

特輯 : 컴퓨터를 이용한 용접 소프트웨어 기술

자동차 산업에서의 점용접 관리의 전산화 시스템

오 영 근 · 신 유 식

Computer Aided Spot Welding System in Automobile Industry

Y. K. Oh and Y. S. Shin



오영근/기아자동차(주)/
1957년생/자동차 용접부
품질향상에 관한 연구



신유식/금원사/1957년생/
저항용접기 제어장치, 인
버터식 용접제어기 Mash
seam 용접제어기, 타이머
통신 네트 워크를 이용한
용접품질관리

1. 서 론

점용접은 강판 사이의 접촉저항에 의한 저항 열을 이용하는 용접법으로 작업속도가 빨라서 대량 생산에 적합하고, 용가재가 필요 없어서 재료가 절약되고, 용접부 표면이 평평하고 깨끗하며, 작업자의 숙련이 필요 없으며, 변형이 적은 장점을 지니고 있다. 이와 같은 점용접은 승용차 1대의 차체 조립시 총 용접수 3400~3800 타점중 98%정도를 차지할 정도로 널리 사용되고 있다. 점용접부의 품질은 차체의 외관뿐만 아니라 내구성과 안정성에 영향을 미치므로 강판의 재질과 형상에 따른 최적의 용접조건하에서 용접을 행하여야 한다. 최적의 용접조건은 용접부의 두께 및 형상이 다양하고 적용되는 용접장비의 종류나 상태가 다르고 용접에 영향을 미치는 작업환경도 차이가 있어 제각기 달라지게 되므로 많은 양의 실험과 시행착오를 필요로 하게된다. 또한 용접 조건은 강판의 종류, 용접 장비 관련 사항, 용접 조건, 품질 등의 많은 항목으로 구성되어 있어서 대단히 방대한 분량이

된다. 이러한 방대한 분량의 용접 데이터를 유효 적절하게 활용하는 것은 점용접 공정의 품질 향상과 생산성 제고에 직결되는 중요한 문제이다. 점용접 데이터 관리의 전산 시스템은 용접 작업에 관련된 여러 가지 데이터를 컴퓨터에 저장하고 필요시 제공하는 시스템으로 데이터베이스 시스템을 개발하는데 핵심이 있다. 데이터베이스시스템은 컴퓨터를 이용한 정보처리 시스템으로 다량의 데이터를 운용하고 관리하는데 유용한 수단이며 교육, 문화 등의 일상생활에서부터 산업전반에 걸쳐 널리 활용되고 있다. 용접분야에서도 용접관련 문헌 데이터베이스인 weldsearch를 비롯해서 WPS 및 PQR 관리용 데이터베이스 시스템, 용접인력 관리용 데이터베이스 시스템¹⁾, 용접시공 데이터베이스 시스템²⁾ 등 다양한 용접용 데이터베이스 시스템이 개발되어 활용되고 있고 새로운 용접관련 데이터베이스 시스템이 계속 개발되고 있다. 용접용 데이터베이스 시스템은 용접과정에서 필요로 하는 기술적 정보를 신속하게 제공하므로써 용접과정에서 생기는 여러 가지 문제를 해결하고 적절한 품질의 용접을 수행하는데 큰 역할을 할 수 있다. 이러한 데이터베이스 시스템 구축에 의한 기

대표과는 첫째, 문서에 의한 데이터 입력 시간과 검색 시간의 단축 둘째, 용접 데이터 및 작업의 표준화 셋째, 기존 용접 데이터의 재사용성 넷째, 작업자의 기량 의존도 절감 다섯째, 새로운 용접조건 설정을 위한 실험횟수 감소 및 마지막으로 용접 데이터의 공유로 데이터의 활용을 극대화 할 수 있다.

한편 생산라인의 다운타임(down time)의 단축 혹은 2차 케이블의 저항치를 온라인 관리하는 등의 보전 면의 데이터 관리를 효율적으로 하기 위해서는 타이머의 통신네트워크 시스템이 필수적이라 할 수 있다. 그 이유로는 용접전류, 통전시간, 가압력의 데이터를 해석함에 있어서 주의가 요하는 바, 한 점의 검출 데이터만을 가지고 독립적으로 양부를 가르는 것은 실용적인 문제가 있다. 이것 보다는 과거의 이력, 즉 지금까지 모니터링된 값이 어떤 식으로 변화되어 왔는가를 혹은 전원 환경 등과 상관되어 어떤 식으로 변화되어 왔는가를 과거의 경험적인 요소를 가미하여 종합적으로 판단할 필요가 있다. 따라서 이 경우 통신 네트워크 시스템을 사용하여 모니터링 데이터를 컴퓨터로 전송하여 대용량 하드디스크에 저장후 고속 고기능의 처리 소프트웨어를 사용하여 처리할 필요성이 대두된다. 예를 들어 2차 케이블의 열화 검출의 경우에 있어서, 용접 타점 한점 한점의 각 케이블의 저항치를 보고서 2차 케이블이 열화되어감을 알기란 어렵다. 이 경우 통신 네트워크 시스템을 활용하여 각 타점의 용접 직후의 케이블 저항 값을 호스트 컴퓨터로 전송하여, 과거 많은 타점에 진행되어온 케이블 저항치의 변화를 함께 관측함으로써 케이블의 열화를 검출함이 바람직하다.

2. 데이터베이스 시스템

데이터베이스 시스템의 개발은 특수한 경우에 범용 프로그래밍 언어인 C, FORTRAN, COBOL 등이 사용되기도 하나 본 연구에는 MS-Windows용 DBMS (Data Base Management System)인 Visual FoxPro 5.0이 사용되었다. 본 시스템의 프로그래밍 방식은 사용자 인터페이스 환경이나 데이터 검색을 위한 여러 가지 보조 기능들 모두가 객체 지향적 프로그래밍 (object oriented programing)을

채택하였다.

2.1 데이터베이스 시스템 설계

데이터베이스는 컴퓨터에서 운용 가능한 형태로 구조화되어 있고 상호 관련지어져 통합된 형태로 컴퓨터 기억장치에 수록되어 있는 데이터의 집합이다. 데이터베이스는 개념적으로 표의 형태로 간주할 수 있으며 하나의 구체화된 대상 (차종, 조립명, 공정명, 공정번호 등)은 여러 종류의 속성 (용접전류, 가압력, 용접시간 등)에 해당하는 데이터가 모여서 이루어진다. 이때 하나의 구체화된 대상이 레코드이며 데이터의 속성이 필드에 해당된다³⁾. 필드는 데이터의 종류에 따라 유형이 정해지는데 본 시스템의 개발도구인 Visual FoxPro의 경우 character, numeric, float, logical, date, memo, general, picture 등의 다양한 필드 유형을 제공하고 있어서 숫자나 문자는 물론, 긴 문장이나 그림, 윈도우 환경에서 지원되는 모든 유형의 객체들도 수록할 수 있도록 되어있다.

필드에 해당하는 데이터의 항목은 대단히 많기 때문에 하나의 데이터베이스 파일에 이를 모두 수록하는 경우 데이터베이스 파일의 크기가 너무 커져서 데이터베이스 관리가 어려울 뿐만 아니라 검색 등의 작업이 비효율적이 되며 많은 필드들이 동일한 데이터가 수록되는 경우가 많아 메모리의 활용 측면에서도 대단히 비효율적이 된다. 따라서 대부분의 데이터베이스 시스템은 다수의 데이터베이스 파일에 데이터를 수록하고 데이터베이스 파일간에는 일정한 관계를 맺어주어 마치 하나의 데이터베이스 파일처럼 유기적으로 연결되는 형태를 취하고 있다. 데이터베이스의 유기적 연결은 통상 두 개의 데이터베이스에 공통 필드를 둠으로서 가능하게 된다⁴⁾. 그림 1은 두 개의 데이터베이스 파

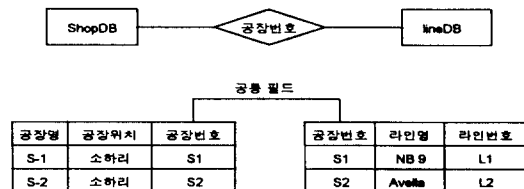


그림 1. 두 개의 데이터베이스 파일의 유기적 연결

일이 공통 필드를 통해서 유기적으로 연결된 상태를 보여주고 있다. 본 시스템에서도 수십 개의 데이터베이스 파일에 점용접 관련 데이터가 수록되도록 되어 있고 이들은 서로 유기적으로 연결되어 있다.

그림 2는 수십 개의 데이터베이스 파일중 주요 부분인 14개의 데이터베이스 파일의 연결 관계를 보여주고 있다. 본 시스템의 데이터베이스의 구성은 그림 2에서 소개된 본 시스템의 주요 데이터베이스 파일 이외에도 다양한 기능을 구현하기 위해 도입된 많은 수의 보조 데이터베이스 파일과 인덱스 파일, 메모 파일, 다수의 그림 파일로 구성되어 있다.

데이터의 대부분은 그림 2에 소개된 주요 데이터베이스 파일에 저장되며 각 레코드에 포함되어 있는 비고 및 의견과 같이 긴 문장으로 이루어진 내용들은 메모 파일에 저장되고 용접부의 위치 표기를 위한 차체의 조립 도면과 같은 그래픽 데이터는 별도의 그림 파일에 저장된다. 또한 기능이 직관적으로 이해되고 사용의 편의성이 높은 사용자 환경을 구축하기 위해 도입된 그림 및 아이콘들도 별도의 그림 파일로 저장되어 있다. 데이터베이스 파일은 입력한 순서에 의해 데이터가 배열이 되므로 특정한 내용을 검색하는 경우 데이터베이스 파일은 처음부터 끝까지 조사되어야 한다. 그러나 찾고자 하는 데이터가 그 데이터가 속해있는 필드에 대해 어떤 일정한 규칙에 의거해서 배열이 되어 있다면

direct access (또는 random access)가 가능하므로 검색하는 속도는 훨씬 빨라진다. 이 경우 검색하는 기준이 되는 필드를 키필드라고하며 상황에 따라 통상 여러 개의 키필드가 존재한다. 인덱스 파일은 데이터베이스의 실제 구조는 변경하지 않고 키필드에 속해있는 내용들만 특정순서로 재배열한 결과를 원래의 데이터베이스의 레코드 번호와 연결시킨 내용을 수록하고 있는 파일이다. 자동차의 점용접과 같이 레코드 수가 수천 개에서 수만 개에 이를 경우 인덱스 파일을 이용하면 원하는 데이터를 훨씬 빠르게 찾을 수 있다. 본 시스템의 데이터베이스 파일은 거의 대부분 인덱스 파일을 가지고 있어서 검색 효율을 높이도록 되어있다.

2.2 데이터베이스 시스템 분류

데이터베이스 시스템은 점용접에 관련된 모든 데이터는 물론 자동차 조립 공정 관련 데이터, 부품 명칭 등이 포함되어야 한다. 본 시스템에서 관리하는 데이터는 크게 분류하여 용접조건 설정표 관련 데이터 그룹, 표준 용접 조건 목록 관련 데이터 그룹, 기준 용접 조건 관련 데이터 그룹, 기타 부자재 관련 데이터 그룹으로 구분될 수 있다. 용접 조건 설정표 관련 데이터 그룹을 다시 세분하면 공장에서부터 최종 번호에 이르는 명칭으로 구성된 기본 데이터, 용접 설비 관련 데이터, 용접 조건, 스테퍼, 용접 위치별 해당 데이터, 개정 이력, 공정도면 등으로 구분된다. 표준 용접 조건 목록은 용접 조건을 일괄적으로 검토하기 위해 도입한 부분으로 데이터의 기본 관리 단위가 용접 조건 설정표보다는 한 단계 위인 공정이 된다. 주된 데이터는 기본 데이터, 측정 데이터 및 개정 데이터로 구분된다. 기준 용접 조건표 관련 데이터 그룹은 공정에는 무관하게 모재의 재질과 두께, 관 겹침 상태가 주어질 때 사용될 수 있는 용접 조건의 기준값으로 모재 조합, 용접 조건, 강도 시험 결과로 구분된다. 기타 부자재 관리 관련 데이터 그룹에는 점용접에 사용되는 일종의 소모품의 입출 및 비축량을 관리하기 위한 부분으로 건, 전극팁, 모재로 구분된다. 이와 같이 데이터를 특성에 따라 몇 개의 그룹으로 분류하면 관리하기도 용이할 뿐 아니라 데이터를 더욱 효율적으로 활용할 수 있다. 그림 3은 본 시스템에서 다루고 있는 데이터의 분류를 나타내고 있다.

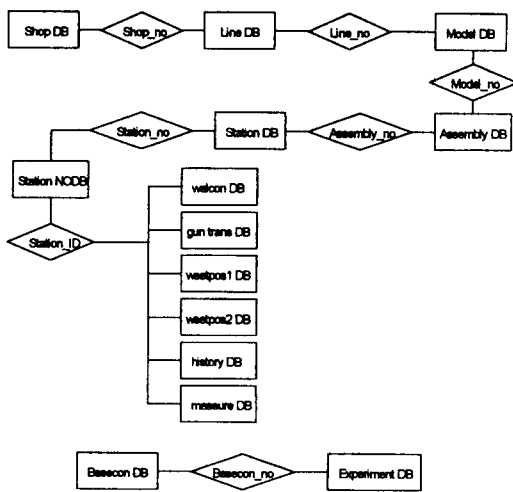


그림 2. 데이터베이스 파일과 그들의 연결관계

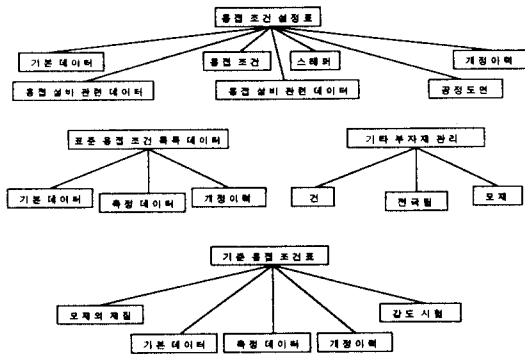


그림 3. 주요 점용접 데이터의 분류

2.3 응용 프로그램

응용 프로그램은 데이터베이스에 관한 지식이 전혀 없어도 사용자가 데이터베이스를 운용할 수 있도록 데이터베이스 관리 시스템에서 제공하는 프로그래밍 언어로 적용분야와 용도에 따라 필요한 데이터베이스에 관련된 기능을 구현한 프로그램이다. 본 시스템은 크게 용접 조건 설정표, 표준 용접 조건, 기준 용접 조건의 관리가 있다. 작업 내용에는 신규 입력, 수정, 삭제, 검색, 인쇄의 기능이 부여되고 있고 용접 조건 설정표와 표준 용접 조건은 서로 연계되어 있어 표준 용접 조건 목록에서 측정된 공정번호를 취했을 때 바로 해당 용접 조건 설정표를 불러 볼 수 있도록 되어있다.

2.3.1 용접조건 설정표 관리

그림 4는 용접 조건 설정표로서 많은 종류의 항목으로 이루어져 있으므로 한 화면에 나타내는 것이 불가능하므로 동질성이 많은 데이터를 묶어 4쪽의 화면에 걸쳐서 나타내고 공정도면은 별도의 버튼을 마련하여 그 버튼을 눌렀을 경우에만 별도의 창에서 제시하게 하였다. 화면에 데이터가 나타날 때는 항상 2가지 모드, 즉 제시모드 또는 편집모드중 한가지 상태로 나타난다. 제시모드는 데이터가 보이고 쪽 전환, 화면 전환 등은 가능하지만 데이터의 수정이나 삭제는 불가능한 상태를 의미한다. 따라서 저장 또는 취소 버튼은 선택할 수 없는 불가능 상태로 된다. 반면 편집 모드는 데이터를 신규로 입력하거나 수정할 수 있는 상태를 의미한다. 편집 모드가 있는 경우는 저장이나 취소

버튼만 선택이 가능하다. 즉 일단 신규 입력이되거나 수정된 내용이 저장되거나 취소된 다음에 비로소 다음 작업으로 전환이 가능하게 된다. 용접 조건 설정표 관리 작업 화면이 처음 제시될 때의 상태는 제시모드의 상태로서 상단에 주어진 여러 콤보박스에서 원하는 항목을 선택하게 되면 거기에 대응되는 용접조건 설정표가 제시되게 된다. 신규입력은 새로운 용접조건 설정표를 작성할 때 사용되는 기능이다. 신규입력 버튼이 선택되면 모든 항목은 빈 공간이 되어 사용자가 입력할 수 있는 상태로 된다. 이때 입력의 편의와 효율을 기하기 위해 때로는 메뉴가 제시되기도 하고 한 항목이 입력되었을 때 관련되는 다른 항목이 자동으로 입력되기도 하는 기능이 구현되어 있다. 수정기능은 현재 제시된 내용의 일부를 수정하고자 할 때 사용되며 모든 항목이 제시모드에서 보여진 그대로 편집모드로 바뀌는 것만 차이가 있을 뿐 나머지의 여러 기능은 신규 입력 기능과 동일하다. 삭제 버튼은 현재 제시되고 있는 용접조건 설정표의 내용의 많은 부분에 오류가 있거나 더 이상 쓸모가 없는 내용인 경우에 데이터베이스 파일에서 그 용접조건 설정표를 완전히 삭제할 때 사용된다. 찾기 버튼은 특정한 조건을 입력하여 그 조건을 만족하는 용접 조건 설정표의 집합을 구하는 검색기능이다.

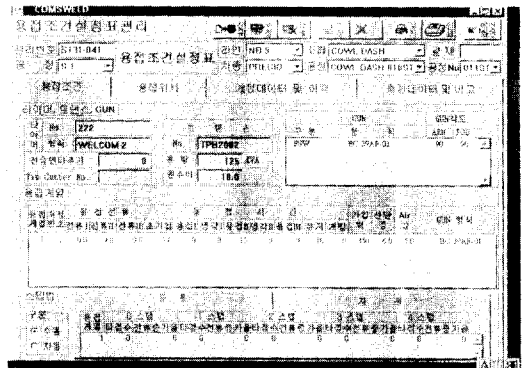


그림 4. 용접조건 설정표 관리 작업화면

2.3.2 표준용접조건 관리

표준 용접 조건 관리는 용접 조건 설정표 관리와 많은 부분의 데이터들이 연계되어있다. 용접 조건 설정표에서는 용접 조건과 관련된 데이터의 편집

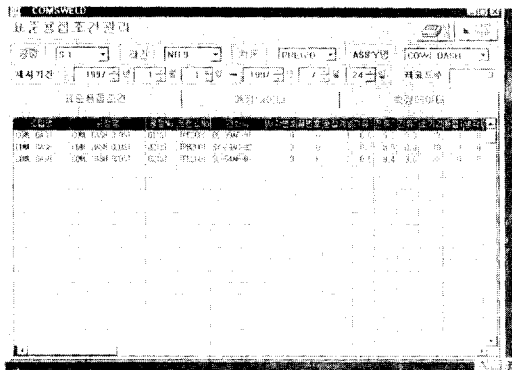


그림 5. 표준용접조건 관리 작업 화면

등의 작업과 한 화면에 하나의 공정No에 대한 데이터들로 구성되어있는 반면, 표준 용접 조건 관리는 기존에 입력된 데이터들에 대한 검색, 인쇄 등의 작업과 한 화면에 보고자 하는 여러 공정No에 대한 용접 조건 데이터들로 구성되어있다. 표준 용접 조건 관리의 특징은 그림 5에서 보는바와 같이 보고자 하는 기간에 대하여 공정별로 데이터

가 제시되며, 선택된 부분에 대한 데이터와 이와 관련된 용접 조건 설정표 부분의 내용들이 인쇄되어 일정 기간에 대한 용접 조건 관리의 상태를 한 눈에 파악할 수 있다.

2.3.3 기준용접조건 관리

기준용접조건은 모재의 판 겹침 상태와 재질 및 두께, 기준판의 위치, 동판 사용여부 및 위치가 주어질 때 사용할 수 있는 용접조건을 포함하였다. 이 기준조건은 일단 공정과는 무관하므로 작업 과정에서 변경될 여지가 많으나 실험에 의해 용접부의 강도 및 품질이 어느 정도 입증된 데이터이므로 여러 차종의 다양한 공정에서 초기조건으로 사용될 수 있다.

3. 통신 네트워크 시스템

그림 6은 저항용접용 통신네트워크 시스템의 일례를 나타내고 있다. 본 시스템은 호스트 컴퓨터인 퍼스널컴퓨터 IBM PC와 타이머인 Decomstar-

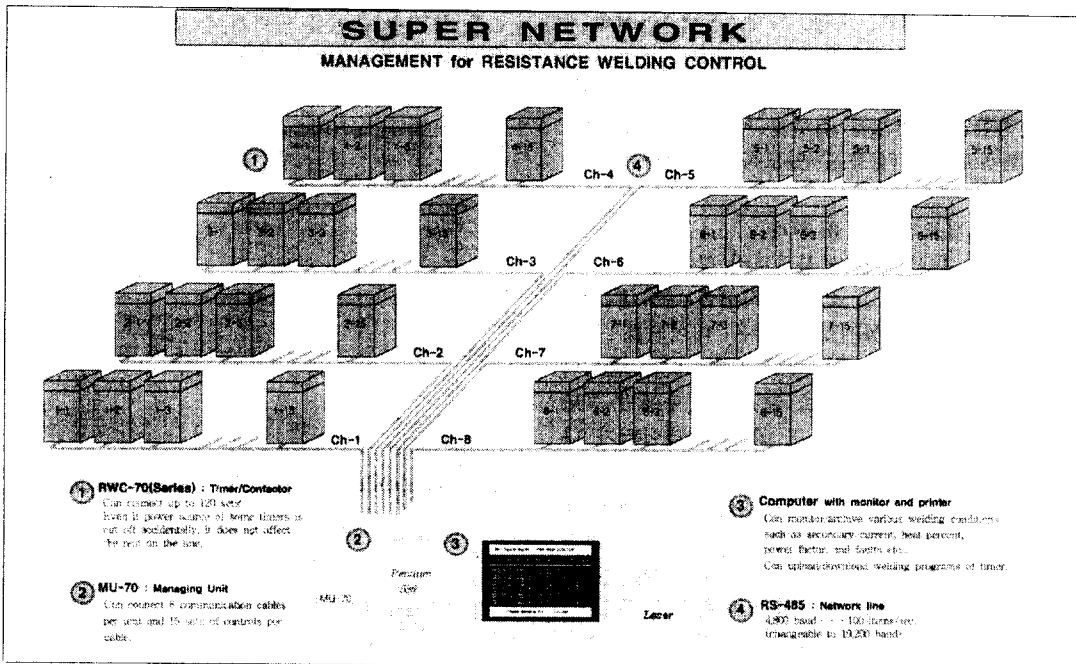


그림 6. 타이머를 이용한 통신 네트워크 시스템

70시리즈간의 데이터 통신을 관리하는 통신관리 유닛, MU-70(managing unit)으로 구성되어있다. 호스트 컴퓨터와 RS-232C 시리얼 라인으로 연결된 MU-70에는 4본의 네트워크라인이 연결 가능하다. 한편 각 라인에 15대 총 60대의 타이머가 한 MU-70에 연결 가능하다. 인터페이스 규격은 RS-485, 구조적으로는 루프형의 네트워크로서 각 타이머간에 토큰(token)이라는 발신권을 순차적으로 이양 받는 방식이다. 본 시스템의 특징은 각 타이머가 용접중의 상태일 경우에도 데이터 전송이 가능한 것이 특징이다. 이는 타이머뿐만 아니라 MU-70에 메모리 버퍼를 씌우므로 해서 타이머가 용접중 데이터 전송속도를 떨어뜨릴 수밖에 없는 상태인 경우에도 호스트 컴퓨터와의 원활한 통신을 보장하고 있다. 한편 버퍼 메모리 기능이 있음으로 해서 변경된 설정 데이터는 용접동작의 도중의 타이머의 데이터를 변화시키는 것이 아니라, 다음 용접 타점부터 적용되어진다. 더욱이 통신 네트워크 시스템이 고장이 난 경우에도, 각 타이머는 독립적으로 운용이 가능하며, 타이머 1대의 고장 혹은 전원차단이 된 경우에도 네트워크에 접속된 다른 타이머에게 영향을 주지 않도록 설계되었다.

최근의 타이머는 기능이 다양한 관계로, 한 용접 시퀀스에 30 항목이상을 설정하여야 하는 경우가 많다. 따라서 설정치를 대량으로 입력하는 경우 혹은 설정해야 될 타이머의 대수가 많은 경우는 수작업의 양이 엄청날 뿐만 아니라, 입력에 따른 오류의 발생가능성도 많아진다. 또한 라인의 상황에 따라서, 용접조건을 현장에서 미세 조정 설정한 경우 이를 정기적으로 집계 관리한다는 데에도 수작업에 의존한다면 그 양이 엄청날 뿐만 아니라, 오류 발생의 가능성도 많아진다.

한편 용접조건외의 설정치 관리의 보안에 관해서는 타이머의 통신 네트워크시스템을 채용하는 것이 비교적 확실한 방편 중에 하나이다. 즉 그림 6에서 보드시피 현장의 수십대의 타이머를 통신 네트워크로 결합하여 이에 연결된 호스트 컴퓨터로 하여금 용접조건외의 관리를 하게 함으로서 관리실내에 위치한 호스트 컴퓨터로부터 현장의 각 타이머에 용접조건외의 내려보내기(download)와 각 타이머로부터 호스트 컴퓨터로 용접조건외의 올려받기(upload)를 함에 따라서 용접조건외관리의 보안에 기여하게 된다. 더욱이

1. 타이머에 부착된 좁은 창의 LCD 화면 대신에, 호스트 컴퓨터의 넓은 모니터 스크린을 통한 설정내용의 일견성 및 조작성의 향상,

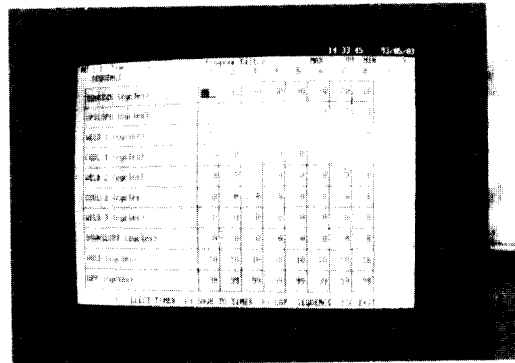


사진 1. 용접조건 편집화면

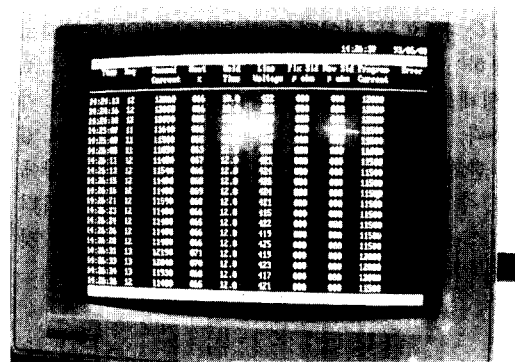


사진 2. 용접결과 모니터링(텍스트 형태)



사진 3. 용접결과 모니터링(그래프 형태)

2. 라인 가동 중에도 조작가능성,
3. 용접조건을 컴퓨터의 디스크 파일 형태로 보관이 가능하다는 점

4. 호스트 컴퓨터에 보관된 용접조건과 현장 타이머에 보관되어 있는 설정 데이터의 일치 비교 조사가 가능하다는 점등의 이점도 얻을 수가 있게 된다. 사진-1은 용접조건 편집화면의 일례를 나타내고 있다.

한편 최근의 타이머에는 예외 없이 용접전류의 제어기능 뿐만 아니라 모니터 기능을 내장하고 있는바 타이머 자체의 모니터 기능으로서는 (1) 용접전류 (2) 통전시간 (3) 전원전압 (4) 히트율 (5) 점호각 (6) 통류각 (7) 부하역율 (8) 2차케이블 저항 등이 있는바 이들 검출치를 통신 네트워크를 사용하여 검출한 모니터링 데이터중 필요한 데이터를 그리고 특정 타이머의 데이터만, 그리고 특정 시간대를 정하여 호스트 컴퓨터에 저장하는 것이 가능하다. 이들 데이터를 디스크에 파일의 형태로 저장하는 것뿐만 아니라, 컴퓨터 화면상에 텍스트의 형태로 혹은 그래프의 형태로 표시하는 것이 가능하다. 사진-2 및 사진-3에 그 일례를 보이고 있다. 한편 디스크에 저장된 데이터는 컴퓨터 상에서도 수행되어지는 표계산 프로그램 혹은 데이터베이스 프로그램 등을 사용하여 통계 처리하는 것도 가능해진다.

4. 결 언

자동차 산업의 점용접 데이터베이스 시스템은 방대한 점용접 데이터를 효율적으로 관리하고 필요한 데이터를 적재 적소에 찾아 활용할 수 있어 생산성의 증진에 일익을 담당할 것이며 특히 각 공장 및 조립 작업마다 상이한 형태로 관리되던 점용접 데이터가 통일된 용어와 양식으로 관리되므로써 용접 품질의 향상에 기여되리라 생각된다. 통신 네트워크 시스템은 용접 다점별 용접전류, 통전시간, 2차 케이블 저항 등의 데이터를 모니터링하는 이력관리 뿐만 아니라 타이머와 연결이 되어 중앙통제가 가능하게된다.

참 고 문 헌

1. S. Budgifvars : "Computer Aided Welding (CAW) - The State-of-the-Art", IIW Doc. XII-1226-91
2. 日本溶接協會: 溶接データシステムに関する講習會テキスト, 昭和 57年
3. KAIST, "데이터베이스 관리 시스템", KAIST 동계강좌 교재, 1984
4. 박주용, 정재필, 이보영: "용접 데이터 시스템 (I)", 대한용접학회지, Vol. 5, No. 3, pp. 1-10, 1987