

KOSHA GUIDE

W - 12 - 2017

고열작업환경 관리지침

2017. 11.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 제정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 정은교
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 정은교

○ 제·개정 경과

- 2007년 4월 산업위생분야 제정위원회 심의
- 2007년 5월 총괄제정위원회 심의
- 2012년 5월 총괄제정위원회 심의
- 2015년 4월 산업위생분야 제정위원회 심의
- 2017년 11월 산업위생분야 제정위원회 심의

○ 관련규격 및 자료

- 미국 OSHA, OSHA Technical Manual, Heat Stress, 1993.
- 미국 NIOSH, Criteria for a Recommended Standard-Occupational Exposure to Hot Environments, 1997.
- 미국 ACGIH, 2006 TLVs & BEIs, 2006.
- 정규철, 온열환경과 그 대책, 가톨릭산업의학연구소, 1977.

○ 관련법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건법 제24조 (보건조치)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제6장 (온도·습도에 의한 건강장해의 예방)
- 고용노동부 고시, 제2013-38호, “화학물질 및 물리적인자의 노출기준”, 2013.
- 고용노동부 고시, 제2017-27호, “작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시”, 2017.

○ 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 : 2017년 11월 27일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

고열작업환경 관리지침

1. 목적

이 지침은 산업안전보건법(이하 “법”이라한다) 제24조(보건상의 조치) 및 산업안전보건기준에 관한 규칙 제7장 (온·습도에 의한 건강장해의 예방)의 적용을 받는 고열작업에 대한 작업환경관리지침을 정하여 동 업무에 종사하는 근로자의 건강보호를 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 다음의 장소에서의 작업에 적용한다.

- (1) 용광로·평로·전로 또는 전기로에 의하여 광물 또는 금속을 제련하거나 정련하는 장소
- (2) 용선로(鎔銑爐) 등으로 광물·금속 또는 유리를 용해하는 장소
- (3) 가열로(加熱爐) 등으로 광물·금속 또는 유리를 가열하는 장소
- (4) 도자기 또는 기와 등을 소성(燒成)하는 장소
- (5) 광물을 배소(焙燒) 또는 소결(燒結)하는 장소
- (6) 가열된 금속을 운반·압연 또는 가공하는 장소
- (7) 녹인 금속을 운반 또는 주입하는 장소
- (8) 녹인 유리로 유리제품을 성형하는 장소
- (9) 고무에 황을 넣어 열처리하는 장소
- (10) 열원을 사용하여 물건 등을 건조시키는 장소
- (11) 갱내에서 고열이 발생하는 장소
- (12) 가열된 로를 수리하는 장소
- (13) 그밖에 법에 따라 노동부장관이 인정하는 장소, 또는 고열작업으로 인해 근로자의 건강에 이상이 초래될 우려가 있는 장소

3. 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “고열”이라 함은 열에 의하여 근로자에게 열경련·열탈진 또는 열사병 등의 건강장해를 유발할 수 있는 더운 온도를 말한다.

(나) “습구흑구온도지수(Wet-Bulb Globe Temperature: WBGT)”라 함은 근로자가 고열환경에 종사함으로써 받는 열스트레스 또는 위해를 평가하기 위한 도구(단위 : °C)로써 기온, 기습 및 복사열을 종합적으로 고려한 지표를 말한다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 의한다.

4. 고열의 측정 및 평가

4.1 평가 시 고려 사항

사업주는 고열작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 열경련·열탈진 등의 건강장해를 예방하기 위하여 고열의 위해성을 평가하여야 하며, 평가 시 다음 사항을 고려한다.

- (1) 고열작업의 종류 및 발생원
- (2) 고열작업의 성질 (특성 및 강도 등)
- (3) 온열특성 (기온, 기습, 기류, 복사열 등)
- (4) 근로자의 작업 활동 및 착용한 의복 형태
- (5) 고열관련 상해 및 질병발생 실태
- (6) 산업환기설비 등의 설치와 적절성
- (7) 근로자의 열순응 정도
- (8) 기타 고열환경 개선에 필요한 사항

4.2 고열의 측정 및 평가

4.2.1 측정대상 인자

고열의 측정은 기온, 기습 및 흑구온도 인자들을 고려한 습구흑구온도지수(WBGT)로 한다.

4.2.2 측정주기

사업주는 고열작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 법 제42조의 규정에 따라 6개월에 1회 이상 정기적으로 습구흑구온도지수를 측정한다. 다만, 근로자가 열경련·열탈진 등의 증상을 호소하거나 고열작업으로 인해 건강장해가 우려되는 경우에는 필요에 따라 수시로 측정을 실시할 수 있다.

4.2.3 측정기기의 조건

고열은 습구흑구온도지수(WBGT)를 측정할 수 있는 기기 또는 이와 동등 이상의 성능을 가진 기기를 사용한다.

4.2.4 측정 방법 및 시간

- (1) 고열을 측정하는 경우에는 측정기 제조자가 지정한 방법과 시간을 준수하며, 열원마다 측정하되 작업장소에서 열원에 가장 가까운 위치에 있는 근로자 또는 근로자의 주 작업행동 범위에서 일정한 높이에 고정하여 측정한다.
- (2) 측정기기를 설치한 후 일정시간 안정화시킨 후 측정을 실시하고, 고열작업에 대해 측정하고자 할 경우에는 1일 작업시간 중 최대로 높은 고열에 노출되고 있는 1시간을 10분 간격으로 연속하여 측정한다.

4.2.5 고열의 평가

고열의 평가는 다음의 순서로 실시한다.

- (1) 습구흑구온도지수(WBGT)의 산출

각각의 측정에 대한 습구흑구온도지수는 다음의 식으로 계산한다.

(가) 옥외(태양광선이 내리쬐는 장소)는 식(1)과 같다.

$$WBGT(°C) = 0.7 \times \text{자연습구온도} + 0.2 \times \text{흑구온도} + 0.1 \times \text{건구온도} \dots\dots(1)$$

(나) 옥내 또는 옥외(태양광선이 내리쬐지 않는 장소)는 식(2)와 같다.

$$WBGT(°C) = 0.7 \times \text{자연습구온도} + 0.3 \times \text{흑구온도} \dots\dots\dots(2)$$

(2) 평균 WBGT의 산출

평균 WBGT는 식(3)으로 구한다.

$$\text{평균 WBGT}(°C) = \frac{WBGT_1 \times t_1 + WBGT_2 \times t_2 + \dots + WBGT_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \dots\dots(3)$$

여기에서, $WBGT_n$: 각 습구흑구온도지수의 측정치(°C)
 t_n : 각 습구흑구온도지수의 측정시간(분)

(3) 착용복장에 따른 WBGT 기준 보정

<표 1>의 노출기준은 보통 작업복을 입은 순응된 작업근로자를 대상으로 설정된 것이므로 <표 2>의 착용복장의 종류에 따라 보정을 실시해야한다. 착용복장에 따른 WBGT 보정값($WBGT_{eff}$)은 식(4)에 따른다.

$$WBGT_{eff} (°C) = WBGT + CAF \dots\dots\dots(4)$$

여기에서, CAF : 의복 보정지수(°C)

<표 1> 고열작업의 노출기준

작업 휴식시간비	작업강도		
	경작업	중등작업	중작업
계속작업	30.0℃	26.7℃	25.0℃
매시간 75% 작업, 25% 휴식	30.6℃	28.0℃	25.9℃
매시간 50% 작업, 50% 휴식	31.4℃	29.4℃	27.9℃
매시간 25% 작업, 75% 휴식	32.2℃	31.1℃	30.0℃

여기에서, 경작업 : 200 kcal/hr까지의 열량이 소요되는 작업을 말하며 앉아서 또는 서서 기계의 조정을 하기 위하여 손 또는 팔을 가볍게 쓰는 일 등을 뜻함.
중등작업 : 200~350 kcal/hr까지의 열량이 소요되는 작업을 말하며 물체를 들거나 밀면서 걸어 다니는 일 등을 뜻함.
중작업 : 350~500 kcal/hr까지의 열량이 소요되는 작업을 말하며 곡괭이질 또는 삽질하는 일 등을 뜻함.

<표 2> 착용복장에 따른 WBGT 노출기준의 보정값

복장 형태	CAF*
여름작업복	0℃
상하가 붙은 면작업복	+2℃
겨울 작업복	+4℃
방수복	+6℃

* CAF : Clothing Adjustment Factors

(4) 작업대사율의 결정

<표 3>, <표 4> 및 식(5)를 참고하여 각 작업의 총 작업대사율(M_{TWA})과 그에 따른 작업강도를 결정한다.

$$M_{TWA} = \frac{(M_1t_1 + M_2t_2 + \dots + M_nt_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \dots\dots\dots (5)$$

여기에서, M_n : 각 작업의 작업대사율(kcal/hr 또는 Watt)

t_n : 각 작업의 작업시간(분)

<표 3> 신체자세 및 동작에 따른 작업대사율

신체자세 및 동작	작업대사율(kcal/min)
앉은 자세	0.3
선 자세	0.6
걷는 동작	2.0~3.0
경사진 면을 걷는 동작	걷는 동작의 소모칼로리에 고도 1 m 상승시마다 0.8을 추가

<표 4> 작업형태에 따른 작업대사율

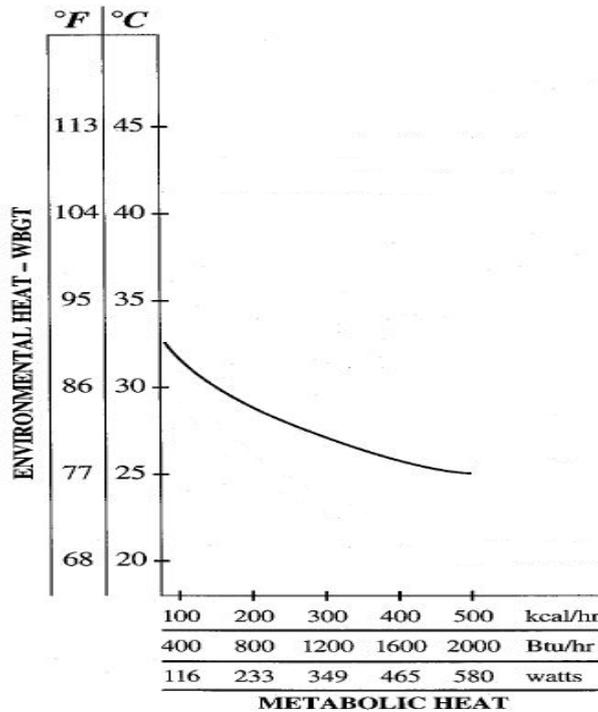
작업의 형태	작업대사율(kcal/min)	
	평균	범위
○ 수 작업 - 경작업(글쓰기, 손뜨개질 등) - 중작업(워드작업 등)	0.4 0.9	0.2 ~ 1.2
○ 한 팔로 하는 작업 - 경작업 - 중작업(구두수선, 소파제작 등)	1.0 1.7	0.7 ~ 2.5
○ 양 팔로 하는 작업 - 경작업(줄질, 나무대패질, 정원고르기 등) - 중작업	1.5 2.5	1.0 ~ 3.5
○ 몸 전체로 하는 작업 - 경작업 - 중등작업(마루청소, 카페트 털기 등) - 중작업(선로깎기, 흙파기, 나무껍질 벗기기 등) - 격심한 작업	3.5 5.0 7.0 9.0	2.5 ~ 15.0

<계산 예> 조립라인에 서서 무거운 수공구를 양팔을 사용하여 작업할 경우

임무(Task)	작업대사율(kcal/min)
○ 걷는 동작	2.0
○ 양팔을 사용한 중작업과 가벼운 몸 전체로 하는 작업	3.0
○ 기초대사량	1.0
○ 분당 총 작업대사율	6.0 kcal/min
○ 시간당 총 작업대사율	360 kcal/hr

(5) 노출기준 초과여부의 결정

(3)항에서 산출된 착용복장에 따른 WBGT 보정값(WBGT_{eff})과 (4)항에서 산출된 작업대사율을 사용하여 [그림 1]로부터 노출기준 초과여부를 판단하고 <표 1>의 노출기준으로부터 작업강도별 적정한 작업휴식시간비를 선정한다.



[그림 1] WBGT_{eff} 및 작업대사율과 노출기준(TLV)의 관계

5. 고열작업환경의 관리

5.1 환경관리

사업주는 고열작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 건강장해를 예방하기 위하여 다음 각호의 환경관리 조치를 취한다. (고열에 의한 건강장해는 <첨부 1> 참조)

- (1) 고열작업이 실내인 경우에는 고열을 감소시키기 위하여 환기장치를 설치하거나 열원과의 격리, 복사열의 차단 등 필요한 조치를 한다. 고열작업이 옥외에서 행해지는 경우에는 가능한 한 직사광선을 차단할 수 있는 간단하고 쉬운 지붕이나 천막 등을 설치하며 작업 중에는 적당히 살수 등을 실시할 수 있도록 한다.
- (2) 고열작업이 실내인 경우에는 냉방 또는 통풍 등을 위하여 적절한 온·습도 조절 장치를 설치한다. 냉방장치를 설치하는 때에는 외부의 대기온도보다 현저히 낮게 하지 않는다. 다만, 작업의 성질상 냉방장치를 하여 일정한 온도를 유지하여야 하는 장소로서 근로자에게 보온을 위하여 필요한 조치를 하는 때에는 예외로 한다.
- (3) 갱내에서 고열이 발생하는 경우에는 갱내의 기온이 섭씨 37도 이하가 되도록 유지한다. 다만, 인명구조작업 또는 유해·위험방지작업을 함에 있어서 고열로 인한 근로자의 건강장해를 방지하기 위하여 필요한 조치를 한 때에는 예외로 한다.

5.2 작업관리

사업주는 고열작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 건강장해를 예방하기 위하여 다음 각호의 작업관리 조치를 취한다.

- (1) 근로자를 새로이 배치할 경우에는 고열에 순응할 때까지 고열작업시간을 매일 단계적으로 증가시키는 등 필요한 조치한다. 이 경우 고열에 순응하지 않는 근로자란 고열작업 전주에 매일 열에 노출되지 않았던 근로자를 말한다. 고열에의 순응은 하루 중 오전에는 시원한 곳에서 일하게 하고 오후에만 고열작업을 시키는 방법 등으로 실시한다.

- (2) 근로자가 온도·습도를 쉽게 알 수 있도록 온도계 등의 기기를 상시 작업장소에 비치한다.
- (3) 인력에 의한 굴착작업 등 에너지 소비량이 많은 작업이나 연속작업은 가능한 한 줄인다.
- (4) 작업의 강도와 습구혹구온도지수에 따라 결정된 작업휴식시간비를 초과하여 근로자가 작업하지 않도록 한다.
- (5) 근로자들이 휴식시간에 이용할 수 있는 휴게시설을 갖춘다. 휴게시설을 설치하는 때에는 고열작업과 격리된 장소에 설치하고 잠자리를 가질 수 있는 넓이를 확보한다.
- (6) 고열물체를 취급하는 장소 또는 현저히 뜨거운 장소에는 관계근로자외의 자의 출입을 금지시키고 그 뜻을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.
- (7) 작업복이 심하게 젖게 되는 작업장에 대하여는 탈의시설, 목욕시설, 세탁시설 및 작업복을 건조시킬 수 있는 시설을 설치·운영한다.
- (8) 근로자가 작업 중 땀을 많이 흘리게 되는 장소에는 소금과 깨끗하고 차가운 음료수 등을 비치한다.

5.3 보호구

사업주는 고열작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 건강장해를 예방하기 위하여 다음 각호의 기준에 따라 적절한 보호구와 작업복 등을 지급·관리하고 이를 근로자가 착용하도록 조치한다.

- (1) 다량의 고열물체를 취급하거나 현저히 더운 장소에서 작업하는 근로자에게는 방열장갑 및 방열복을 개인전용의 것으로 지급한다.

- (2) 작업복은 열을 잘 흡수하는 복장을 피하고 흡습성, 환기성의 좋은 복장을 착용시킨다.
- (3) 직사광선하에서는 환기성이 좋은 모자 등을 쓰게 한다.
- (4) 근로자로 하여금 지급한 보호구는 상시 점검하도록 하고 보호구에 이상이 있다고 판단한 경우 사업주는 이상유무를 확인하여 이를 보수하거나 다른 것으로 교환하여 준다.

5.4 건강관리

5.4.1 건강장해 예방조치

사업주는 고열작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 건강장해를 예방하기 위하여 다음 각호의 건강장해 예방조치를 취한다.

- (1) 건강진단 결과에 따라 적절한 건강관리 및 적정배치 등을 실시한다.
- (2) 근로자의 수면시간, 영양지도 등 일상의 건강관리지도를 실시하고 필요시 건강상담을 실시한다.
- (3) 작업개시 전 근로자의 건강상태를 확인하고 작업 중에는 주기적으로 순회하여 상담하는 등 근로자의 건강상태를 확인하고 필요한 조치를 조언한다.
- (4) 작업근로자에게 수분이나 염분의 보급 등 필요한 보건지도를 실시한다.
- (5) 휴게시설에 체온계를 비치하여 휴식시간 등에 측정할 수 있도록 한다.

5.4.2 고열작업 종사자의 고려사항

사업주는 다음 각호에 해당하는 근로자에 대하여는 고열작업의 내용과 건강상태의 정도를 고려하여야 한다.

- (1) 비만자
- (2) 심장혈관계에 이상이 있는 자
- (3) 피부질환을 앓고 있거나 감수성이 높은 자
- (4) 발열성 질환을 앓고 있거나 회복기에 있는 자
- (5) 45세 이상의 고령자

5.5 안전보건교육

사업주는 고열작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 작업을 지휘·감독하는 자와 해당 작업근로자에 대해서 다음 각호의 내용에 대한 안전보건교육을 실시한다.

- (1) 고열이 인체에 미치는 영향 (〈별첨 1〉 참조)
- (2) 고열에 의한 건강장해 예방법
- (3) 응급 시의 조치사항

5.6 응급 시의 조치 등

사업주는 고열작업에 종사하는 근로자가 열사병·열경련 등 건강장해를 일으키는 것에 대비하여 다음 각호의 조치를 취한다.

- (1) 열사병의 증상이 있는 경우 즉시 모든 활동을 중단하고 서늘한 곳으로 이동시킨 후 의복을 느슨하게 하거나 최대한 의복을 많이 벗겨서 구급차가 도착하기 전까지 냉각처치를 하여 체온을 최대한 떨어뜨려야 한다. 의식이 저하되어 있는 경우에는 입으로 물 또는 약을 먹이면 안 된다. 구토를 할 경우 기도가 막히거나 흡인되어 더 위험할 수 있다.

(2) 열경련·열탈진 등의 증상이 있는 경우 지체 없이 서늘한 곳에 이동시켜 체온을 떨어뜨리고 증상에 따라 수분 및 염분 등을 보충시킨다. 필요한 경우 즉시 의사의 진찰을 받도록 한다.

(3) 긴급 연락망을 미리 작성하여 고열작업 근로자에게 주지시킨다.

(4) 가까운 병원이나 의원 등의 소재지와 연락처를 파악해 둔다.

6. 기록보존

사업주는 전항의 규정에 의한 고열작업에 대해 평가 및 관리를 행한 때에는 그 결과를 기록하고 5년간 보존한다.

〈별첨 1〉

고열이 인체에 미치는 영향

- (1) “열사병(Heat stroke)”이라 함은 땀을 많이 흘려 수분과 염분손실이 많을 때 발생한다. 갑자기 의식상실에 빠지는 경우가 많지만, 전구증상으로서 현기증, 악의, 두통, 경련 등을 일으키며 땀이 나지 않아 뜨거운 마른 피부가 되어 체온이 41℃ 이상 상승하기도 한다. 응급조치로는 옷을 벗어 나체에 가까운 상태로 하고, 냉수를 뿌리면서 선풍기의 바람을 쏘이거나 얼음 조각으로 맞사지를 실시한다.
- (2) “열탈진(Heat exhaustion)”이라 함은 땀을 많이 흘려 수분과 염분손실이 많을 때 발생하며 두통, 구역감, 현기증, 무기력증, 갈증 등의 증상이 나타난다. 심한 고열환경에서 중등도 이상의 작업으로 발한량이 증가할 때 주로 발생한다. 고온에 순화되지 않은 근로자가 고열환경에서 작업을 하면서 염분을 보충하지 않은 경우에도 발생한다. 응급조치로는 작업자를 열원으로부터 벗어난 장소에 옮겨 적절한 휴식과 함께 물과 염분을 보충해 준다.
- (3) “열경련(Heat cramps)”이라 함은 고온환경 하에서 심한 육체적 노동을 함으로써 수의근에 통증이 있는 경련을 일으키는 고열장해를 말한다. 다량의 발한에 의해 염분이 상실되었음에도 이를 보충해 주지 못했을 때 일어난다. 작업에 자주 사용되는 사지나 복부의 근육이 동통을 수반해 발작적으로 경련을 일으킨다. 응급조치로는 0.1 %의 식염수를 먹여 시원한 곳에서 휴식시킨다.
- (4) “열허탈(Heat collapse)”은 고온 노출이 계속되어 심박수 증가가 일정 한도를 넘었을 때 일어나는 순환장해를 말한다. 전신권태, 탈진, 현기증으로 의식이 혼탁해 졸도하기도 한다. 심박은 빈맥으로 미약해지고 혈압은 저하된다. 체온의 상승은 거의 볼 수 없다. 응급조치로는 시원한 곳에서 안정시키고 물을 마시게 한다.
- (5) “열피로(Heat fatigue)”는 고열에 순화되지 않은 작업자가 장시간 고열환경에서 정적인 작업을 할 경우 발생하며 대량의 발한으로 혈액이 농축되어 심장에 부담이 증가하거나 혈류분포의 이상이 일어나기 때문에 발생한다. 초기에는 격렬한 구갈,

소변량 감소, 현기증, 사지의 감각이상, 보행곤란 등이 나타나 실신하기도 한다. 응급조치로는 서늘한 곳에서 안정시킨 후 물을 마시게 한다.

- (6) “열발진(Heat rashes)”은 작업환경에서 가장 흔히 발생하는 피부장해로서 땀띠(prickly heat)라고도 말한다. 땀에 젖은 피부 각질층이 떨어져 땀구멍을 막아 한선 내에 땀의 압력으로 염증성 반응을 일으켜 붉은 구진(papules)형태로 나타난다. 응급조치로는 대부분 차갑게 하면 소실되지만 깨끗이 하고 건조시키는 것이 좋다.