

8

전신 및 손-팔에 가해지는 진동으로 인한 위험

위험요인 식별 및 평가 예방대책 시행



issa

INTERNATIONAL SOCIAL SECURITY ASSOCIATION

철강금속분과
전기분과
기계 및 시스템안전 분과

산업재해예방
안전보건공단
KOREA OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH AGENCY



중소규모 사업장용 위험성평가 가이드

8

전신 및 손-팔에 가해지는 진동으로 인한 위험

위험요인 식별 및 평가
예방대책 시행



issa

INTERNATIONAL SOCIAL SECURITY ASSOCIATION

철강금속분과
전기분과
기계 및 시스템안전 분과

법적 책임과 한계

본 자료는 사업장의 자율적인 산업재해예방활동 증진을 목적으로 한국산업안전보건공단 (KOSHA)과 국제사회보장협회(ISSA)의 협약에 의해 제공하는 한글 번역본입니다.

본 자료에 소개된 법적 기준은 유럽연합(EU)에서 권장되는 사항으로서 한국과는 다를 수 있으며, 본 자료의 어떤 부분도 KOSHA와 ISSA의 서면 허가 없이 영리를 목적으로 복사, 복제, 전제 또는 배포할 수 없습니다.

출판 사항

- 저자: Dr.-Ing. Gerhard Neugebauer
ISSA Section Metal, Germany
- Dipl.-Ing. Laurencia Jancurova
National Labour Inspectorate, Košice, Slovakia
- MD Janos Martin
National Institute for Occupational Hygiene and Medicine (OMFI),
Budapest, Hungary
- Dipl.-Ing. Zdenek Jandak
SZU, Czech Republic
- Ing. Thomas Manek
ISSA Section Metal, AUVA Austria
- 디자인: Media-Design-Service e.K., Bochum, Germany
- 제작: Verlag Technik & Information e.K.,
Wohlfahrtstrasse 153, 44799 Bochum, Germany
Tel. +49(0)234-94349-0, Fax +49(0)234-94349-21

2010년 4월 독일 인쇄

ISBN 978-3-941441-52-1

머리말

본 브로셔는 중소기업 사업장에서 작업장의 진동 노출과 연관된 위험성 평가 및 위험 완화 요구를 충족시키고 국가적 차원의 지침인 "중소규모 사업장의 진동"(2002/44/EC) 이행이라는 목적 달성에 도움을 주고자 한다.

본 브로셔는 다음과 같은 구조로 되어 있다.

1. 기본 정보
2. 위험성 평가
3. 별첨 1 및 2

주:

본 브로셔는 사업장 근로자의 안전 및 보건 개선 조치를 소개하는 기본 지침(89/391/EEC)과 그 하위 개별 지침 "진동"(2002/44/EC)을 근거로 관련 조항을 국내법으로 적용하는 데 도움을 주기 위해 제작되었다.

국내법으로 적용하는 데 근거가 되는 모든 관련 조항을 따라야 한다. (23페이지 참조)

위험성 평가 문서는 관련 조항이 회원국마다 크게 달라 본 브로셔에서 다루지 않는다.

본 브로셔 외에 다음 주제의 가이드라인도 계획 중에 있거나 이미 사용되고 있다.

- 소음
- 유해화학물질
- 전기로 인한 위험
- 폭발로 인한 위험
- 기계류 및 기타 작업 장비로 인한 위험
- 전도와 추락
- 육체적 피로(예: 과도한 업무 및 편중된 업무)
- 정신적 업무부담

1. 기본 정보

진동 노출은 단순 불편감에서 작업수행 능력 저하, 보건 상의 위험, 심지어는 보건 상의 피해에 이르기까지 다양한 방법으로 근로자에게 영향을 미칠 수 있다.

진동의 형태는 다음과 같다.

- **손-팔(수완)에 가해지는 진동**

그라인더, 클리핑 해머, 래머, 발판진동, 암석용 드릴, 브레이커, 해머 드릴, 전기톱 등과 같은 진동을 일으키는 휴대용 기계류로 작업하는 동안의 진동

- **전신에 가해지는 진동**

(건설 현장) 트럭, 임업기계, 그레이더, 훔

또는 크롤러-타입 로더, 트랙터, 고르지 못한 지면에서 작동하는 지게차, 군용 차량과 같은 이동식 기계류 및 장비 상의 진동

펀치 프레스 또는 압축기 상의 조정장치와 같은 고정된 작업장의 대형 기계류 옆에서도 진동이 발생할 수 있다.

진동 공구 또는 기계류의 유해한 영향이 오래 전부터 알려져 왔지만 지금도 번번히 과소평가되고 있다.

1.1 | 안전 및 보건

진동은 전신 또는 신체의 일부에 영향을 미칠 수 있다.

전신 진동(WBV)은 앉아서 작업할 때에는 엉덩이 또는 등을 통해 전신으로 전달되고 서서 작업할 때에는 발을 통해 전신으로 전달되고, 반듯이 누워 작업할 때에는 머리와 등을 통해 전신으로 전달된다.

이는 전신에 영향을 미친다.

전신 진동은 자동차 또는 오토바이로 등으로 이동할 때와 같이 여가를 즐기는 동안에도 발생할 수 있다.



손-팔 진동(HAV)은 손을 통해 전달되는 기계적인 진동으로 손-팔 계통에만 주로 영향을 미친다.

손-팔 진동은 나무 다듬기(전정기)류(hedge trimmers) 등을 포함한 휴대용 전동 또는 공압 도구로 인해 발생한다.



진동 및 보건

기계적 진동으로 인한 건강장해는 소음으로 인한 건강장해와 마찬가지로 다양한 매개변수가 인체에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

보건 상의 위험요인은 충격 현장, 노출 강도 및 수년 간에 걸친 매일 반복되는 노출수준

에 따라 달라진다.

이러한 위험을 예방해야 한다!

개개인이 받게 되는 피로는 다음에 따라 달라진다.

- 진동의 강도
- 빈도
- 노출 지속시간
- 작업 방법
- 작업활동 유형

개개인에게 진동이 전달되는 형태는 다음에 따라 영향을 받을 수도 있다.

- 건강 상태
- 수행 작업의 종류
- 개개인의 태도와 기대

보건 상의 위험은 강력하게 느껴지는 진동이 다음으로 전달될 때마다 발생한다.

- 손-팔 계통
- 서서 또는 앉아서 수행하는 작업의 경우에는 전신

손-팔 진동

손-팔 진동은 주관적 지각 능력과 미세한 운동 기능, 업무수행 능력 등을 떨어뜨리며 수년간 노출될 때는 다음을 일으킬 수도 있다.

- 순환기 장애
- 신경 기능 장애
- 근육 조직 변화
- 골격 및 관절 손상

수 년간 고주파수 진동에 노출되면 손가락 부위에 **순환 장애**가 발생할 수 있다. 근로자는 손가락이 하얗게 되고 감각이 없어지는 고통을 주기적으로 받을 수 있다. (**백지증** 또는 수완 진동 증후군(HAVS))

이러한 증세를 진동에 따른 혈관경련성 증후군이라고도 한다.

강력한 저주파수의 손-팔 진동은 손 뼈, 손가락 관절 및 손목은 물론 팔꿈치와 어깨 부위에 퇴행성 변화를 일으킬 수도 있다. 이러한 증세는 통증이 심하며 활동성을 떨어뜨릴 수 있다.

관절 손상에는 다음이 포함될 수 있다.

- 손목
- 팔꿈치 관절
- 견봉쇄골 관절. 또한 월상골 괴사 및/또

는 피로 골절이 수근골 부위에서 발생할 수도 있다.

추운 환경에서 작업하면 이러한 증세의 위험이 높아진다.

전신 진동은 다음을 일으킬 수도 있다.

- 신체감각을 떨어뜨리고 균형 장애, 멀미 또는 시각 장애를 일으킬 수 있다.
- 미세한 운동 기능과 업무수행 능력을 떨어뜨릴 수 있다.
- 위장병을 일으킬 수 있다.
- 척추에 영향을 미칠 수 있다.

주:

유의할 점으로, 특히 나이가 적거나 많은 근로자, 임신 여성과 같은 특정된 개인 그룹에 대해서는 예방 조치를 취해야 한다.

1.2 법적 근거

진동 노출과 연관된 예방 조치 관련 법은 조치사항을 비롯한 조치수준, 노출 한계 값 등이 정의된 EC 지침 "진동"(2002/44/EC)을 근거로 하고 있다.

이 규정은 표준 ISO 2631 및 ISO 5349와 더불어 작업장의 진동 측정 및 평가와 관련된 최신 증거 자료를 포함하며 사업주가 위험을 파악 및 평가하고 근로자에게 지체 없이 알리며 진동 완화 프로그램을 마련하도록 요구하고 있다.

이 규정의 목적은 근골격계(예: 척추, 뼈, 관절) 질환과 손가락 및 손의 순환 장애를 예방하기 위한 조치를 정의하는 데 있다.

조치 수준 및 노출 한계 값 "진동"

표준 8시간이라는 기준 시간 A(8)를 근거로 일일 노출 한계를 계산해야 한다. 가속도 측정값은 빈도 가중치가 적용되며 국가 표준에 설명된 절차를 사용하여 결정된 값을 변환한다.

유의: 최근 수년 간 최신 과학적 발견에 의해 전신 진동의 가중치 적용 필터가 갱신되었으므로 일부의 경우에는 새 측정값을 적용하는 것이 타당할 수 있다.

유럽 지침(2002/44/EC)에서는 노출 한계 및 조치수준을 다음과 같이 정의하고 있다.

손-팔 진동

- 노출 한계 값 $A(8) = 5 \text{ m/s}^2$
- 조치 수준 $A(8) = 2.5 \text{ m/s}^2$

전신 진동

- 모든 방향의 노출 한계 값 $A(8) = 1.15 \text{ m/s}^2$

- 모든 방향의 조치 수준 $A(8) = 0.5 \text{ m/s}^2$

주:

국가마다 다르게 시행된다. (23페이지 참조)
일부의 경우 개별 판단 및 평가가 필요하다.

조치 수준/노출 한계 값에 따라 다음 단계를 수행해야 한다.

- 적절한 위험의 파악 및 평가
- 기술 및 조직적 조치의 시행
- 진동 완화 프로그램의 마련 및 시행
- 근로자에게 정보 및 교육 제공
- 건강 진단
- 추가 장비의 제공(예: 손잡이)
- 개인 보호 장비의 제공
(예: 특수 방진 장갑)

2. 위험성 평가

위험성 평가를 통해 가능한 노출을 조기에 인지하여 완화할 수 있다. 평가 과정은 다음과 같을 수 있다.

- 작업 관련
- 기계 관련
- 작업장 관련
- 개인별로 수행 가능

유해성의 영향 확률과 심각성의 정도에 기초하여 노출을 평가한다.

취해야 할 가장 중요한 단계는 다음과 같다.

단계 1: 유해요인 파악
(즉, 진동으로 인한 위험)

단계 2: 위험성 예측 및 평가

단계 3: 위험성 완화 및 조치 수행

단계 1:

유해요인 파악

사업주는 국내법으로 적용하는 데 근거가 되는 EC 지침 2002/44/EC에 따라 작업장 여건을 의무적으로 평가해야 한다. 실험 데이터가 없을 때는 대개 특수 전문 지식과 고가의 측정 장치가 필요한 측정을 수행해야 한다.

별첨 1에는 작업장에서 측정을 수행할 때 진행 방법과 관련된 자세한 정보가 제공되어 있다.

실제로 카탈로그, 데이터베이스(인터넷) 또는

제조업체가 제공한 데이터(예: 사용 지침)를 활용하여 전형적인 진동 노출의 복잡한 측정을 피할 수 있다. 많은 경우에 있어, 상해 보험업체 또는 감독 기관에서 진동 노출로 인해 유해한 것으로 간주되는 작업 또는 작업장 관련 정보를 제공한다. (예: 장기간 진동 노출로 인한 직업병)

제조업체 데이터

기계류 지침 2006/42/EC에서는 기계류 제조업체 또는 공급업체가 따라야 할 기계류 안전을 위한 법적 토대를 제공하고 있다.

제조업체는 기계류로 인해 발생하는 진동 관련 데이터를 "시험 조건" 아래 측정 결과 형태로 제공해야 한다.

작업장을 평가할 때 제조업체가 제공하는 데이터를 꼼꼼히 확인하고 필요한 경우 다시 계산하여 실제 작업 조건을 충족시켜야 한다.

대표적인 기계류에 대한 변환 계수를 준비해야 한다. (전형적인 시험실 조건을 생활방해(immission, 이미시온) 값으로 변환)

이 데이터는 저 진동 장비를 구입하고 최신 진동 완화 방법을 시행 및 준수하며 진동 최소화 프로그램을 마련하는 데 도움이 된다.

위험성 평가 점검 목록

이 점검 목록은 위험성 평가에 유용한 도구이다.

점검 목록:

손-팔 진동(HAV)

1. 관절에 유해한 영향을 미칠 수도 있는 휴대용 또는 손-보호용 기계류 및 공구를 다른 공구로 대체할 수 있는지 확인했습니까?
2. 손에 유해한 영향을 미칠 수도 있는 고속 기계류 및 공구(주파수 범위 20 - 1000 Hz)를 다른 공구로 대체할 수 있는지 확인했습니까?
3. 일일 진동 노출(8시간 기준의 총 값)이 값 $A(8) = 2.5 \text{ m/s}^2$ 를 초과하지 않도록 조치를 취했습니까?
4. 조치수준 및 노출 한계 값과 관련된 정보를 전달했습니까?
5. 저 진동 기계류 및 장비(예: 샌딩 디스크)를 사용하고 있습니까?
6. 손잡이에 댐핑 또는 완충 요인이 결합되어 있었습니까?
7. 과도한 진동을 완화 또는 배제하기 위한 방법을 확인했습니까?
8. 새 장비를 구입할 때 저 진동 공구만을 선택하도록 신중을 기하고 있습니까? (제조업체가 제공해야 하는 데이터에 근거)
9. 적합한 장비와 공구를 사용하여 쥐고 누르는 힘이 덜 들어가도록 하고 있습니까?
10. 특수 방진 장갑을 시험해 보았고(특히 실외 작업 또는 추운 환경에서의 작업 시)

실제로 사용하고 있습니까?

11. 극단적인 진동에 노출되는 근로자를 대상으로 예방 차원의 의료 검진이 시행되고 있습니까?

점검 목록:

전신 진동(WBV)

1. 최대 일일 진동 노출(표준 8시간 기준인 빈도 가중치 적용 가속도의 유효 값)이 값 $A(8) = 0.5 \text{ m/s}^2$ 를 초과하지 않도록 조치를 취했습니까?
2. 조치수준 및 노출 한계 값과 관련된 정보를 전달했습니까?
3. 불편하거나 몸이 틀어진 자세로 운전하는 것을 피할 수 있습니까?
4. 노면이 고르고 패인 웅덩이가 있는지 확인하거나 기타 노면 손상을 방지하기 위한 관리 조치를 취했습니까?
5. 운전 시간(노출 지속시간)을 줄일 수 있는 방법으로 작업 편성이 가능한지 확인했습니까?
6. 새 차량을 구입할 때 저 진동 차량만을 선택하도록 신중을 기합니까? (제조업체가 제공해야 하는 데이터 근거)
7. 저 진동 시트가 설치되어 있고 적정하게 조절되고 정기적으로 유지보수 되고 있습니까?
8. 극단적인 진동에 노출되는 근로자를 대상으로 예방 차원의 의료 검진이 시행되고 있습니까?

단계 2:

위험성 예측 및 평가

노출 및 A(8) 값의 결정

작업 시 노출은 제조업체가 제공하거나 조사 보고서에서 입수한 데이터 또는 측정값을 근거로 평가할 수 있다.

매개변수로는 3개 방향의 빈도 가중치 적용 가속도, 최대 값 및/또는 총 값(벡터)의 관찰 결과가 있다. **별첨 2에는 노출 평가 매개변수가 설명되어 있다.**

추가 매개변수, 예: 쥐는 힘

불편한 작업 조건(작업 자세)과 마모된 공구는 노출을 증가시킬 수 있다.

쥐고 누르는 힘이 많이 들어가면 노출이 증가한다.

추운 환경에서 작업하면 위험이 증가한다.

데이터베이스의 데이터 사용

인터넷에서는 작업장의 진동 노출을 결정하는 데 사용할 수 있는 다양한 데이터베이스를 이미 제공하고 있다. (예: KARLA 데이터베이스) 이 데이터베이스 대부분은 방사 값 형태로 제조업체가 제공하는 것과 크게 다른 생활방해(immission) 값을 제공하고 있다. EU 실무 가이드와 진동 매개변수 계산기도 도움이 된다. (인터넷에서 이용 가능)

주:

방사 데이터를 생활방해(immission) 값과 혼동해서는 절대 안 된다.

단계 3:

위험성 완화 및 조치 수행

1. 기본 정보

규정에 명시된 바와 같이 사업주는 조치수준 및 노출 한계 값을 초과할 때마다 기술 및/또는 구조적 수정 조치를 의무적으로 활용해야 한다.

이 조치는 작업공정 대체, 적합한 공구 및 자재의 선택이나 노출의 지속시간 및 강도 완화가 포함된다. 근원 지점에서의 완화 조치가 우선되어야 한다.

보호 조치는 항상 S-T-O-P 순서대로 취해야 한다.

S: 대체

T: 기술적 해결책, 예: 저 진동 기계류, 공구 및 차량

O: 조직적 조치, 예: 강력한 진동 노출을 특정 시간으로 제한

P: 개인 보호 조치, 예: 방진 장갑을 사용하여 손-팔 진동을 완화, 하지만 고 주파수 진동 구성품에서만 사용 가능하고 효과적임

2. 손-팔 진동(HAV)의 예방 조치

손-팔 진동 노출의 강도 및 지속시간에 따라 다음 조치를 취해야 한다:

$$\text{일일 노출 값 } A(8) = 2.5 \text{ m/s}^2$$

- 근로자에게 알리고 진동 노출 위험과 관련한 교육을 실시한다.

$$\text{일일 노출 값 } A(8) > 2.5 \text{ m/s}^2$$

- 진동 완화 프로그램을 마련하여 시행한다.
- 근로자를 대상으로 예방 차원의 의료 검진을 시행한다.

일일 노출 값 $A(8) > 5 \text{ m/s}^2$

- 이처럼 과도한 노출의 예방 조치를 즉시 취해야 한다!
- 예방 차원의 정기 의료 검진을 위한 관리 조치를 취한다!

3. 전신 진동(WBV)의 예방 조치

전신 진동의 경우 다음 조치를 취해야 한다.

일일 노출 값 $A(8) = 0.5 \text{ m/s}^2$

- 근로자에게 알리고 진동 노출 위험과 관련한 교육을 실시한다.

일일 노출 값 $A(8) > 0.5 \text{ m/s}^2$

- 진동 완화 프로그램을 마련하여 시행한다.
- 근로자를 대상으로 예방 차원의 의료 검진을 시행한다.

일일 노출 값 $A(8) > 0.8 \text{ m/s}^2$

또는 1.15 m/s^2

(국가별로 기준이 상이할 수 있음)

- 이처럼 과도한 노출의 예방 조치를 즉시 취해야 한다!
- 예방 차원의 정기 의료 검진을 위한 관리 조치를 취한다!

4. 근원적인 발생원에서의 조치

진동의 발생, 전달 및 충격을 예방하여 작업장에서의 노출을 완화해야 한다. 가장 중요한 보호 조치는 근원적인 발생원에서 진동을 완화하는 조치이다.

이러한 1차 조치로 발생 위치/시간 및 기타 행동 메커니즘과 무관하게 기타 모든 유해한 영향이 완화된다.

손-팔 진동(HAV)의 완화

몇 가지 실무 예로 공구와 기계류에서 손-팔 진동(HAV)을 완화할 수 있는 방법을 설명한다.

- 손잡이의 강도를 줄임(예: 쥐는 힘을 줄임)
- 리벳 조인트를 만들 때 압축 리벳터 또는 리코일 감소 리벳 해머를 사용
- 볼트 고정 연결부를 조립할 때 임팩트 렌치 대신 토크 스크루드라이버를 사용
- 배관 작업 시에 널리 사용되는 임팩트 드릴 대신 드릴 해머를 사용
- 도로 공사와 채굴 시에 저 진동 포장 브레이커를 사용
- 석공 및 철공 작업 시에 치출 가이드용 저 진동 손잡이 슬리브가 달린 칩핑 해머를 사용
- 벌목 작업 시에 저 진동 손잡이가 달린 전동 전기톱을 사용
- 날카로운 공구만 사용하고 정기적으로 유지/보수
- 리벳팅 대신 접착제를 사용
- 청소가 거의 필요 없는 주형을 설계

● 멀티 스크루드라이버를 사용

일반적으로 저 진동 기술을 우선 적용해야 한다.

휴대용 기계의 손잡이 진동은 제조업체가 적합한 설계 조치를 취해 최소로 유지해야 한다.

저 진동 기계류의 또 다른 장점으로 **마모나 절단**의 위험성을 줄이고 **소음** 발생이 감소된다. 대부분의 경우 제품의 치수 안정성과 정밀도가 뛰어나다.

전신 진동(WBV)의 완화

노면 불균일 (예를 들어, 비포장 도로, 건설 현장, 공장 접근로, 차도 상의 노면)을 줄이거나 제거해야 한다. 도로 경사, 요철 및 패인 웅덩이를 보수해야 한다. **레일** 차량 (크레인 등)의 경우 용접 또는 수평을 맞춰 진동을 유발할 수 있는 레일 조인트를 제거하고 건설 현장 도로를 정기적으로 평탄화 작업해야 한다.

작업 조건 및 차량 유형에 따라 **스프링 장착형 운전석 시트 또는 운전석**을 우선 적용해야 한다. 이 경우 필요할 때 진동 측정을 수행하는 전문가와 상의해야 한다.

운전자, 휠 조종장치, 컨트롤 및 페달 간의 거리가 심하게 변하지 않도록 **시트 서스펜션 이동 범위**를 적정 선에서 제한해야 한다. 고무 쿠션을 서스펜션 이동 범위의 상부 및 하부 끝단에 장착하여 **강력한 충격을 예방해야 한다!**

운전석 시트로도 진동을 완화할 수 있다. 진동이 운전자에게 최소한으로 전달되게 시트

하부 구조의 스프링 댐핑 시스템을 설계해야 한다.

스프링은 **체중**에 맞게 조절 가능해야 하며 실제로도 조절되어야 한다.

운전자는 특히 전신 진동에 노출된다. **차량 설계, 도로 조건 및 주행 속도**는 진동 노출에 영향을 미치는 중요한 요소이며 시트에 차량 진동을 운전자에게 전달하는 요소이다. 이는 이 모든 부위에서 적합한 조치를 통해 진동을 완화할 수 있다는 의미이다.

진동 완화를 위한 기술적 조치에는 다음이 포함된다.

- 휠 로더의 리프팅 암, 트랙터 후방에 장착된 농기계, 로딩 장치의 탄성 손잡이
- 높이 조절 기능이 있는 유압식 차축 서스펜션
- 쿠션 방식의 운전실
- 조절식 댐핑 기능이 있는 운전석 시트의 설치

지게차의 경우 기술적인 이유로 새시가 스프링 서스펜션 방식으로 되어 있지 않아 타이어가 차량의 완충 역할을 한다. 이에 따라 올바른 유형의 타이어를 선택하는 것이 특히 중요하다. 솔리드 타이어는 댐핑 없이 바로 진동을 전달한다. 이러한 이유로 통합 에어 챔버가 있는 타이어의 사용이 점점 늘고 있다.

모든 유형의 차량에서 진동 완화는 시트의 올바른 선택과 조절에 따라 크게 달라진다. 진동이 운전자에게 최소한으로 전달되게 시트 하부 구조의 스프링 댐핑 시스템을 설계해야 한다.

진동이 증가하므로 시트의 진동 주파수가 여자 의 진동 주파수와 절대 동일해서는 안 된다. 이러한 이유로 운전자 **체중**에 맞게 시트를 **조정할 수 있어야 한다.**

시험을 마친 시트만 차량에 사용하고 차량 시트의 쿠션, 댐핑 및 장식류를 정기적으로 유지/보수해야 한다.

근원적인 진동발생 지점에 적용하는 가장 효과적인 1차 조치와 더불어 **2차 조치**도 진동 전달과 확산을 줄이는 데 도움이 될 수 있으며 이 방법에 따라 진동 노출이 효과적으로 감소된다.

고정식 기계의 경우 기계 또는 작업장 전반에 적합한 방진재를 사용하여 인체에 전달되는 진동을 줄일 수 있다. 방진재는 지지 구조물(예: 바닥 및 천장)로 전달되는 기계 작용력을 줄이는 역할을 한다. 이를 위해 방진재 위에 안착되는 진동 기초부에 기계를 장착한다.

또한 구조물 고유의 소리 형태로 확산될 수 있는 진동의 전달이 없도록 파이프 클램프, 호스, 직물 연결부, 플렉시블 부트 또는 탄성 파이프 보정기와 같은 탄성 연결부를 사용하여 **건물 또는 다른 기계의 모든 부분으로부터 해당 기계를 격리시켜야 한다.**

대형 기계(예: 편심 프레스)의 경우 진동 기초부를 **방진재**에 장착된 하중 분산 스틸 플레이트로 대체할 수 있다. 이 방법의 경우 기초부 건립 비용을 절감하고 원하는 대로 기계 위치를 변경할 수 있다.

저 진동 기계는 **소음이 적고** 내마모성이 우수하며 제품의 치수 안정성이 뛰어나다.

5. 기술 및 조직적 조치

진동 위험은 **작업 구조 변경**으로 노출 시간을 줄여 완화시킬 수도 있다. 일일 노출 시간을 권장 수준 아래로 유지하여 임계 **일일 노출 수준** 미만으로 유지될 수 있도록 작업을 편성해야 한다.

6. 개인 보호

올바른 자세를 취하며 쥐고 누르는 힘을 최대한 적게 유지하여 기계적 진동으로부터 인체를 보호할 수 있다. 이러한 행동 형태가 매우 효과적이기는 하지만 몸에 익숙해 지는데 많은 시간이 필요하며 전제조건으로 꾸준한 자기 관찰이 요구된다.

고 주파수 진동 노출(예: 연삭기로 작업하는 경우)은 **방진 장갑**을 사용하여 줄일 수 있다. 하지만 이러한 장갑을 착용하는 근로자는 수공구 사용 작업 시 쥐는 힘을 더 세게 해야 한다. 브레이크 작업에서 발생하는 것과 같은 저 주파수 진동에서는 진폭이 크기 때문에 방진 장갑으로 진동을 줄이는 것이 별다른 효과가 없다.

실험실 시험 결과, 손바닥 부분에 공기 충전 댐핑 쿠션이 있는 이러한 장갑을 사용할 때 진동이 더욱 증가할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 제조업체가 제공하는 댐핑 특성에 대한 정보를 확인해야 한다. (CE 심벌을 확인)

차가운 손은 진동에 노출되지 않도록 해야 한다.

7. 진동 완화 프로그램

EC 지침을 근거로 제정한 개별 국내법에 따라 사업주는 최신 보호 조치를 채택하여 진동 위험을 배제하거나 최소로 줄여야 한다. 진동의 발생원에서 최대한 진동을 예방하거나 줄여야 한다. 진동 완화를 위한 기술적 조치가 구조적 조치보다 우선적으로 실시되어야 한다.

완화 프로그램은 노출을 파악하고 원인을 분석하며 해당 조치를 정의하는 데 목적을 두고 있다.

수행 단계

- 진동 노출의 파악
- 진동 완화 프로그램
- 진동 노출 값의 결정
- 조치수준 및 노출 한계 값과의 비교
- 원인 분석
- 최신 기술과의 비교
- 적절한 조치의 선택
- 우선순위 목록과 시간표가 명시된 진동 완화 프로그램을 마련

7.1 손-팔 진동(HAV) 완화 프로그램

손-팔 진동의 조치 수준 $A(8) = 2.5 \text{ m/s}^2$ 를 초과할 경우 사업주는 진동 노출을 완화하기 위한 기술적 및 구조적 조치 프로그램을 마련하여 시행해야 한다.

다음 단계가 권장된다.

단계 1:

진동 노출의 파악(HAV)

- 제조업체에서 관련 정보를 입수할 수 있습니까?
- 데이터베이스의 데이터를 사용할 수 있습니까?
- 비교할만한 작업 설명이 유용한 정보가 될 수 있습니까?
- 사용 가능한 해당 장비 관련 데이터가 조사 보고서(데이터베이스)에 있고 사업장에서의 사용 조건이 측정 당시 유효했던 조건과 일치합니까?
- 일일 노출 값을 알고 있거나 진동 강도 데이터와 개별 노출 시간에서 계산할 수 있습니까?
- 추가 측정값이 필요합니까?

단계 2:

조치 수준 및 노출 한계 값과의 비교(HAV)

- 손-팔 진동의 조치 수준이 $A(8) = 2.5 \text{ m/s}^2$ 미만입니까?
- 측정값이 조치 수준을 초과하거나 노출 한계 값 미만입니까?
- $A(8) = 5 \text{ m/s}^2$ 의 노출 한계 값을 초과합니까?

단계 3:

주된 진동 근원 지점의 결정(HAV)

- 근원적인 진동 발생원, 즉 매우 강력한 진동을 일으키는 개별 작업이 있습니까?(예: 브레이커를 사용하는 작업)

- 특정 공구 또는 장비가 다른 것보다 더욱 강력한 진동을 일으킵니까?
- 쥐어 누르는 힘을 세게 해야 합니까?
- 불편한 신체 자세로 특정 작업을 수행합니까? (예: 비생리학적 각도로 손을 고정)
- 추운 환경과 같이 고려해야 할 기타 모든 환경적 요소가 있습니까?

단계 4:

원인 분석(HAV)

- 진동 값이 높아진 원인이 무엇입니까?
- 장비가 오래되고 마모 가능성이 있습니까 (예: 기어 메커니즘의 결함)?
- 사용하는 공구가 무디고 마모되었습니까?
- 손잡이가 없거나 완충 시스템이 부족합니까?
- 장비를 정기적으로 유지/보수하고 있습니까?
- 작업 시에 쥐어 누르는 힘을 세게 해야 합니까?

단계 5:

최신 기술과의 비교(HAV)

- 현행 표준과 부합되는 장비입니까?
- 진동 노출을 줄이는 최신 장비가 있습니까?
- 작업자에게 전달되는 진동을 줄이는 사용 가능한 부착물이 있습니까?
- 작업 조건을 개선하는 손잡이 또는 인간 공학적 손잡이 설계(예: 스프링 작용식 손

잡이)가 있습니까?

- 기계 케이스에서 손잡이가 분리되거나 불균형 상태를 조정할 수 있습니까?
- 고무 슬리브와 같은 쿠션이 있는 손잡이를 사용할 수 있습니까?
- 특수 샌딩 디스크와 같은 저 진동 공구를 사용하고 있습니까?
- 공정 변경으로 노출을 줄일 수 있습니까?
- 진동 장비를 사용하는 수동 작업의 양을 줄일 수 있습니까?

단계 6:

적합한 조치의 선택(HAV)

- 진동을 가장 효과적으로 줄일 수 있는 방법이 무엇입니까?
- 시행할 수 있습니까?
- 불가능한 경우 차선의 대책은 무엇입니까?
- 이 조치를 시행할 수 있습니까?
- 이러한 완화 조치로 혜택을 받게 되는 근로자의 수가 얼마나 됩니까?
- 특정 작업 또는 근로자 그룹이 이러한 혜택에서 제외됩니까?
- 특히 이러한 조치의 시행과 관련하여 근로자에게 알리고 교육을 실시해야 합니까?

단계 7:

예측(HAV)

- 완화 조치에 따른 예상 효과가 어떻게 됩니까?
- 조치 결과, 노출 값이 조치 수준 미만인

됩니까?

- 조치 결과, 값이 노출 한계 값 미만이 됩니까?
- 해당 조치와 병행하여 추가 조치를 취해야 합니까?
- 추가 조치를 취해야 합니까?

단계 8:

우선순위 목록과 시간표가 명시된 프로그램의 마련(HAV)

- 어떤 단계를 취해야 합니까?
- 개별 조치를 시행하는 데 얼마나 걸립니까?
- 언제쯤 1차 중간 결과를 예상할 수 있습니까?
- 단계 시행의 책임자가 누구입니까?
- 모든 조치를 언제까지 시행해야 합니까?
- 시행 조치 외에 방진 장갑도 사용할 수 있습니까?

단계 9:

결과 확인(HAV)

- 조치가 올바르게 시행되었습니까?
- 어느 정도까지 진동이 완화되었습니까?
- 예측한 완화를 거두었습니까?
- 값이 노출 한계 값 미만입니까?
- 값이 조치 수준 미만입니까?
- 추가로 개선해야 합니까?
- 확인 시 후속 측정이 필요합니까?

- 추가 진동 완화 조치가 상황에 맞고 필요합니까?

7.2 전신 진동(WBV) 완화 프로그램

EC 지침을 근거로 제정한 개별 국내법에 따라 사업주는 최신 보호 조치를 채택하여 진동 위험을 배제하거나 최소로 줄여야 한다. 이 과정 동안 근원 지점에서 최대한 진동을 예방하거나 줄여야 한다. 진동 완화를 위한 기술적 조치가 조직적 조치에 우선한다.

전신 진동의 조치 수준 $A(8) = 0.5 \text{ m/s}^2$ 를 초과할 경우 사업주는 진동 노출을 완화하기 위한 기술적 및 조직적 조치 프로그램을 마련하여 시행해야 합니다.

다음 단계가 권장된다.

단계 1:

진동 노출의 파악(WBV)

- 제조업체에서 관련 정보를 입수할 수 있습니까?
- 데이터베이스의 데이터를 사용할 수 있습니까?
- 비교할만한 작업 설명이 유용한 정보가 될 수 있습니까?
- 사용 가능한 해당 장비 관련 데이터가 조사 보고서(데이터베이스)에 있고 사업장에서의 사용 조건이 측정 당시 유효했던 조건과 일치합니까?
- 일일 노출 값을 알고 있거나 진동 강도 데이터와 개별 노출 시간에서 계산할 수 있습니까?

- 추가 측정값이 필요합니까?

단계 2:

행동 및 노출 한계 값과의 비교(WBV)

- WBV의 측정값이 조치 수준 미만입니까?
- 측정값이 조치 수준을 초과하거나 노출 한계 값 미만입니까?
- 노출 한계 값을 초과합니까?

단계 3:

주된 진동 근원 지점의 결정(WBV)

- 근원적인 진동 발생원, 즉 매우 강력한 진동을 일으키는 개별 작업이 있습니까?
(예: 자갈 포장 도로, 울퉁불퉁한 도로 등을 자주 주행하는 경우)
- 특정 기계 또는 차량이 다른 것보다 더욱 강력한 진동을 일으킵니까?
- 진동이 꽤 적은 곳이 어디입니까?

단계 4:

원인 분석(WBV)

- 진동 값이 높아진 원인이 무엇입니까?
- 도로가 울퉁불퉁합니까?
- 차량이 통과해야 하는 연석, 패인 웅덩이 등이 있습니까?
- 시트에 적합한 쿠션 또는 댐핑 시스템이 구비되어 있습니까?
- 운전자 체중에 맞게 시트가 조절됩니까?
- 차량을 정기적으로 유지/보수하고 있습니까?

- 주행 시간을 줄일 수 있습니까?

단계 5:

최신 기술과의 비교(WBV)

- 현행 표준과 부합되는 차량 및 장비입니까?
- 진동 노출을 줄이는 최신 차량 또는 장비가 있습니까?
- 작업자에게 전달되는 진동을 줄이는 사용 가능한 부착물이 있습니까?
- 현재 장착된 시트보다 효과적으로 진동을 줄일 수 있는 시트가 있습니까?
- 적합한 보수 조치로 도로 조건을 개선할 수 있습니까?

단계 6:

적합한 조치의 선택(WBV)

- 진동을 가장 효과적으로 줄일 수 있는 방법이 무엇입니까?
- 시행할 수 있습니까?
- 불가능한 경우 차선의 조치는 무엇입니까?
- 이 조치를 시행할 수 있습니까?
- 이러한 완화 조치로 혜택을 받게 되는 근로자의 수가 얼마나 됩니까?
- 특정 작업 또는 근로자 그룹이 이러한 혜택에서 제외됩니까?
- 특히 이러한 조치의 시행과 관련하여 근로자에게 알리고 교육을 실시해야 합니까?

단계 7:

예측(WBV)

- 완화 조치에 따른 예상 효과가 어떻게 됩니까?
- 조치 결과, 값이 조치 수준 미만이 됩니까?
- 조치 결과, 값이 노출 한계 값 미만이 됩니까?
- 해당 조치와 병행하여 추가 조치를 적용해야 합니까?
- 추가 조치를 취해야 합니까?

단계 8:

우선순위 목록과 시간표가 명시된 프로그램의 마련(WBV)

- 어떤 단계를 취해야 합니까?
- 개별 조치를 시행하는 데 얼마나 걸립니까?
- 언제쯤 1차 중간 결과를 예상할 수 있습니까?
- 단계 시행의 책임자가 누구입니까?
- 모든 조치를 언제까지 시행해야 합니까?

단계 9:

결과 확인(WBV)

- 조치가 올바르게 시행되었습니까?
- 어느 정도까지 진동이 완화되었습니까?
- 예측된 진동감소 효과를 거두었습니까?
- 값이 노출 한계 값 미만입니까?
- 값이 조치 수준 미만입니까?
- 추가로 개선해야 합니까?
- 확인에 후속 측정이 필요합니까?
- 추가 진동 완화 조치가 상황에 맞고 필요합니까?

별첨 1

작업장 측정 실행

측정은 3차원, 즉 x, y, z축을 따라 실시한다.

손-팔 진동의 경우 구한 값을 사용하여 진동 총 값(벡터)을 계산하는 반면 전신 진동의 경우에는 개별 방향을 따로 평가한다.

손-팔 측정은 특히 양쪽 손잡이에서 측정해야 하기 때문에 매우 복잡하다.

평가는 빈도 가중치를 적용한 가속도와 일일 노출 값 A(8)를 근거로 한다. 근무일 동안 수행한 작업의 대표 활동(이에 따른 일부도 포함) 및 작업장 분석이 매우 중요하다.

측정 수행(HAV)

손-팔 측정은 휴대용 또는 손-보호용 공구의 손잡이에서 수행한다.

측정을 위해 특수 설계된 3축 가속도계를 손잡이에 클램프로 고정하거나 접착제로 붙인다.



그림 1: HAV 측정

손-팔 진동은 3개 방향 측정값의 벡터 합이 되는 3개 진동 방향 모두에서 빈도 가중치를 적용한 가속도의 진동 총 값을 근거로 평가한다. 측정은 작업장에서의 전형적인 작업 순서 동안 수행해야 한다.

측정 수행(WBV)

전신 진동 측정은 예를 들어 조사 대상 차량의 운전석 시트에서 수행한다. 3축 가속도계 패드를 시트에 접촉 테이프로 붙인다. 주의하여 가속도계의 방향을 올바르게 일치시키고 (x = 가슴에서 등, y = 어깨에서 어깨, z = 척추 방향) 운전자의 실제 체중에 맞게 시트 설정을 조절해야 한다. 측정 지속시간은 통상적인 차량의 일일 주행 거리 및/또는 해당 작업과 “반복성”에 따라 달라지지만 반드시 15분 이상이 되어야 한다.

고려 대상 작업을 대표하도록 일상적인 작업 동안 측정을 수행해야 한다. 위에 나타난 3개 방향의 3개 가속도 값 모두를 기록한다.



그림 2: WBV 측정

전신 진동은 3개 측정 방향의 빈도 가중치 적용 가속도 가운데 가장 큰 유효 값을 근거로 평가한다. 유의할 점으로, 먼저 수평 가속도 값에 1.4의 수정 계수를 곱해야 한다. 수평과 수직 방향에서 노출 한계 값이 서로 다르기 때문에 측정값을 따로 평가해야 한다.

x-축	$a_w = 1.4 a_{wx}$
y-축	$a_w = 1.4 a_{wy}$
z-축	$a_w = 1.0 a_{wz}$

그런 후 데이터를 사용하여 일일 진동 노출 값을 계산하며 이때 유효 노출의 실제 지속 시간을 고려한다.

노출 매개변수 계산기

인터넷에서 다양한 노출 매개변수 계산기를 이용할 수 있다. 이는 평균을 계산하고 결과

를 그래픽으로 표시하는 데 도움이 된다. 이 그래픽의 예로 조치 수준 미만의 결과를 녹색 영역으로 표시하고 노출 한계 값 초과 결과를 적색 영역으로 표시하는 “신호등 시스템” 형태가 있다.

평가 및 그래픽 표시가 노출 지점의 형태가 될 수도 있지만 최종 결과는 표시 방법의 선택에 따른 영향을 받지 않는다.

노출 매개변수 계산기는 주무 행정 부서, 감독 기관 및 장비 제조업체로부터 구할 수 있다.

주:

유럽 지침 “진동”을 근거로 제정한 개별 국내법이 확일적으로 효력을 발휘하지 않고 있어(예: 전신 진동의 경우 z-방향 관련 규정) 적색 영역에 일부 차이점이 있다.

별첨 2

노출 평가 매개변수

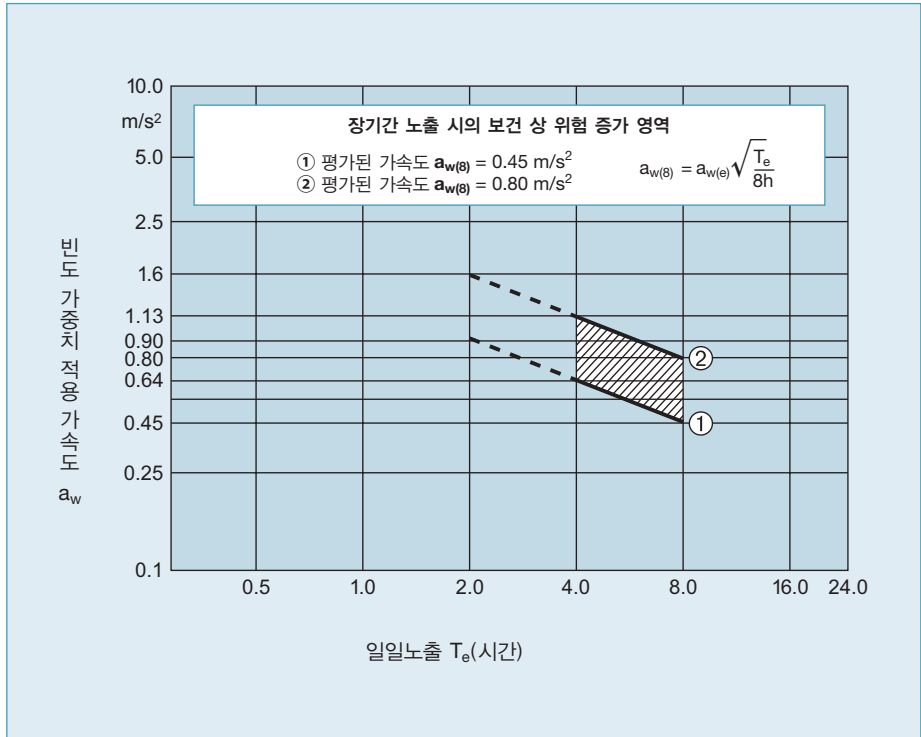
전신 진동(WBV)의 평가

전신 진동은 x, y 및 z-축 방향의 빈도 가중치 적용 가속도 가운데 가장 큰 유효 값을 근거로 평가한다. (1.4 a_{wx} , 1.4 a_{wy} , a_{wz} - z-축 가속도 = 척추 방향)

자세한 내용은 ISO 2631에 나와 있다. 실무 지침과 매개변수 계산기는 인터넷에서 이용할 수 있다.

그림 3에는 빈도 가중치 적용 가속도 대 일일 노출이 나타나 있다.

그림 3: 빈도 가중치 적용 가속도 대 일일 노출(출처: ISO 2631/VDI-Richtlinie 2057-1)



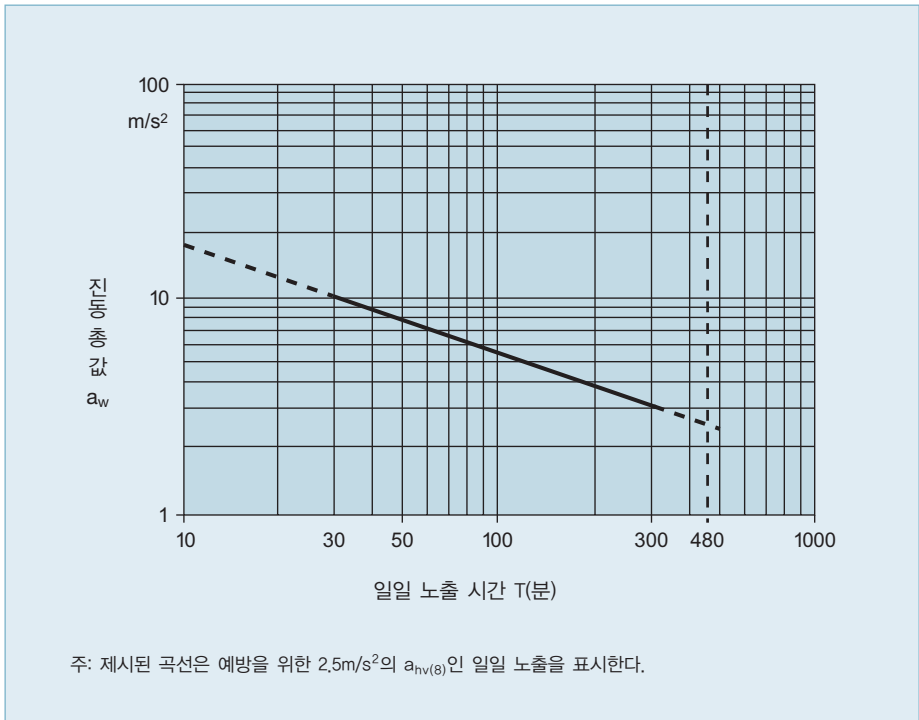
손-팔 진동(HAV)의 평가

손-팔 진동은 3개 진동 방향 모두에서 빈도 가중치 적용 가속도의 진동 총 값과 이 데이터, 진동 총 값 a_{hv} 에서 계산한 백터를 근거로 평가한다.

자세한 내용은 ISO 5349에 나와 있습니다. 실무 지침과 노출 매개변수 계산기는 인터넷에서 이용할 수 있다.

그림 4에는 진동 총 값 대 일일 노출이 나타나 있다.

그림 4: 진동 총 값 대 일일 노출(출처: ISO 5349/VDI-Richtlinie 2057-2)



일반

지침 “진동”(2002/44/EC)은 규정 등과 같은 국내법 제정의 근거가 되고 여러 회원국에서 널리 통용되는 개별 조건에 적용될 수 있다. 이는 기존의 규칙, 절차, 한계 값 및 목표가 여전히 효력을 유지할 수 있다는 의미이다.

이에 따라 위에서 언급한 지침에는 빈도 가중치 적용 가속도 $A(8)$ 및 진동 노출량 값(V)과 같은 다양한 매개변수가 포함된다.

따라서 일례로 특히 z -방향의 진동에 포커스를 맞추고 있는 전신 진동 값과 같은 기존 예방 값의 효력을 유지할 수 있다.

이 브로슈어는 아래와 같은 ISSA 예방 국제분과의 도움으로 제작되었습니다.
더욱 자세한 내용은 아래 연락처를 참조하십시오.



**ISSA
철강금속분과**

c/o Allgemeine
Unfallversicherungsanstalt
국제관계사무국
Adalbert-Stifter-Strasse 65
1200 Vienna · Austria
전화: +43 (0) 1-33 111-558
팩스: +43 (0) 1-33 111-469
이메일: issa-metal@auva.at

**ISSA
전기분과**

c/o Berufsgenossenschaft
Elektro Textil Feinmechanik
Gustav-Heinemann-Ufer 130
50968 Köln · Germany
전화: +49 (0) 221-3778-6007
팩스: +49 (0) 221-3778-196007
이메일: electricity@bgetem.de

**ISSA
기계 및 시스템안전 분과**

Dynamostrasse 7-11
68165 Mannheim · Germany
전화: +49 (0) 621-4456-2213
팩스: +49 (0) 621-4456-2190
이메일: info@ivss.org

www.issa.int

“Quick Links” 아래의 “Prevention Sections” 를 클릭하십시오.