

KOSHA GUIDE

B - 8 - 2021

수중 용단 안전작업에 관한 기술지침

2021. 12.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자: 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 강준혁
- 제·개정 경과
 - 2021년 11월 산업안전일반분야 제정위원회 심의(제정)
- 관련규격 및 자료
 - 스쿠버용 압축공기 기준(SPS-KCLG7009-5353), 2014
 - DIN EN 15333-1:2008 Respiratory equipment - Open circuit umbilical supplied compressed gas diving apparatus - Part 1: Demand apparatus
 - Oxy-arc underwater cutting recommended practice, International Association of Oil & Gas Producers, 2012
 - IMCA D003 Guidelines for Oxy-Arc Cutting Rev 1, International Marine Contractor Association, 2011
 - Welding handbook - Welding Process Part 1, 9th Edition, American Welding Society, 2004
 - 수중 용단 시 가연성 가스 폭발재해 예방을 위한 안전방안 연구, 산업안전보건연구원, 2021
 - 용단 작업 시 화재예방에 관한 기술지침(F-1-2020), 산업안전보건공단, 2020
 - Hydrogen production in underwater cutting and welding, 2019
 - Explosiveness of the underwater residual cutting gasses Part 1 Fresh water, 2019
 - Influence of oxygen purity in underwater cutting, 2019
 - 재해조사보고서 - 동일본대지진 복구공사 중 발생한 수중폭발재해, JNIOOSH, 2016
 - Analysis of gases produced by three underwater cutting devices, Navy Experimental Diving Unit, 2003
 - U.S. Navy Underwater Cutting & Welding Manual, 2002
- 관련법규·규칙·고시 등
 - 산업안전보건법 시행규칙 제107조(안전인증대상기계등)
 - 산업안전보건기준에 관한 규칙 제5장 이상기압에 의한 건강장해의 예방
 - 위험기계·기구 안전인증 고시 제5장 압력용기
 - 고기압 작업에 관한 기준
- 기술지침의 적용 및 문의
 - 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지(www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
 - 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2021년 12월

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

수중 용단 안전작업에 관한 기술지침

1. 목 적

이 지침은 직류전기를 이용하여 물속에서 용단 작업을 수행하는 잠수사의 안전보건을 위한 기술적인 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 물속에서 피복아크용접봉, 수중 가우징봉, 초고온 절단봉 등을 이용하여 물속에서 금속을 자르는 수중 용단 작업에 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어는 다음과 같다.

(가) “용단”이라 함은 열에너지를 이용하여 금속을 용융·절단하는 것을 말한다.

(나) “산소아크절단”이라 함은 전극봉과 모재 사이에 발생한 아크에 고순도 산소를 공급하여 금속을 용융·절단하는 것을 말한다.

(다) “피복아크절단”이라 함은 전극봉과 모재 사이에 발생한 아크의 열에너지를 이용하여 금속을 용융·절단하는 것을 말한다.

(라) “수중 가우징 봉”이라 함은 가우징용 탄소 전극봉 가운데 산소를 공급할 수 있는 관로가 있고 외부를 방수처리한 전극봉을 말한다.

(마) “초고온 절단봉”이라 함은 하나의 전극관 속에 다수의 심선 또는 전극관이 있고 관내 산소 이동이 가능한 관로가 있으며, 플라스틱 튜브나 절연 테이프 등으로 방수처리된 전극봉을 말한다.

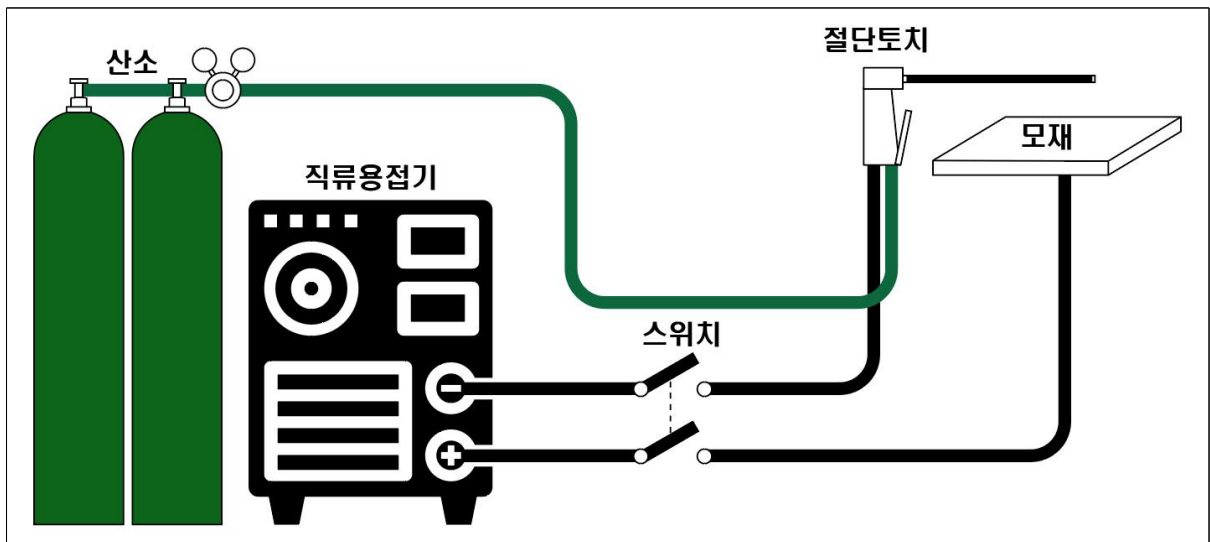
(바) “직류정극성”이라 함은 전극봉을 음극(-)에, 그라운드 클램프를 양극(+)에 연결한 회로의 구성을 말한다.

- (2) 이 지침에서 사용하는 그 밖의 용어의 정의는 이 기준에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 고기압 작업에 관한 기준 및 관련 산업표준에서 정하는 바에 따른다.

4. 수중 용단 설비의 구성

4.1 설비의 구성

수중 용단 설비의 구성은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 수중용 용단 설비의 구성

4.1.1 전원공급 장치

- (1) 용접 또는 용단용으로 설계·제조된 직류발전기를 사용하고 감전의 위험이 있는 교류발전기는 사용하지 않는다.
- (2) 제조사의 동의없이 무단으로 개조된 기계를 사용하지 않는다.
- (3) 전극봉을 음극(-)에 연결하고 그라운드를 양극(+)에 연결한다. 직류발전기의 극성표시가 불량하여 극성을 시험할 필요가 있을 때는 아래와 같이 한다.
 - 전원을 차단하고 용접 케이블과 그라운드 케이블을 전극에 연결한다.
 - 그라운드 클램프에 금속편을 연결하고, 토치에 전극봉을 끼운다.
 - 위의 금속편과 전극봉을 소금물을 담은 물통에 넣고 약 50mm 거리를 둔다.

- 통전 후 전극봉의 끝에서 기포가 발생하면 음극(-)에 연결된 상태이다.
- 통전 후 금속편에서 기포가 발생하면 전원을 끄고 케이블의 전극을 바꾼다.
- 케이블을 전극에 단단히 고정한다.

(4) 고장 또는 오작동 시 출력단자의 전기가 차단되도록 설계·제조되어야 한다.

(5) 직류발전기의 접지는 선박 위의 타 용접기와 분리하여야 한다.

(6) 초고온 절단봉은 150 암페어(amp) 이상, 강철관 절단봉은 400 암페어 이상, 가우징 봉은 600 암페어 이상의 직류발전기를 필요로 한다.

(7) 위의 전류는 사용율(duty cycle)이 100%일 때 전류이다. 사용율이 60%인 직류 발전기인 경우 사용 중 최대 전류가 저하될 수 있으므로 주의한다.

(8) 초고온 절단봉은 강철관 절단봉 또는 수중 가우징 전극봉보다 낮은 전류에서 작업이 가능하므로 두 종류 이상의 전극봉을 사용할 때는 높은 전류를 요구하는 전극봉에 적합한 발전기를 준비한다.

(9) 전류 조정은 잠수작업자가 요청하고 잠수감독관이 조정한다. 전류를 조정할 때 감독관은 전원을 차단하여야 한다.

4.1.2 토치 및 용단 케이블

수중 용단에 사용되는 토치와 케이블은 <그림 2>와 같다.

피복아크용접용 토치	절단용 토치	용단 케이블
		

<그림 2> 수중 용단 토치

(1) 일반적으로 수심 30 미터에서 용단 케이블은 단면적이 70 mm²를 사용하며, 수심이 30 미터 증가할 때마다 한 단계 큰 단면적의 전선을 사용한다.

<표 1> 비(非) SI 규격에 대한 상호 참조¹⁾

수심(m)	국내규격(mm ²)	AWG*	수심(m)	국내규격(mm ²)	NEC*
30	70	2/0	90	120	250MCM
60	95	3/0	120	150	350MCM

* American Wire Gauge, * National Electric Code

(2) 용단 케이블은 구리로 된 제품을 사용한다.

(3) 용단 케이블을 코일처럼 말아서 사용할 경우, 전압강하로 인한 효율저하 및 열이 발생하므로 코일처럼 말아서 사용하지 않는다.

(4) 용단 케이블이 15 미터를 초과할 때에는 전도성이 없는 합성 로프를 질긴 덕트 테이프로 케이블에 붙여 용접 케이블에 작용하는 하중을 줄인다.

4.1.3 스위치

수중 용단설비에 사용되는 스위치는 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 수중용 용단 설비의 구성

(1) 양극단투(Double Pole Single Throw)형 원격조정 스위치를 권장한다.

(2) 스위치의 전류용량은 600 암페어 이상으로 용접기 최대용량보다 높아야 한다.

(3) 스위치는 부도체(nonconducting material) 위에서 사용한다.

(4) 산소의 농도가 높은 곳에 스위치를 설치하지 않는다.

1) KS C IEC 60974-1:2014 아크 용접 설비 - 제1부: 용접전원

(5) 스위치는 사용자가 감전되지 않도록 부도체로 방호하여 사용한다.

※ 주의: 수동 스위치는 개폐 시 아크 발생의 위험이 있으므로, 반드시 (4)와 (5)의 조치를 한 후에 사용하도록 한다.

4.1.4 클램프 및 그라운드 케이블

수중 용단설비에 사용되는 그라운드용 클램프는 <그림 4>와 같다.



<그림 4> 수중용 그라운드 클램프

- (1) 그라운드 케이블의 단면적과 길이는 용단 케이블의 단면적 및 길이와 같다.
- (2) 그라운드 케이블은 반드시 모재에 연결한다. 물을 통한 그라운드는 감전의 위험이 있으므로 사용하지 않는다.
- (3) 그라운드 클램프는 황동 또는 구리의 함량이 높은 구리합금으로 한다.
- (4) 그라운드와 연결된 모재의 표면은 이물질이 없는 상태여야 한다.
- (5) 작업 중 전극봉과 그라운드 사이에 잠수작업자가 위치하지 않도록 그라운드를 이동 설치하여 잠수작업자의 감전을 예방한다.

4.1.6 용단용 산소 및 산소 호스

- (1) 순도 99.5% 이상의 산소를 사용한다. 순도가 낮으면 철의 산화과정에서 발생하는 열량이 감소하여 용단속도가 감소하여 작업효율이 저하된다.
- (2) 압력조절기의 저압 출력부에 역화방지기와 초과압력 방지를 위한 안전밸브를 사용한다.

- (3) 산소의 공급압력과 유량은 모재의 두께와 관련하여 제조사의 권고에 따른다. 다만, 제조사의 권고가 없을 때는 <표 2>의 수식을 이용하여 압력을 구하고, 유량은 1.98 m³/min(70 ft³/min) 이상으로 한다.

<표 2> 용단용 산소 공급 압력²⁾

단위계	산소 공급압력 환산 공식
Imperial	산소공급압력(psi) = 호스길이(ft) ÷ 10 + (0.445 × 수심(ft)) + 90 psi
Metric	산소공급압력(bar) = 호스길이(m) ÷ 44.7 + (0.1 × 수심(m)) + 6.21 bar

- (4) 산소의 압력과 유량이 적정한 때는 전극봉의 끝에서 약 300 mm 길이의 산소 제트를 볼 수 있다.
- (5) 산소 호스의 내경은 9.5 mm 이상의 것을 사용하고, 수심이 60 미터를 초과하는 경우 내경이 12.7 mm 이상인 호스를 사용한다.

4.2 전극봉과 가스 발생량

4.2.1 전극봉

국내에 사용되는 수중 용접봉 및 절단봉의 예시는 <그림 5>과 같다.



<그림 5> 용접봉 및 절단봉

- (1) 수중 용접봉은 직경 3.2 mm 이상, 길이 350 mm로 피복제와 아크가 발생하는 전극봉의 끝이 방수코팅되어 있어 전극봉 끝의 코팅을 제거한 후 사용한다.
- (2) 초고온 절단봉 직경 6.4 mm 이상, 길이 457 mm인 외벽이 구리로 도금된 관 안에 여섯 개의 강선과 한 개의 마그네슘 합금강으로 구성되어 아크 생성 후 전류를 차단하여도 산소가 공급되는 동안 아크가 유지되므로 전극봉 길이가 75 mm 정도가 되면 용단 작업을 중단하여 토치가 연소되지 않도록 한다.

2) U.S. Navy Underwater cutting & Welding Manual

- (3) 수중 가우징 봉은 직경 10 mm, 길이 305 mm로 중심부에 산소관로가 있다. 외부는 구리로 도금되어 있고 방수와 절연을 위해 절연테이프나 플라스틱으로 코팅되어 있다. 방수코팅의 길이가 균일하지 않아 코팅이 덜 된 부분에는 절연 테이프 등으로 감아서 금속의 노출 면적을 줄여 수소발생량을 줄인다.

4.2.2 가스 발생량

- (1) 35 ~ 37ppt 염수에서 DC 60V, 200 ~ 300A의 전류를 통전하여 전극봉에서 발생하는 평균 가스량과 전극봉 1개당 평균 연소 시간은 <표 3>과 같다.

<표 3> 전극봉당 연소시간 및 총 가스발생량

	수중 용접봉	초고온 절단봉	수중 가우징 봉
평균 가스발생량(ml/ea)	86	200	861
전극봉 평균 연소시간(sec/ea)	93	45	180

- (2) 초고온 절단봉과 수중 가우징 봉은 사용 중 다량의 산소를 사용하므로 가스의 용단 후 수소가스의 조성비율(약 0.5%)은 낮으나, 불완전한 배기로 인한 폭발 위험을 배제할 수 없다.
- (3) 수중 용접 중 산소를 사용하지 않고 전극이 물에 노출되는 단면적이 적어 수소가스 발생량이 상대적으로 적으나, 생성된 가스의 수소비율(약 53%)이 매우 높아 폭발 위험성이 매우 높다.

4.3 개인보호장비

- (1) 개인보호장비는 산업잠수와 동일하며, 수중 용단을 위한 추가적인 보호 장비는 <그림 6>과 같다.

차광 유리(부분 차광)	차광 유리(완전 차광)	고무장갑
		

<그림 6> 수중 용단용 개인 보호장비

- (2) 고무장갑 안에 수술용 장갑을 착용하여 감전의 위험을 줄일 수 있다.

5. 주요 위험

(1) 수중용단 관련 위험

(가) 감전

(나) 증기 또는 가연성 가스 폭발

(다) 손상 또는 약화된 구조물의 붕괴로 인한 깔림 및 갇힘

(라) 절단물 추락에 의한 부상 및 구조물의 부상

(2) 잠수작업 관련 위험

(가) 움직이는 장비에 의한 부딪힘

(나) 화재 및 화재로 인한 감압 중단

(다) 낙하물에 의한 충격 또는 움직이는 기계장비에 끼임

(라) 호흡기체 공급 중단 및 호흡기체 공급설비 손상

(마) 수중에 설치한 공기 공간의 침수

(바) 차압(differential pressure)에 의한 압착

(사) 감압시간 부족에 따른 감압병

5. 위험성평가

용단 작업 위험성평가 시 <표 4>의 위험 요인을 고려하여 안전보건기술지침 (P-140-2020) 「작업위험성평가에 관한 기술지침」에 따른 위험성평가를 실시하여야 한다.

<표 4> 수중 용단 작업 위험성 평가 위험 요인

위험 요인	고려사항
수중 공극	작업 중 발생한 가스가 수면 위로 배출되지 않고 수중 공간에 쌓일 위험성을 고려한다.
아크 방전	통전 시 전극봉 끝이 아닌 회로에서 아크가 발생할 가능성을 고려한다. 작업 전 케이블 외피의 손상여부 등을 검사한다.
블로우백	전극봉 끝 용단이 발생하는 지점에서 발생하는 작은 폭발로 용융점 주변에 갇힌 수소가 폭발한다.
역화	절단토치의 산소공급 호스에 역화방지기를 설치한다.
밀폐공간	가스가 배출될 수 있도록 배출구를 가장 먼저 뚫는다.
가연성 가스	밀폐공간 등에 축적된 가연성 가스의 잔존 여부를 확인한다. 메탄은 해저에서 발생하여 구조물 내에 축적될 수 있다.
차압	해저배관이나 밀폐공간을 절단할 때 공간 내부와 외부의 압력차이에 의한 압착에 주의한다.
보호수단	주변 금속구조물에 접촉하여 의도하지 않는 아크가 발생하거나 용융 슬래그가 떨어져 손상시키는 것을 방지하는 자재를 도포한다.
절단물 추락방지	절단물이 아래로 추락하여 구조물을 손상시키거나 잠수작업자를 다치게 할 위험에 대비한다.
가스 배출구	가스 배출구를 뚫을 때는 기계식 절단법을 적용한다. 배출구는 절단부보다 높은 곳에 뚫어 가스 배출을 쉽게 한다.

- (1) 직무를 세분화하고 위험을 식별한다.
- (2) 위험을 분석하고 저감 대책을 마련한다.
- (3) 작업 전 안전회의(toolbox meeting)를 열어 작업 절차, 위험 요인, 안전대책을 작업자와 공유한다.
- (4) 폐쇄된 공간의 아래보기 절단과 같이 가스포켓의 존재여부와 가스 이동 방향을 식별할 수 없을 때는 기계식 절단법을 적용할 수 있도록 대응방안을 마련한다.
- (5) 잠수작업자 신체의 일부가 수면 위로 드러나는 비말대(splash zone)는 감전의 위험이 매우 높으므로 수중 용단을 하지 않는다.

6. 안전작업절차

6.1 용단 작업

- (1) 용단작업 전 5.에서 실시한 위험성평가 결과를 포함한 위험성에 대하여 작업자 등에게 안전교육을 실시한다.
- (2) 잠수작업 지원부서는 선상 작업 체크리스트를 작성한다(<별지 1> 참조)
- (3) 잠수작업부서는 수중 작업 체크리스트를 작성한다.(<별지 2> 참조)
- (4) 잠수작업자를 입수시켜 작업 위치와 작업량을 파악한다.
- (5) 작업 대상 구조물을 표시한 후, 두 번째 잠수작업자로 확인한다.
- (6) 잠수작업자는 해저에서 발생하였거나 작업 중 발생할 가연성 가스가 배출되지 못하고 쌓일 만한 곳을 가늠한다. 잠수종을 사용할 때에는 배출되는 가스가 잠수종으로 향하는지 확인한다. 수심 측정용 호스를 이용하여 기포를 분사한 후 기포의 이동방향을 확인할 수 있다.
- (7) 가스 배출구의 위치, 크기, 수량을 확인하고 표시한다. 두 번째 잠수작업자는 위치의 적정성을 확인하고 잠수감독 및 발주사 측은 이를 승인한다.
- (8) 잠수감독과 잠수작업자는 가스 배출구를 수중 용단으로 만들 수 있는지 유압 드릴 등을 사용할 것인지 협의한다.
- (9) 필요 시 잠수작업자는 주변 구조물 등에 작업물을 매달아서 작업 후 작업물의 추락에 의한 부상 또는 구조물 파손을 예방한다.
- (10) 잠수감독은 용단 장비를 물속에 넣기 전 전원이 차단되고 누설전류가 없음을 확인한다.
- (11) 잠수감독은 장비를 물속에 넣기 전 산소차단을 확인한다. 물속에 넣기 전 산소 호스 내부 침수를 방지하기 위하여 최소공급압력 만큼 산소를 채워 둔다.
- (12) 용단 장비를 물속에 넣는다. 장비를 정확한 작업위치에 보내기 위하여 작업줄과 D링 또는 샤클 등을 사용할 수 있다.

- (13) 케이블은 충분한 길이를 준비하여 잠수작업자가 작업하기 편리하도록 한다.
- (14) 잠수작업자는 케이블을 작업 위치로 이동시키고 작업하기 편리한 여유 길이를 확보한다.
- (15) 선상에서 잠수작업을 지원하는 자는 케이블과 산소 호스가 눌리거나 꺾이지 않도록 한다.
- (16) 잠수작업자는 그라운드 케이블을 연결할 모재의 접합부위를 찾아 페인트를 제거한다.
- (17) 잠수감독 및 잠수작업자는 토치와 그라운드 사이에서 작업하지 않도록 고려하여 그라운드를 연결한다.
- (18) 필요시 용단작업 대상이 아닌 부분에 대하여 보호 조치한다.
- (19) 필요시 효율적인 작업을 위해 용단부 가이드를 설치한다.
- (20) 잠수작업자의 작업준비가 완료되면 잠수감독의 지시에 따라 잠수업무를 지원하는 자는 산소밸브를 열어 산소를 공급한다. 산소 압력은 잠수작업 지점의 수압에 6.21 bar를 더한 값과 같다.
- (21) 잠수작업자는 토치에 전극봉을 끼워 밀착시킨 후 토치 앞부분을 돌려 단단히 고정한다.
- (22) 산소의 유량을 점검한다. 산소 제트가 약 300 mm 정도이면 양호한 것으로 간주한다.
- (23) 잠수작업자는 이동하지 않고 절단할 수 있을 길이를 확보하여 자리를 잡는다.
- (24) 잠수작업자는 잠수감독에게 전극봉의 끝을 모재에 대고 레버를 눌러 산소를 분사하면서 전원인가를 요청한다. 전원인가를 요청할 때는 “스위치 온(switch ON)” 또는 “메이크 잇 핫(make it HOT)” 중 잠수감독과 약속한 대로 요청한다. 이 때 “스위치” 또는 “메이크 잇” 한 후 약간의 틈을 두고 “온” 또는 “핫”을 말하여 잠수감독관이 요청 신호와 듣는 동시에 전기를 통전하고, 신호어를 다시 말함으로써 전기를 통전하였음을 잠수작업자에게 알린다.

- (25) 전원 차단을 요청할 때는 “스위치 오프(switch OFF)” 또는 “메이크 잇 콜드(make it COLD)”라고 한다. 잠수작업자가 “스위치” 또는 “메이크 잇”을 예령으로 하고 “오프” 또는 “콜드”라고 할 때 잠수감독은 전원을 차단한다.
- (26) 전극봉을 연소시켜 용단작업을 수행한다. 초고온 절단봉의 경우 75 mm 정도 남으면 전기와 산소를 차단하여 더 이상 연소되지 않게 한다.
- (27) 전극봉의 끝으로 모재를 살짝 두드리 아크가 발생하지 않는지 확인한 후 토치의 앞부분을 열어 남은 전극봉을 제거한다.
- (28) 쇠파이프나 직경 6 mm 이하의 용접봉으로 절단 후 용융 금속의 재융착이 없는지 확인한다.
- (29) 작업 중 발생한 가연성 가스가 누적된 곳이 없는지 확인한 후 새 전극봉을 끼워 작업을 계속한다. 가스가 쌓인 곳이 있을 때는 기계적인 방법을 동원하여 배출구를 뚫거나 에어리프트 등을 이용하여 가스를 제거한다.
- (30) 용단 작업이 완료되면 잠수감독은 잠수작업을 지원하는 자에게 용접기 작동 중지 및 산소밸브를 잠그도록 한다.
- (31) 잠수작업자는 그라운드 클램프를 모재에서 분리하고, 잠수작업을 지원하는 자는 용단 장비를 선상으로 회수한다.
- (32) 장비 회수 후 산소 호스 내 산소를 배출시킨다.

6.2 작업 후 관리

- (1) 토치를 분리하고 산소 호스 양쪽 끝을 캡으로 막는다.
- (2) 토치를 민물에 행구어 말린다.
- (3) 토치를 분해하여 연소, 파손, 부식, 막힘 등을 검사하고 필요시 부품을 교체한 후 재조립한다.
- (4) 토치 보관은 항상 건조한 상태로 하며, 오일은 사용하지 않는다.

<별지 1>

선상 작업 체크리스트

연번	항목	예	아니오	비고
1	잠수감독은 잠수공사업체의 위험성평가 결과를 검토하고 직무별 위험분석을 하였다.			
2	잠수감독은 발주사가 수중 용단을 승인한 문서 및 작업허가서를 확인하였다.			
3	작업지역에 산소나 아크로 연소될 수 있는 탄화수소 또는 인화성 물질의 잔존여부를 확인하였다.			
4	적절한 소화설비가 산소저장용기 인근에 배치되어 있다.			
5	수중 용단 중 잠수작업 지원 선박에 화재 감시자를 배치하였다.			
6	필수인력을 제외한 인원에 대한 작업지역 접근 제한을 시행하였다.			
7	수중 용단을 위한 케이블, 토치, 그라운드 클램프, 산소호스, 고유량 산소용 감압기 등을 용도에 맞게 조립하고 검사하였다.			
8	고유량 산소용 감압기의 저압 출력부에 역화방지기와 안전밸브를 확인하였다.			
9	직류발전기의 출력전류를 작업에 적합하고 토치는 발전기의 음극(-)에 연결되어 있다.			
10	선박위에서 수중 용단 장비의 작동여부를 확인하였다.			
11	수중 용단 장비를 물에 넣기 전 발전기의 전원을 차단하고 누설전류가 없음을 확인하였다.			
12	물에 넣기 전 산소 호스에 최소공급압력으로 산소를 공급하고 산소 공급을 차단하였다.			
13	물에 넣기 전 케이블 및 산소 호스의 길이와 케이블에 작용하는 하중에 저항할 수 있는 조치를 마련하였다.			
14	토치 손상 시 교체할 수 있도록 여분의 부품을 토치에 부착하였다.			
15	작업물의 두께와 면적 대비 충분한 양의 전극봉을 준비하여 잠수작업자에게 지급하였다.			
16	잠수작업자의 헬멧에 절단용 보안경을 부착하고, 절연용 고무장갑, 작업용 장갑 등을 지급하고 착용을 확인하였다.			

잠수감독: _____

날짜/시간: _____

<별지 2>

수중 작업 체크리스트

연번	항목	예	아니오	비고
1	잠수작업자가 절단 예정부의 위치를 확인하고 표시하고, 두 번째 잠수작업자가 절단 예정부가 맞는지 확인하였다.			
2	잠수작업자는 가스가 쌓일 만한 공간을 확인하였다.			
3	잠수작업자는 가스 배출구의 위치를 표시하고, 두 번째 잠수작업자, 잠수감독, 발주하는 가스 배출구의 적정성을 확인하였다.			
4	잠수작업자와 잠수감독은 수중 용단으로 가스 배출구를 절단할 것에 동의하였다.			
5	배출된 가스가 잠수중에 유입될 위험을 예방하기 위해 잠수작업자는 생명줄의 수심 계측용 호스를 이용하여 기체를 분사한 후 기체의 이동경로를 확인하였다.			
6	잠수작업자는 절단물이 절단 후 떨어져서 부상을 입거나 구조물을 손상시킬 우려가 있을 경우 추락방지 조치를 하였다.			
7	그라운드 클램프의 위치를 파악하고 작업 중 잠수작업자가 토치와 그라운드 클램프 사이에 위치하지 않도록 하였다.			
8	그라운드 클램프는 모재의 페인트나 기타 이물질이 제거된 금속표면의 여분의 금속에 부착되었음을 확인하였다.			
9	절단부 이외의 구조물을 보호하기 위한 보호자재의 필요성을 확인하고 설치하였다.			
10	절단부나 금속 용융물이 잠수작업자 또는 잠수작업자의 생명줄에 떨어지지 않도록 작업위치와 자세를 확인하였다.			
11	잠수작업자는 용단작업에 필요한 통신 용어를 숙지하였다.			

잠수감독: _____

날짜/시간: _____