

KOSHA GUIDE

H - 136 - 2021

망간 노출 근로자의 건강관리지침

2021. 10.

한 국 산 업 안 전 보 건 공 단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 김은아
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 안정호

- 제·개정 경과
 - 2005년 7월 KOSHA Code 산업의학분야 제정위원회 심의
 - 2005년 10월 KOSHA Code 총괄제정위원회 심의
 - 2013년 6월 총괄제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
 - 2021년 8월 산업의학분야 표준제정위원회 심의(법령 및 규격 최신화)

- 관련규격 및 자료
 - Toxicological Profile for Manganese. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2012
 - American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH): Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. 7th Ed
 - HSDB (Hazardous Substances Data Bank) Manganese compounds. 2001
 - 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원. 유해인자에 의한 건강영향과 관리: 망간. 보건분야-보고서 연구원 2004-59-430
 - 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원. 근로자 건강진단 실무지침: 제2권 유해인자별 특수건강진단 방법, 금속류-4 망간과 그 화합물. 2020-산업안전보건연구원-350

- 관련법규·규칙·고시 등
 - 산업안전보건법 제18조(보건관리자), 같은 법 시행령 제22조(보건관리자의 업무 등)
 - 산업안전보건법 제22조(산업보건역), 같은 법 시행령 제31조(산업보건역의 직무 등)
 - 산업안전보건법 제130조(특수건강진단), 제198조(일반검사항목 및 실시방법), 제206조(특수검사항목 및 실시방법)

- 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지(<http://kosha.or.kr>) 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2021년 10월

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

망간 노출 근로자의 건강관리지침

1. 목 적

이 지침은 망간(manganese) 또는 망간 화합물을 제조하거나 그 분진 또는 흡이 발생하는 물질을 취급하는 공정이 있는 사업장 근로자를 대상으로 산업안전보건법(이하 “법”이라 한다) 제130조(특수건강진단), 제198조(일반검사항목 및 실시방법), 제206조(특수검사항목 및 실시방법)의 규정에 의하여 건강진단을 실시하거나 법 제18조(보건관리자) 제2항 및 같은 법 시행령 제22조(보건관리자의 업무 등), 법 제22조(산업보건의) 제2항 및 같은 법 시행령 제31조(산업보건의의 직무 등)의 규정에 의하여 보건관리자 및 산업보건의의 직무를 수행함에 있어 망간에 의한 건강장해를 평가하고 근로자의 건강장해를 예방, 관리하는데 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 건강진단기관의 의사 및 사업장의 보건관리자와 산업보건의 등이 망간에 노출될 가능성이 있는 근로자의 건강장해를 평가하고 근로자의 건강장해 예방 및 관리에 적용한다(이 지침은 위 적용범위 수준에서의 망간 노출 근로자의 건강관리에 관한 지침으로, 보다 상세한 내용은 이 지침의 적용범위를 벗어나는 것으로 관련 규격 및 자료를 참고한다).

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “증상”이란 질환 또는 환자 상태의 주관적 증거로 환자에 의하여 인식되는 증거를 환자가 직접 호소하는 것을 말한다.

(나) “징후”란 어떤 질환의 존재를 표시하는 것으로 환자가 의사에게 알려주거나 의사가 관찰하거나 조사함으로써 얻을 수 있는 질환의 객관적 증거를 말한다.

(다) “검사소견”이란 의사가 검사결과에 근거하여 판단하는 의학적 견해를 말한다.

(2) 이 지침에 사용하는 업종은 한국표준산업분류(통계청고시 2007-53호)에 기술된 정의를 따른다.

(3) 기타 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙과 고용노동부고시, 근로자 건강진단 실무 지침(한국산업안전보건공단, 2020) 및 의학용어집(영한·한영 의학용어집 제5집. 대한 의사협회 의학용어 실무위원 저, 대한의사협회, 2009.)에서 정하는 바에 따른다.

4. 망간의 물리화학적 성상

망간의 물리화학적 성상은 <표 1>과 같다

<표 1> 망간 및 망간 화합물의 물리화학적 성상

종 류	CAS Number	분자식	녹는점 (°C)	끓는점 (°C)	밀도 (g/cm ³)	수용성 (g/l)
망간 (Manganese)	7439-96-5	Mn	1,244	1,962	7.21-7.44	분해
염화망간 (Manganese (II) chloride)	7773-01-5	MnCl ₂	650	1,190	2.98	723(25 °C)
일산화망간 (Manganese (II, III) oxide)	1317-35-7	Mn ₃ O ₄	1,564	-	4.86	비용해
이산화망간 (Manganese dioxide)	1313-12-9	MnO ₂	535 °C에서 산소 소실	-	5.03	비용해
과망간산칼륨 (Potassium permanganate)	7722-64-7	KMnO ₄	240 °C 이하에서 분해	-	2.70	63.8(20 °C)
황산망간 (Manganese sulfate)	7785-87-7	MnSO ₄	700	850 °C에서 분해	3.25	520-700
MMT (Methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl)	12108-13-3	C ₉ H ₇ MnO ₃	2.2	233	1.39	29

5. 망간 노출 위험이 높은 업종 또는 작업

망간에 노출될 위험이 높은 업종 또는 작업은 <표 2>와 같다.

<표 2> 망간에 노출될 위험이 높은 업종 또는 작업

구 분	업종 또는 작업
광업	○ 망간 원광을 채굴, 운반하는 작업
제련 관련 작업	○ 망간 원석의 선별, 분쇄, 건조, 운반, 평량, 소결, 용해, 전해하는 과정에서 동 물질을 취급하는 작업 ○ 아연을 제련하는 공정에서 동 물질을 산화제로 이용하는 작업 ○ 망간철을 제조하는 공정에서 동 물질을 배합, 소결, 용해, 전해하는 과정에서 동 물질을 제조 또는 취급하는 작업
제강 관련 작업	○ 스테인레스 특수강 등을 제강하는 공정에서 망간을 용해, 주조하는 작업
건전지 제조공정	○ 건전지를 제조하는 공정에서 동 물질을 분쇄, 혼합, 교반, 건조, 성형하는 작업
용접 관련 작업	○ 용접봉을 제조하는 공정에서 동 물질을 평량, 혼합, 배합, 성형하는 작업 ○ 망간이 함유된 용접봉을 사용하여 철구조물 등에 용접하는 작업
화학제품 제조업	○ 황산망간, 과망간산칼륨 등 약품을 제조하거나 취급하는 작업 ○ 도자기나 유리의 착색제, 페인트, 염료, 비료, 사진재료, 방수제, 방청제를 제조하는 공정에서 동 물질을 원료로 사용하거나 취급하는 작업 ○ 가솔린에 첨가하는 항노킹 첨가제를 제조 또는 취급하는 작업

6. 망간의 체내 작용기전

6.1. 흡수 경로

일반인은 식품을 통해 물에 녹은 염의 형태로 망간을 섭취하나, 직업성 노출의 경우는 호흡을 통해 분진이나 흙의 형태로 체내에 들어온다.

6.2. 대사

- (1) 상기도에 침착된 망간은 섬모운동에 의하여 배출되나, 하기도에 침착된 망간은 폐에 축적되었다가 혈액으로 이동하여 베타글로불린(beta-globulin)과 결합한다.
- (2) 알코올중독, 만성 질환 및 신장기능 이상이 있는 경우 망간의 대사에 영향을 줄 수 있다.

6.3. 분포 및 축적

- (1) 적혈구 속 망간의 양은 혈장보다 5배 정도 많으며, 약 43%는 뼈에 침착되고 내장기관에는 간, 뇌하수체, 소장, 췌장의 순으로 침착된다.
- (2) 간장 질환이 있는 경우 망간의 배설이 저하되고, 철분이 결핍되면 위장관에서 망간 흡수가 촉진되어 중추신경계의 망간 농도가 높아져 망간 독성이 더 심하게 나타날 수 있다.

6.4. 배설

- (1) 망간의 배설은 두 단계를 거치며 초기는 빠른 배출기(Rapid phase)로 반감기가 4일, 후기는 느린 배출기(Slow phase)로 반감기가 39일이다.
- (2) 노출이 정지되면 신경조직과 뇌로부터는 서서히 감소하지만, 기타 장기로부터는 비교적 빠르게 감소한다.
- (3) 체내에 흡수된 망간의 95% 정도는 담즙을 통해 장관으로 분비되어 대변으로 배설되고, 소량(0.1~2%)만이 소변으로 배설되며, 모유나 땀으로도 배출된다.

7. 망간에 의한 건강영향

망간에 의한 건강영향은 주로 중추신경계이지만, 호흡기에도 영향을 줄 수 있다. 일부 동물실험에 의하면 생식기, 간장 및 신장에도 영향을 줄 수 있다.

7.1. 급성 영향

- (1) 대량 흡입시 식욕감퇴와 철 흡수장애로 인한 철결핍성 빈혈 등의 증상
- (2) 유기망간인 Methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl (MMT)에 노출되면 피부의 화끈거림, 두통, 쇠맛, 오심, 설사, 호흡곤란 및 흉통
- (3) 고농도의 망간 분진 혹은 흙에 노출되었을 경우 망간 폐렴이 흔히 발생

7.2. 만성 영향

7.2.1. 파킨슨증후군

- (1) 진전, 경직, 보행장애 등의 중추성 운동신경의 이상증상
- (2) 고농도의 망간 분진 혹은 흙에 장기간 노출된 경우, 망간정신병으로 알려진 정신 증상이 먼저 발생
- (3) 뇌의 기저핵에 망간이 축적되어 운동신경계인 추체외로신경에 장애를 초래
- (4) 파킨슨병과 유사한 점이 많지만, <표 3>과 같은 특징으로 구분

8. 망간 노출 근로자의 건강관리

8.1. 건강진단

8.1.1. 건강진단 주기

- (1) 망간과 그 화합물에 노출되는 공정에 배치된 후 6월 이내에 첫 번째 특수건강 진단을 실시한 후, 1년에 1회 이상 특수건강진단을 실시한다.

<표 3> 만성 망간중독과 파킨슨병의 감별점

	만성 망간중독	파킨슨병
발생 연령	모든 연령대	평균 50세 이상
떨림	활동 떨림 혹은 집중시 떨림	안정 떨림, 알약 굴리는 모양
경직	근육긴장 이상, 이마방출징후가 보일 수 있음	톱니바퀴 경직이 자주 관찰됨
걸음걸이	발 끝 걸음(cock-walk)	가위보행(festinating gait)
동반된 소견	추체외로징후, 인지장해	추체외로징후는 드물고 인지장해는 말기에 나타남
약물(레보도파) 치료에 대한 반응	없거나 미약함	비교적 좋음
주요 병변 부위	기저핵의 담창구	중뇌 흑색질
뇌자기공명영상 소견 (T1 강조영상)	기저핵의 고신호강도	기저핵의 고신호강도가 없음

(2) 다음의 어느 하나에 해당하는 경우 당해 공정에서 망간과 그 화합물에 노출되는 모든 근로자에 대하여 특수건강진단 주기를 다음 회에 한하여 1/2로 단축한다.

(가) 작업환경측정 결과 망간과 그 화합물 농도가 노출기준 이상인 경우

(나) 건강진단 결과 망간과 그 화합물에 의한 직업병 유소견자가 발견된 경우

(3) 특수건강진단 또는 임시건강진단 결과 망간과 그 화합물에 대하여 특수건강진단 실시주기를 단축하여야 한다는 의사의 판정을 받은 근로자는 그 주기를 다음 회에 한하여 1/2로 단축한다.

8.1.2. 건강진단 항목

(1) 1차 검사항목

(가) 직업력 및 노출력 조사

(나) 과거병력 조사: 주요표적장기와 관련된 질병력 조사

(다) 자각증상 조사: 문진표 작성내용 확인

(라) 임상진찰 및 검사

① 호흡기계 : 청진, 흉부방사선(후전면)

② 신경계 : 신경계 증상 문진, 신경증상에 유의하여 진찰

(2) 2차 검사항목

(가) 호흡기계 : 흉부방사선(측면), 폐활량 검사

(나) 신경계 : 신경행동검사, 임상심리검사, 신경학적 검사

8.1.3. 직업환경의학적 평가

(1) 망간에 의한 건강관리 구분은 <표 4>와 같다.

<표 4> 건강관리 구분

코드	건강관리 구분
A	건강관리상 이상소견이 없거나 경미한 이상 소견은 있지만 사후관리가 필요 없는 근로자 (건강한 근로자)
C ₁	직업성 질병으로 진전될 우려가 있어 계속 관찰이 필요하나 명확하게 C ₂ 로 분류할 수 없는 근로자(직업병 요관찰자) ※ 판정기준 (1) 임상검사결과 참고치를 벗어나거나, 임상진찰결과 중추신경계, 호흡기 등의 이상 징후 를 보이고 (2) 작업장 기중 농도, 노출기간, 취급방법, 생물학적 노출지표검사 등을 고려할 때 망간 노출에 의한 것으로 추정되며 (3) D ₁ 에 해당되지 않고 관찰이 필요한 경우
C ₂	일반 질병으로 진전될 우려가 있어 계속 관찰이 필요한 근로자(일반 질병 요관찰자)
D ₁	직업성 질병의 소견을 보여 사후관리가 필요한 근로자(직업병 유소견자) ※ 판정기준 : (1) 임상검사 또는 임상진찰 결과 파킨슨증후군과 유사한 중추신경장해, 호흡 기장해 등이 있고 (2) 작업장 기중 농도, 노출기간, 취급방법, 생물학적 노출지표검사 등을 고려 할 때 망간 노출에 의한 것으로 추정되는 경우
D ₂	일반 질병의 소견을 보여 사후관리가 필요한 근로자(일반 질병 유소견자)

(2) 업무수행 적합 여부 평가기준은 <표 5>와 같다.

<표 5> 업무수행 적합 여부 평가기준

코드	업무수행 적합 여부 평가기준
가	현재의 조건하에서 작업이 가능한 경우
나	일정한 조건(환경개선, 개인보호구 착용, 건강진단의 주기를 앞당기는 경우 등)하에서 작업이 가능한 경우
다	건강장해가 우려되어 한시적으로 현재의 작업을 할 수 없는 경우(건강상 또는 근로조건상의 문제를 해결한 후 작업복귀 가능)
라	건강장해의 악화 또는 영구적인 장해의 발생이 우려되어 현재의 작업을 해서는 안 되는 경우

※ 업무수행 적합 여부 평가시 고려해야 할 건강상태

- 망간중독
- 중추신경장해(추체외로신경 증상, 파킨슨증후군 등)
- 만성 폐쇄성 호흡기질환, 호흡부전증후군, 폐렴
- 만성 간 질환
- 심한 빈혈

8.1.4. 수시건강진단을 위한 참고사항

근로자가 중추신경계 등의 증상 및 증세를 보여 사업주가 수시건강진단의 필요성에 대하여 자문을 요청한 경우 건강진단기관의 의사는 자문에 응하여야 하며, 수시건강진단의 필요성 여부에 대하여 사업주에게 자문결과서를 통보한다.

8.2. 사후관리

- (1) 의학적 감시의 내용과 주기에 대해서는 정해진 것이 없으나 정기적인 망간 노출 수준에 대한 검사와 더불어 노출자에 대한 선별적인 신경행동검사가 망간 노출로 인한 증상의 조기 발견에 도움을 줄 수 있다.
- (2) 배치와 관련해 만성 간 질환이 있는 사람, 심한 빈혈이 있는 사람 등의 경우 세심한 주의가 필요하다.

9. 응급조치

9.1. 눈 접촉

많은 양의 물을 사용하여 적어도 15분 동안 눈을 세척하고 곧바로 의사의 치료를 받는다.

9.2. 피부 접촉

(1) 오염된 의복 및 신발을 제거하는 동안 적어도 15분 동안 비누와 물로 씻고, 필요시 의사의 치료를 받는다.

(2) 오염된 의복 및 신발은 재사용 전에 철저히 건조시키고 세탁한다.

9.3. 흡입

(1) 오염되지 않은 지역으로 옮긴다.

(2) 호흡하지 않을 경우 인공호흡을 하고 즉시 의사의 치료를 받는다.

9.4. 섭취

많은 양을 삼켰다면 즉시 응급실로 후송하여 의사의 치료를 받는다.

10. 망간 취급 근로자의 건강장해 예방조치

10.1. 기중 노출기준

망간의 기중 노출기준은 <표 6>과 같다.

<표 6> 망간의 기중 노출기준

기관	종류	노출기준
한국 고용노동부	시간가중 평균 농도 (time weighted average, TWA)	1 mg/m ³ 분진 및 화합물 1 mg/m ³ 흙
	단시간 노출기준 (short term exposure limit, STEL)	3 mg/m ³ 흙
미국 산업안전보건청 (OSHA)	허용노출기준 (permissible exposure limit, PEL), 천정치(ceiling limit)	5 mg/m ³ 화합물 및 흙
미국 산업위생전문가협회 (ACGIH)	시간가중 노출기준 (time limited value - time weighted average, TLV-TWA)	0.1 mg/m ³ 금속 및 무기 화합물 (흡입성) 0.02 mg/m ³ 금속 및 무기 화합물 (호흡성)
미국 국립산업안전보건연구원 (NIOSH)	권고노출기준 (recommended exposure level, REL), TWA (10 시간)	1 mg/m ³ 화합물 및 흙
	단시간 노출수준(STEL)	3 mg/m ³ 화합물 및 흙

10.2. 작업환경관리

10.2.1. 대기

가능하다면 독성이 덜한 물질로 대체한다.

10.2.2. 밀폐

밀폐식 공정을 사용하고 작업자는 공정에서 격리시킨다.

10.2.3. 환기

국소배기 또는 공정밀폐 환기장치를 설치하고 해당 노출기준에 적합한지 확인한다.

10.3. 보호구

10.3.1. 호흡용 보호구

- (1) 호흡용 보호구는 한국산업안전보건공단의 검정("안" 마크)을 필한 제품을 사용한다.
- (2) 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH) 및/또는 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 작성한 <표 7>의 호흡용 보호구 및 최대 노출 농도를 참조한다.

<표 7> 망간용 호흡 보호구

노출 조건(기준 농도)	착용해야 할 마스크
10 mg/m ³ 이하	일회용 및 부분 마스크를 제외한 방진 및 미스트 방진 마스크 송기 마스크
25 mg/m ³ 이하	송기 마스크(연속 유출입형) 전동팬 부착 분진용 호흡 보호구
50 mg/m ³ 이하	전동팬 부착 호흡 보호구(전면형 및 고효율 미립자 여과재) 자급식 마스크(전면형) 송기 마스크(전면형, 연속 유출입형)
500 mg/m ³ 이하	송기 마스크(압력요구형)
응급상황에서 농도를 모르는 장소에 들어갈 때	송기 마스크(복합식 에어라인 마스크) 송기 마스크(전면형)
긴급 대피용	공기여과식 호흡 보호구(전면형, 미립자 여과재) 자급식 마스크(대피용)

주1) 송기 마스크: Supplied-air respirator (SAR)

주2) 자급식 마스크: Self-contained breathing apparatus (SCBA)

10.3.2. 눈 보호

- (1) 비산물 또는 유해한 액체로부터 보호되는 보안경을 착용한다.
- (2) 작업장 가까운 곳에 분수식 눈 세척시설 및 비상 세척설비(샤워식)를 설치한다.

KOSHA GUIDE
H - 136 - 2021

10.4. 위생관리

10.4.1. 청소

사업주는 망간을 취급하는 실내 작업장, 휴게실 또는 식당 등에 대해서는 망간으로 인한 오염을 제거하기 위하여 청소를 실시한다.

10.4.2. 흡연 등의 금지

사업주는 망간을 취급하는 작업장에서는 근로자가 흡연을 하거나 음식물을 먹지 않도록 한다.