화가 거의 없이 일정한 구조를 가지고 있음

- 제선과 제강을 통해 만들어진 중간재를 열간압연하거나 냉간압연하여 제품을 생산하는 과정은 일정하게 유지됨

[표 2-5] 철강산업 기업 구분

| 기업 구분 | 설명 |
|---|---|
| **일관제철** | 제선에서부터 압연까지 하나의 공정으로 운영하는 기업 |
| | (주요 품목) 슬라브, 블룸, 빌렛 + 압연 제품 |
| **전기로 기업** | 전기로에서 압연에 이르는 공정을 운영하는 기업 |
| | (주요 품목) 블룸, 빌릿, STS + 압연 제품 |
| **열간압연 기업** | 반제품을 소재로 하여 열간압연으로 가공하는 기업 |
| | (주요 품목) 열연코일, 후판, 봉·형강, 선재 등 |
| **냉간압연 기업** | 열연코일을 소재로 하여 냉간압연으로 가공하는 기업 |
| | (주요 품목) 냉연강판, 도금강판 등 |

○ 철강산업 특성상 규모의 경제가 적용되며, 또한 생산량의 탄력적인 조절이 어렵다는 특성은 기업의 구조를 결정하는 주요 요인 중 하나로 작용함

- 제선과 제강 공정의 특성상 생산량의 탄력적 조절이 매우 어렵고 이로 인해 지속적으로 용선을 소비해 줄 수 있는 제강 및 압연 설비 연동 필요
- 따라서, 용광로(제선)와 전기로를 보유한 기업은 대체적으로 후속공정을 포함하여 운영하고 있음

○ 열간압연 및 냉간압연은 압연을 전문으로 하는 기업이 별도로 존재하며, 이러한 기업은 일관제철소 혹은 전기로 업체에서 반제품을 구매 후 가공하여 철강 제품을 생산함

- 열간압연은 열연코일과 후판을 제외한 나머지 공정은 일관제철 및 전기로 업체 외에서 압연공정을 통해 생산이 가능
- 냉간압연은 열연코일을 사용하므로 열간압연의 후공정이라고 할 수 있음

○ 철강산업의 특징은 기업이 클수록 기초적인 분야를 담당하고 있어, 압연 혹은 가공을 담당하는 중소·중견 기업을 고객사로 받아들이고 있는 형태임

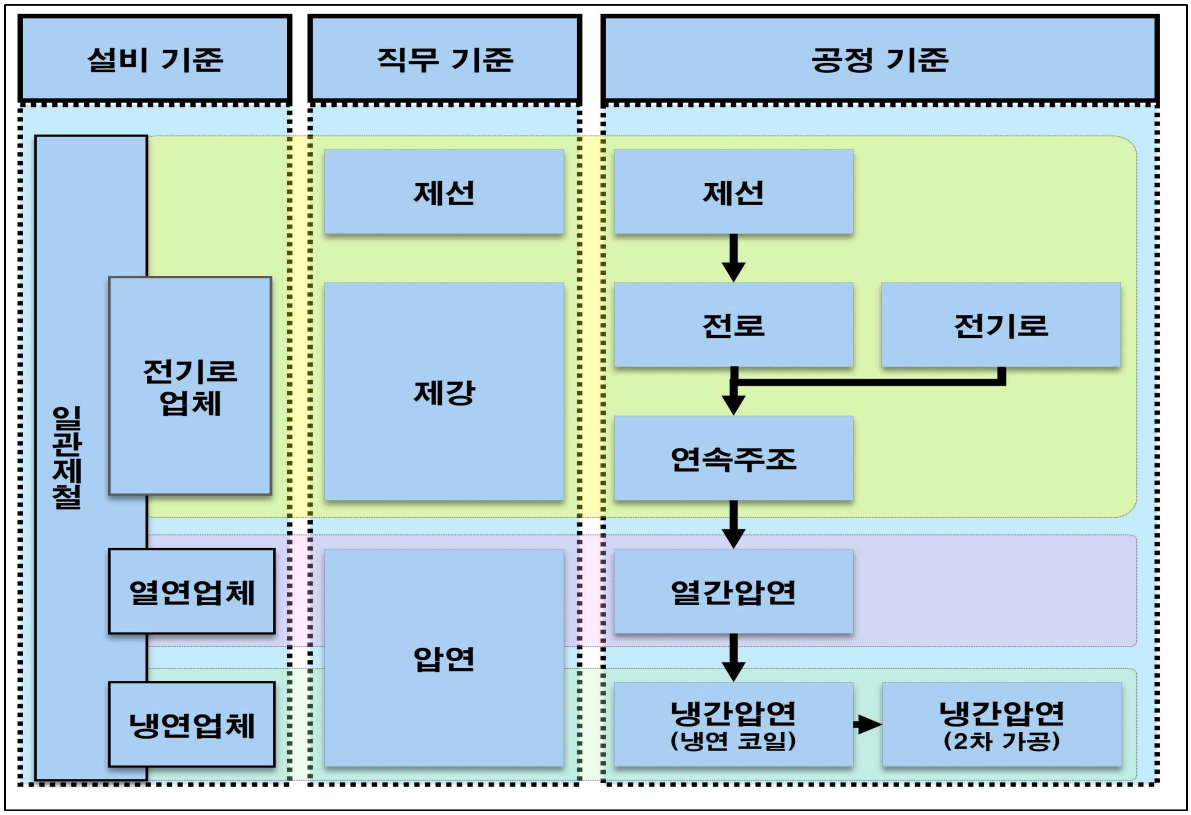
- 기업의 규모를 기준으로는 “일관제철(고로) > 제강업체(전기로) > 압연업체 > 가공업체”의 순서이며, 하공정으로 내려갈수록 영세한 기업이 많음
- 소비구조는 “일관제철 및 제강업체 → 압연업체 → 가공업체”순이며, 하향식 소비구조를 보이고 있음
- 따라서, 기업 규모와 소비 구조는 반대의 방향성을 지니고 있음

○ 철강산업의 생태계 구조는 매우 단순하게 되어 있으며 상공정에서 하공정으로 이행될수록 점차 다양한 기업이 산업을 영위하고 있음

- 설비 기준으로 일관제철은 모든 설비를 갖추고 제품을 생산할 수 있는 구조이며, 제강과 압연직무로 이행될수록 점차 많은 기업이 산업을 영위함
- 하공정에는 압연 설비를 갖춘 영세한 기업이 다수 위치해 있음

○ 철강산업의 설비 기준, 직무 기준, 공정기준 생태계를 그려보면 아래와 같음

[그림 2-6] 철강산업 생태계




## 3 기업집단별 특성(재료시험/재료조직평가 관점)

### 1. 철강

#### □ 기술적 배경

○ 베어링강·스프링강 등 고신뢰 특수강의 성능(특히 피로 수명)은 강재 내부의 미세 결함 수준에 의해 좌우되며, 그 핵심 관리 대상이 마이크로 단위 비금속 개재물 제어임

- 베어링강·스프링강은 반복 하중 조건에서 사용되므로, 강재내부의 산화물·황화물·질화물 등 비금속 개재물이 균열 개시점으로 작용할 수 있음
- 따라서 개재물의 크기·형상·분포·성분을 낮은 수준으로 관리하는 청정도 확보가 품질 경쟁력의 핵심이며, 이를 위해 제강·정련 단계에서의 불순물 저감과 조직·결함 분석 기반의 피드백 체계가 필수적임

○ 탄소중립 전환으로 전기로 확대 및 스크랩 활용이 증가하면서 품질 리스크가 구조적으로 확대되는 추세임

- 스크랩은 원료 특성상 조성 변동성이 크며, 특히 구리, 주석 등 제거가 어려운 트램프 엘리먼트가 축적될 경우, 열간가공 시 표면 균열 등 가공성 저하 및 품질불량 리스크를 유발할 수 있음
- 이로 인해 기존의 표준 시험 수행 중심 품질관리에서, 원료-제강-제품 전 단계에서의 조성·청정도 모니터링과 원인 규명 등 정밀 분석 기반이 강화 될 필요가 있으며, 재료시험·재료조직평가 직무의 중요성과 역할 범위 또한 확대되고 있음

## □ 직무의 심화

○ 재료조직평가 직무는 '조직 관찰' 중심에서 '정량·자동화 기반 품질 통제' 역할로 심화되고 있음

- 과거에는 현미경 관찰을 통해 조직 형태를 판독하고 결함 유무를 확인하는 수준에 머무는 경우가 많았으나, 최근에는 SEM-EDS(주사전자현미경-에너지분산형분광기) 기반 자동화 분석을 통해 비금속 개재물의 성분·크기·형상·분포를 정량적으로 계측·데이터화하는 방향으로 고도화되고 있음
- 특히 자동 스캐닝 및 이미지/스펙트럼 처리 기술의 발전으로, 개재물 분석이 전수 검사에 준하는 '고빈도·대면적' 모니터링 형태로 확대되고 있으며, 분석결과는 단순 보고를 넘어 제강 정련 조건, 슬래그 조성, 탈산·탈황 전략, 스크랩 혼입 비율 등 조업 의사결정에 즉시 반영되는 피드백 루프를 형성함
- 이에 따라 재료조직평가 직무는 '고청정강)' 구현을 위한 핵심 솔루션 직무로서, 공정 품질 변동의 원인을 규명하고 개선안을 제시하는 역할을 수행함

○ 산업 구조 변화 또한 직무 심화의 배경으로 작용하고 있으며, '고부가·기술 집약형 제강'으로의 전환이 인력 수요 구조를 변화시키고 있음

- 2021~2023년 산업 통계 분석에서 제강업은 사업체 수가 감소(약 9.9% 감소)한 반면, 종사자 수는 증가(약 33.8% 증가)하는 양상이 관측됨
- 이는 생산 기반이 단순 양적 확대가 아니라, 품질·기술 역량 중심으로 재편되면서 일부 사업체의 구조조정·집중화가 진행되는 동시에, 생존·확장하는

기업은 정련·품질·시험·분석 등 기술집약 인력을 확충하는 방향으로 대응하고 있음을 시사함

- 결과적으로 재료조직평가 직무는 단순 검사 기능을 넘어, 데이터 기반공정·품질 통제 인력으로서 요구 역량(장비·데이터 처리·해석·공정 피드백)이 강화되고 있으며, NCS 역시 이러한 '심화된 역할'을 반영할 필요가 있음

[표 2-6] 금속재료 자격증 취득현황

| 소 분 류 | 세 분 류 | 등 급 | 종 목 | 취 득 자 수(명) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | '22년 | '23년 | '24년 | 합 계 |
| 금속재료 | 금속엔지니어링 | 기술사 | 금속재료기술사 | 12 | 18 | 17 | 47 |
| | | 기능장 | 금속재료기능장 | 89 | 186 | 265 | 540 |
| | | 기사 | 금속재료기사 | 129 | 154 | 197 | 480 |
| | | 산업기사 | 금속재료산업기사 | 242 | 242 | 217 | 701 |
| | | 기능사 | 금속재료시험기능사 | 84 | 117 | 117 | 318 |

*출처 : 국가통계포털

○ 인력 구조 변화: 같은 기간 금속재료기능장 취득자 수가 109%(89명 → 186명) 증가한 것은, 현장에서 단순 오퍼레이터가 아닌 공정 전체의 조직과 물성을 통제할 수 있는 '마스터급' 기술역량이 기업경쟁력의 척도가 되었음을 나타냄

○ 재료시험·재료조직평가 역량의 고도화는 기업이 '단순 양적 생산' 모델에서 '질적 기술 성장' 모델로 성공적으로 전환했음을 보여줌

[표 2-7] 금속엔지니어링 관련 취업 통계

| 소 분 류 | 세 분 류 | 학 과 | 교 육 훈 련 기 관 | '22년(명) | | '23년(명) | | '24년(명) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 입 학 | 졸 업 | 입 학 | 졸 업 | 입 학 | 졸 업 |
| 금속재료 | 금속엔지니어링 | 금속공학 | 대학원 | 59 | 54 | 90 | 48 | 78 | 40 |
| | | | 대학 | 30 | 121 | 28 | 124 | 27 | 128 |
| | | 금속 | 전문대학 | 292 | 518 | 367 | 370 | 357 | 443 |
| | | 금속재료 | 직업계고 | 391 | 470 | 260 | 450 | 49 | 41 |
| 합 계 | | | | 772 | 1,163 | 745 | 992 | 511 | 652 |

*출처 : 교육통계서비스

## 2. 조선 및 해양플랜트

### □ 기술적 배경

○ 한국 조선업의 주력 선종인 LNG 운반선(-163℃) 및 차세대 암모니아 운반선은 극저온 환경에서 운용되며, 선체 균열 발생 시 대형 폭발·사고로 직결될 수 있는 고위험 구조물임

- 극저온 환경에서는 강재의 연성 저하와 취성 파괴 위험이 급격히 증가하므로 구조 안전성 확보를 위한 소재·용접 품질 관리가 필수적임

○ 이에 따라 모재뿐만 아니라 용접부 및 용접 열영향부에 대한 극저온 충격 시험과 CTOD(균열선단개구변위) 시험이 핵심 품질 평가 항목으로 요구됨

- 단순 강도 확인이 아닌, 균열 발생·전파 거동을 정량적으로 평가하여 실제 운용 조건에서의 안전성을 입증해야 함

### □ 직무의 심화

○ 재료조직평가 직무는 용접 결함의 사후 확인을 넘어, 결함 발생 메커니즘을 선제적으로 차단하는 공정 설계 지원 역할로 심화되고 있음

- 용접 입열량 과다 시 발생하는 조대화된 결정립, 급냉에 의해 형성되는 마르텐사이트 등 취성 조직을 현미경·SEM 등으로 정확히 식별하고, 이를 기반으로 입열량·예열·후열 조건을 최적화한 용접절차시방서를 도출하는 것이 재료조직평가 전문가의 핵심 과업으로 부상함

○ 영국 등 조선·해양 강국의 금속엔지니어링 표준에서는 기술적 수행 능력과 함께 안전 준수 및 문제 해결능력을 핵심 직무 역량으로 명확히 규정

- 이는 단순 시험 수행이나 성적서 발급을 넘어, 현장 리스크를 예측·해석하고 대응책을 제시할 수 있는 엔지니어링 역량을 중시하는 방향으로 직무 정의가 이동하고 있음을 의미함

○ 국내 인력 여건 변화는 이러한 직무 심화를 더욱 가속화하고 있음

- 최근 국내 직업계고 금속재료과 졸업생 수는 470명에서 41명으로 91.3% 급감하여, 현장 초급 인력 공급망이 사실상 붕괴된 상황임

- 이는 과거처럼 '사람의 손'에 의존한 전수 검사 방식이 현실적으로 불가능해졌음을 의미함

○ 이에 따라 조선소는 소수의 고급 인력이 자동화된 시험·분석 데이터를 해석하여 용접 결함징후를 조기에 탐지하고 해결책을 제시하는 구조로 전환 중

- 재료시험·재료조직평가 직무는 단순 검사자가 아닌 안전·품질 리스크를 통제하는 핵심 엔지니어 직무로 재정립되고 있음

○ 선주사는 단순 성적서 제출이 아닌, 이러한 '문제 해결 능력'을 보유한 조선소에만 프로젝트를 발주하는 경향이 강화되고 있으며, 이는 곧 수주 경쟁력의 핵심요소로 작용

## 3. 자동차 및 모빌리티 분야

### □ 기술적 배경

○ 전기차 확산에 따라 주행거리 확보를 위한 차체 경량화 요구와, 배터리 보호 및 충돌 안전을 위한 고강도 요구가 동시에 증대되는 구조적 딜레마에 직면함

- 배터리 중량 증가로 인한 주행거리 저하를 보완하기 위해 차체는 가벼워져야 하나 동시에 충돌 시 배터리 손상 및 화재를 방지하기 위해 기존 내연기관 차량보다 더 높은 구조 강도가 요구됨

○ 이에 따라 자동차 차체 및 핵심 부품에는 1GPa급 이상의 초고강도강과 알루미늄 합금이 복합적으로 적용되는 다 소재(Multi-material) 구조가 확산

- 기존 철강 단일 소재 중심 구조에서 벗어나, 강도·경량·성형성을 조합한 소재 설계가 일반화되고 있음

### □ 직무의 심화

○ 재료조직평가 직무는 고강도·경량 소재의 공정 적합성과 성능 구현 여부를 검증하는 핵심 직무로 심화되고 있음

- 핫스탬핑 공정 후 부품이 급냉 과정을 통해 목표한 마르텐사이트 미세조직을 안정적으로 형성했는지 여부를 조직 분석을 통해 검증해야 함

- 강철-알루미늄 이종 소재 접합부에서는 금속간 화합물 층의 두께와 균일성을 나노 단위로 제어·평가하여 접합 강도와 내식성을 동시에 확보해야 함

○ 산업 통계는 자동차 소재 생태계의 구조적 변화를 명확히 보여줌

- 자동차 산업의 전동화 전환에도 불구하고, 알루미늄 압연·압출 제조업 종사자 수는 최근 3년간 6.0%(815명) 증가하며 지속적인 성장세를 기록
- 이는 기존 철강 중심의 자동차 소재 구조가 알루미늄·마그네슘 등 비철금속 기반의 경량 소재 중심으로 재편되고 있음을 통계적으로 입증함

○ 전동화 핵심 부품은 미세한 조직 결함조차도 치명적인 품질 문제로 직결

- 배터리팩 하우징, 모터 코어, 구동계 부품 등은 조직 불균일, 미세 균열, 계면 결함 등이 화재 위험, 성능 저하, 수명 단축으로 이어질 수 있음

○ 이에 따라 비철금속 특화 조직 평가 기술과 이종 소재 계면 반응층 분석역량은 부품사가 완성차 업체 공급망에 진입하기 위한 가장 높은 기술적 진입 장벽이자 생존 필수 조건으로 작용

- 재료조직평가 직무는 단순 품질 확인을 넘어, 전동화 부품의 안전성과 신뢰성을 과학적으로 입증하는 핵심 직무로 기능하고 있음

## 4. 배관 및 플랜트 분야

### □ 기술적 배경

○ 최근 에너지 산업 구조 변화로 인해 고온·저온·고압 환경에서 장기간 운용되는 배관 및 플랜트 설비에 대한 기계적·재료적 신뢰성 요구가 대폭 강화되고 있음

- LNG, 수소, 암모니아 등 차세대 에너지 인프라 확산으로 극한 운전 조건이 일반화되면서, 기존 규격 충족 여부를 넘어 실제 운용 환경에서의 내구성과 수명 예측이 중요해짐

○ 친환경·탄소중립 정책 확산에 따라 수소환원제철 제품 및 전기로 기반 철강 제품 사용이 증가하면서, 소재품질 변동성에 대한 리스크 관리 필요성이 확대

- 저탄소 공정 전환 과정에서 원료 구성 변화(스크랩 비중 증가 등)가 불가피하며, 이에 따른 조직·불순물·내구 특성 변화가 플랜트 안전성과 직결될 수 있음

□ 직무의 심화

○ 수소 에너지 인프라 확대에 따라 배관 소재의 수소취성 위험을 평가하는 시험·분석이 필수 직무로 부상

- 수소 원자의 확산·집적에 의해 발생하는 취성 파괴 가능성을 평가하기 위해, 수소취성 시험, 인장·충격 시험의 조건 고도화, 조직 분석 기반 원인 규명이 요구됨

○ 플랜트 설비의 장기 안전성 확보를 위해 피로수명 및 균열 성장 거동을 정량적으로 평가하는 고난이도 시험이 확대

- 고강도 강재를 대상으로 피로 시험, 크랙 성장시험 등을 수행하여, 균열 발생 이후의 성장 속도와 기대 수명을 과학적으로 예측

- 이는 단순 합격·불합격 판정을 넘어, 설비 유지보수 주기 설정 및 잔존수명 평가의 핵심 근거로 활용됨

○ 중국산 저가 수입 제품 유입 확대로 단가 경쟁이 심화되는 상황에서, 정밀 재료시험·재료조직평가 시험 데이터는 국산 제품의 기술적 차별성을 입증하는 핵심 수단

- 국제 표준 기반의 시험 성적과 조직·결함 분석 결과는 단순 가격 비교를 넘어, 안전·신뢰·수명 측면에서의 기술적 우위를 설명하는 결정적 근거로 기능함

○ 저가 수입품 및 덤핑 제품 유입, 재활용 스크랩 사용 증가로 인해 비금속 개재물 혼입 등 품질 리스크가 구조적으로 확대

- 이에 따라 수소취성, 내충격성, 피로·크랙 성장 시험 등 고신뢰성 평가 항목을 강화하여 소재의 파괴 저항성을 체계적으로 입증할 필요성이 증대됨

- 이러한 시험·분석 데이터는 고부가 플랜트·에너지 프로젝트 수주를 위한 필수 조건으로 작용

○ 원산지 둔갑 및 품질 위변조 우려 증가로 인해 입고 검사 및 원산지 검증 수요가 확대

- SEM/EDS 기반 성분 분석을 통해 소재의 화학적 특성을 정밀 검증

- QR 코드 기반 디지털 추적 관리(Traceability) 시스템을 구축하여 자재 이력을 투명하게 관리함으로써, 덤핑 자재와의 신뢰성 격차를 벌리는 핵심 경쟁력으로 작용

# 3 철강산업 정성 모니터링

## 1 정성 모니터링 개요

### 1. 직무 소개

#### □ 재료시험/재료조직평가 직무 소개

○ 본 직무는 단순한 제품의 합격·불합격 판정을 넘어서는 고도의 기술 영역임. NCS 체계에 따라 경력 단계별로 전문화된 역할을 수행하며, 최종적으로 소재의 건전성을 과학적으로 입증하고 공정상의 난제를 해결하는 엔지니어링 솔루션을 제공함

[표 3-1] 재료시험/재료조직평가 직무수준

| 세분류 / 직능수준 | 재료시험 | 재료조직평가 |
|---|---|---|
| Ⅶ (직무경험 15년 이상) | | |
| Ⅵ (직무경험 11~14년) | 재료시험 총괄자 | 투과전자현미경 분석 관리자 |
| Ⅴ (직무경험 9~11년) | 재료시험 실무관리자 | 재료조직평가 기획 책임자<br>주사전자현미경 분석 책임자 |
| Ⅳ (직무경험 6~9년) | 재료시험 실무자 | 건식분석 실무자<br>습식분석 실무자 |
| Ⅲ (직무경험 3~5년) | 재료시험 담당자 | 광학현미경 조직검사 담당자 |
| Ⅱ (직무경험 1~3년) | | 거시조직검사 시험원 |

*자료 : NCS(재료시험/재료조직평가)

가. 재료시험 파트 (물성 평가 및 신뢰성 검증)

1) 재료시험의 목적

(1) 품질 관리 및 보증

- 생산된 재료나 부품이 KS, ASTM, ISO 등 표준 규격이나 설계 사양을 만족하는지 확인함
- 불량품을 걸러내어 제품의 일관된 품질을 유지하는 것이 가장 중요함

(2) 설계 데이터 확보

- 새로운 제품이나 구조물을 설계할 때 필요한 재료의 강도, 강성, 내구성 등의 엔지니어링 데이터를 제공함
- 이는 안전 계수를 결정하고 구조물의 신뢰성을 예측하는 데 필수적임

(3) 재료 선정 및 비교

- 특정용도에 가장 적합한 재료를 선정하기 위해 여러 후보 재료의 특성을 객관적인 수치로 비교 및 평가함

(4) 안전성 및 신뢰성 확보

- 교량, 항공기, 발전소 설비 등 안전이 중요한 분야에서 재료가 극한의 환경이나 장기간 사용 시 파손되지 않고 견딜 수 있음을 검증함

2) 재료시험의 범위

(1) 물리적 특성 시험

- 밀도 및 비중 측정
- 열적 특성(열전도율 및 열팽창 계수 등) 측정
- 전·자기적 특성(자화율, 전도도 등) 측정

(2) 화학적 특성 시험

- 내식성 시험
- 도금 부착량 시험
- 성분 분석(습식, 건식)
- 습식 : ICP-OES(유도 결합 플라즈마 원자 발광 분석기), ICP-MS(유도 결합 플라즈마 질량 분석기), AAS(원자 흡수 분광기)
- 건식 : XRF(X-선 형광 분석기), XRD(X-선 회절 분석기), XPS(X-선 광전자 분광기), AES(오제 전자 분광기), SEM-EDS/WDS(주사 전자 현미경 - 에너지/파장 분산형 분광기), FTIR(푸리에 변환 적외선 분석기)

(3) 기계적 특성 시험

- 인장시험: 재료를 당겨서 강도, 항복 강도, 연신율, 탄성 계수 등을 측정
- 압축시험 : 재료에 압축 하중을 가하여 항복 강도, 압축강도 등을 측정
- 경도시험 : 재료에 일정한 하중을 가하여 재료의 단단한 정도를 평가
- 충격시험 : 시험편에 충격 하중을 가해 흡수 에너지 등 재료의 특성을 평가
- 피로시험 : 재료에 반복하중을 가하여 피로수명을 평가

- 마모시험 : 재료의 표면에 마찰로 인해 마모되는 정도를 평가
- 굽힘시험 : 재료에 굽힘하중을 가해 변형에 대한 저항력을 측정
- 파괴인성시험 : 균열에 대한 저항성을 측정하는 CTOD 시험

3) 기본 직무 (NCS 2~3수준: 정밀 측정 및 데이터 신뢰성 확보)

(1) 역할 정의: 입문 및 실무 숙련 단계로, KS, ASTM, ISO 등 국제 표준 시험 규격에 명시된 절차를 엄격히 준수하여 만능재료시험기, 충격시험기, 경도시험기 등 정밀 시험 장비를 운용함.

(2) 핵심 역량 : 이 단계에서 가장 중요한 것은 시험 데이터의 무결성을 보증하는 '기술적 정확성'과 동일한 시험 조건에서 일관된 결과를 산출해내는 '반복성'을 확보하는 것임

(3) 상세 직무

- 시편의 가공 상태(표면 조도, 평행도 등)를 검수하고 마이크로미터 등을 이용해 정밀 치수를 측정하여 오차를 제로화함
- 인장시험의 경우, 장비의 로드셀(Load Cell)및 연신계(Extensometer)를 주기적으로 교정하여 장비 신뢰도를 유지함
- 시험 중 발생하는 이상 소음이나 거동을 실시간으로 모니터링하고, 1차적인 데이터를 수집하여 성적서의 기초 자료를 작성함

4) 심화 직무 (NCS 4수준 이상: 데이터 해석 및 공정 솔루션 제공)

(1) 역할 정의: 실무 관리자급 이상 단계로, 산출된 시험 데이터를 재료역학적 관점에서 심층 해석하고 공정 개선을 주도함. 단순 물성치 확인을 넘어 소재의 가공성, 파괴 저항성 등을 종합적으로 판단함

(2) 핵심 역량: 고객사나 프로젝트의 특수 요구사항에 맞춰 시험법을 설계하는 '시험 조건의 자율적 설정' 능력과, 물성 미달 발생 시 그 원인을 역추적하여 해결책을 제시하는 '공정 트러블슈팅(Troubleshooting)' 능력이 필수적으로 요구됨.

(3) 상세 직무

- 응력-변형률 곡선을 분석하여 가공 경화 지수(n-value), 소성 변형비(r-value) 등 2차 가공 관련 물성을 도출하고 성형성을 예측함.
- 파괴 인성(KIC), 균열선단개구변위(CTOD) 등 고난이도 파괴 역학 시험을

주관하고, 소재의 수명을 예측하여 설계 부서에 피드백을 제공함
- 신강종 개발 시 요구되는 비표준시험 항목에 대한 테스트 프로토콜을 개발하고 검증함

5) 주요 단위 업무 및 기술적 디테일

(1) 인장/굽힘 시험
- 소재의 항복강도, 인장강도, 연신율을 측정하여 구조적 안전성을 평가함
- 특히 용접 시편의 굽힘 시험을 통해 용접부 및 열영향부(HAZ)의 미세균열 이나 연성 부족 여부를 육안 및 확대경으로 정밀 진단함.

(2) 충격 시험
- 샤르피 충격시험기를 활용하여 재료가 급격한 하중을 받았을 때 흡수하는 에너지를 측정함
- LNG선 탱크 등 극저온 환경(-163℃, -196℃)에서의 취성 파괴 저항성을 평가하고, 파단면의 연성 파면율(Shear Area)을 분석하여 전이온도를 도출함

(3) 경도 시험
- 브리넬, 로크웰, 비커스 등 다양한 경도계를 활용함
- 용접 구조물의 경우 모재-열영향부-용접금속을 가로지르는 경도 프로파일을 작성하여, 급격한 경화로 인한 저온 균열 감수성을 평가하고 열처리(PWHT)의 적절성을 판정함

나. 재료조직평가 파트 (미세조직 분석 및 원인 규명)

1) 재료조직평가의 목적

(1) 성능 발현 원인 규명
- 재료시험에서 측정된 기계적 강도나 물리적 특성이 왜 나타나는지, 즉 미세 구조(결정립 크기, 상의 종류, 결함유무 등)가 성능에 미치는 영향을 밝혀냄

(2) 제조 공정 최적화 및 제어
- 열처리, 주조, 용접, 소성 가공 등의 공정 조건 변화가 미세 조직에 미치는 영향을 분석하여, 원하는 특성을 갖는 재료를 생산하기 위한 최적의 공정 조건을 확립함

(3) 고장 및 파손 원인 분석
- 제품이나 부품이 파손되었을 때, 파단면 분석(파면 분석) 및 미세 조직 분석

을 통해 고장의 근본적인 원인(피로 파괴, 취성 파괴, 부식 등)을 찾아내고 재발 방지 대책을 수립함

(4) 신재료 개발 및 특성 예측

- 새로운 합금을 개발할 때, 의도한 대로 미세 조직이 형성되었는지 확인하고 이를 통해 최종 물성을 예측하여 개발 기간을 단축시킴

2) 재료조직평가의 범위

(1) 미세조직의 관찰 및 분석

- 광학현미경(OM)
- 주사전자현미경(SEM)
- 투과전자현미경(TEM)

(2) 결정구조 분석

- X선 회절 분석(XRD)
- EBSD(후방산란전자 회절 분석)

(3) 결함 및 파괴 원인 규명

- 파단면 분석(OM, SEM-EDS/WDS, TEM, XPS, XRD, FTIR, AES)을 통한 미세 결함(공극, 미세 크랙 등) 분석

3) 기본 직무 (NCS 2~3수준: 시편 전처리 및 거시조직 검사)

(1) 역할 정의: '거시조직검사 시험원' 수준의 단계로, 금속의 내부 조직을 관찰하기 위해 시편을 최적의 상태로 가공하고 기초적인 검사를 수행함

(2) 핵심 역량: 왜곡 없는 조직 관찰을 위한 시편 준비기술이 핵심임

(3) 상세 직무

- 전처리: 검사 목적에 맞는 위치를 선정하여 절단하고, 수지를 이용해 마운팅한 후, 스크래치가 남지 않도록 거울면 연마를 수행함
- 이후 재질에 적합한 부식액을 선정하여 에칭함
- 거시 검사: 매크로 시험을 통해 용접부의 비드 형상, 용입 깊이, 내부 기공이나 균열 여부를 육안 또는 저배율 현미경으로 판독함

4) 심화 직무 (NCS 5수준 이상: 정량적 분석 및 신소재 개발 지원)

(1) 역할 정의: 조직평가 기획 책임자 또는 연구원급 단계로, 첨단 분석 장비를 활용하여 나노 단위의 미세조직을 분석하고, 재료의 성능과 조직 간의 상관관계를 규명함.

(2) 핵심 역량: R&D 부서와 협업하여 신소재 개발 방향을 제시하고, 공정 불량의 근본 원인(Root Cause)을 조직학적으로 규명하는 고도화된 분석 능력을 발휘함

(3) 상세 직무

- 정밀 분석: 주사전자현미경(SEM) 및 에너지 분산형 분광기(EDS)를 활용하여 미세조직의 상(Phase)분율을 정량화하고, 불순물이나 석출물의 화학적 성분을 분석함
- 필요시 투과전자현미경(TEM)이나 후방산란전자회절(EBSD)을 이용해 결정 구조와 방위를 해석함
- 기술 자문: 열처리 조건이나 합금 성분 변경에 따른 조직 변화를 예측 시뮬레이션하고, 최적의 공정 조건을 도출하여 생산 부서에 기술적 가이드라인을 제공함

5) 주요 단위 업무 및 기술적 디테일

(1) 현미경 조직 분석

- 광학현미경 및 이미지 분석기를 통해 결정립 크기를 산출하고, 비금속 개재물의 종류와 분포를 ASTM E45 등 규격에 의거하여 등급화함

(2) 파손 분석

- 제품 파손 시 파면 해석기술을 적용하여 파괴의 기점과 진행 방향을 추적함
- 피로 파괴, 연성 파괴, 취성 파괴, 부식 및 수소 취성 등 다양한 파손 메커니즘을 명확히 규명하여 재발 방지 대책을 수립함

## □ 재료시험/재료조직평가의 중요성

○ 재료시험/재료조직평가는 모두 재료에 요구되는 성능을 만족하는지 확인하고 재료의 특성을 파악하는 여러 시험을 통한 품질 관리로 제품의 신뢰성과 안전성 확보하기 위해 반드시 필요한 시험이며 두 분야는 서로 상호보완적으로 사용됨

○ 현재 업무에 NCS를 적용함에 있어서 재료시험이나 조직평가의 시험계획수립, 시험편의 준비, 시험 진행, 결과정리의 큰 틀에 있어서는 짜임새 있는 구조로 재료시험과 조직평가의 큰 범주의 과정에 있어서 는 동일하게 진행되고 있음

○ 그리고 장비의 일상 점검에 있어서도 각 요소별 개략적인 부분에만 참고하여 일상점검의 각 부분의 점검사항에 적용하고 있음

○ 그러나 각 기업체 내의 장비 가동 매뉴얼에 있어서는 실제 사용하는 장비와 NCS 내의 예시가 되는 장비의 형식의 차이(예를 들면 기계식과 유압식 차이)와 제조사의 차이로 인한 장비를 이용한 시험과정에 있어서의 차이를 비롯한 여러 차이를 보이며 실제 매뉴얼에 적용하기에는 어려움이 있음

## 3. 직무변화 정성 모니터링 계획 수립

### □ 조사 주제 및 내용

○ (조사 주제) 철강산업 산업환경에 의한 직무 변화 확인

○ (조사 내용)

- 기업 개요 : 기업 현황 및 주요 수행직무, 직무별 역할 등
- 기업 분야 : 기업의 주요제품 및 산업 간 연계사항 등
- 산업환경 변화 : 신기술 등 산업 변화요인이 기업에 미치는 영향
- 직무변화 현황 : 산업환경 변화에 따른 요구 역량 변화

### □ 조사 대상 및 방법

○ (조사 대상) 재료시험 및 재료조직평가 수행 기업 고경력자 대상 선정

- 조사 대상 조건
  - 산업의 과거 경험을 바탕으로 한 현재 산업의 변화 요인 숙지
  - 숙련 기술을 바탕으로 한 산업 내 기술적 변화 파악 역량 보유 예상
  - 고 경력을 바탕으로 한 산업변화의 흐름 및 향후 변화 전망 수월
  - 관련 분야의 변화에 대한 교육계 이해도 및 대응 방안 확인
- 조사 대상 선정
  - 재료ISC 사무국 전문가 인력풀을 활용

· 관련 전문가의 추천을 통한 세부분야 전문가 섭외
· 추가 심층조사 필요 분야 대상 전문가 추가 소개 요청

○ (조사 방법) 사무국 직원 직접 방문을 통한 다대다 대면 인터뷰

- 전문가를 대상으로 자유로운 의견 수렴을 위한 직접 방문 인터뷰 수행
- 별도의 관련 자료 사전 준비나 질문지 응답 요청 등을 최소화하여 전문가 자유로운 개인의견 응답 장려

[표 3-2] 직무변화 모니터링 정성조사 수행 준비

| 구분 | 주요 내용 |
|---|---|
| 분위기 조성 | • 1회기에 간단한 사전 질문지를 제시하여 응답 준비 지원<br>• 겹지인으로 2인 이상 참여하여 신뢰 형성 시간 단축<br>• 2회기부터 주제 기반 자유 면담으로 응답 부담 완화 |
| 응답 품질 제고 | • 2인 이상 전문가 참여를 통한 직무변화 인식 공유 및 의견 교차 검증으로 인터뷰 내용 신뢰도 제고<br>• 관련 전문가 자문을 통한 주요 응답 내용 보완 |

### ② 직무변화 모니터링 정성조사 결과

[표 3-3] 직무변화 모니터링 정성조사 수행개요

| 구분 | 주요 내용 |
|---|---|
| 대상 | ○ 재료시험/재료조직평가 관련 전문가 |
| 방법 | ○ 다대다 대면 인터뷰 |
| 기간 | ○ 2025. 10月 ~ 2025. 11月 (약 2개월) |
| 정량 결과 | ○ 재료시험/재료조직평가 시험 관련 8개 기업 14명 전문가 대상 인터뷰 완료<br>- 현대제철(3명), 대신품질연구소(1명), 성광벤드(2명), 두산에너빌리티(2명), 현대비앤지스틸(1명), 포스코(3명), 대성기업(1명), 피앤피(1명) |

□ 직무변화 선행요인

○ 디지털 전환(Digital Transformation)

- 시험·분석 업무 전반의 전산화, 시험 장비의 자동화 및 네트워크화, 시험 결과 데이터베이스(DB) 구축이 빠르게 확산
- AI·딥러닝 기반 이미지 분석, 이상치 탐지, 품질 예측 기술이 시험·조직평가시험 영역에 본격적으로 도입
- 단일 장비·단일 시험 중심에서 벗어나, 다수 장비에서 생성되는 데이터를 통합 관리·분석하는 환경으로 전환

○ 친환경·탄소중립 영향

- 환경규제 강화, 탄소중립·ESG 경영 요구 확산
- 수소환원제철, 전기로 확대, 스크랩 활용 증가 등 생산 공정 구조의 변화

○ 산업환경 변화 및 공급망 복합화

- 글로벌 공급망 분절, 보호무역 강화, 무역규제 및 통상 분쟁 확대
- 경기 변동성 심화, 중국산 저가 수입품 및 덤핑 제품 유입

○ 기술발전

- 자동화 효율성 향상, 센서 정밀도 고도화
- 신소재·신공정 등장, AI·IoT·디지털 트윈 기술 확산
- 시험·분석 결과의 실시간 수집 및 공정 연계 가능

○ 시장·고객 요구 변화

- 자동차·조선·전기차·친환경 선박 등에서 맞춤형 고성능 소재 수요 확대

○ 조직문화 및 인재상 변화

- 인력 고령화와 세대 교체 가속
- 부서 간 통합 운영, 데이터 기반 협업 문화 확산

○ 글로벌화 및 고객 맞춤형 시장

- 국제 표준 기반 시험 체계 요구 확대,
- 해외 규제·ESG 평가·인증 대응 필요성 증대

### 3 직무변화 모니터링 정성조사 내용

[표 3-4] 현대제철 인터뷰 결과

| | |
|---|---|
| 기업 소개 | o 현대제철은 국내 대표 종합 철강기업으로, 철광석에서 철강소재 까지 일관 공정을 수행함<br>o 주요 생산품은 봉형강(철근, H형강 등 건설용 강재), 판재류(열연, 냉연, 후판), 강관(자동차·조선·플랜트용), 특수강(고부가가치 합금강, 자동차 강판) 등임<br>o 건설·자동차·조선 등 다양한 산업에 제품을 공급함<br>o 현재는 탄소중립·저탄소 제품 개발을 핵심 전략으로 삼고 있으며, 북미 시장 진출을 위한 미국 루이지애나 제철소 건설을 통해 글로벌 공급망 확대를 추진하고 있음 |
| 담당 직무 | o 차량 외판재 품질 확보<br>- Spark-OES, C/S, N/O 분석을 통한 외판재 합금 성분 검증<br>- 습식 분석으로 도금 부착량 및 합금화도 평가<br>- 후처리 단계에서 Lp 부착량 분석으로 표면 품질 확인<br>- 정량적 데이터 기반 공정 개선 및 품질 신뢰성 확보<br>o 금속 재료 파괴시험 담당<br>- 인장시험: 자동차 강판, 후판, 특수강 등 다양한 소재 대상<br>- 충격시험: 특수강 및 조선용 후판 중심<br>- 피로파괴 평가시험: 선박용 후판, 수소저장 탱크 등 고신뢰성 소재 평가<br>o 연구개발용 시험<br>- 연구소에서는 초도품·개발재 중심의 다품종 소량 시험 수행<br>- 차량 외판·샤시·용접부·부품 인장시험, 조선·배관용 후판재, 특수강 스프링재·선재·철근 시험, 발전소·보일러 소재 고온 인장시험 |
| 산업환경 요인이 기업에 미치는 영향 | o 저가 수입 제품 증가<br>- 중국산 저가 철강 제품 유입으로 건설용 시장에서 가격 경쟁 심화<br>- 국내 매출과 수익성에 직접적 부담으로 단가 경쟁 심화, 중소 철강사 위축 위험<br>- 특수강·자동차강판 등 고부가가치 제품 중심으로 시장 차별화 추진 |

| | |
|---|---|
| | o 국내외 경기 변동<br>- 건설·조선·자동차 산업 경기에 직접적으로 영향 받음<br>- 경기 침체 시 봉형강·판재류·강관 판매 감소로 실적 부진 가능성<br>- 경기 회복 시 금리 인하·부동산 경기 회복으로 건설 수요 증가, 매출 회복 기회<br>- 경기 사이클에 따른 매출 변동성 확대<br>o 산업환경 및 정책 동향<br>- 탄소중립·ESG 규제 강화로 생산 비용 증가 (탄소세, 친환경 설비 투자 등)<br>- 단기적으로 비용부담이 증가하나 장기적으로 친환경 제품 시장 확대, 글로벌 경쟁력 강화 기회<br>o 추가 부담 요인<br>- 국내 철근공장 운휴, 포항 2공장 폐쇄로 생산능력 조정 필요<br>- 미국 철강 관세에 따른 수출 경쟁력 약화<br>- 산업용 전기료 급등으로 (2022년 105원/kWh → 2025년 182.7원/kWh, 70% 이상 상승) 전기로 가동률 확대에도 비용 압박 심화 |
| 직무변화 요인 | o 디지털 전환<br>- 분석 의뢰·결과 관리 시스템 도입으로 업무 절차 전산화<br>- 장비 자동화·데이터베이스 구축으로 업무 효율성과 데이터 신뢰성 향상<br>- 수기 기록·보고 중심에서 시스템 기반 관리·분석 중심으로 전환<br>- AI·딥러닝 활용으로 인장시험 결과 그래프 학습을 통해 이상 파단 자동 분류 프로그램 개발 중<br>o 친환경·안전 강화 요구<br>- 환경규제 강화, 중대재해처벌법 시행으로 유해화학물질 관리·배출 저감·작업환경 개선 필수<br>- 스크러버 설치, 배기·폐기물 관리 절차 강화 등 친환경 설비 운영 체계 확산<br>- 안전이 산업계의 핵심 화두로 부상 → 일부 공정에서 로봇장비 철수 사례 발생<br>- 직무 수행에서 안전 최우선 원칙 강화<br>o 조직·산업 환경 변화<br>- 인력 고령화·세대교체로 경험 중심에서 표준화된 절차·데이터 기반 의사결정으로 전환 |

| | |
|---|---|
| | - 장비 고도화, 품질데이터 실시간 공유로 업무 체계 재편<br>- 산업 발전과 기후변화 대응으로 에너지산업 패러다임 변화로 다양한 조건에서 물성 측정 요구 증가<br>o 기술 발전의 선행 요인<br>- 자동화 효율성 증가, 센서 정밀도 향상으로 측정·재료시험의 재현성 강화<br>- 신소재·신공정 등장으로 새로운 시험 항목 및 분석 기법 필요<br>- 디지털·AI 기반 분석으로 정밀도·속도·재현성 모두 개선 |
| 직무변화 사항 | o 업무 방식이 수작업에서 전산화·자동화로 변화함<br>- 과거에는 실험 의뢰, 결과 관리, 시험 이력 등을 수기·서면·이메일로 관리하여 자료 누락·오류 위험이 높고 체계적 관리 어려움. 숙련자의 수동 시편가공 및 분석에 의존함<br>- 현재는 전산시스템을 통한 의뢰–분석–결과의 전 과정 디지털화 연동, 시험 이력 관리 자동화로 자동 시편가공기, 자동분석장비 도입으로 데이터 기반 운영 및 자동화 수준 향상<br>o 직무가 단순 조작에서 데이터·품질관리로 변화함<br>- 과거에는 분석결과 보고와 단순 실무 중심으로 사람이 직접 치수 측정, 시편 장착, 결과 정리 수행하였으나 현재는 자동화된 측정·장착·시험 프로세스로 변화함<br>- 자동화로 인적 오류 감소, 시험 결과의 신뢰성 향상, 데이터량 증가로 시험 후 데이터 정리·관리 업무는 증가함<br>o 시험방법은 자동화 가속<br>- 인장시험의 경우 시험자가 직접 치수 측정 방식에서 자동 치수 측정 장비 도입으로 변경되고 최근에는 측정–장착–시험–잔재 회수까지 풀오토 장비가 도입됨<br>o 장비 요구의 변화 : 온도 범위 확장<br>- 에너지 산업 변화로 고온·저온 환경 시험 요구 증가하여 고온·저온 인장시험기 등 다양한 장비 운용 능력 필요<br>- 공정은 단순화되었지만 장비 종류 확대로 업무 범위 및 요구 역량 증가<br>o 조직 구조 변화로 분석부서 통합 및 전문화<br>- 화학·역학·조직 분석 등으로 파트 세분화<br>- 분석부서 통합 운영으로 효율성과 전문성 강화<br>- 부서 간 연계, 데이터 공유 증가로 분석 품질의 일관성 향상 |

| | |
|---|---|
| | o 현장 변화 사례 : 로봇 도입에 따른 안전업무 변화<br>- 화재 감시, 위험요소 탐지, 순찰 등 자동 수행<br>- 안전부서의 업무 방식에 큰 변화이며, 아직 초기 단계지만 예방 효과 확인<br>o 직무변화의 본질적 요인: '자동화'<br>- 14년간 경험한 변화의 핵심은 자동화 기술의 확대<br>- 직무 경쟁 구도가 "사람 vs 사람"에서 "사람 vs 자동화"의 형태로 변화하고 있음 |
| 앞으로 나아가야 할 방향 | o 디지털 기반 분석 고도화<br>- 분석업무는 자동화·전산화가 빠르게 진행되고 있으며 앞으로도 지속될 전망으로 장비운용 능력, AI 기반 데이터 해석, 스마트랩 연동 역량이 핵심 직무 역량으로 부상함<br>- 단순 시편 조작 중심의 업무에서 벗어나 데이터 품질관리·장비 성능관리·고장 예방 기반의 운영 기술로 직무 재편 필요.<br>o NCS 체계의 재설계<br>- 현행 NCS는 최신 장비기술 및 데이터 분석 역량을 충분히 반영하지 못하는 부분이 있음<br>- 향후 개선 방향으로 최신 자동화 장비 운영 능력 포함 (오토샘플러, 자동 측정장비 등)하여 고온·저온 시험 등 신공정 대응 역량 반영, 데이터 품질관리, 통계 기반 분석, AI 보조 분석 요소 추가, 직무설계 또한 수작업 중심에서 "장비 유지관리 + 디지털 분석" 중심 직무로 구조 전환 필요<br>o 신기술 기반의 스마트 분석 환경 구축<br>- 스마트랩 시스템, AI 분석지원, 자동화 장비의 고도화를 적극 도입하여 분석 효율성·정확도 향상 추진.<br>- 다만 자동화 도입 시 체계가 미완성된 상태의 무리한 자동화는 오히려 오류 증가·효율 저하를 초래할 수 있음<br>o 현장 전문성을 살리는 교육 시스템 구축<br>- 융합형 교육 프로그램 개발로 분석장비 운용 + 데이터 분석 + 안전관리를 통합한 교육 필요.<br>- 수소환원제철, 스마트 제어, 신소재 분석 등 신공정 관련 전문 교육 확대 |

| | |
|---|---|
| | o 고온·저온 장비 교육 현실성 확보<br>- 고온·저온 시험기는 고가 장비로 교육기관의 실물 확보가 어려움<br>- 실제 장비는 장비 보유 사업장과의 협업을 통한 견학·실습 연계 하여 견학 제공 기업에 대해 정부 차원의 인센티브 부여 방안 필요<br>o 부서 간 연계 강화<br>- 생산–품질–환경–R&D–관리지원이 긴밀히 협력하는 구조 필수<br>- 공정 개선, 친환경 전환 과정에서 발생하는 리스크를 최소화<br>o 분석 직무의 역할 확대<br>- 분석·품질 직무는 실시간 공정 데이터 분석–피드백–품질 의사결정의 핵심축이 됨<br>- 저탄소·친환경 소재 적용 평가, 신공정 검증에서 융합형·데이터 기반 직무 수행 능력 요구<br>o 자동화 시대의 역할 변화에 대한 조직적 대응<br>- 자동화로 인해 사용자의 개입은 점점 감소하지만, *"불완전한 자동화는 오히려 위험·오류를 증가시킨다"*는 경험 또한 존재함<br>- 자동화 장비의 치명적 오류 방지 설계(안전성 검증), 자동화 이후 사람이 담당해야 하는 구간의 명확화, 디지털 전환에 대한 현장 인력의 수용성과 이해도 증가가 핵심<br>o 변화에 '동참하는 문화' 형성<br>- 친환경·자동화·무역 규제 변화는 이미 필수적 과제이며 회피할 수 없는 흐름<br>- 기업이 구성원에게 **"따르라"가 아닌 "함께 변하자"**는 방향성을 제시하는 것이 중요<br>- 이를 위해 직무 특성 반영한 지원, 변화의 이유에 대한 투명한 소통이 필요함<br>- 현대제철은 정기교육 및 안전교육을 통해 일정 부분 대응 중이나, 지속적이고 체계적인 변화관리 프로세스 필요.<br>o 정부의 정책적 지원 필수<br>- 기업 차원의 노력만으로는 한계가 있으며, 관세·전기료·환경 규제 대응 등 정부 지원 필요.<br>- 교육 참여 기업 인센티브, 실습 연계 프로그램 지원 등으로 산업 전반의 디지털 전환 속도를 높이는 정책 필요. |

[표 3-5] 대신품질연구소 인터뷰 결과

| | |
|---|---|
| 기업 소개 | o 대신품질연구소는 제철 분야에서 설비·공정·품질 개선을 전문적으로 컨설팅하는 기업임<br>o 비 능력과 공정 문제를 진단하고 품질 개선·설비 보완·경영 효율화를 지원하며, 초음파검사·표면검사 등 전문 기술을 활용하여 기업의 품질 경쟁력과 지속가능성 확보에 기여하는 기업임 |
| 담당 직무 | o 컨설팅 전문 부소장으로서의 담당 직무는 설비·기술 진단, 공정 개선, 경영상태 분석, 프로젝트 관리임<br>o 단순진단을 넘어 문제 해결과 개선 실행을 주도하는 역할을 수행하며, 기업의 품질 경쟁력·경영 효율성·지속가능성 확보에 기여함 |
| 산업환경 요인이 기업에 미치는 영향 | o 글로벌 무역·저가 수입 영향<br>- 저가 수입(특히 중국산) 및 보호무역·관세 정책으로 철강 가격·수급 불안정<br>- 시험 수요 패턴 변화: 단가 압박, 긴급 검사 빈도 증가<br>- 품질 변동성 증가로 저가 제품의 성분 불일치·비균일 조직으로 입고검사, 원자재 확인 수요 확대<br>- 원산지·정품성 검증 수요 증가: 덤핑·유사제품 유입으로 화학성분, 미세조직 기반 분석 의뢰 증가<br>- 단가 경쟁 심화로 중소 시험기관 통폐합 가능성 있음<br>o 탈탄소화·친환경 트렌드<br>- 수소환원제철·전기로 전환 등 공정 변화로 신종 결함 발생<br>- 이에 따른 전문 시험 수요 증가함<br>- 고가 장비 투자 부담으로 TEM 등 첨단 분석 장비 필요함<br>o 경기 변동 영향<br>- 경기 둔화 시 건설·조선·자동차 수요가 축소되어 대형 구조물·배관 인증시험 감소<br>- 예산 제약으로 간이·현장형 검사 수요 증가 (원가절감형·고속검사 장비 활용)<br>- 경기 회복 시 조선·플랜트 등 특정 산업 호조로 피로·크랙성장·용접조직 분석 등 고신뢰성 시험 수요 급증<br>- 시험 항목의 계절·프로젝트성 변동이 커져 유연한 인력·장비 배치 필요 |

<table>
<tr><td></td><td>o 산업환경·정책 변화<br>- 무역정책(관세·반덤핑·세이프가드): 국내 제품 품질 기준 강화로 인증·규격시험 수요 일시 증가<br>- 탈탄소 정책에 따라 원료·공정 변화에 따른 새로운 시험 항목 등장<br>- 신수요 확대로 전기차·신재생 산업용 소재 시험 수요 증가 (고강도·저중량 합금, 배터리 케이스 소재 등)<br>o 인력·조직 영향<br>- 전문 인력 부족으로 고난이도 미세조직·특수시험 설계 가능한 전문가 수요 증대<br>- 기업은 인재 확보·교육 시스템 강화 필요<br>- 조직 운영 변화로 단순 표준시험 중심에서 비표준·특수시험 대응 체계로 전환</td></tr>
<tr><td>직무변화 요인</td><td>
<table>
<tr><th>구분</th><th>변화 요인</th><th>직무 변화 방향</th><th>과거 대비 차이</th></tr>
<tr><td>디지털 전환 (DX)</td><td>AI·IoT·데이터 기반 생산관리</td><td>스마트팩토리 확산 데이터 기반 의사결정, 자동화설비 운영</td><td>숙련공 중심 → 데이터분석·시스템 운영</td></tr>
<tr><td>친환경·탄소중립 압력</td><td>탄소배출 규제</td><td>수소환원제철, 재활용·환경·공정 통합 관리</td><td>탄소관리직무 중심 → 지속가능 경영·환경 통합 중심</td></tr>
<tr><td>산업환경·공급망 복합화</td><td>글로벌 공급망 분절, 무역규제, 수요산업 변화</td><td>글로벌 영업·전략 기획·리스크 관리 강화</td><td>내수·공정 중심 → 수출·정책·리스크 융합형 직무 중심</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>직무변화 사항</td><td>o 샘플 성분·원산지 확인 강화<br>- 탄소환원검사, SEM/EDS 미세조직 비교 활용<br>- 원산지·처리이력(냉간/열간압연, 열처리 여부) 판별 수요 증가<br>- 입고검사 및 원자재 진위 확인 업무 비중 확대<br>o 수소취성·내충격성 검사 강화<br>- 수소환원제철·전기로 제품, 재활용 스크랩 사용 증가에 따른 위험성 확대<br>- 잔류수소·수소확산에 의한 균열 위험 검사 필요<br>- 수소취성 시험 전문성 강화 요구</td></tr>
</table>

o 비금속포함물 분석 증가
- 스크랩 혼입률 상승으로 인한 인클루전 영향 분석 중요성 확대
- 피로·용접성에 미치는 영향 확인 필요
- SEM·EPMA·EBSD 등 고해상도 분석 장비 활용 증가

o 피로·크랙성장 시험 수요 확대
- 고강도강·구조물·조선용 강재 중심으로 피로성능·용접부 미세조직 시험 수요 증가
- 고난이도 시험 항목 비중 확대 → 전문 인력·장비 확보 필요

o 빠른 현장분석 요구
- 단가·시간 압박으로 현장형 XRF 장비 활용 증가
- 1차 선별검사는 현장에서 신속 처리, 정밀 검사는 실험실 이관
- 현장 대응형 검사 역량 강화 필요

o 데이터·추적성 요구 증가
- 구매자 측에서 검사증명서·시험보고서 디지털 추적 요구 확대
- 블록체인·QR 기반 원산지·시험이력 관리 필요
- 시험 데이터 자산화 및 디지털 인증 체계 구축 필수

| 구분 | 과거<br>(전통적 형태) | 현재<br>(변화 양상) | 변화의 주요 배경<br>(선행요인) |
|---|---|---|---|
| 시험 및 검사방법 | 수작업·육안검사 중심, 샘플링 기반의 물리 시험 의존 | 자동화·비접촉식 검사, AI 기반 품질 예측 및 실시간 센서 데이터 활용 (예: 영상·음향 분석) | 디지털 전환, AI·센서 기술 발전, 스마트팩토리 구축 |
| 조직 구조 (부서 통폐합) | 생산·품질·설비 등 기능별 독립 부서 구조 | 스마트팩토리 운영조직 신설, 품질·설비·IT 통합 조직으로 전환 (DX센터, 데이터혁신실 등) | 디지털 전환, AI 기반 의사결정체계 확산 |
| 공정 합리화 / 자동화 | 수동 공정, 작업자 중심의 조정 | 자동제어, 공정 시뮬레이션, 로봇/IoT 기반의 무인공정 확대 | 설비 IoT화, 데이터 수집·예측 기술 발전 |
| 교대 근무 체계 | 3교대·4조3교대 등 전통적 연속 생산체계 유지 | 자동화·무인화 공정 확대로 일부 공정 교대 축소, 스마트 모니터링 근무 병행 | 스마트팩토리·자동운전 시스템 도입, 근로환경 개선 정책 |

**앞으로 나아가야 할 방향**

o 단기
- 입고검사 프로토콜 강화
- 리스크 기반 선별검사 체계화
- 시험서비스 관련 기본 / 심화 / 인증 패키지로 고객 선택권 확대

| | |
|---|---|
| | - 수소취성 예비검사 도입<br>- DRI·스크랩 비중 높은 소재에 대해 리스크 지표 기반 선별검사<br>- 초기 단계에서 수소취성 위험 관리 체계 마련<br>o 중기<br>- 장비 업그레이드 및 임대 전략<br>- SEM, EBSD 등 핵심 장비 확보 또는 컨소시엄·외주 활용으로 비용 분산<br>- 자동화된 조직평가 툴 도입<br>- 딥러닝 기반 미세조직 이미지 자동분석으로 인건비·시간 절감, 분석 신뢰성 향상<br>- 신규 시험항목(수소취성 등) 반영하여 국제 표준 대응력 강화<br>o 장기<br>- 신규시장·서비스 다각화<br>- 원산지 검증, 재활용소재 인증 연계 시험 서비스 제공<br>- ESG 요구 충족을 통한 차별화된 경쟁력 확보<br>- R&D 협업 및 국제 표준화 참여<br>- 대학·연구소와 협력해 신공정(수소환원철 등) 시험법 개발<br>- 국제 표준화 활동 참여로 글로벌 시험기관 위상 강화 |

[표 3-6] 성광벤드 인터뷰 결과

| | |
|---|---|
| 기업 소개 | o 성광벤드는 1980년에 설립된 배관용 금속 Fitting 전문 제조기업으로 배관을 연결하거나 방향을 바꿀 때 필요한 금속 부품을 만드는 회사로 탄소강, 스테인리스강, 니켈합금을 통해 제작함<br>o 본사는 부산 강서구 녹산산업단지에 위치해 있음<br>o 주요제품<br>- Elbow (엘보) : 배관의 방향을 꺾을 때 사용<br>- Tee (티) : 배관을 T자 모양으로 연결할 때 사용<br>- Reducer (리듀서) : 배관의 굵기를 줄일 때 사용<br>- Cap (캡) : 배관 끝을 막을 때 사용<br>o 성광벤드의 제품은 에너지와 산업 분야의 핵심 설비에 사용됨<br>- 조선·해양 플랜트 (배 만들고 해양 구조물 짓는 곳)<br>- 석유·화학 설비 (석유화학 공장)<br>- 발전소 및 원자력 발전소<br>- 가스·원유 관련 산업 |

| | |
|---|---|
| 담당 직무 | o 품질경영부 소속으로 제품이 국제적으로 요구되는 품질 기준을 충족하고, 고객이 안심하고 사용할 수 있도록 보증하는 업무를 수행함<br>o 재료시험 및 조직평가시험 총괄<br>- 인장시험, 충격시험, 경도시험, 미세조직관찰 등 다양한 시험 수행<br>- 시험계획 수립 및 결과 검증을 통해 국제 규격(ASME, ASTM, KEPIC, NORSOK 등)과 고객 요구사항 충족<br>o 품질보증체계 운영<br>- 시험 및 평가 관련 절차서 제정·개정<br>- 최신 규격 개정사항과 고객 요구를 반영하여 회사 시험관리 수준 향상<br>o 선급검사 업무<br>- 검사 기준 설정: 선급 및 국제 규격을 검토하여 검사 기준 마련<br>- 제조 단계별 관리: 제조 진행 과정에서 선급 스케줄을 관리<br>- 최종 검사 대응: 선급 입회 검사에 대응하여 제품이 출하될 수 있도록 조율 |
| 산업환경 요인이 기업에 미치는 영향 | o 가격 경쟁 압력<br>- 저가 중국산 제품 확대로 과거에는 조선소에서 중국산 소재를 불허했지만, 최근에는 허용하면서 가격 경쟁이 심화됨<br>- 소재 수입 증가로 원자재를 해외에서 들여오다 보니 가격 변동에 민감해짐<br>o 글로벌 정책 영향<br>- 미국 철강 관세 영향으로 직접적인 수출 제한뿐 아니라, 글로벌 원자재 가격과 경쟁구조에도 간접적인 영향을 줌<br>- 이는 결국 국내 기업에도 비용 부담과 경쟁 압력으로 이어짐<br>o 경기 변동 영향<br>- 조선·플랜트·발전 산업 경기 변동 영향으로 산업사이클에 따라 수요가 불안정해지고, 해외 저가 제품이 늘어나면서 품질 경쟁이 더욱 치열해짐 |
| 직무변화 요인 | o 산업 전반에서 디지털 전환이 빠르게 확산되어 재료시험 및 재료조직평가 분야에서 데이터 관리의 정확성과 신속성이 핵심 과제로 부상함<br>o 대기업의 경우 시험정보관리시스템과 자동화 장비 도입하여 시험정보를 실시간으로 관리 가능함 |

| | |
|---|---|
| | o 중견기업은 여전히 수기 작성 중심 체계가 주를 이루고 있음<br>o 디지털화는 시험데이터의 신뢰성 확보와 추적성 강화를 위해 점진적 도입하고 있으며, 현재 전체적으로 약 20~30% 수준의 디지털 전환이 진행 중임<br>o 향후 디지털화 확대 시, 시험 데이터의 자동 기록·분석, 전자 문서 관리, 공정 모니터링 등으로 품질경영 업무 혁신이 가능할 것으로 보임 |
| 직무변화 사항 | o 조선·플랜트 산업 경기 변동과 사양 복잡도 증가로 기계적 테스트 요구사항이 강화됨<br>o 문서 및 데이터 관리 중요성이 높아짐<br>- 절단부터 출하까지 관련 문서 확보의 중요성이 상승함<br>- 시험결과와 조직평가 데이터를 체계적으로 축적·분석하여 사전 Risk 관리 중심으로 업무 성격이 변화함<br>- 모든 과정의 전산 자동 기록 및 데이터 축적 추진<br>o 직무의 고도화<br>- 과거 : 인장·충격·경도 등 기본 시험과 규격 적합 여부 판단 중심<br>- 현재 : 자동화 장비 활용한 데이터 수집 및 통계적 품질관리, 비금속개재물·미세조직 정량분석 등 정밀 시험 확대, 시험결과 기반 소재 특성 평가 및 공정 피드백 수행, 직무가 단순 시험에서 종합적 품질보증 기능으로 발전, 국제 공인시험 대응 및 표준화 활동을 병행함<br>o 디지털 전환 현황으로 기존 수작업 관리에서 오류 가능성이 높았으나 내부 서버 저장 방식 도입으로 정확성이 향상되고, 부서 간 통합 관리 체계 구축 검토 및 보고서 작성·검토 절차 표준화 진행 중으로 완전한 자동화 단계는 아니지만, 품질관리 효율성과 데이터 신뢰성 강화 방향으로 점진적 개선되고 있음 |
| 앞으로 나아가야 할 방향 | o 데이터 관리 및 공유 체계 강화<br>- 재료시험·재료조직평가 데이터를 체계적으로 관리·축적·분석<br>- 프로젝트별 특수 요구와 신소재 적용에 신속 대응할 수 있는 데이터 공유 인프라 구축<br>- 기록·보존 체계를 표준화하여 공인시험 대응 능력 강화<br>o 중소·중견기업 지원<br>- 시험 설비 지원을 통해 시험 역량 격차 해소<br>- 데이터의 표준화 및 공유 인프라 마련 |

| | |
|---|---|
| | - 산업 맞춤형 교육 프로그램 지원으로 인력 역량 강화<br>- 국가 차원의 장비 확충 및 기술지원 정책 필요<br>o 직무 고도화 방향<br>- 단순 시험 수행에서 벗어나 데이터 기반 품질보증 기능으로 발전<br>- 시험결과를 활용한 소재 특성 평가 및 공정 피드백 확대<br>- 국제 규격 대응 및 표준화 활동 병행<br>- 직무 수행자는 단순 검사자가 아닌 품질 Risk 예방과 기업 경쟁력 강화 전문가로 역할 확대 필요<br>o NCS(국가직무능력표준) 반영<br>- 산업 현장에서 요구가 증가하는 부식시험 포함하여 개선 필요<br>- 교육현장과 산업현장의 기술 연계성 제고<br>o 교육 및 제도적 지원<br>- 전문시험 항목을 체계적으로 다룰 수 있는 교육 프로그램 개발<br>- 최신 시험방법과 규격 개정 내용을 습득할 수 있는 실무 중심 재교육 프로그램 마련<br>- 제도적 지원을 통해 산업 현장과 교육기관 간 협력 강화<br>- 신규 시험 항목 증가에 맞춰 표준화와 교육체계 병행으로 현장 대응력 및 품질 경쟁력 향상 |

[표 3-7] 두산에너빌리티 인터뷰 결과

| | |
|---|---|
| 기업 소개 | o 두산에너빌리티는 발전설비 및 에너지 플랜트 분야를 중심으로 활동하는 종합 에너지 솔루션 기업으로 가스터빈, 원자력, 수력, 화력 등 다양한 발전 관련 핵심 설비와 기자재를 설계·제작하며, 국내외 에너지 산업을 선도하고 있음<br>o 주요 사업 분야는 종합 발전 에너지 사업, 원자력 발전 설비, 풍력 발전 설비, 가스터빈 제작, 양수발전 설비, 신에너지 분야 확장, 수소 에너지 기술 개발, 소형모듈원자로(SMR) 사업 확대, 탄소중립 관련 기술 연구 등임<br>o 최근 주요 활동<br>- 차세대 원자력 발전 기술로 주목받는 소형모듈원자로 분야에 진출함<br>- 원전 해체 사업 진행으로 기존 원자력 발전소 해체 및 안전 관리 사업을 수행함 |

| | |
|---|---|
| | - 금속 3D프린터 공장 가동으로 첨단 제조기술을 활용해 발전설비 및 기자재 제작의 효율성과 정밀성을 강화함 |
| 담당 직무 | o 금속재료시험으로 Micro 조직시험, 결정입도 분석, 비금속개재물 분석, 성분율 분석 등을 수행하고 있음<br>o 금속 및 합금 소재의 기계적·물리적 특성을 평가하여 제품 및 부품의 신뢰성을 검증하며, 인장시험, 경도시험, 충격시험, 낙하충격시험, 굴곡시험, 크리프시험 등을 담당하고 있음 |
| 산업환경 요인이 기업에 미치는 영향 | o 신규·개발 사업 관련 이슈<br>- 3D 프린트 소재 기공율 측정 등 신기술 기반 시험 항목 확대<br>- 고온부품 신규 시험 요청으로 새로운 재질 및 시험방법 도입 필요<br>- 고온소재 결정입도 측정방법 개발 진행 중<br>- 신규 수주처 요구에 따라 시험방법 변화 검토<br>- 경기 변동보다 정부 정책 변화에 대한 민감도가 더 높음<br>o 글로벌 경쟁 환경<br>- 원가 경쟁 심화 및 해외 저가 공급업체 진입 확대<br>- 경기 변동에 따른 플랜트 발주량 변화로 생산단가 및 납기 경쟁력에 직접 영향<br>o 기술·소재 변화<br>- 친환경·고효율 발전기술 전환으로 기존 소재 외에 신소재 적용 증가<br>- 이에 따라 시험 분야에서도 새로운 평가 방법과 장비 기술 적용 요구 |
| 직무변화 요인 | o 디지털 전환<br>- 시험의뢰정보시스템 개발·사용으로 각 시험장비 결과를 직접 전송하여 데이터 관리 효율화<br>- 시험기기 디지털화로 장비 운영 및 결과 처리의 자동화·정밀화<br>- AI 접목 가능영역 발굴로 시험 데이터 분석 및 품질 예측에 인공지능 활용 가능성 탐색<br>o 친환경 전환<br>- 사업 구조 변화로 스팀터빈 사업장 폐쇄 및 가스터빈 및 원자력 사업으로 전환<br>- 친환경·고효율 발전기술 중심으로 사업 방향 재편 중 |

| | |
|---|---|
| | o 기타 요인<br>- 대형 소재 시험 요청 증가로 시편 준비 단계부터 대형 가공이 가능한 형태로 변화<br>- 시험 범위와 장비 활용 방식이 확대되어 직무 수행 방식 영향 |
| 직무변화 사항 | o 금속재료시험 직무는 전통적으로 보수적인 분야로 변화 속도가 느린 편이나 점진적으로 아날로그에서 자동 분석으로 전환 중임<br>o 기술적 변화<br>- 딥러닝 기반 상분석 표준화 진행 중임<br>- 시험장비 자동화 및 결과 데이터 시스템 운영 확대<br>- 시험 조건의 세분화와 디지털 데이터 기반 관리 강화<br>o 시험방법 및 범위<br>- 시험방법은 변화보다는 다양화되는 추세<br>- 고객사 요구에 따라 시험범위 확대<br>- 소재 특성 변화에 따른 신규 시험 조건 도입<br>o 조직 및 운영 변화<br>- 부서 통폐합으로 인력 배치가 유연하게 운영되는 형태로 변화함<br>- 부서 간 협업(설계-품질-시험) 연계 강화<br>- 교대 근무 방식 변화 조짐 (안전 우선 고려)<br>o 안전 및 직무 활동<br>- 안전 요건 강화로 직무 활동 범위 일부 축소<br>- 시험 과정에서 안전 관리 비중 확대<br>o 직무 성격이 과거에는 표준 규격 기반의 기본 물성 시험 중심이나 현재는 소재 특성 변화에 따른 시험 조건이 세분화되고, 자동화·디지털 데이터 기반 시험 결과 관리, 고객·인증기관 대응을 위한 기술 검증 문서화로 업무가 확대됨 |
| 앞으로 나아가야 할 방향 | o 사례 및 시험방법 공유<br>- 직종별 사례 공유와 시험방법 공유를 통해 경험과 기술 확산<br>- 시험 표준화 및 신뢰성 확보에 기여<br>o NCS(국가직무능력표준) 정체성 재설정<br>- 직무용, 교육용, 자격시험용 등 목적별로 NCS 체계를 재정립<br>- 산업 현장과 교육기관 간의 연계성 강화<br>o 첨단 기술 도입<br>- AI/영상 분석 기반 충격시험편 파단면 판독 기술 도입 검토<br>- 시험 데이터의 장기 누적·통합 분석을 통한 품질 신뢰성 진단 강화 |

| | |
|---|---|
| | - 전문가 집단 주도의 디지털화 준비 필요<br>o 직무 교육 및 인력 양성<br>- 교육 과정에서 기초 재료역학 + 실무 시험기 조작 + 데이터 해석 능력 강화<br>- 현장 중심 실습형 교육 프로그램 확충<br>- 최신 시험장비 도입 지원을 통한 교육·실무 연계성 제고<br>o 직무 역할 확대<br>- 재료시험 직무는 단순 측정이 아닌 제품 신뢰성을 확보하는 핵심 검증 업무<br>- 향후 고온·고압·극저온 등 극한 환경 소재 확대에 따라 역할 중요성 증대<br>- 실무형 전문 인력 양성과 장비 현대화 지원 지속 필요 |

[표 3-8] 현대비앤지스틸 인터뷰 결과

| | |
|---|---|
| 기업 소개 | o 현대비앤지스틸은 스테인리스 냉연강판 전문 제조기업임<br>o 자동차·산업용 부품에 필요한 내식성과 내열성이 뛰어난 고품질 스테인리스 제품을 생산함 |
| 담당 직무 | o 시편 가공 및 시험<br>- 생산 완료된 냉연강판 시편 가공<br>- 금속 소재의 기계적 성질 측정 (인장, 경도, 충격 등)<br>o 조직 및 성분 분석<br>- 주사전자현미경(SEM)을 활용한 시편 조직 확인<br>- 소재의 화학 성분 분석을 통해 품질 및 규격 적합성 검증 |
| 산업환경 요인이 기업에 미치는 영향 | o 가격 경쟁 압력<br>- 저가 중국산 제품 수입 증가로 국내 냉연강판 단가 하락<br>- 해외 저가 공급업체의 진입으로 원가 경쟁 심화<br>o 수급 구조 변화<br>- 공급은 지속적으로 증가하지만 국내 수요는 매년 비슷한 수준으로 유지되어 공급 과잉 구조 형성<br>o 기업 경쟁력 영향<br>- 가격 경쟁에서 밀리면서 국내 기업의 단가 경쟁력 약화 |

| | |
|---|---|
| | - 단순 가격 경쟁으로는 대응이 어려워, 품질·기술 차별화가 더욱 중요해짐 |
| 직무변화 선행요인 | o 시험 장비의 디지털화로 결과 정확성과 효율성 향상<br>o 데이터 기반 품질관리<br>- 시험결과를 자동 기록·축적하여 장기적 데이터 분석 가능<br>- 고객사 요구 대응을 위한 디지털 문서화·보고 체계 강화 |
| 직무변화 사항 | o 생산 전략 변화<br>- 수익이 적거나 적자인 제품은 생산 제외<br>- 수익 창출 위주의 생산기획으로 방향 전환<br>o 공정 및 인력 운영<br>- 비효율 공정 일부 합리화 추진<br>- 인원 감축을 통한 운영 효율성 강화<br>o 업무 디지털화<br>- 시험 결과값을 자동 입력 시스템으로 전환<br>- 데이터 관리 효율성과 정확성 향상 |

[표 3-9] 포스코 인터뷰 결과

| | |
|---|---|
| 기업 소개 | o 포스코는 철강 중심의 글로벌 기업으로, 자동차강판·냉연·열연 등 다양한 제품을 생산해 국내외 시장에 공급하고 있음<br>o 현재는 이차전지 소재, 수소, 친환경 에너지 등 미래 성장 분야로 사업을 확장하며, 지속가능경영과 글로벌 경쟁력 강화에 집중하고 있음 |
| 담당 직무 | o 포스코 포항 품질기술부 재질시험섹션 파트장으로 포스코에서 생산되는 전체제품을 대상으로 재료시험 및 재료조직평가 수행<br>o 재료시험으로 기계적·물리적 성질 측정 및 신뢰성을 검증함<br>o 재료조직평가시험으로 금속 및 합금 소재의 조직 분석, 품질 특성을 파악함<br>o 시험결과 관리로 시험 데이터 축적·분석을 통한 품질을 보증함 |
| 산업환경 요인이 기업에 미치는 영향 | o 가격 경쟁력 약화<br>- 저가 중국산 제품 수입 증가로 국내 철강 단가 하락<br>- 공급 과잉 구조 속에서 국내 수요는 정체, 가격 경쟁 심화<br>- 기업의 수익성 악화와 생산 전략 조정 필요<br>o 글로벌 규제와 정책 변화<br>- EU 탄소국경조정제도 시행으로 철강 수출 기업은 탄소 배출량에 따른 추가 비용 부담 |

| | |
|---|---|
| | - 미국의 무역확장법 제232조 철강·알루미늄 규제도 여전히 유효, 수출 경쟁력에 직접적 영향<br>- 환경·무역 규제가 단순한 장벽을 넘어 구조적 경쟁 규칙으로 작용<br>o 경기 변동과 수요 변화<br>- 글로벌 경기 침체 시 플랜트 발주량 감소로 생산량 및 납기 경쟁력에 영향<br>- 세계 철강 수요 둔화와 과잉설비 문제로 시장 안정성 저하 |
| 직무변화 요인 | o 디지털 전환으로 시험 데이터 자동화·시스템화: 시험 결과값 자동 입력, DB 관리, 실시간 품질 모니터링 등이 있음<br>o 숙련 인력은 고령화, 젊은 세대의 경우 디지털 역량 활용<br>o 고객 맞춤형 제품수요 증가로 자동차, 조선, 전기차, 친환경 선박 등 특수강재 수요확대<br>o 친환경 요구로 탄소중립·ESG 경영에 맞춘 시험 방법 및 장비 기술 도입<br>o 글로벌 경쟁심화 및 저가 수입품 유입으로 고부가가치 제품개발 및 품질 차별화 필요성 증대 필요<br>o 안전규제 강화로 산업재해 예방을 위한 법제도에 대한 직무 |
| 직무변화 사항 | o 과거에는 현장 중심의 경험 기반으로 규격 충족 여부 확인하는 시험결과를 단순히 합격/불합격 판정하는 수준임<br>o 현재는 제품 경쟁력 강화와 공정 최적화를 위한 데이터 기반 고도 분석 직무로 발전함<br>o 구체적 직무변화 사항은 시험방법의 첨단화·자동화, 부서 간 통합 및 다기능 인력 운영, 공정 효율화와 실시간 품질 관리 체계 강화, 교대근무 패턴 변화임<br>o 특히 포항제철소는 스마트팩토리 운영, ESG경영, 친환경 기술개발이 직무변화의 핵심임 |
| 앞으로 나아가야 할 방향 | o 첨단기술 활용<br>- AI, IoT, 디지털 트윈 등 신기술을 적극 도입하여 시험 효율성과 정확성 제고<br>- 시험 결과를 데이터 기반 의사결정에 활용, 예측·개선 지원 기능 강화 |

| | |
|---|---|
| | o 직무 설계 및 제도 개선<br>- 기업 차원에서 직무설계 개선을 통해 디지털·자동화 환경에 맞는 역할 재정립<br>- NCS(국가직무능력표준) 개정으로 직무용·교육용·자격시험용 체계 재설정<br>- 정책적 지원을 통한 산업 표준화 및 제도적 뒷받침 필요<br>o 교육 및 인력 역량 강화<br>- 교육 프로그램 개발: 기초 재료역학 + 시험기 조작 + 데이터 해석 능력 통합 교육<br>- 현장 중심 실습형 교육 확대 및 최신 시험장비 도입 지원<br>- 다기능 인력 운영을 위한 직무 교육 강화<br>o 친환경·글로벌 대응<br>- 친환경 시험 방법과 소재 평가 기술 확립<br>- 국제 규격 및 글로벌 표준에 맞춘 시험 체계 구축<br>- ESG 경영과 연계한 지속가능 시험 체계 마련<br>o 조직·문화 혁신<br>- 데이터 자산화: 시험 데이터를 장기 누적·통합 분석하여 품질 신뢰성 강화<br>- 조직문화 혁신: 디지털 기반 협업, 부서 간 통합 운영, 실시간 품질 관리 체계 정착<br>o 직무설계+NCS+교육+정책 지원이 유기적으로 연결되어야 함<br>o 현장 참여형 변화관리, 융합형 직무설계, 지속적 역량 개발이 핵심이며, 변화의 속도와 현장 적응력의균형을 맞추는 것이 장기적으로 안정적인 성과를 만들 것으로 생각됨 |

[표 3-10] 대성기업 인터뷰 결과

| | |
|---|---|
| 기업 소개 | o 포스코 협력사로서 철강 가공, 금속 구조물 제작, 산업 자재 공급, 표면처리를 수행함<br>o 철강 가공으로 열연·냉연 강판, 후판, 형강 등을 절단·절곡·가공하며 고객 맞춤형 제품 생산으로 다품종 소량 생산 대응 가능<br>o 금속 구조물 제작으로 건축, 플랜트, 조선, 기계 산업에 필요한 대형 금속 구조물 제작하며, 고강도·내구성 소재 활용으로 산업 현장에 공급 |

| | |
|---|---|
| | o 산업자재 공급으로 포스코 등 대형 제철소에서 생산한 원자재를 가공 후 공급<br>o 표면처리로 도금, 도장, 샌딩 등 금속 표면 품질 향상 작업 수행 |
| 담당 직무 | o 안전관리 직무로 안전보건활동 관리 및 감독, 작업 현장의 안전 규정 준수 확인, 근로자들의 안전 의식 제고 및 사고 예방 활동 수행<br>o 시편 제작 업무로 포스코에서 생산된 철강 제품 샘플 절단 및 가공하며, 재료시험 및 재료조직평가를 위한 시편 제작을 담당 |
| 산업환경 요인이 기업에 미치는 영향 | o 친환경·탄소중립<br>- 정부의 탄소중립 정책 강화로 철강산업은 탄소배출 감축 증가<br>- 수소환원제철 등 친환경 기술 개발 투자가 필수 과제로 부상<br>- ESG 평가 상위권 유지를 위해 탄소 절감·안전·지역사회 공헌 활동 강화 필요<br>o 경기 변동과 수요 변화<br>- 철강 수요는 경기와 밀접하게 연관<br>- 경기 침체 시 매출 감소 및 생산량 조정 불가피<br>- 글로벌 경기 변동에 따라 수익성 변동성 확대<br>o 지속가능 경영 요구<br>- ESG 경영 강화로 책임 있는 경영 요구<br>- 지역사회 공헌 및 안전관리 강화로 기업 이미지와 신뢰도 제고<br>- 친환경·지속가능 경영은 단순한 선택이 아닌 생존 전략임 |
| 직무변화 요인 | o 기술 발전<br>- AI, IoT, 디지털 트윈 등 첨단 기술 도입으로 시험·분석 업무 자동화<br>- 단순 판정에서 예측·개선 지원 직무로 확대<br>o 환경·에너지 정책 변화<br>- 탄소중립·친환경 정책 강화로 시험 방법 및 소재 평가 기준 변화<br>- 수소환원제철, 친환경 소재 시험 등 새로운 기술 대응 필요<br>o 산업 구조 및 시장 환경 변화<br>- 저가 수입품 유입, 경기 변동으로 가격 경쟁 심화<br>- 고부가가치 제품 확대와 맞춤형 시험·품질 관리 요구 증가<br>o 조직문화 및 인재상 변화<br>- 부서 간 통합 운영과 다기능 인력 필요<br>- 데이터 기반 협업 문화 확산 → 융합형 인재 요구 |

| | |
|---|---|
| | - 안전·ESG 중심의 조직 운영 강화<br>o 글로벌화 및 고객 맞춤형 시장<br>- 국제 표준 시험 체계 대응 필요<br>- 글로벌 고객사 요구에 맞춘 맞춤형 시험·품질 인증 확대<br>- 해외 규제 및 ESG 평가 대응을 통한 글로벌 경쟁력 확보 |
| 직무변화 사항 | o 인력 구조 변화<br>- 자동화·AI 도입으로 현장직 감소<br>- 데이터 분석형 직무 증가 → 단순 제조 중심에서 분석·관리 중심 직무로 전환<br>o 기업 운영 패러다임 변화<br>- 단순 제조 기업 → 솔루션·서비스형 기업으로 전환<br>- 고객 맞춤형 서비스와 부가가치 창출 중심의 운영 강화<br>o 스마트 공장 구축<br>- 스마트 팩토리 도입으로 생산·품질·물류 전 과정의 디지털화<br>- 실시간 데이터 기반 공정 최적화 및 예측 관리 가능<br>o 직무 전문성 변화<br>- 기존 단순 작업 중심에서 첨단 기술·데이터 기반 전문성 요구<br>- 융합형 인재 필요: 공정 이해 + 데이터 분석 + AI 활용 능력<br>o 신규 직무 등장<br>- 데이터 분석가: 시험·생산 데이터 기반 품질·공정 개선<br>- AI 공정개발 연구원: 인공지능 활용한 공정 자동화·최적화 연구<br>- 스마트 공장 운영 전문가: 디지털 시스템 관리 및 효율화 담당 |
| 앞으로 나아가야 할 방향 | o 친환경·탄소중립 중심 경영<br>- 탄소중립 목표 달성을 위한 친환경 공정 확대<br>- 친환경 전문 직무 강화: 환경 규제 대응, 친환경 소재 시험 및 인증 담당 인력 육성<br>- ESG 평가 상위권 유지를 위한 안전·환경·사회공헌 활동 강화<br>o 디지털 기술 역량 강화<br>- AI, IoT, 로봇제어, 디지털 트윈 등 첨단 기술 적극 도입<br>- 시험·생산·품질 관리 전 과정의 자동화·지능화 추진<br>- AI 기반 품질 예측과 고객 맞춤형 제품 개발로 경쟁력 확보 |

| | |
|---|---|
| | o 교육·인재 육성<br>- 단순 자동화 설비 도입을 넘어, 직원들이 새로운 기술을 이해하고 활용할 수 있는 교육 시스템 병행<br>- 데이터 분석, AI 활용, 스마트 공장 운영 등 직무 전문성 강화 교육<br>- 융합형 인재 육성: 공정 이해 + 디지털 기술 + 친환경 지식 |

[표 3-11] 피앤피 인터뷰 결과

| | |
|---|---|
| 기업 소개 | o 포스코에서 생산되는 모든 제품을 절단 및 가공하여 재료시험·재료조직평가용 시편 제작<br>o 제철소 내 원재료(철광석, 석탄 등) 공급 및 완제품(열연, 냉연, 후판 등) 포장 및 출하 지원<br>o 기계·전기·계측 설비의 정기 점검 및 예방 정비<br>o 제철소 내부 운송(크레인, 지게차, 트럭 등 운전)<br>o POSQC(포스코 품질경영 시스템) 기준에 따른 품질 점검 등 수행 |
| 담당 직무 | o 포스코에서 생산한 제품의 임가공 업무 총괄하며, 인력관리 및 설비관리 책임 수행<br>o 포스코 내 생산된 철강 제품 샘플을 절단 및 가공하고, 재료시험 및 재료조직평가용 시편 제작하며, 품질 보증 및 제품 경쟁력 강화를 위한 시험 기반 데이터룰 제공함 |
| 산업환경 요인이 기업에 미치는 영향 | o 경쟁 심화로 글로벌 시장 개방과 저가 수입품 유입으로 가격 경쟁이 심화되어 기업의 수익성 감소<br>o AI·IoT·친환경 기술 도입 여부가 기업 경쟁력의 핵심 요인으로 작용<br>o 환경 규제: 탄소중립·ESG 요구 강화로 친환경 기술 확보가 경쟁력 유지의 필수 조건 |
| 직무변화 요인 | o 디지털 전환으로 시험 데이터 자동화·시스템화: 시험 결과 값 자동 입력, DB 관리, 실시간 품질 모니터링 등이 있음 |
| 직무변화 사항 | o 과거에는 수동작업 중심의 임가공, 작업자의 숙련도와 상황에 따라 데이터 값이 일정하지 않고, 품질관리와 생산 효율성에 한계 존재<br>o 현재는 설비 투자 확대로 자동화 시스템 도입, 자동화로 인해 데이터 값이 일정하게 유지, 생산공정의 정밀성·효율성·재현성 향상, 인력의존도 감소, 설비 관리 및 데이터 분석 직무 비중 확대 |

## 4 직무변화 모니터링 정성조사 시사점

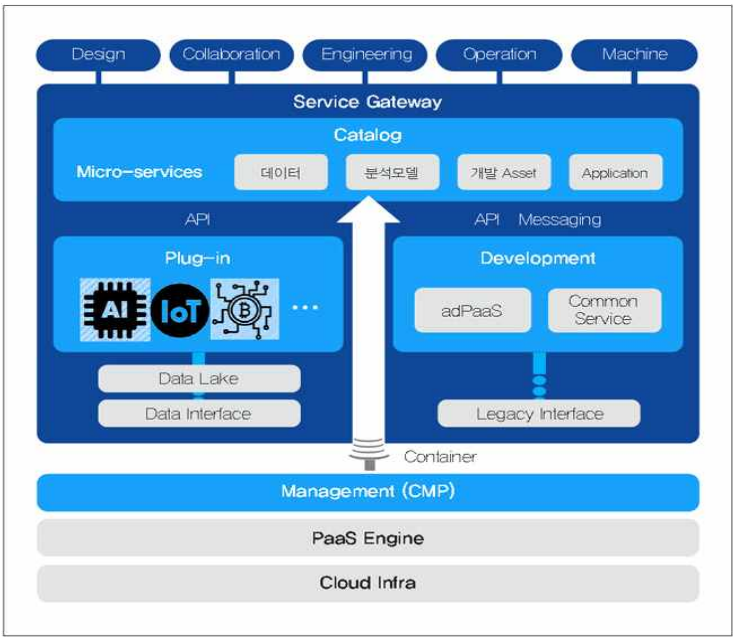
### 1. 시사점

#### □ 디지털 기반 분석 고도화에 따른 스마트분석환경 구축환경 등 변화

**○ 디지털 전환(DX)**

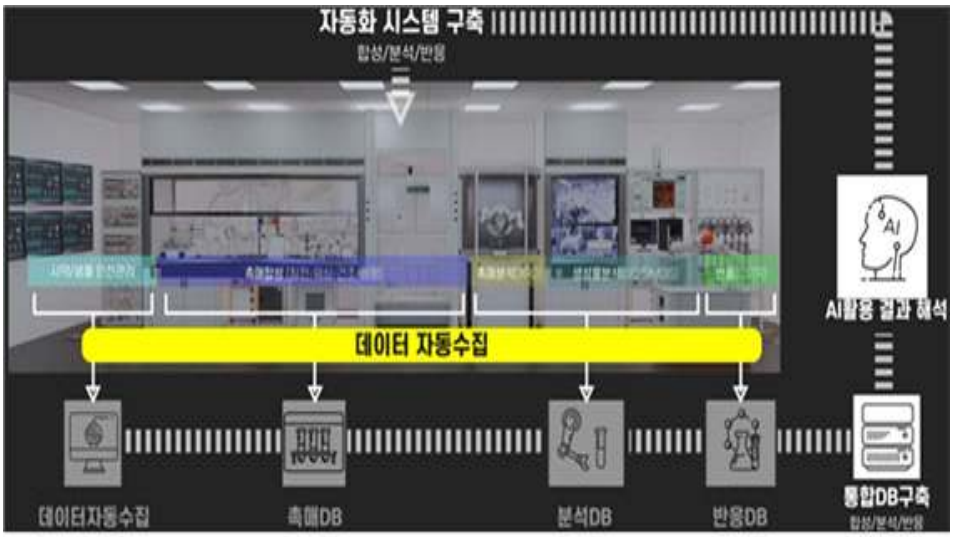
- 업무 절차가 전산화됨에 따라 시험·분석 결과를 일괄 정리하고 저장함에 따라 DB 구축 또한 자연스럽게 함께 이루어 짐
- 기존 시험결과를 하나하나 따로 저장하고 전달하던 단계에서 중앙 공유 서버에 자동으로 넘어가는 시스템으로 변함에 따라 데이터를 요구하는 연구원 및 요구자가 더욱 빠르게 결과를 확인할 수 있는 시스템으로 변화
- 그 결과 서버의 데이터가 소실되지 않도록 백업 및 저장 데이터 관리와 처리 속도가 중요해짐
- 반면에 서버의 유지관리 상태가 중요해짐에 따라 서버 자체의 관리 인력 수급과 서버실의 관리(공조기 상태, 화재로 인한 데이터 소실의 위험성에 대한 관리)가 더욱 철저하게 필요함에 따라 인력수급이 더욱 요구됨

[그림 3-1] 삼성SDS Nexplant Platform 구성요소(자동공정 제어 시스템)



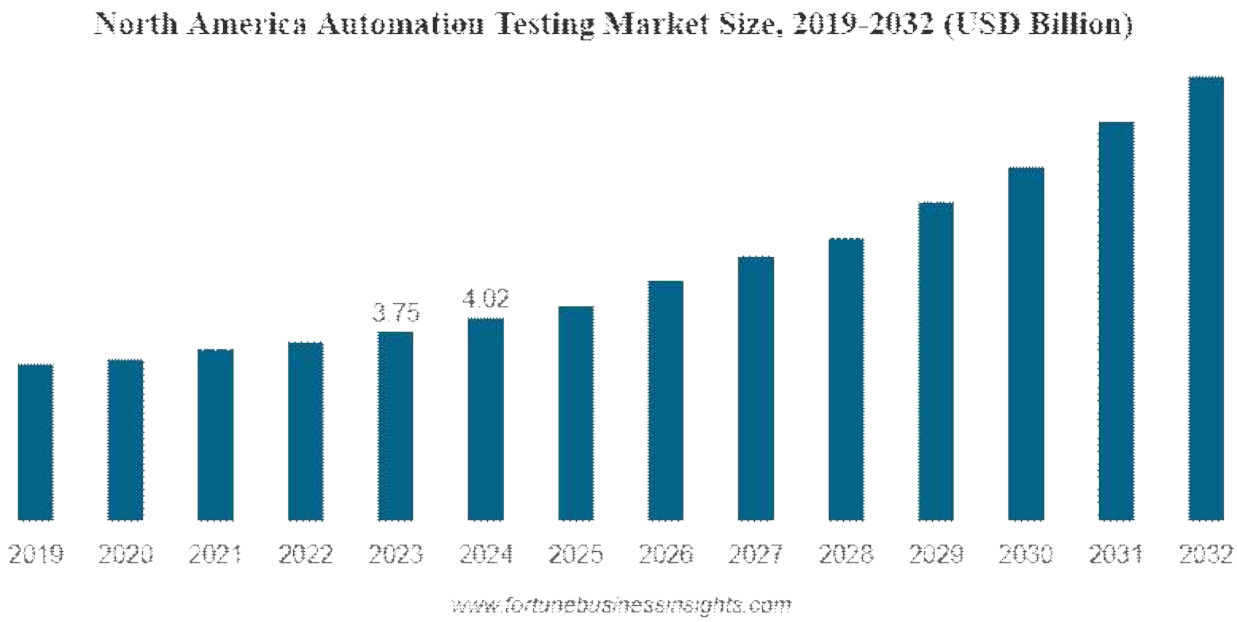

* 자료원 : 인사이트리포트 | 삼성SDS

[그림 3-2] 연구진이 구축한 스마트 실험실 개요




* 자료원 : 한국에너지기술연구원 보도자료

[그림 3-3] 북미 시험 자동화의 투자 추세




* 자료원 : fortunebusinessinsights

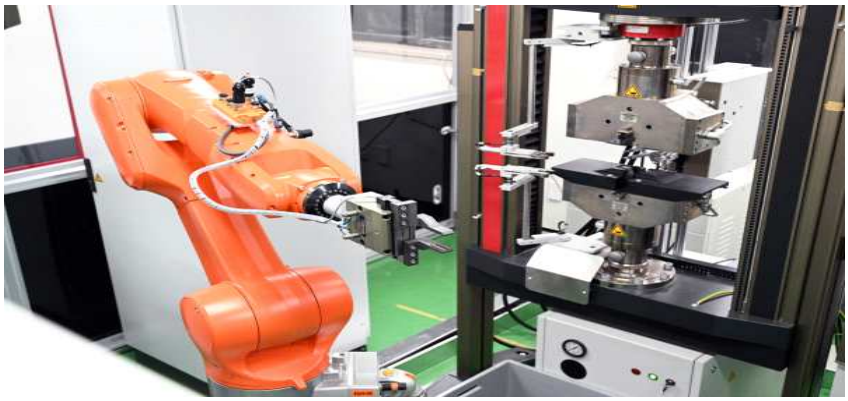
### ○ 장비의 자동화

- 장비가 자동화됨에 따라 기존 인력으로 시험편의 가공 및 시험편의 측정, 장비에 장착하여 시험·분석기가 작동하고 시험 중 주기적으로 캘리브레이션 까지 하는 일련의 모든 과정이 자동화됨
- 시험·분석에 있어서 사용자의 오기입이나 실수로 인해 발생하는 오류를 예방하여 시험의 정확성을 확보할 수 있고 기존 인력이 진행하는 작업량 보다 많은 작업량의 소화가 가능해져 많은 인력의 필요성이 감소함
- 작업자는 기존의 직접 시험을 하는 과정에서 시험·분석의 정확성과 재현성을 중요시하는 것 보다 자동으로 작동하는 장비의 청결 상태로 인한 시험 과정에 문제점은 없는지, 자동으로 진행하는 장비의 시퀀스 및 자동공정 중 오류 사항이나 문제점은 없는지 감시하고 조치하는 능력이 더욱 중요함
- 시험분석을 정확히 잘 수행하는 것보다 자동화 설비를 양호하게 운영하는 교육의 방향성 전환이나 재료시험/조직분석의 영역에 국한된 소양을 기르기 보다 재료, 기계, 전자 등 융합된 기술에 대한 소양을 기르기 위한 교육이 필요함

[그림 3-4] 자동화 시험기기

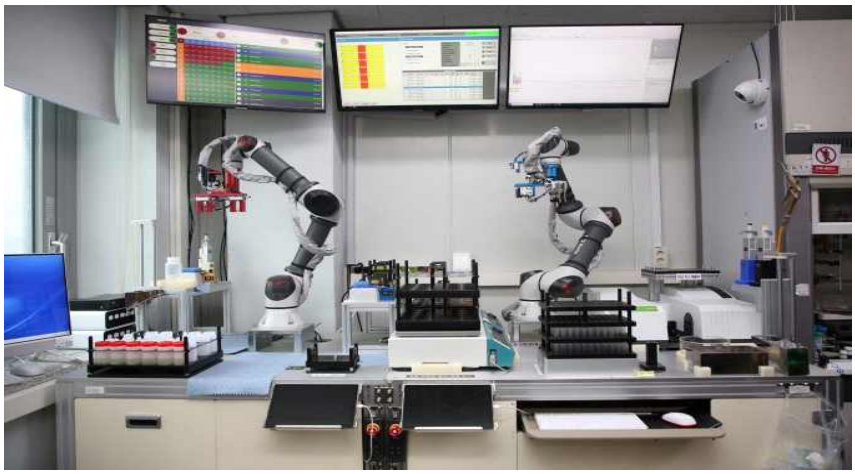
* 자료원 : 헬로디디(http://www.hellodd.com)

[그림 3-5] 오토노머스 랩 로봇팔



* 자료원 : 한국재료연구원

[그림 3-6] 자동 화학분석기



* 자료원 : 동아사이언스

- 반면에 아직 많은 소규모의 기업이나 영세 시험소에서는 자동화를 위한 초기 투자 비용 문제로 많은 수동작업을 위한 인력이 필요하고 범용 사이즈의 시편이 아니라 특수한 사이즈의 경우 자동화 장비를 이용한 시험이 불가능하므로 여전히 시험분석 작업의 중요성은 여전히 존재함
- 대기업의 경우 범용 사이즈의 시험편을 상온에서 일반적인 시험・분석을 진행하는 경우 많은 자동화가 이루어졌으나 기술의 발전이나 첨단 기술을 위한 소재의 경우 극한의 온도(고온, 초저온), 및 기압, 해양 환경(염수에서의 시험)과 같은 특수한 조건의 시험의 경우 장비 세팅을 위한 아직 많은 부분에서 수작업이 필요함

- 일반 조건에서의 시험이 잘 교육되어 있으면 극한 조건의 시험을 더욱 쉽게 학습할 수 있으며, 여러 조건의 시험을 위한 다 기능자의 육성(향상 교육 등)이 더욱 필요해질 것으로 전망됨
- 데이터 자동화・실시간 품질 모니터링 : 장비의 자동화와 함께 발맞추어 카메라 및 센서 등을 이용해 데이터를 실시간으로 시험 과정 및 시험 결과의 양부 판정이 자동으로 이루어짐
- 기존에 작업자가 분석기기를 통한 시험 결과가 양호한 데이터가 산출되는지 실시간으로 감시해야 하는 반면에, 장비를 통해 자동으로 감시함으로써 사용자의 집중력 저하 및 부재로 인한 데이터의 양부 판정이 실시간 가능

**○ 스마트 분석환경 구축 및 업무 방식의 혁신**

- 디지털 전환과 더불어 데이터베이스화된 분석 결과를 AI에 학습시켜 시험 양부의 자동판정까지 판단하는 스마트한 분석환경이 구축됨
- 과거 시험편을 단순히 측정하여 입력한 후 시험편을 시험기에 장착하는 방식에서 자동 치수 측정 장비에 시험편을 장착하고 측정 후 시험기에 장착하는 방식으로 변화함
- 시험편의 가공부터 측정, 시험기기에 장착 후 완료된 시험편의 폐기 및 데이터의 정리 과정까지 자동화된 방식까지 변화함
- 점점 사용자가 시험분석에 기여하는 업무량이 적어지는 방향으로 발전하여 인적 오류는 감소하였으나 인력의 필요성이 감소함

**○ 기술산업 대응 필요**

- 에너지 산업의 중요성으로 발전소에 필요한 소재의 요구로 고온 환경에서의 시험이 예전보다 많은 양이 요구되고 있음
- 친환경, ESG 경영이 대두됨에 따라 수소의 중요성이 중요해지고 이에 따른 액화수소의 저장 및 수송에 필요한 소재의 요구량 증가에 대한 기대로 인해 더욱 많은 -256℃ 이하의 극저온 시험이 많아지고 있음

[그림 3-7] 극저온 인장 및 피로시험기

[그림 3-8] 자동화 20K 극저온 펜들럼 충격 시험기

[그림 3-9] 인스트론 고온 인장시험기

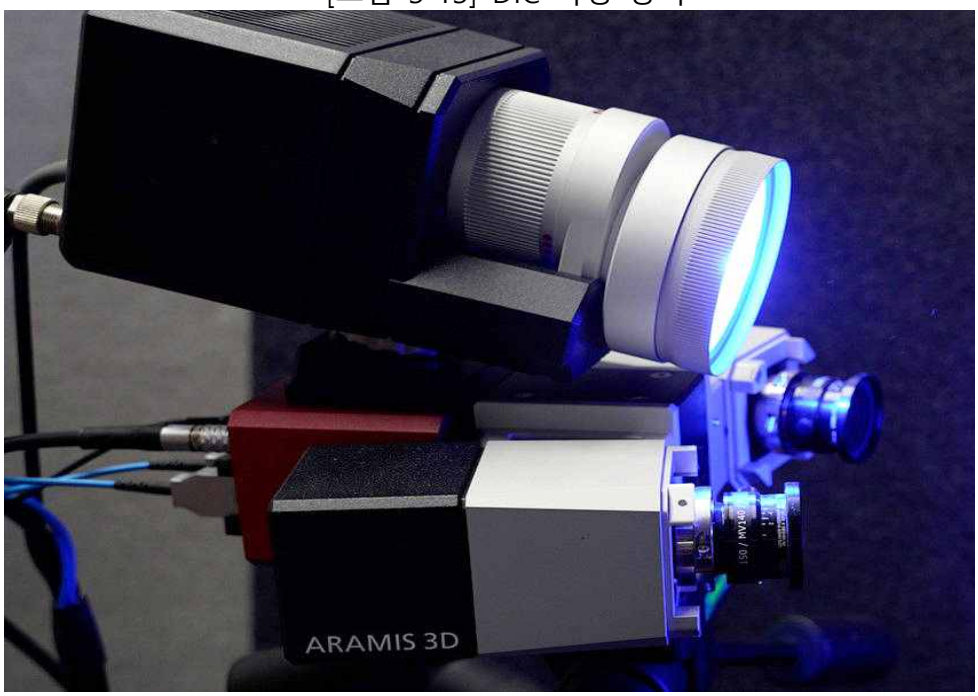
[그림 3-10] 극저온 고압인장시험기

[그림 3-11] 응력부식(SSRT)시험기

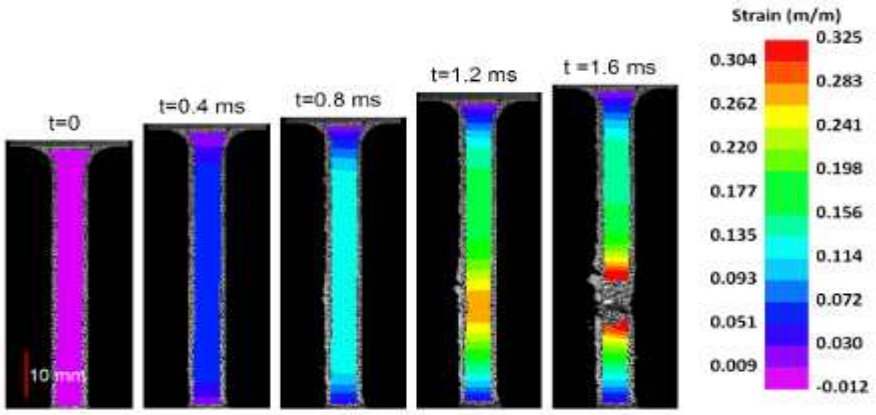
- 자동차의 에너지 친환경화에 따른 전동화 추세에 발맞춰 기존의 레거시 차량회사 외에 다양한 고객사가 발생함에 따라 이러한 고객사의 보다 폭넓은 요구사항의 발생으로 시험의 과정을 담는 디지털 이미지 상관기법이 요구되고 있음
- DIC기법은 기존 기계적 시험과 같이 단순히 결과만 측정하는 것이 아니라 측정 과정 자체를 카메라를 이용해 다양한 변화의 과정을 담아내어 측정하는 기법으로 그 중요성이 점점 높아지는 추세에 있음

[그림 3-12] DIC 장비를 재료시험에 적용한 모습

[그림 3-13] DIC 측정 장비



[그림 3-14] 디지털 이미지 상관(DIC) 기법을 이용한 시험편의 측정 과정




- NCS 학습자들은 단지 시험분석기만을 다룰 줄 아는 소양보다 더욱 다양한 장비의 가동방법에 대한 교육 및 유지보수에 대한 교육의 필요성이 증가

**○ 시험 데이터의 자산화**

- LIMS(Laboratory Information Management System, 실험실 정보 관리 시스템)를 기반으로 시험 데이터를 장기적으로 축적하고, 빅데이터 분석 및 통계 모델링을 통해 품질 예측 모델을 구축함으로써 시험 데이터를 조직의 핵심 기술 자산으로 전환해야 함

**□ 직무고도화에 따른 직무역할 확대**

**○ 데이터 기반 품질보증 체계로의 전환**

- 단순 합부 판정을 넘어, 시험 데이터를 통계적으로 해석하여 공정 능력을 평가하고 결함 발생 전조를 사전에 감지하는 능동적 품질보증체계로 전환해야 함
- 이를 통해 사후 판정 중심의 품질 관리에서 사전 예방 중심의 품질보증으로 역할을 고도화해야 함

**○ 공정 피드백 기능의 구조적 강화**

- 파괴·비파괴 시험 결과와 미세조직 특성 간 상관관계를 체계적으로 분석하고, 이를 용접 조건, 열처리 사이클, 성형 조건 등 선행 공정 변수 최적화의 핵심 근거로 반영해야 함. 시험 부서는 결과 보고 조직이 아닌 공정 개선을 유도하는 기술 피드백 허브로 기능해야 함

**○ 규격 선제 대응 및 기술 리스크 예방**

- 글로벌 규격(ASME, ISO, ASTM 등)의 개정 동향을 선제적으로 분석하고, 이를 사내 표준 및 기술 기준으로 체계화하여 개발·수주 단계에서의 기술적 리스크를 사전에 제거하는 규격 전문가 역할을 수행해야 함

**○ 기술 데이터베이스 구축 및 자산화**

- 프로젝트별 파손 사례, 이물·개재물 분석 결과, 특이 조직 판독 사례 등을 체계적으로 DB화하여 유사 결함의 재발을 방지하고, 경험 의존형 판단을 데이터 기반 판단으로 전환해야 함
- 이를 통해 실패 비용을 구조적으로 차단하는 기술 자산을 축적해야 함

**○ 시험 표준화 기반 신뢰성 확보**

- 작업자 숙련도에 따른 편차를 최소화하기 위해 시편 가공, 연마·에칭 조건, 관찰 배율, 판독 기준 등 시험 전 과정에 대한 세부 작업 표준을 정립하고 조직 내 공유 체계를 구축해야 함. 시험 결과의 재현성과 대외 신뢰성을 동시에 확보해야 함

**○ 제품 신뢰성 검증을 위한 엔지니어링 파트너 역할**

- 단순 측정·시험 수행 역할에서 벗어나, 설계 수명 검증과 실제 운전 조건을 반영한 시험 계획을 수립하는 제품 신뢰성 검증 파트너로 역할을 확대해야 함
- 시험결과는 설계 안전율 및 사용 적합성 판단의 핵심 근거로 활용되어야 함

**○ 극한 환경 및 특수 시험 대응 역량 확보**

- 수소 환경, 극저온, 고온, 고압 등 가혹 조건에서의 소재 거동을 평가할 수 있는 시험·해석 역량을 확보해야 함. 단순 시험 수행 인력을 넘어, 결과의 물리적 의미와 파손 메커니즘을 해석할 수 있는 데이터 해석형 엔지니어를 육성해야 함

**○ 설계-생산-품질 통합 협업 체계 구축**

- 부서 간 역할 분절을 해소하고, 시험 결과가 설계 기준, 안전율 설정, 생산 표준 개정에 즉시 반영되는 설계-생산-품질 간 유기적 통합 운영 체계를 구축해야 함
- 재료시험 부서는 조직 간 연결을 담당하는 기술적 허브로 기능해야 함

□ 재료시험·재료조직평가 NCS 개선 등 제도적 지원 필요

○ NCS 체계 재설계

- 최신 재료분석 기술(예: 전자현미경, XRD, 3D 분석 등) 반영하여 직무 정의를 실무 중심으로 재구성하고 숙련도 단계 세분화하고, 시험·평가 절차의 표준화 및 국제 규격과의 호환성 강화가 필요함

○ 교육 및 인력양성

- 현장 실습 중심 교육과정을 확대하고, 대학·연구기관·기업 간 연계 교육 프로그램을 운영할 필요가 있음

○ 정책 및 제도적 지원

- 재료시험·재료조직평가 관련 자격제도 개선 및 인증 강화 및 정부·산업계 공동 R&D 지원 확대가 필요함

○ 교육 인재 육성

- 장기 전문인력 육성 로드맵을 수립하여 우수 인재에 대한 장학금·연구비 지원, 국제 공동연구 및 해외 연수 기회 확대, 멘토링 및 경력개발 프로그램 운영이 필요함

# 4 활용 방안

## 1. 산업 내 활용 방안

### □ 직무 설계 개선

**○ 직무 정의 및 역량 요구사항 체계적 업데이트**

- 디지털 전환 대응을 추진 중인 재료시험·재료조직평가 관련 기업을 대상으로, 직무 정의 및 역량 모델링 재설계 지원 필요
- 직무변화 선행요인의 다수는 기존 직무의 전면적 대체보다는 특정 역량의 강조 및 역할 확대 형태로 작용하고 있음
- 이에 따라 기업 내에서 실제 수행 중인 직무 범위와 핵심 역량을 구체화하고, 디지털 전환·친환경 전환 등 직무변화 요인의 영향을 받는 역량 요소를 선별·정의할 필요가 있음

**○ 직무 세분화에 따른 새로운 직무 간 협업 모델 개발**

- 직무 세분화로 영역별 전문성은 강화되고 있으나, 타 영역에 대한 이해 및 역량은 상대적으로 감소하는 경향이 나타남
- 이를 보완하기 위해, 직무 간 경계를 완화하는 협업 기반 직무 운영 모델 개발이 필요
- 특히 디지털 전환에 따른 설비 자동화, 신규 환경관리 설비 도입 등으로 조업 운영 직무와 설비 관리 직무 간 협업 필요성이 확대되고 있음
- 인력운용 계획 조정, 직무 간 역량 교류, 순환 배치 등을 통해 일정 수준의 비전문 영역 이해 역량을 보유한 융복합 인력 운영 체계 구축 필요

**○ 직무 전환 및 재훈련 프로그램 구축**

- 자동화 및 설비 변경으로 기존 직무 구조가 변화함에 따라, 재직자를 대상으로 한 맞춤형 역량 전환 교육 체계 마련 필요
- 자동화, 설비변경 등으로 인한 기존 인력 대상 맞춤형 역량전환 교육 제공
  ·자동화 및 신규 설비 이해도 제고, 타 직무 전환 교육 등

- 직무별 디지털 기술 숙련도 향상을 위한 디지털 전환 학습 패키지 개발
  · 데이터 수집 및 활용 역량
  · 데이터 리터러시 및 기초 분석
  · 인공지능·자동화 시스템 이해 및 활용 등

□ NCS 및 직무맵 개선

○ 철강산업 유관 분야 NCS 및 직무맵 전반 검토

- 디지털 전환 및 친환경 트렌드를 반영한 신규 직무군 정의 또는 기존 직무 재분류에 대한 검토 필요
- 직무변화 요인으로 인해 신규 직무가 실제로 발생하고 있는지, 전문 인력 수요가 지속적으로 창출되고 있는지에 대한 분석 필요
- 기존 직무 내 역량 확장 수준인지, 별도의 직무군으로 분리할 필요가 있는 수준인지에 대한 단계적 검토 필요

○ 산업표준 반영 및 산업 간 연계 강화

- 기존 NCS에 데이터 활용 능력, 디지털 설비 조작, 자동화 이해 역량 등을 포함한 신규 능력단위의 신설·개선·차용 가능성 검증
- 디지털·환경 분야 선행 산업 및 유사 산업 NCS와의 연계 가능성 검토
- 조업 환경 변화에 따른 능력단위 변경 필요성 및 NCS 반영 타당성 검토
- 철강산업 및 주요 수요산업에서 요구하는 기술 표준과 NCS 간 연계 구조 검토를 통해 산업-직무-표준 간 정합성 강화

□ 현장 중심의 직무 지원 정책

○ 압연 및 가공 분야 기업 맞춤형 직무변화 지원 프로그램 설계

- 디지털 전환 초기 단계에 있는 중소·중견기업을 대상으로 기술 컨설팅 중심의 직무변화 지원 프로그램 개발
- 디지털 전환 선도기업과 추진 준비 기업 간 기술 전수 및 멘토링 프로그램 운영

- 디지털 전환 관련 설비 투자 컨설팅, 보조금 연계 지원 등을 통한 초기 진입 장벽 완화

**○ 고용 안정 지원 프로그램 운영**

- 자동화 확산으로 인력 수요가 감소하는 직무 종사자를 대상으로 직무 전환 교육 및 재배치 지원을 통해 고용 안정 도모
- 디지털 전환으로 인력 투입이 축소되는 분야 재직자 대상 전환 교육 제공
- 기존 직무와 유사한 분야로의 이동 또는 신규 직무로의 재배치를 통해 산업 내 인력의 연속성 유지

## 2. 정책적 활용 방안

### □ 철강분야 산업전환을 위한 정책적 지원

**○ 산업구조 전환 기업 대상 세제·투자 지원 강화**

- 자본력이 취약한 중소·중견기업을 중심으로 친환경 및 데이터 수집 설비 도입에 대한 투자 지원 및 세액 공제 확대
- 디지털 전환에 필요한 조업 데이터 수집 설비 도입은 상당한 초기 투자가 요구되므로, 공공 지원을 통한 전환 속도 가속 필요
- 공정 자동화, 친환경 산업 전환 관련 기술 도입 및 개발 프로젝트에 대한 R&D 지원을 통해 산업 전반의 디지털 전환 수준 제고

**○ 물리적 전환과 병행한 소프트 파워 지원 강화**

- 설비 투자 지원뿐만 아니라, 디지털 전환 목표 설정 및 단계별 이행 계획 수립을 위한 컨설팅 지원 확대
- 기업별 전환 수준을 고려한 맞춤형 디지털 전환 로드맵 수립 지원

**○ 산업구조 전환 관련 정부 정책 및 지원사업 참여 확대**

- 정부부처 및 공공기관에서 추진 중인 산업전환 지원사업에 대한 중소·중견기업의 참여 확대 필요
- 산업 관련 협·단체, ISC, RSC 등 정부사업 수행기관과의 협업을 통해 정책 이해도 제고 및 참여 기회 확대

- 협·단체 및 전문기관과의 교류를 통해 최신 정책 트렌드 및 지원사업 정보를 공유하고, 수혜 가능 사업 발굴 촉진

□ **산업전환 대응 인력양성체계 강화**

○ **기업-교육기관 간 협력체계 구축 및 활성화**

- 스마트공장 및 친환경 산업전환을 위한 기업-교육기관 간 협력 모델 구축 지원
- 기업의 기술 도입·실증 수요와 교육기관의 연구·교육 역량을 연계한 공동 프로젝트 추진
- 기업-교육기관 매칭 주선 및 협업 활성화를 위한 행정·재정적 지원 강화

○ **산업인력 대상 맞춤형 직무 전환·재배치 교육 제공**

- 직무 생애주기별 맞춤형 교육 체계 구축을 통해 산업인력의 변화 대응 강화
  · (취업준비생·초급 인력) 산업 이해 및 기초 융복합 역량 강화
  · (재직자) 디지털·친환경 중심의 직무 전환 대비 교육
  · (퇴직자) 기술 전수 및 멘토링 중심 교육을 통한 산업 기술 순환 지원
- 산업 변화에 따른 직무의 생성·확대·유지·소멸 흐름을 예측하고, 이에 대응하는 선제적 전환 교육 프로그램 개발을 통해 유연한 산업 대응 기반 마련