

용접의 안전과 위생

- 인간공학과 시뮬레이션 기법을 활용한 근골격계 질환의 예방을 중심으로 -

박 주 용

Safety and Health in Welding

- Prevention against Musculoskeletal Disorders Using Ergonomics and Simulation Technology -

Ju-Yong Park

1. 개 요

산업기술의 발달과 더불어 필수 금속가공기술인 용접은 거의 전 공업분야에 적용되고 있으며 조사에 따르면 GDP의 약 50%가 용접기술과 직간접으로 관련이 되어 있다. 대부분의 공업화된 국가에서는 용접공이 전체 근로자의 0.5~2.0%로 집계되고 있어 상당히 많은 근로자들이 용접분야에 종사하고 있으며 우리나라의 경우 20만 이상의 용접기술인력이 산업현장에서 활동하고 있는 것으로 추정된다. 작업자의 안전과 건강은 매우 중요하며 생산에 종사하고 있는 모든 작업자들은 항상 잠재적인 위험에 노출되어 있다. 최근 용접기술의 발전 및 사용범위의 확대와 더불어 안전의 중요성이 부각되고 있으며, 용접시 발생하는 위험성과 유해성이 작업자의 안전위생 측면에서 문제점으로 지적되고 있다. 따라서 용접 작업환경에 대한 법적 규제가 점차 강화되고 있으며, 용접사의 용접 기피현상도 증가하고 있는 실정이다. 또한 용접작업시 발생하는 안전과 위생 문제는 종종 노사관계의 핵심적 쟁점사항으로 비화하여 사회문제를 야기하기도 한다. 용접시 발생 가능한 유해인자로는 감전, 강한 아크광에 의한 시각장애, 용접시 발생하는 용접매연 및 가스에 의한 공기 오염에 따른 건강질환, 화재, 화상, 폭발에 의한 피해 및 소음에 의한 청각장애, 부적절하거나 몸에 피로를 유발하는 용접자세로 인해 발생하는 근골격계 계통의 질환 등과 같은 직접적인 인자들과, 용접시 사용되는 압축가스나 가연성가스에 의한 인자, 용접부의 청정작업시 발생 가능한 인자, 그리고 금속의 취급시에 발생할 수 있는 일반 인자 등 간접적인 인자들을 들 수 있다.

용접작업은 위에서 서술한 바와 같이 많은 안전과 보건상의 문제점들을 가지고 있지만, 정확한 예방책을 따른다면 다른 금속가공 작업에 비하여 안전한 작업이다.

본고에서는 용접과 관련된 안전 및 보건 법규와 규격을 소개하고, 용접시 발생 가능한 안전 및 보건상의 문제에 대한 방지 또는 최소화 대책에 대하여 기술하고자 한다.

2 관련 법규 및 규격

2.1 관련 법규

산업안전보건에 관련된 법규의 근간은 산업안전보건법이며, 산업안전보건법 시행령, 산업안전보건법 시행규칙, 산업안전기준에 관한 규칙 및 산업보건기준에 관한 규칙 등으로 구성되어 있다. 표 1은 용접 및 관련작업에 관계되는 산업재해 방지관계 법규들을 보여 주고 있다.

산업안전보건법 제14조 제2항, 동법 시행령 제11조 제1항에서는 아세틸렌 용접장치 또는 가스집합 용접장치를 사용하여 금속의 용접, 용단 또는 가열작업을 할 경우 또는 탱크 또는 환기가 극히 불량한 밀폐된 장소에서의 용접작업이나 습한 장소에서 실시하는 전기용접작업의 경우 안전담당자를 지정하여야 한다고 규정하고 있다. 안전담당자의 직무는 산업안전보건법 시행령 제11조 제3항에 정해져 있다. 2002년 신설된 산업안전보건법 제 24조 제1항에 의하면 단순 반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업에 의한 건강장해를 예방하기 위해서 사업주는 노동부령으로 정한 보건상의 조치를 하도록 되어있다. 산업안전보건법 제46조에 의하면 기계기구에 대한 방호조치의 일환으로 아세틸렌 용접장치 또는 가스집합 용접장치의 경우에는 안전기, 교류아크 용접기(자동용접기는 제외)의 경우에는 자동전격 방지기를 부착하여 사용하는 것이 의무화되어 있다.

표 1 용접 및 관련작업에 관계되는 산업재해 방지관계 법규

법령명칭	제정년도	규제 및 해당작업 내용
산업안전보건법	1981 법률 3532 개 1996 법률 5248	산업안전보건에 대한 전반적인 규제에 개개의 구체적 사항은 시행령 및 시행규칙에 명기
산업안전보건법 시행령	1982 법률 10889 개 1995 법률 14787	안전 담당자를 지정하여야 할 작업, 유해·위험방지를 위하여 방호조치가 필요한 기계·기구 등을 기술
산업안전보건법 시행규칙	1982 노동부령 17 개 1995 노동부령 103	기계·기구 등의 방호조치, 자체검사 대상 기계·기구 등 특별 안전보건교육 대상 작업별 교육 내용 등을 기술
산업안전기준에 관한 규칙	1990 노동부령 62 개 1994 노동부령 90	아세틸렌 용접장치 및 가스집합 용접장치에 관한 사항 기술
산업보건기준에 관한 규칙	1990 노동부령 62 개 1994 노동부령 91	기본적 조치기준(유해물질의 취급, 가스, 증기, 유해광선, 초음파, 소음 또는 진동의 발산 등), 분진에 의한 건강장해 예방, 연에 의한 건강장해 예방, 유기용제에 의한 건강장해 예방, 특정 화학물질에 의한 건강장해 예방, 산소결핍에 의한 건강장해 예방 등
진폐의 예방과 진폐 근로자의 보호 등에 관한 법률	1984 법률 3784 개 1994 법률 4826	진폐의 예방, 건강관리(건강진단 및 진폐 근로자의 보호) 진폐 위로금의 지급, 진폐기금의 운용 및 관리 등
진폐의 예방과 진폐 근로자의 보호 등에 관한 법률 시행령	1985 대통령령 11678 개 1995 대통령령 14628	
진폐의 예방과 진폐 근로자의 보호 등에 관한 법률 시행규칙	1985 노동부령 31 개 1995 노동부령 97	

산업안전보건법 시행규칙 제75조에 의하면, 아세틸렌 용접장치 또는 가스집합 용접장치의 경우 사업주는 매년 1회 이상 정기적으로 손상, 변형, 부식의 유무, 성능 및 방호장치의 이상 유무에 대한 자체검사를 실시하도록 되어 있다. 산업안전보건법 시행규칙 제33조에는 특별안전 보건교육 대상 작업별 교육내용 중 아세틸렌 용접장치와 전기용접장치에 관한 부분이 포함되어 있다. 산업안전기준에 관한 규칙 제4편 제6장 제1절에는 아세틸렌 용접장치에 관하여 압력의 제한, 발생기의 설치장소 및 구조, 안전기의 설치, 아세틸렌 용접장 포지의 관리 등 안전담당자의 직무 및 자체검사 등에 대해 규정하고 있다. 또 제2절에는 가스집합 용접장치에 관하여 가스집합장치의 위험방지, 가스장치실의 구조, 가스집합 용접장치의 배관, Cu의 사용 제한, 가스집합 용접장치의 관리 등 안전담당자의 직무와 자체검사에 대해 규정하고 있다.

산업보건기준에 관한 규칙 제1편 제2장은 기본적 조치기준으로 유해원인의 제거, 즉 사업주는 유해물질의 취급, 가스, 증기, 유해광선, 초음파, 소음 또는 진동의 발산, 이상기압의 발생 등으로 인하여 근로자에게 유해한 작업에 대해서는 그 원인을 제거하기 위하여 대체물의 사용, 작업방법 및 시설의 변경 또는 개선 등 필요한 조치를 취해야 한다고 규정하고 있다. 제1편 제6장은 보호구에 관한 것이며, 제30조는 보호구의 지급 및 착용에 관한 내용이다.

산업보건기준에 관한 규칙 제9장 <근골격계 부담작업

으로 인한 건강장해의 예방> 편에는 유해요인조사, 작업환경개선, 의학적 조치, 유해성 주지 및 근골격계 질환 예방프로그램의 수립·시행 등 사업주의 의무가 구체적으로 규정되어 있다. 또한 동 규칙 제9장 제142조 제1호는 “근골격계 부담작업이라 함은 제24조 제1항 제5호의 규정에 의한 작업으로서 작업량·작업속도·작업강도 및 작업장 구조 등에 따라 노동부장관이 정하여 고시하는 작업을 말한다.”라고 되어 있으며 노동부 고시 제2003-24호에 의하면 11가지 근골격계 부담작업을 정하여 이 중 한 가지라도 포함되면 유해요인조사 대상이 된다. 즉, 근골격계 질환 관련 법률, 시행규칙, 고시를 통합하면, “사업주는 단순반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 11가지 근골격계 부담작업을 하는 경우 건강장해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 취하여야 한다.”로 요약할 수 있다.

2.2 관련 규격

한국산업규격은 4종의 안전 및 위생관련 규격을 포함하고 있으며, 표3.2.3은 그들의 KS 번호와 KS 규격명을 보여주고 있다. KS D 0061은 분진여과 포집장치, 광산란 방식 농도계 및 압전천칭 방식 농도계 등을 이용한 용접 작업장에서 발생한 공기 중의 분진 농도 및 개인노출 농도를 측정하는 방법과, 작업환경의 분진 평균농도를 결정하는 방법에 대하여 규정하고 있다. KS D 0062는 피복 아크 용접봉에 의한 용접시 발생하는 전체 용접매연량을 측정하는 방법에 대하여 규정하고

있으며, 측정장치는 포집상자와 하이 볼륨 에어 샘플러(high volume air sampler)로 구성되어 있고, 용접시 발생하는 용접매연을 여과지에 포집하여 무게를 측정하게 된다. KS P 8141은 용접시 발생하는 눈에 해로운 자외선, 적외선 및 강한 가시광선 등의 해로운 광선으로부터 작업자의 눈을 보호하기 위하여 착용하는 차광 보호구에 대해 규정하고 있다. 상기한 해로운 광선들에 의한 눈의 보호나 용접열이나 스파터 등에 의한 안면, 머리 및 목부위의 앞면을 보호하기 위해 차광 보호구와 병행하여 사용되는 용접면의 재료에 대해서는 KS P 8142에 따로 규정되어 있다.

3. 용접의 안전과 위생 일반

3.1 감 전

용접기를 포함한 모든 전기 기기들은 감전사고에 유의하여야 한다. 용접작업시에는 주로 교류아크 용접시 감전사고가 많이 발생하며 전체 감전 사망사고의 약 10%를 차지하고 있다. 아크 용접시의 감전은 불완전 접지나 절연상태의 불량으로 발생하는 경우가 대부분이다. 따라서 절연용 홀더(holder)를 사용하고 감전예방 보호구를 착용함으로써 감전사고를 예방할 수 있다. 또한 용접봉에 접촉되거나 용접기의 2차측 배선이나 홀더의 절연의 불량으로 인한 감전재해의 방지를 위해 용접기의 무부하 전압을 30V 이하로 저하시키는 자동전격 방지기를 설치하는 것도 좋은 방법이다. 한다. 또한 손상된 용접케이블 표면을 보수하거나 작업정지시에 전원을 차단함으로써 감전재해를 예방할 수 있다.

3.2 화 재

용접이나 절단 작업시 열원은 매우 고온이며 용접 불꽃, 전기아크, 고온의 금속, 스파크 및 스파터 등은 발화원이 된다. 특히 용접 작업장 주위에 가연성 물질이 노출되어 있는 경우는 화재의 위험성이 매우 높다. 용접작업시 발생하는 스파터는 수미터까지 비산하므로 이로 인한 화재가 적지 않다. 따라서 용접작업장 주위의 가연물을 제거하고 스파터 차단막이나 방염시트를 사용하여 화재의 위험을 줄이는 것이 바람직하다. 또한 용접 작업장 근처에 반드시 소화기를 비치하여 만일의 경우에 대비하는 것이 필요하다.

3.3 폭 발

토치나 호스에서 가연성 가스가 누출되거나 잔류 가연성 가스가 존재할 때 용접시 발생하는 열이나 스파크

등에 의해 폭발이 일어날 수 있다. 또한 가스 용접시 역화가 발생하는 경우도 폭발이 일어날 수 있다. 폭발의 방지를 위해서는 가스 누설을 항상 점검하고 잔류 가스가 있나를 확인하는 것이 무엇보다 중요하다. 그리고 토치 및 가스 용기의 정비를 정기적으로 시행하는 것도 중요하다.

3.4 화 상

용접작업시 눈, 얼굴 및 신체의 화상은 매우 심각한 재해로서 아크광이나 스파크, 스파터, 화염 및 과열된 금속 및 레이저 조사에 의해 발생한다. 화상을 방지하기 위해서는 용접작업시 가죽장갑, 보호안경, 앞치마 등의 방호장비를 착용하는 것이 중요하며 작업복도 가급적 난연성 재질로 만들어진 것을 착용하는 것이 바람직하다.

3.5 용접아크광

아크용접시 발생하는 아크는 대단히 고온이며 강한 빛을 방출한다. 아크빛은 복합광이며 파장에 따라 가시광선, 자외선, 적외선 등의 여러 가지 유해광선들이 포함되어 있다. 용접아크빛의 강도는 용접법의 종류에 따라 다르고, 같은 용접법에서도 용접조건에 따라 변화한다. 일반적으로 동일한 용접전류인 경우, 가스 실드 아크 용접법에서 발생하는 빛의 강도가 다른 아크 용접법보다 크며, 또한 이 용접법은 일반적으로 높은 전류를 사용하므로 빛의 강도가 매다. 강렬한 가시광선, 자외선 및 적외선은 안구와 피부에 장애를 유발시킨다. 용접아크 빛의 재해를 방지하기 위해서는 KS P 8141 규격을 만족하는 적절한 차광보호구를 착용하는 것이 필수적이다. 또한 주변 작업자를 위한 측면 차폐도 필요하다.

3.6 레이저

각종 레이저 가공에 사용되는 레이저 광은 고출력이며 평행광선에 가까운 성질 때문에 눈에 위험성이 높은 광선이다. 특히 Nd:YAG 레이저와 CO₂ 레이저는 출력되는 레이저광이 적외선 영역의 파장이므로 인간의 눈으로는 감지할 수 없고, 펄스(pulse)로 발진되는 레이저는 진동시간이 극히 짧아 안구의 방어기능이 활동하지 못하여 큰 장애를 일으킬 수 있으므로 각별한 주의가 필요하다. 레이저 광으로 인한 위험을 방지하기 위해서는 직간접적으로 레이저 광을 주시해서는 안되며 적당한 레이저 보호안경을 착용하고 레이저 작업시 주위에 경고등과 접근금지 구역을 설치하는 것이 바람직하다.

3.7 방사선

방사선에 의한 장애는 용접부의 비파괴검사 시에 사용되는 X선과 감마선에서 발생한다. 방사선은 특히 조혈기와 생식기에 큰 장애를 유발하며 안구와 피부에도 장애를 일으킨다. 방사선에 의한 장애를 방지하기 위해서는 적절한 방사선 차폐시설 설치, 방사선 시설과 설비의 철저한 점검 및 사용규칙 준수가 필요하다. 또한 정기적인 안전교육의 실시도 중요하다.

3.8 용접 매연

용접매연은 고온의 아크열에 의해 발생하는 0.02~10 μ m 크기의 미세 금속입자이며 이 중 0.5~7 μ m 크기의 입자가 기도 및 폐포 벽에 침착하여 진폐증, 금속열, 각종 호흡기 계통 질환과 중금속 중독 등의 장애를 유발한다. 용접매연에 의한 장애를 방지하기 위해서는 용접매연 발생을 저감시킨 용접재료를 사용하고 작업조건 및 방법을 개선하여 용접매연의 발생량을 감소시키는 것이 중요하다. 또한 국부 및 전체 환기시설을 설치하여 용접매연을 외부로 배출시키며 방진 및 방독 마스크를 착용하여 매연의 흡입을 최소화하는 것이 중요하다.

3.9 유해가스

용접시에는 용접법에 따라 플럭스, 피복제, 보호가스 등의 분해 및 반응에 의해 여러 종류의 가스가 발생하며 용접시 발생하는 열이나 자외선이 대기 중의 원소나 오염물질들과 반응하여 발생되기도 한다. 그 중 위험한 유해가스로는 일산화탄소(CO), 질소산화물(NO, NO₂), 오존(O₃), 이산화탄소(CO₂) 등이 있다. 유해가스는 호흡기 계통 질환, 피부질환, 심장 및 순환기계 장애 및 중추신경장애 등을 유발할 수 있다. 이러한 장애를 피하기 위해서는 환기시설을 설치하고 방진 및 방독 마스크를 착용하는 것이 중요하다.

3.10 소음

용접시 발생하는 소음도 건강에 위협이 될 수 있다. 용접시에는 용접법에 따라 65~105dB 수준의 소음이 발생하며 이는 일시적 및 영구적 난청을 유발할 수 있다. 따라서 용접작업시 귀마개 및 귀덮개를 착용할 필요가 있다.

3.11 추락

용접작업시 추락에 의한 재해도 빈번히 발생하며 특

히 추락의 경우 중상이나 사망에 이르는 경우가 많으므로 주의를 요한다. 반드시 안전모나 안전벨트를 착용해야 하며 견고한 작업발판을 사용해야 하고 가능한 한 추락방지 시설을 설치하여야 한다.

4. 부적절한 용접자세로 인한 근골격계 계통의 질환

4.1 근골격계 질환의 발생원인

근골격계질환(Musculoskeletal Disorders)이란, 작업 활동이 반복적이며 지속적이고 또는 부자연스러운 작업자세에서 특정 신체 부위 및 근육의 과도한 사용으로 인해 근육, 연골, 인대, 관절, 혈관, 신경 등에 미세한 손상이 발생하여 목, 허리, 무릎, 어깨, 팔, 손목 및 손가락 등에 나타나는 통증이나 기능저하를 가져오는 만성적인 건강장애를 말한다.

조선산업과 같은 중공업분야에서는 단순반복 작업은 물론 중량물 취급, 부적절한 자세, 진동 등의 요인으로 인해 다른 산업에 비해 훨씬 심하게 근골격계 질환에 노출되어 있다. 선체를 구성하는 구조물인 선박블록들은 대단히 복잡하고 작업공간이 협소한 경우가 많을 뿐만 아니라 곡블록의 경우에서 많이 볼 수 있는 바와 같이 작업장소가 수평이 아니고 기울어져 있는 곳도 많아 작업자가 쪼그려 앉거나, 팔을 높이 들거나, 허리와 목을 굽히고 옆으로 비틀어야 하는 등의 부적절한 자세를 취한 채 장시간 용접, 마무리 등의 작업을 하게 된다. 게다가 대부분의 블록내의 용접에서 취해야 하는 수직 자세나 위보기 자세의 경우는 통상 팔을 어깨보다 높이 들어 올린 상태에서 길게는 수십 분 동안 지속적으로 용접작업을 해야 하는 등 근골격계 질환을 유발하는 요인을 많이 갖고 있다. 그림 1은 조선소에서 이루어지는 부적절한 용접자세의 대표적인 예를 보여주고 있다.

노동부 고시 제2003-24호에는 근골격계 질환을 유발할 가능성이 많은 11가지의 근골격계 부담작업의 범위를 표 2와 같이 고시하고 있으며 그 중 한 가지라도 해당되면 유해요인조사 대상이 되어 사업주는 건강장애를 예방하기 위하여 필요한 조치를 취하도록 하고 있다. 중공업 분야에서의 용접작업은 최소 7-8가지가 해당될 정도로 근골격계의 부담이 큰 작업에 해당된다.

4.2 근골격계 질환의 발생 현황

근골격계 질환(Musculoskeletal Disorders ; MSDs)은 작업관련성 질환으로 최근의 산업재해에서 가장 큰 비중을 차지하고 있으며 발생건수 또한 표 3에서와 같

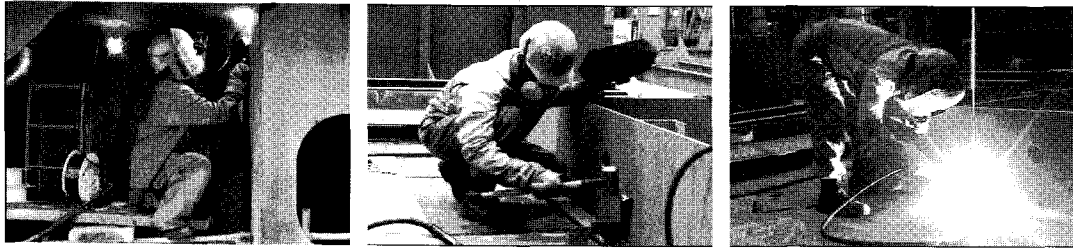


그림 1 대표적인 부적절한 작업자세

표 2 근골격계 부담 작업의 범위 (노동부 고시 제2003 - 24호)

번호	내용	
근골격계 부담작업 제 1 호		하루에 4시간 이상 집중적으로 자료입력 등을 위해 키보드 또는 마우스를 조작하는 작업
근골격계 부담작업 제 2 호		하루에 총 2시간 이상 목, 어깨, 팔꿈치, 손목 또는 손을 사용하여 같은 동작을 반복하는 작업
근골격계 부담작업 제 3 호		하루에 총 2시간 이상 머리 위에 손이 있거나, 팔꿈치가 어깨 위에 있거나, 팔꿈치를 몸통으로부터 들거나, 팔꿈치를 몸통뒤쪽에 위치하도록 하는 상태에서 이루어지는 작업
근골격계 부담작업 제 4 호		지지되지 않은 상태이거나 임의로 자세를 바꿀 수 없는 조건에서, 하루에 총 2시간 이상 목이나 허리를 구부리거나 트는 상태에서 이루어지는 작업
근골격계 부담작업 제 5 호		하루에 총 2시간 이상 쪼그리고 앉거나 무릎을 굽힌 자세에서 이루어지는 작업
근골격계 부담작업 제 6 호		하루에 총 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 1kg 이상의 물건을 한손의 손가락으로 집어 옮기거나, 2kg 이상에 상응하는 힘을 가하여 한손의 손가락으로 물건을 쥐는 작업
근골격계 부담작업 제 7 호		하루에 총 2시간 이상 지지되지 않은 상태에서 4.5kg 이상의 물건을 한 손으로 들거나 동일한 힘으로 쥐는 작업
근골격계 부담작업 제 8 호		하루에 10회 이상 25kg 이상의 물체를 드는 작업
근골격계 부담작업 제 9 호		하루에 25회 이상 10kg 이상의 물체를 무릎 아래에서 들거나, 어깨 위에서 들거나, 팔을 뻗은 상태에서 드는 작업
근골격계 부담작업 제 10 호		하루에 총 2시간 이상, 분당 2회 이상 4.5kg 이상의 물체를 드는 작업
근골격계 부담작업 제 11 호		하루에 총 2시간 이상 시간당 10회 이상 손 또는 무릎을 사용하여 반복적으로 충격을 가하는 작업

표 3 근골격계 질환의 발생 현황

연 도	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
전체 직업병발생 건수	1,529	1,424	1,288	1,521	2,459	5,576	5,417	9,130
근골격계 질환 발생건수	506	221	123	190	1,009	1,598	1,827	4,523
조선산업 골격계 질환 발생건수	25	34	11	14	58	140	479	735

자료 : <http://www.safety.co.kr>

이 급증하고 있다. 이로 인하여 생산성 저하, 근로의욕 저하, 품질 저하 등의 경영손실은 물론 직접 의료비의 부담 등이 급증하고 있다. 또한 근골격계 질환에 대한 직원들의 보상과 작업 개선에 대한 요구가 증가하고 있으며, 최근에는 가장 중요한 노·사간 쟁점사항으로까지 부각되고 있다.

근골격계 질환자를 업종별로 보면 제조업이 전체 발병인원 중 약 80%를 차지하고 있으며, 특히 제조공정에서 용접작업이 대부분을 차지하고 있는 조선해양산업에서 작업관련성 근골격계 질환이 급증하고 있는 추세이다.

4.3 근골격계 질환의 예방과 대책

근골격계 질환의 예방과 대책은 최근 근골격계 질환환자가 급증하면서 2002년 산업안전보건법에 의해 법률적으로 의무화되었으며 유해요인조사, 작업환경개선, 의학적 조치, 유해성 주지, 근골격계 질환 예방 프로그램, 중량물 작업시 특별조치의 6가지로 이루어져 있다. 이들은 근골격계 질환 유발 가능성이 큰 용접작업장에도 그대로 적용된다.

(1) 유해요인조사

작업자가 근골격계부담작업에 종사하고 있는 경우 매 3년마다 유해요인조사를 실시하도록 법으로 정해져 있으며 정기조사인 경우는 작업장 상황, 작업조건, 근골격계질환 징후 및 증상 유무를 조사하며, 임시건강진단 등에서 근골격계질환자의 발생하였거나 근로자가 근골격계질환으로 요양결정을 받은 경우, 근골격계부담작업에 해당하는 신규 작업·설비를 도입한 경우 및 근골격계부담작업에 해당하는 작업환경을 변경한 경우는 지체 없이 수시검사를 받도록 되어 있다. 유해요인조사는 사업주와 작업자가 함께 참여하여 실시해야 하며 작업장 상황, 작업조건, 근골격계질환 징후 및 증상 유무 등 산업안전보건법에서 정한 조사 항목이 충분히 반영되어 있는 유해요인조사표를 만들어 사용하도록 되어 있다. 조사 후에는 조사 결과를 유해요인기본조사표, 근골격계질환증상조사표, 개선계획 및 결과보고서로 정리하여 보관한다. 그림 2는 유해요인조사표를 보여주고 있다.

(2) 작업환경개선

유해요인조사 결과 근골격계질환이 발생할 가능성이 있으면 작업 보조설비나 편의시설 등을 설치하여 작업자의 근골격계부담을 개선한다. 작업환경 개선은 작업 평가도구, 작업자 증상조사, 경제적 여건 등을 종합적으로 판단하여 작업환경 개선 조치의 범위를 판단한다.

(3) 의학적 조치

근골격계부담작업에 속하는 작업에 투입된 작업자가 작업의 영향으로 운동 능력이 축소되거나, 악력이 저하되는 등의 증상이 보일 경우에는 증상부위 휴식, 장비를 통한 고정(보조대), 물리치료, 응급처방 또는 스트레칭, 주사요법 등 적절한 조치를 취하도록 한다.

(4) 유해성 주지

유해요인조사를 실시한 경우에는 그 결과를 해당 작업자에게 알려준다. 조사 결과 드러난 유해요인들과 근골격계질환의 증후 및 증상은 물론 근골격계질환 발생시 대처요령과 올바른 작업자세 등에 대해서도 구체적으로 설명하도록 한다. 여기에서 주의할 것은 단순히 근골격계 질환 관련 책자나 안내서를 작업장에 비치하는 것만으로는 안 되며 필히 조사 결과를 해당 작업자에게 꼼꼼하고 세심하게 설명해야 한다.

(5) 근골격계 질환예방 관리 프로그램

근골격계 질환자가 연간 10인 이상 발생하거나 5인 이상 발생한 사업장으로서 발생 비율이 그 사업장 근로자수의 10% 이상인 경우에는 근골격계 질환예방 프로그램을 시행하도록 하고 있다. 프로그램은 노사의 협의를 거쳐 작업장에서 자체적으로 프로그램을 개발하여 활용하거나 한국산업안전공단에서 작성한 KOSHA CODE를 참조하여 운영한다.

(6) 중량물을 들어 올리는 작업에 관한 특별조치

5kg 이상 되는 무거운 중량물을 자주 들어 올리거나 옮기는 작업을 하는 작업장에서는 보건규칙 제151조(중량물 표시)와 제152조(작업자세)를 준수하여 작업하도록 한다. 보건규칙 제151조 제1항에는 "주로 취급하는 물품에 대하여 근로자가 쉽게 알 수 있도록 물품의 중량과 무게중심에 대하여 작업장 주변에 안내표시를 해야 한다."고 되어 있고, 제2항에는 "취급하기 곤란한 물품에 대하여는 손잡이를 붙이거나 적절한 보조기구를 활용해야 한다."고 되어 있다. 보건규칙 제152조에는 "사업주는 중량물을 들어 올리는 작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 무게중심을 낮추거나 대상물 몸체에 밀착하도록 하는 등 신체에 부담을 감소시킬 수 있는 자세에 대하여 널리 알려야 한다"고 되어 있다.

근골격계 질환의 예방과 대책은 전술한 바와 같이 법에 상세히 규정되어 있으므로 용접작업이 수반되는 산업체에서도 법에 규정된 사항을 잘 이행함으로써 효과를 거둘 수 있다. 국내 대부분의 대형 조선소와 자동차제작업계에서는 한 단계 더 나아가서 근골격계 질환의 예방 및 사후관리를 위한 위원회와 담당 부서를 중심으로

로 관련 자료를 작성·배포하고 있으며, 작업자들을 대상으로 한 인간공학적 프로그램을 도입하고 있다. 또한 근골격계 질환 예방을 위한 시설(안전체험관, 건강증진실, Health Zone)과 치료시설(물리치료실, 운동치료실) 운영, 재할·복귀 프로그램 등을 시행하여 근골격계 질환의 발생 증가율이 둔화되고 있다.

4.4 근골격계 질환 감소를 위한 최근의 연구 동향

근골격계 질환 예방을 위해 정부에서는 이를 위한 법률 제정으로, 업계에서는 상술한 바와 같은 다각적인 노력을 기울이고 있지만 근본적인 해결책을 제시하지는 못하고 있다. 이는 작업 시에 발생할 수 있는 작업공간, 작업자세 등 다양한 형태의 근골격계 질환 유해요인이 이미 설계 시에 형성되는 것과 정량적인 평가기준을 마련하기 어렵기 때문이다. 최근에는 3차원 가상공간에

작업환경을 구축하는 디지털 메뉴팩처링 기술과 인간공학 인체모형을 도입하여 실제의 작업과정을 시뮬레이션하여 작업강도를 정밀하게 분석하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 경우 공정변경 및 작업환경의 변화를 통해 작업강도를 감소시킬 수 있는 방안을 마련하여 이를 설계과정에 반영할 수 있으므로 근본적으로 근골격계 질환 유해요인을 최소화 할 수 있다. 그림 3과 4는 최근의 한 연구결과를 예시한 것이다. 그림 3의 (a)는 조선소의 선박블록을 3차원 가상공간에 구축한 예를 보여주고 있으며 (b)는 인간공학적으로 구현한 3차원 인체모형이다. 그림 4의 경우는 그림 3에 구축된 작업환경 내에서 3차원 인체 모형을 활용하여 그림 1의 실제 작업과정을 가상환경에서 구현한 것이다. 그림 4의 (a)는 그림 1의 좌측의 작업방법을 그대로 구현한 것으로 (a)의 우측편 테이블에서 제시하고 있는 바와 같은 인간공학 분석에 따르면 작업강도 1~7 중 가장 심각한 경우

유해요인 기본조사표

(※ 해당사항에 하고, 내용물 기재하시오)

● 조사 구분	<input checked="" type="checkbox"/> 정기조사	수시조사 <input type="checkbox"/> 근골격계질환자 발생시 <input type="checkbox"/> 새로운 작업·설비도입시 <input type="checkbox"/> 업무의 양과 작업공정 등 작업환경 변경시
● 조사 일시	2005.04.20	● 조사 장소 : 근골격계질환 예방 연구부
● 부서 명	직업장소 - 제 7 조립장	
● 직업군/직위	위보기 용접작업	
● 작업 명	편직그 위해 용접작업	

가. 작업장 상황 조사

● 작업 길이	<input checked="" type="checkbox"/> 변화 없음	<input type="checkbox"/> 변화 있음(언제부터)
● 작업 방향	<input checked="" type="checkbox"/> 변화 없음	<input type="checkbox"/> 상/하(언제부터) <input type="checkbox"/> 앞/뒤(언제부터) <input type="checkbox"/> 기타()
● 작업 속도	<input checked="" type="checkbox"/> 변화 없음	<input type="checkbox"/> 상/하(언제부터) <input type="checkbox"/> 앞/뒤(언제부터) <input type="checkbox"/> 기타()
● 업무 반복	<input checked="" type="checkbox"/> 변화 없음	<input type="checkbox"/> 상/하(언제부터) <input type="checkbox"/> 앞/뒤(언제부터) <input type="checkbox"/> 기타()

나. 작업조건 조사

1단계 : 작업별 과제 내용 조사 (유해요인 조사자)

직업명(Job Title) : 용접사
작업내용(Tasks) : 블록 내부 용접작업

2단계 : 각 작업별 작업부하 및 작업빈도 (근로자 명명)


작업 부하(A)	횟수	작업 빈도(B)	총수
허수 없음	1	아주 가끔(2개월마다 1~2회)	1
쉬움	2	가끔(하루 또는 주2~3일)	2
약간 힘들	3	자주(일 4시간)	3
힘들	4	계속(일 4시간 이상)	4
허수 있음	5	초과근무 시간(일 8시간 이상)	5

작업내용	작업 부하(A)	작업 빈도(B)	총점수(A×B)
무릎은 꿇고 채보기 용접	5	5	25
허리를 굽어 프로그래밍된 아레보기 용접	4	5	20

3 단계 : 유해요인 및 원인 평가서

작업명 : 용접사

<유해요인 설명>




작업별로 관찰된 유해요인 원인분석

유해요인	유해요인에 대한 원인	총점수
작업내용1 : 무릎은 꿇고 채보기 용접	· 용접점이 머리 위에 존재하고 토치와 작업점의 간격유지를 위해 작업 시 양팔은 모두 위로 들고 작업해야하며 승강상황을 주시하기 위해 목은 뒤로 굽힌 자세를 지속적으로 유지해야 함	25
· 부자연스러운 자세 (목, 허리, 다리, 등)	· 작업공간이 협소하여 소그린 자세로 고정좌석 사용	
· 반복성 (손목)	· 용접시 손목을 반복적으로 움직임 (weaving)	
	· 용접토치 무게 : 1.5kg (20이이 포함인 용접부재)	

3 단계 : 유해요인 및 원인 평가서

작업명 : 용접사

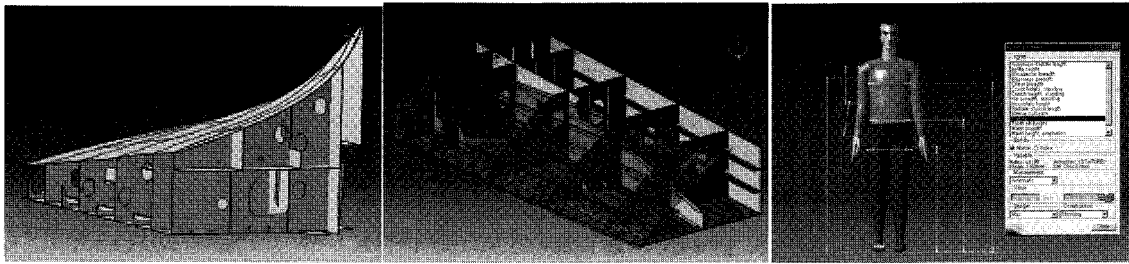
<유해요인 설명>



작업별로 관찰된 유해요인 원인분석

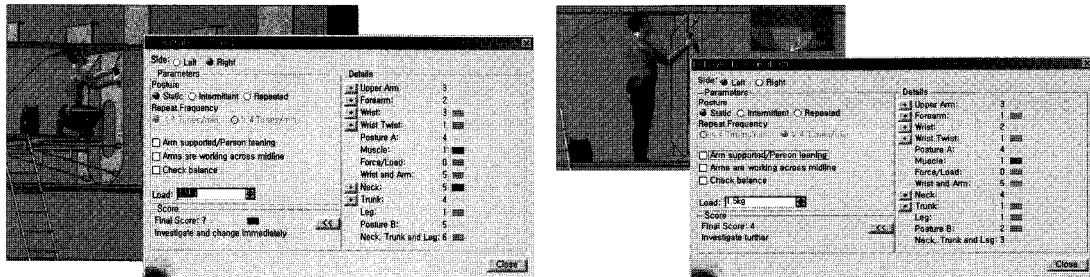
유해요인	유해요인에 대한 원인	총점수
작업내용2 : 허리를 굽혀 프로그래밍된 아레보기 용접	· 용접점이 블록 바닥 토치리에 위치하고 있으며 용접시 다리 위로 목장이 지나가고 있기 때문에 목과 허리를 굽려 용접을 함	20
· 부자연스러운 자세 (목, 허리, 다리)	· 프로그래밍된 자세로 용접을 하기 때문에 다리는 최대한 굽힌 상태를 유지함	
· 반복성 (손목)	· 용접시 손목을 반복적으로 움직임 (weaving)	

그림 2 유해요인조사표



(a) 3차원 가상 선박블록 (b) 인간공학적 인체모델

그림 3 3차원 가상 작업환경 및 인간공학적 인체모델



(a) 작업방법 개선 전 (b) 작업방법 개선 후

그림 4 근골격계 질환 감소를 위한 작업방법 개선의 예

인 작업강도 7로써 즉시 작업자세가 개선되지 않으면 근골격계 질환의 위험이 아주 높은 것으로 평가되었다. 그림 4의 (b)는 (a)의 작업환경에서 발판을 60cm 아래로 설치하여 구부린 작업자세를 서서 작업하는 자세로 변경함으로써 작업강도 4의 평가를 받아 근골격계질환의 위험이 한층 감소된 무난한 자세로 개선된 것을 보여주고 있다.

5. 결 언

용접기술은 중화학공업이 주된 산업기반인 국내의 산업구조에서 가장 널리 사용되는 금속가공기술이다. 용접기술에 관련된 안전과 위생 문제는 상술한 바와 같이 감전, 화재, 폭발 등 일시적 부주의에 따른 위험에서부터 근골격계 질환과 같은 유해환경에 오랜 기간 노출된 상태에서의 작업에 의해 누적되어 나타나는 위험에 이르기까지 다양한 분야에 걸쳐져 있고 이로 인한 인명의 상해와 사회적 비용도 매우 크다. 따라서 용접의 안전과 위생분야는 근로자의 삶의 질의 향상과 노사관계 안정에는 물론 국내산업의 경쟁력을 높이기 위해서도 연구와 투자를 아끼지 말아야 하는 중요한 부분이다. 정부에서도 이 문제의 심각성을 인지하여 용접분야에 대해 안전과 위생관련 법규를 제정하고 이의 이행에 대한 관리감독을 실시하고 있고 산업계에서도 법규의 충실한

이행은 물론 보다 전향적으로 근로자의 복지향상 차원에서 안전과 위생분야에 투자를 하고 있다. 또한 학계 및 연구계에서도 안전과 위생에 관해 보다 체계적이고 지속적인 연구를 수행하고 있다. 특히 사회적 손실이 크면서도 난제에 속하고 있는 근골격계 질환 감소에 대한 연구에서는 최근 인간공학과 디지털 메뉴팩처링 기술의 결합으로 많은 진전을 보이고 있어 관련 산업에 종사하는 근로자들의 근골격계 질환 예방 및 감소와 이를 통한 산업경쟁력 향상에 크게 도움이 될 것으로 기대되고 있다.

참 고 문 헌

1. N. Jenkins, et al. : "Welding Fume : Sources · Characteristics · Control", The Welding Institute, Cambridge, U.K., 1, (1981), 137
2. 日本溶接學會: 溶接·接合便覽, 丸善, (1991)
3. 공업진흥청: 피복 아크 용접법의 전체 품량 측정방법, 한국산업규격, KS D 0062, (1995)
4. F.Y. Speight, et al. : Fumes and Gases in the Welding Environment, AWS, (1979)
5. 공업진흥청 : 용접작업 환경의 분진농도 측정방법, 한국산업규격, KS D 0061, (1995)
6. 노동부 : 노동부고시 제91-21호, (1991)
7. J. Biand : "The Welding Environment", Research Report on Fumes and Gases Generated During Welding Operations, AWS, (1973)

8. 김규상 : 용접 작업자의 건강관리, 제 30회 산업안전보건대회, 용접 작업관리 대책 세미나, 한국산업안전공단, (1977), 67
9. 노동부 : 분진작업의 종류, 산업보건기준에 관한 규칙, 제33조 제2호
10. 대한산업안전협회 : 안전교육 sheet, 근골격계 질환 예방, KISA-보건-011.
11. 노동부 : 근골격계부담작업으로 인한 건강장해의 예방, 산업보건기준에 관한 규칙, 제9장(제142조-제152조)
12. 한국산업안전공단 : 사업장 근골격계질환 예방·관리 프로그램, KOSHA-CODE H-31-2003
13. 김홍태: 조선업 근골격계질환에 대한 공학적 접근 방안, 대한조선학회지, 40-3 (2003), 36-46
14. 차태인 외 5인 : Digital Human 모델링을 이용한 조선산업에서의 작업자세 개선 방안, 대한조선학회 춘계학술대회 논문집 (2004) 422- 429
15. 장성록 외 3인 : 인체 모델링과 시뮬레이션 기법의 조선산업 적용에 관한 연구, 한국안전학회지, 21-4(2006), 62-66
16. 박주용 외 3인 : 시뮬레이션 기법에 기초한 근골격계 질환 감소를 위한 용접자세 분석, 대한용접·접합학회지, 25-4 (2007), 79-85



- 박주용(朴珠用)
- 1956년생
- 한국해양대학교 조선해양시스템공학부
- 선박생산공학, 용접자동화, 생산 IT
- e-mail: jypark@hhu.ac.kr