

KOSHA GUIDE

P-143-2014

용해로의 설치 및 유지보수에 관한 기술지침

2014. 11.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자: 한국산업안전보건공단 장 회, 나중문

○ 제 · 개정 경과

- 2014년 11월 화학안전분야 제정위원회 심의

○ 관련 규격 및 자료

- EN 60519-1, "Safety in electroheat installations; Part 1: General requirements", 1993
- BS EN 1247 "Foundry machinery – Safety requirements for ladles, pouring equipment, centrifugal casting machines, continuous and semicontinuous casting machines", 2004

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 위험성연구팀 (전화 042-869-0321, FAX 042-863-9002)로 연락하여 주십시오.

공표일자: 2014년 11월24일

제 정 자: 한국산업안전보건공단 이사장

용해로의 설치 및 유지보수에 관한 기술지침

1. 목적

용융 고열물을 취급하는 용해로의 설치, 운전 및 유지보수에 필요한 사항을 정하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 용융 고열물을 취급하는 용해로, 래들 및 용탕 주입설비의 설치, 운전 및 유지보수 시에 적용한다. 다만, 연소식 큐폴라는 일부만 적용이 가능하고, 기타 전기관련 기술지침을 따른다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “용해로”라 함은 금속을 녹는점 이상으로 가열하여 용해시키는 용선로, 반사로, 평로, 전로, 전기로 등의 가마를 말한다.

(나) “래들 (Ladle)”이라 함은 용해로(融解爐)에서 나온 쇳물을 받아서 운반하여 주형에 주입하는 데 사용하는 용기를 말한다.

(다) “브리징 (Bridging)”이라 함은 추가하는 차가운 장입재가 중간에 걸려 하부의 용탕 사이에 공기층이 형성되는 것을 말한다.

(라) “스폴링 (Steam Spalling)”라 함은 소결된 내화물이 갑자기 부서져 떨어지는 것을 말한다.

(마) “드로스 (Dross)”이라 함은 용해된 금속의 안 또는 윗면에 떠오르는 산화물이나, 용융아연도금에서 노 바닥에서 발생하는 금속간 화합물 등의 침적물을 말한다.

4. 용해로 위험성

- (1) 물 등의 액체로 젖은 장입재 투입시 고온의 용탕과 물이 접촉하여 다음과 같은 수증기 폭발 위험이 있다.
 - (가) 고온의 용탕이 수분과 접촉하거나 물 등의 액체가 들어있는 파이프, 용기 등의 장입재와 접촉하여 갑작스런 기화로 수증기 폭발이 일어날 수 있다.
 - (나) 유도코일에서 발생하는 열을 제거하기 위한 냉각수 배관에서 냉각수가 외부로 누출되어 고온의 용탕과 접촉하여 수증기 폭발이 일어날 수 있다.
 - (다) 비점이 낮은 첨가제의 급격한 기화로 증기폭발
- (2) 온도측정, 시료채취, 장입재 및 첨가제 투입시 작업자의 조작 실수 또는 수분과의 접촉에 의한 다음과 같은 고온의 용탕 비산 위험이 있다.
 - (가) 한쪽 또는 양쪽이 막힌 파이프, 용기 등의 장입재는 고온의 용탕과 접촉하여 갑작스런 부피 팽창으로 장입재가 날아가거나 용탕이 비산될 수 있다.
 - (나) 회분식 용해로에서는 장입재가 녹기 전에 양 쪽이 막힌 파이프, 밀폐용기 등의 장입재는 가열되면서 내부 압력이 상승하여 파열되면서 로켓현상으로 장입재가 날아갈 수 있다.
 - (다) 시료 채취시 건조되지 않은 수공구 등과 접촉하여 갑작스런 기화로 수증기 폭발 및 용탕이 비산
 - (라) 대형 장입재 투입에 의한 용탕 비산
 - (마) 잘못된 장입으로 중간에 걸린 장입재가 일시에 떨어져 용탕 비산
- (3) 가열로 및 래들의 전도, 파손으로 용탕 누출 위험이 있다.
- (4) 경동장치 등의 움직이는 물체에 끼일 위험이 있다.
- (5) 용해로 및 래들에서 떨어질 위험이 있다.
- (6) 전기 활선에 접촉되어 감전될 위험이 있다.
- (7) 분진, 열분해 유해화학물질 및 중금속 흙 등의 유해물질에 폭로될 위험이 있다.
- (8) 고온의 용탕에서 발생하는 강한 빛에 의한 유해광선에 노출될 위험이 있다.

(9) 설비의 고온 표면에 접촉될 위험이 있다.

5. 용해로 설치

5.1 일반사항

- (1) 용해로의 설치 시에는 제조자가 제공한 검지기 설치 매뉴얼을 충분히 이해하고, 그 방법을 준수하여야 한다.
- (2) 용해로를 설치하는 건물은 수증기 폭발 및 화재를 예방하기 위하여 다음 사항들을 고려하여야 한다.
 - (가) 건물의 재질은 불연성이어야 한다.
 - (나) 바닥은 물이 고이지 않는 구조이어야 한다.
 - (다) 지붕·벽·창 등은 빗물이 새어들지 않는 구조이어야 한다.
 - (라) 용탕이 담긴 용해로, 래들 등이 전도, 파손 및 넘쳐서 누출된 용탕이 건물의 주요 구조부와 직접 접촉되지 않도록 내화조치 등을 하여야 한다.
 - (마) 유해가스 및 중금속 흡을 배출할 수 있는 전체환기설비를 설치하여야 한다.
- (3) 용탕 취급설비는 작업자가 고열로부터 가능한 멀리 떨어져 안전하게 작업할 수 있도록 자동원격조작설비를 설치하거나, 방호벽, 스크린 등을 격리설비 설치하여 작업자가 용탕으로부터 충분한 안전거리를 유지하여야 한다.
- (4) 용해로 및 래들은 제작 및 보수를 한 후에는 필요시 열응력을 제거하기 위하여 KS B 6750 "압력용기-설계 및 제조 일반"에서 규정한 대로 열처리를 하여야 한다.
- (5) 경보장치는 작업자가 경고음을 잘 청취할 수 있고, 경광등은 잘 보이는 곳에 설치하여야 한다.
- (6) 전기기계기구 및 전선은 내열성이 충분한 것을 사용하여야 한다.
- (7) 전원공급장치는 분진이 들어가지 않는 방진성능이 있어야 하고, 문을 열면 자동으로 전원이 차단될 수 있도록 연동장치를 설치하여야 한다.

- (8) 용해로, 래들, 경동장치 등의 설비는 작업자가 끼임, 떨어짐 등에 의한 재해를 예방하기 위하여 안전난간, 안전덮개, 안전거리 유지 등의 적절한 조치를 하여야 한다.
- (9) 용해로에서 발생하는 먼지, 유해화학물질 및 중금속 흡 등을 안전하게 처리할 수 있도록 국소배기장치를 설치하여야 한다.
- (10) 용탕의 상태는 장시간 확인하는 작업장소에는 폐쇄회로 TV 등을 설치하거나 차광스크린을 설치하여야 한다.
- (11) 정전 등의 비상시 즉시 사용이 가능하고, 30분 이상 지속적인 공급이 가능한 예비동력원을 설치하여야 한다. 특히 비상용 냉각수는 가능한 고가수조 또는 엔진 구동에 의한 공급방법을 것을 적극 권장한다.
- (12) 시운전 전까지 안전운전절차서, 유지보수절차서 및 비상시 조치사항을 작성하고, 관련 작업자에게 교육을 하여야 한다.

5.2 누출방지

- (1) 용해로 및 래들은 운전 및 정비 중에 넘어지지 않도록 안정된 구조로 설치하여야 한다.
- (2) 내화물은 운전 중에 과열되지 않도록 브리징, 이물질 혼입이 되지 않도록 하여야 한다.
- (3) 용해로는 장입재가 중간에 잘 걸리지 않는 구조이어야 한다.
- (4) 경동장치는 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.
 - (가) 경동 장치의 부근에 물이 체류되어 있지 않는 구조이어야 한다.
 - (나) 작업자의 신체 일부가 끼이지 않도록 안전덮개 등을 설치하여야 한다.
 - (다) 수동 조작장치는 작업자가 조작할 때만 작동될 수 있도록 self-locking gear 방식으로 설치하여야 한다.
 - (라) 자동 조작장치는 작업자가 스위치를 누르고 있을 때만 작동하도록 하여야 한다.
 - (마) 정전 또는 설비 고장시 안전한 위치로 방향을 전환하기 위한 비상전원 공급 등의 설비를 설치하여야 한다.

5.3 확산방지

- (1) 용탕 유출시 피해를 줄이기 위하여 용해로 아래 또는 주위에 설치하는 용탕 배출 피트는 수증기 폭발을 예방하기 위하여 다음 사항들을 고려하여야 한다.
 - (가) 최대 부피는 용해로 최대 용량의 1.5배 이상이어야 한다.
 - (나) 용해로 바로 밑에서 피트까지 용탕이 잘 흐를 수 있는 구조이어야 한다.
 - (다) 피트 내부는 내화벽돌을 설치하여야 한다.
 - (라) 소형의 용해로는 하부에 철판으로 만든 격자와 드럼통을 설치하고 주위에 주물사를 채워서 누출된 용탕을 안전하게 처리할 수 있다.
 - (마) 지하수가 내부로 새어들지 않도록 하여야 한다.
 - (바) 운전 중에 외부에서 빗물 등이 유입되지 않도록 격벽 등을 설치하여야 한다.
 - (사) 작업자 출입이 용이하게 계단 등을 설치하여야 한다.

5.4 폭발방지

- (1) 용해로 및 래들에 설치하는 냉각수 배관은 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.
 - (가) 냉각수가 새지 않고, 점검이 용이하게 설치하여야 한다.
 - (나) 작동 중 내부에 공기 또는 냉각수의 체류 등이 생기지 않는 구조로 하여야 한다.
 - (다) 고열에 노출되는 부분은 금속재의 재료로 된 것을 설치하여야 한다.
 - (라) 열팽창에 의한 과도한 압력상승을 방지하기 위하여 안전밸브를 설치하거나 배관 한쪽이 항상 열리는 구조이어야 한다.
 - (마) 급배수용 배관·밸브·계기 등은 경동장치·천정 선회장치 등이 기기의 작동부분 부근, 운반통로의 부근 등에는 설치해서는 안된다.
 - (바) 부식을 방지할 적절한 대책을 강구하여야 한다.

- (사) 냉각수가 공급되지 않으면 경보하고, 가열을 중지토록 하여야 한다.
- (2) 내화물은 용해금속, 용해 온도, 용해시간, 보온유지, 교반 정도, 첨가제, 축로방법 등을 고려하여 용해로, 래들 및 내화물 제조자와 상의하여 결정하여야 한다.
- (가) 내화물 제조자가 요구하는 시방서를 준수하여 설치하여야 한다.
- (나) 내화물 소결절차를 준수하여야 한다.
- (다) 밀도가 낮은 곳이나 공극이 있는 곳은 운전 중에 침식되어 용탕이 누출될 위험이 있으므로 균일하게 축로 되어야 한다.
- (라) 내화벽돌 등은 보관 중에 변형되지 않도록 제조자가 요구하는 방법으로 보관하여야 한다.
- (3) 내화물 손상 등으로 용탕이 코일 및 냉각수 배관 등에 닿거나 근접하면 전원을 차단할 수 있도록 누전감지장치를 설치하여야 한다.

6. 용해작업 안전

6.1 일반사항

- (1) 제조자가 제공한 안전운전절차서를 잘 이해하고, 조작 방법을 잘 아는 숙련된 작업자가 조작하여야 한다.
- (2) 전기설비는 일정한 자격이 있는 전문가만이 문을 열거나 점검하여야 한다.
- (3) 용탕 배출 피트 근처에는 항상 가연성이나 인화성 물질이 없어야 한다.
- (4) 장입작업은 브리징이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- (5) 용탕을 래들에 옮길 때는 래들이 넘어지지 않도록 받침대 등으로 잘 고정하여야 한다.
- (6) 유도용해로는 감전사고 및 누전차단기 오작동을 방지하기 위하여 용탕과 직접 접촉하는 온도측정, 시료채취 및 슬래그 제거작업은 반드시 사전에 용해로 전원을 차단하여야 한다.
- (7) 경동장치의 조작과 관련하여 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

- (가) 경동 장치의 부근에 물이 체류되어 있지 않은 것을 확인하여야 한다.
- (나) 용융고열물의 출탕구와 용융고열물을 받아 넣을 용기와의 위치관계를 확인하여야 한다.
- (다) 용융고열물을 받아 넣을 용기의 내부에 수분이 부착되어 있지 않은 것을 확인하여야 한다.
- (라) 경동장치는 용탕이 외부로 유출되지 않도록 급격히 조작하지 말아야 한다.
- (마) 래들·저장로·경련로 등의 경동작업을 2명 이상이 할 경우에는 신호자를 정하고 그 사람의 신호에 따라야 한다.
- (바) 뚜껑이 설치된 경우에는 닫고 경동시켜야 한다.
- (8) 용해로 근처 및 용탕취급 작업자는 안전모, 안전화, 보안경, 보안면, 방진마스크, 방열복 및 내열장갑 등을 착용하고 작업을 하여야 한다.
- (9) 용해로 작업장 내에서 작업자는 난연성 작업복, 흡습성이 좋은 속옷, 양말 등을 착용하여야 한다.
- (10) 플라스틱, 페인트 등이 함유된 장입재는 고온에서 열분해되어 유해가스가 발생할 수 있으므로 방독독스크를 착용하여야 한다.

6.2 비상조치

- (1) 용탕누출, 경보장치 작동, 폭발, 화재 등의 비상시 인명피해를 최소화 하도록 비상조치계획을 수립하여야 한다.
- (2) 비상조치계획은 현장의 최고 선임자에게 안전조치를 위한 모든 권한을 부여하여야 한다.
- (3) 작업자는 비상시 안전조치절차를 잘 이해하고, 준수하여야 한다.
- (4) 비상시 조치사항을 요약하여 현장에 게시하고, 준수토록 지속적인 교육을 하여야 한다.
- (5) 경보장치, 연동장치는 성능을 저하시키거나, 제거해서는 안된다.
- (6) 경보장치 및 연동장치가 작동되면 절대로 용해작업을 계속해서는 안된다.

- (7) 용해로에 폭발성 물질, 인화성 물질, 가연성 물질 및 기타 액체가 유입되지 않도록 장입재를 사전에 선별하고, 건조하여야 한다.
- (8) 용점이 낮은 추가 장입재는 용탕에 직접 넣을 때 기화되어 용탕이 넘치거나 폭발할 위험이 있으므로 투입을 하여서는 안된다.
- (9) 내부가 비어있는 고철 롤(Roll)은 표면과 내부의 팽창계수 차이로 가열시키면 표면이 분리되어 비산될 위험이 있으므로 파쇄하여 장입하여야 한다.
- (10) 래들 등의 용탕 주입설비는 급격한 온도변화에 의한 수증기 폭발 및 열충격을 방지하기 위하여 용탕을 주입하기 전에 예열을 하여야 한다.
- (11) 인공관절, 틀니, 인공심장 박동기, 시계 등의 금속물질은 제조자가 제시하는 안전거리를 유지하여야 한다.

7. 성능 유지 및 보수

7.1 성능유지

- (1) 정비작업자는 용해로 설비의 작동원리를 정확히 이해하고, 안전운전 및 유지보수 절차서를 준수하여야 한다.
- (2) 용해로 등은 성능 유지 및 안전을 위하여 최초 제조자의 설계사양을 유지할 수 있도록 제조자가 권장하는 부품을 사용하여야 한다.
- (3) 다른 부품을 사용할 경우에는 사전에 설계사양 등을 충분히 검토를 하여 변경하고, 변경 내용 및 사유, 관련 도면 수정, 안전운전절차서 등을 보완하여야 한다.
- (4) 내화물 사양을 변경할 경우에는 내화물 제조자, 축로자 및 관련 설비의 전문가 의견을 반영하여야 한다.
- (5) 내화물은 다음과 같은 부위를 정기적으로 점검하여 제조자가 요구하는 두께 이상으로 유지하여야 한다.
 - (가) 슬래그와 용탕 경계부위.
 - (나) 급격한 굴곡이 있는 바닥과 측벽 경계
 - (다) 내화물 보수부위

(라) 외부 온도측정 결과 온도가 높은 부위

- (6) 내화물은 설계온도를 초과하거나 국부적인 과열은 스폐링 현상이 발생할 수 있으므로 주의하여야 한다.
- (7) 용탕 배출 피트는 즉시 사용이 가능토록 항상 건조된 상태로 유지하여야 한다.
- (8) 용해로와 래들에 부착된 슬래그 및 드로스는 국부적인 과열로 설비 파손으로 용탕이 누출될 수 있으므로 제거하여야 한다.
- (9) 도전성 분진에 의한 아크발생, 누전 및 감전사고 예방을 위하여 분진이 쌓이지 않도록 수시로 제거하여야 한다.
- (10) 경보장치는 작동시 작업자에게 경보가 전달될 수 있도록 성능을 항상 유지하여야 한다.
- (11) 전원공급장치는 항상 문을 닫아 분진 등이 유입되지 않도록 하여야 한다.
- (12) 누전차단기, 경보장치, 연동장치는 항상 정상 기능이 유지될 수 있도록 작업 시작 전에 점검하여야 한다. 특히 누전차단장치는 매번 용해작업 시작 전에 정상작동 여부를 확인하여야 한다.
- (13) 특히, 냉각코일에서 누전이 발생할 경우에는 대용량의 전류가 흘러 냉각코일의 온도 상승이 가속화되어 코일 손상으로 수증기 폭발이 일어날 수 있어 누전차단장치는 항상 정상 작동되어야 한다.
- (14) 수냉도체는 물이 응축되지 않도록 하여야 한다.
- (15) 안전운전과 정비에 관한 일일, 주간, 월간, 계간 및 연간 안전점검표를 작성하여 현장에 게시하고, 준수토록 하여야 한다.
- (16) 예비동력원은 매주 작동시험을 실시하고, 그 기록을 보존하여야 한다.

7.2 보수작업

- (1) 설비 보수를 위하여 필요한 자료는 운전자, 정비자 및 협력업체 작업자 등이 쉽게 열람할 수 있도록 항상 현장에 비치하여야 한다.
- (2) 내화물의 파손, 균열 및 마모 등은 용탕과 로체 및 래들 본체에 접촉·용해되어 용

탕이 외부로 누출될 위험이 있으므로 반드시 보수하여야 한다.

- (3) 내화물 대신 보호피막만 설치 용해로는 피막손상으로 형성된 미세한 균열은 용탕이 침투되어 외부로 누출될 수 있으므로 반드시 보수하여야 한다.
- (4) 축로 보수작업은 용해하는 용탕에 적합한 내화물을 사용하고, 소결하여야 한다.
- (5) 내화물 제거작업은 진동, 충격 및 마찰 등으로 냉각코일 등이 손상되지 않도록 하여야 한다.
- (6) 내화물 건조작업은 국부가열 및 급속한 가열을 해서는 안된다.
- (7) 수분이 남아있는 경우에는 내화물이 급격히 가열·팽창되어 스톨링이 발생하여 수명이 단축되고, 수증기 폭발이 일어날 수 있으므로 축로 작업이 끝난 후에는 완전하게 건조하여야 한다.
- (8) 내화물 등의 건조를 끝낸 용해로 및 래들 등은 건조 하지 않은 것과 구별하고 작업용수 또는 빗물의 침수·관수 등이 없도록 보관하여야 한다.
- (9) 전원을 차단하고 콘덴서 등에 남아있는 전하를 완전히 방전시킨 후에 전원공급장치 문을 열어야 한다.