

熔接技術 現 況

용접의 품질관리 현황

李 翔 演

韓國電力技術(株) 原子力事業團

1. 서 언

최근까지 통계적 품질관리라고 할 수도 있을 품질 관리가 근래에는 품질보증과 품질경영에 이르게 되었다. 미국에서는 1920년대에 통계적 품질관리가 적용되기 시작하였고, 이것은 1940년대 초반에는 제2차 대전에서 군수품의 생산에 적용되어 급속한 발전을 이룩하였으며, 1950년대에는 미국에서 일본으로 도입되었다. 또한, 우리나라에는 공업화가 추진되기 시작한 1960년대에 도입되었다고 할 수 있다. 당시의 통계적 품질관리는 검사에 중점을 둔 공장중심의 품질관리이었다. 검사에 의한 품질관리는 제품의 체크이며, 불량품을 찾아내는 것이다. 이것에 비해서 품질보증은 불량품이 생기는 것을 사전에 예방하는 목적을 가진다고 할 수 있다.

품질관리와 품질보증에 대한 정의는 여러가지 있으나 가장 알기쉬운 품질보증의 정의라고 한다면, "소비자가 안심하고, 만족하여 살수가 있고, 그것을 사용해서 안심감, 만족감을 가지며, 더구나 오래 사용할 수가 있는 품질을 보증하는 것이다"라고 설명된다. 이는 곧 제품에 대한 신뢰도와 연관되는 것으로 경험이 부족하거나, 장치의 복잡성, 조직의 복잡성, 및 인간의 착오 등에 의해서 신뢰가 저하될 것이다. 예컨대 제품의 품질에 편차가 심하면 소비자에 대한 신용은 떨어진다.

통상 안정적으로 양질의 제품을 출하시키는데는 기술부문만이 아니고 영업에서부터 Service까지의 관계자 전원의 품질의식과 협력체제가 필요하다. 이와 같이 품질보증 문제는 단지 기술적 문제만이 아니고

인간의 도덕심도 고려한 광범위한 조직체계로 만들어지는 것이 필요하다. 이러한 필요성과 보조를 같이하여 1987년 유럽 공동체(EC)에서는 ISO-9000 시리즈를 채택하였으며, 전사적 품질경영(Total Quality Management)의 개념으로 조직의 모든 부문이 참여하는 품질보증 체계를 갖추고 제품을 생산하게끔 요구하고 있는 것이다. 이는 바야흐로 온 세계를 떠들썩하게 하는 것으로 이에대한 선진국과 우리나라의 현황을 곁들여 기술한다.

한편, 용접분야에서는 품질보증에 대한 Data가 아직 대단히 미진한 상태라고 할 수 있다. 특히 용접은 현상이 복잡하여 정량적으로 파악할 수 없는 문제가 많다. 뿐만 아니라 인간의 도덕심과 개인의 기량에 깊은 관련이 있다.

본고에서는 용접의 품질관리에 대한 선진국과 우리나라의 현황을 설명하고자 한다.

2. 본 언

2.1 품질보증

가. 미국의 현황

미국에서는 우주 로켓트의 개발분야에서 무결점운동(Zero Defect)을 시작으로 하여, 군수 산업인 핵잠수함 건조에서 품질보증을 필요로 하였으며, 일반 산업인 원자력발전소 건설에서 비로소 품질보증이 확대 보급되어 오늘에 이르고 있다. 그러나 품질향상(Quality Improvement)을 위하여 계속적인 노력을 하고 있는 것이 미국의 동향이다. 이는 반드시 제품에 한정되는 것이 아니고 Service의 품질향상도 포함된다.

특히, 미국의 품질보증 활동은 종전의 제품위주의 검사방식에서 탈피하여 설계, 영업, 구매, 설치등 전사적인 조직이 참여하는 자체통제경영방식으로 다른 국가나 타분야의 산업에도 막대한 영향을 끼치고 있다. 전사적인 조직의 참여로 성취하는 품질은 품질경영(Total Quality Management)의 개념으로 전개된다. 각종 학위를 통하여 품질경영의 적용사례와 그에 대한 경험사례를 발표하는 등 품질경영에 대한 열기가 고조되고 있는 상황이다.

한편, 유럽 공동체의 등장과 함께 공동된 제품의 품질을 거론하게 됨에 따라, ISO-9000시리즈가 채택되어 근래에는 관련 수출업체에서는 인증자격을 취득하는 것이 필수적인 요건으로 등장하고 있는 것이다. 이는 BS-5750, Part 1(1979)과 유사한 것으로, 근본적으로는 미국에서 오래전부터 적용하고 있는 ASME Code의 품질보증체계에 대한 공장 인정제도를 모방한 것임에 틀림없다. ASME Code는 아직 특정 분야에 국한되고 있는 점과 추진시 수반되는 업무가 방대하고 복잡한 반면, ISO-9000시리즈는 특정산업부분만이 아닌 일반산업계에 단순하고 용이하게 적용하고자 노력한 면이 부각되고 있다. 그러나 제3자적 입장에서의 독립성에는 다소 문제가 있으며, 여러가지의 보완사항들이 필요할 것이다. 하여간 유럽공동체라는 거대한 수출시장을 겨냥할 수 밖에 없고 수출업자를 중심으로 미국으로는 이를 따르지 않을 수 없다. 그러므로 그 필요성에 부응하여 미국 품질관리학회(ASQC)에서는 Q90시리즈를 발간하여 적용하고 있다. 그 내용은 ISO-9000시리즈와 동일한 것으로 미국내에서 확대 보급하고자 하는데 첫째 의미를 갖는다.

바야흐로 세계는 점점 좁아지고 있으며, 해외 계약에 참여해야 하고, 또한 그것이 바로 시장이기 때문에 산업계에서는 해외로부터 장비를 구매하고 있다. 세계의 산업은 격차가 점점 좁아지고 있는 것이다. 범세계적으로 일하는 능력은 수송 및 통신 시스템 개선으로 수년전 보다 훨씬 용이해 졌다. 이러한 세계의 환경으로부터 특수한 업무를 성취하는 개인 능력을 인정하는 개념이 제기되고 있다. 미국 용접학회(AWS)는 용접사 인정을 필요로 하는 산업계에 규격을 제시해 왔다. AWS는 비파괴검사사의 인정도 제시해 왔다. 공인 용접검사자(Certified Welding Inspector)에 대한 규격은 50여년전에 발간된 것이다.

ISO-9000이 통일을 위한 노력의 하나라면, AWS의 인정활동은 그 필요성에 앞서 온 셈이다.

한편 용접의 품질은 연간 폐기 및 재작업 되는 양을 파악해서 알 수 있다. 불량으로 인한 비용면에서는 연간 매출량의 6% 이상이면 품질체계에 심각한 문제가 있다고 할 수 있다. 미국산업계가 용접품질을 어떻게 관리하는가를 알기 위해 산업계를 대표하는 항공, 우주, 조선, 자동차 등 6개 회사를 대상으로 Welding Journal이 조사한 결과, 통계적 공정관리에 대한 교육, 엔지니어와 용접사간의 원활한 대화, 로봇 및 컴퓨터 실용화에 대한 진정한 관심, 다수의 R&D 등은 6개 회사에 공통적으로 나타나고 있는 추세였으며, 대부분 용접의 많은 품질변수 요인을 관리하기 위한 신기술에 있는 추세였으며, 대부분 용접의 많은 품질변수 요인을 관리하기 위한 신기술에 역점을 두고 있음이 파악되었다.

또한, ASME B & PV Committee에서는 WRC(Welding Research Council) 주관하에 보일러 및 압력용기에 대한 용접시 표준 용접 절차 규격서인 Standard Welding Procedure Specification(SWPS)를 연구 개발케 하여서 AWS의 강구조물 용접에 적용되는 Prequalified WPS와 흡사하게 ASME B & PV Code 관련 기기의 용접에 관한 시험과 예상된 용접 조건을 충분히 감안한 용접 절차 규격서를 적용하게 하고 있다. 이는 용접의 품질은 물론 제품의 원가절감에 이바지하는 것으로 현재 일부 개발되었거나 개발중에 있다.

용접사 자격 인정의 경우 중앙정부와 노조가 연대하여 표준용접사 자격 인정 제도인 Master Testing Program of Welder를 제정하여, AWS의 공인 용접검사자(CWI) 자격 인정 제도와 같은 맥락에서 용접사에게도 신뢰성 있는 통일된 자격 인정 제도를 도입하고자 하는 것이다. 새로운 자격 제도에 따른 유사자격 용접사는 다른 추가적인 시험없이 관련 산업체의 생산 현장에 숙련된 용접사를 투입할 수 있게 하므로서 각 업체별 용접사 자격 인정에 투자되는 교육 훈련 비용을 줄이고 높은 용접 품질을 얻기 위하여 다각적으로 노력하고 있는 추세이다.

나. 일본의 현황

품질보증의 중요성이 널리 인식되어 있는 일본은 품질보증에 대하여 해외동향에 부응하여 여러방법으로 논의하여 왔으나, 뚜렷한 변화는 없었으며 원칙적인 고찰방법과 직접 관련된 논문도 발표되지 않았다. 급속한 통일시장의 형성을 바라는 유럽에서는 ISO-9000시리즈를 유럽규격 EN-29000시리즈로 하여 EC 각국이 그대로 받아들인 후 인증기관에 의해 제조자

등의 QA 시스템의 인증이 이미 실행되고 있다. 그러나 이 인증활동의 기반인 EN 규격의 작성기관인 유럽 표준화위원회/유럽전기기술 표준화위원회(CEN/CENELEC)의 표준화 활동은 ECN 구성국 이외에는 불투명한 점이 많다고 지적되고 있다. 용접품질보증 이행의 기본의 하나인 ISO 용접관련 국제규격의 작성에는 일본이 깊이 관련하고 있는 국제 용접학회(IIW)가 ISO 규격안의 기초에 큰 역할을 분담하고 있기 때문에, 이와함께 작성중인 EN 규격안과의 조정이 문제시되고 있다.

한편, 용접기술측면에서는 용접구조물의 열화, 손상 및 잔여수명 평가기술에 관한 관심이 계속 높아지고 있으며 「구조물의 잔여수명 평가기술」과 관련하여 비파괴 검사기술과 평가 시스템의 개발, 자동화, 실용화의 상황을 설명한 논문도 발표되었다. 앞으로 진단정밀도, 예측정밀도의 향상이 검토대상으로 고려되고 있다. 용접 후열처리(PWHT)는 특수공정(Special Process)으로 분류되어 ISO 규격안의 일반적 규정 동향에 따라 검토가 진행되고 있으며 PWHT의 품질 보증의 중요성이 지적되고 있다.

품질관리의 자동화에도 컴퓨터를 이용하여 용접시 공요령의 작성, 브레이징재 선정, 용접조건설정등의 인공지능 시스템이 발표되고 있다.

복합재료 접합부의 검사방법으로 초음파, X선을 이용한 결합검출, 잔류응력측정이 시험되고 있고, 접합면에서의 표면분석을 위한 측정법에 관해서도 소개되고 있다. 근년의 신소재, 복합재료의 급속한 출현, 생산시스템의 FA화, 사회요구의 다양화, 고도화, 더우기 탈기능화에 수반되고 용접 접합기술을 취급하는 환경은 현저한 변화를 보이고 있으며 특히 복합재료의 첨단 접합기술에 관련한 보고문이 많이 나오고 있으나, 이들의 용접부 품질관리에 관한 보고문은 아직 검토단계인 것이 많아서, 품질관리 기술의 확립이 급후의 중요한 과제라고 할 수 있다.

다. 한국의 현황

품질보증이란 용어는 1970년대부터 군수산업과 원자력산업등 안전이 증시되는 산업분야에서 본격적으로 사용되어 왔다. 1980년대에 들어 조선산업을 비롯하여 일반 공산품에도 확대 적용되기 시작하였다. 이와함께 품질보증에 관한 국제규격이 제정되었고 대부분의 선진국에서 이를 국가규격으로 채택하는 근자에 우리나라에서도 국가규격으로 채택하였다. 우리나라는 ISO TC 176에 참여하고 있지 않았으며 품

질보증규격 제정활동에 전혀 참여하지 못함으로써 ISO-9000 시리즈 규격에 대한 정보입수가 상당히 늦었다. 그리고 그 중요성에 대한 인식이 낮았으며 이의 보급이 늦어졌으나 금년에야 국제품질보증제도 즉, ISO-9000 시리즈가 KS로 채택된 것이다.

공진청은 ISO-9000 시리즈의 KS 규격채택과 함께 인증기관 지정등 제도도입에 필요한 준비를 끝내고 내년부터 본격적으로 동제도를 시행기로 하였다. 공진청은 또한 ISO-9000 시리즈가 민간 인증기관이 직접 인증심사 평가하는 민간주도로 운영하며 객관성, 공정성, 신뢰성을 엄정유지하기 위해 외국기관과 상호 인정 협정을 체결하거나 국제적으로 인정받을 수 있는 기관을 선정하는 것을 원칙으로 하고 있기 때문에 국내 인증기관을 지원하여 올해안으로 미국의 UL(Underwriters Laboratory), 영국의 BSI(British Standard Institution), 호주의 SA(Standards Australia) 등 과도 상호인정협정을 체결할 예정이다.

한편, 원자력산업에서는 미국의 품질보증제도를 도입하여 시행하고 있으며, 적용하여 온지가 20여년으로서 국내의 산업계에 끼친 영향이 크다.

제품의 원소재 구매부터 설계, 제작, 출하, 소비자의 제품사용까지의 전체, 과정이 품질관리와 보증에 직접적인 인자가 된다는 인식아래 유럽 공동체(EC) 중심으로 일어나는 ISO 품질인정체도와 국내산업에 알맞는 표준규격 제정의 필요성에 의해 비파괴검사자 자격인정과 용접사 자격인정 등 일부 분야의 경우 차츰 이론 중심에서 현장실무 중심으로 자격요건을 갖추는 등 용접 품질관리와 관련하여 매우 활발하게 움직이고 있다.

현재 대기업 중심으로 설립된 자체 연구소에서 각 방면에 걸친 연구를 수행, 실용화에 힘쓰고 있으며 1980년대 초에 창립된 용접학회를 중심으로 용접의 자동화와 선진기술의 과감한 도입으로 조선산업, 자동차산업, 반도체산업, 원자력산업 그리고 일반산업에까지 용접의 자동화와 정교하고 신뢰성 있는 비파괴검사 기술이 발전을 보일 것을 기대한다.

한편, 국내의 품질관리 수준은 A.V. Feigenbaum의 QC 발전단계의 "검사에 의한 품질관리" 또는 "통계적 품질관리" 수준에 머물고 있다고 볼 수 있다. 용접 품질관리의 한 예로서 원자력 발전소 건설 기자재 제작업체의 제작불량 현황을 분석하여 보면 표 1과 표 2에 나타난 바와 같이 각 18.4%와 7% 수준이다. 이는 용접기능 수준과 그것의 품질관리 현황을 보여 주는 것으로 기능은 선진국에 크게 뒤지는 것으로 볼

가. 발생건수

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	계
R/V	29	26	23	22	10	5	4	0	6	125
S/G	38	9	16	27	11	14	2	8	6	131

나. 발생 요인

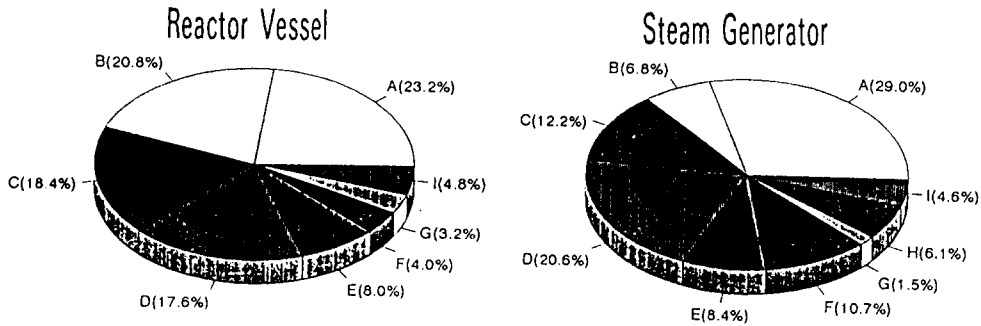


표 1. 불량 발생 경향분석(제작업체 자체분석)

주) 1. 분석 기간: '90. 1~'90. 3

2. 분석대상: 원자로(Reactor Vessel) 및 증기발생기(Steam Generator)

3. Legend:

- A: 가공후 칫수 불량
- B: 취급중 표면손상
- C: 용접 결함
- D: 비파괴검사에 의한 결함
- E: 재료 불량
- F: 가공후 표면손상
- G: 품질보증 체제 위반
- H: 설계 오류
- I: 기타

가. 발생 건수

	A	B	C	D	E	F	G	H	계
NSSS	23	1	-	5	-	-	2	4	35
T/G	25	8	2	1	3	3	4	6	52

나. 발생 요인

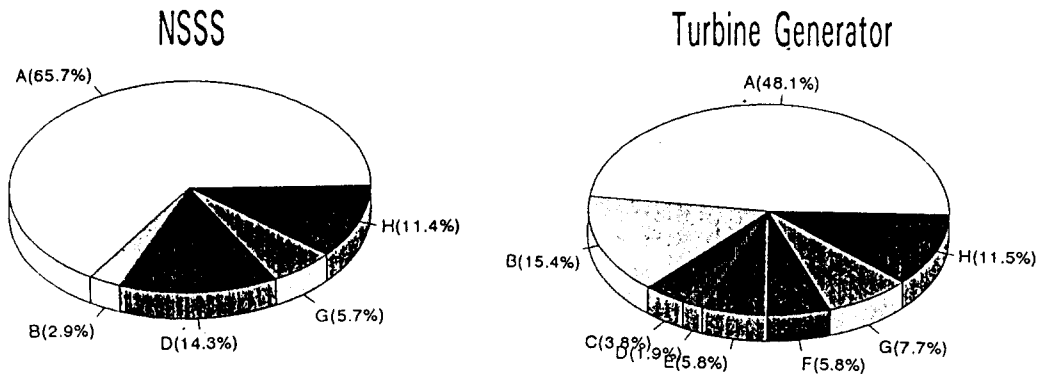


표 2. 불량 발생 경향분석(A/E 측면 분석)

- 주) 1. 분석 기간 : '88. 1~'92. 6
- 2. 분석대상 : 원자력 증기 공급계통(NSSS) 및 터빈 제너레이터(T/G)

3. Legend :
- | | |
|---------------------|----------------|
| A : 품질보증계획 위반 | E : 자재 및 재질 불량 |
| B : 품질관련 서류 불량 | F : 관리 불량 |
| C : 교육훈련/자격인정 요건 위반 | G : 용접 불량 |
| D : 기자재 성능/기능 불량 | H : 기타 |

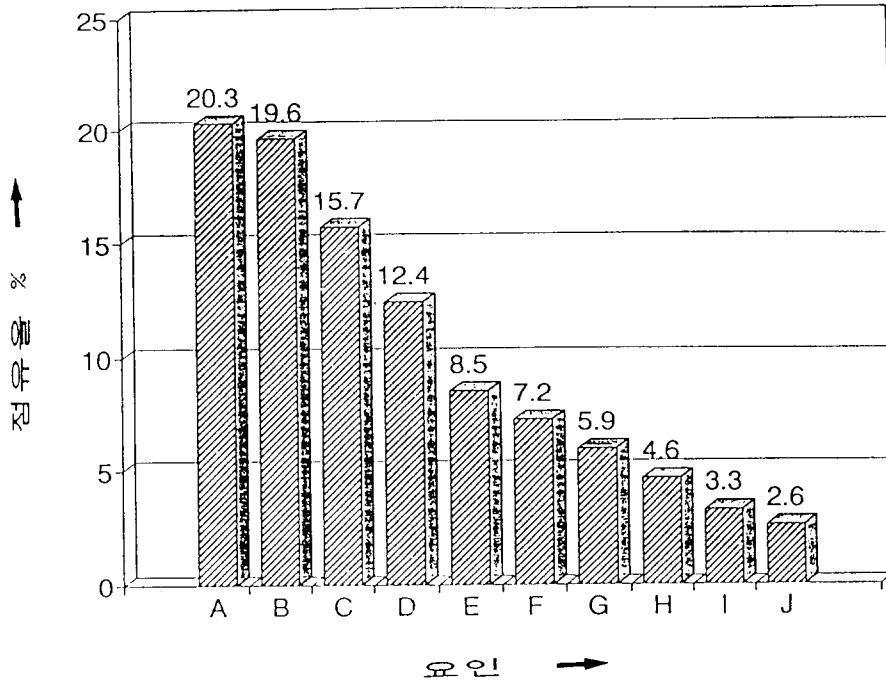


표 3. 용접절차서 검토 지적 사항

- 주) 1. 분석 기간 : '89. 1~'92. 6
- 2. 표본 건수 : 2,000여건 중 153건

3. Legend :
- | | |
|-----------|-----------|
| A : 용가재 | F : 용접이음부 |
| B : 모재 | G : 예열 |
| C : 시험 | H : 기법 |
| D : 전기적특성 | I : 후열처리 |
| E : 차폐 가스 | J : 자세 |

수 있다. 또한 표 3은 용접시공 설계능력을 보여 준다고 할 수 있는데, 검토한 용접절차서가 거의 예외 없이 지적되어 있으므로, 용접 절차서를 이해하고서 작성한 수준정도는 낮은 것으로 판단되어 용접의 관리 감독자가 대단히 미진한 것으로 보여진다. 더구나 국가를 선도하는 용접 기능사 인정기관에서 시행하고

있는 용접 기능사 자격 시험 기준은 시험출제 기관이나 준비하는 쪽에서 현실에만 맞추어 시험을 용이하게 치를 수만 있게한 것으로 국제 규격과의 호환성은 없을 뿐만 아니라 불필요하게 까다롭기만 하여서 인적인 자원의 낭비 요인만이 되고 있다는 지적이다.

2.2 검사방법

가. 미국의 현황

1) 방사선 투과시험

방사선 투과시험에 관련된 주요 추세로서는 결합 식별 및 판정에 대한 기술향상을 꼽을 수 있다. 즉 결합의 식별 및 판정을 디지털 데이터로서 처리하는 것으로 이와같은 기술개발은 향후 25년간은 지속되리라 본다. 전반적인 추세는 컴퓨터 진보에 부응하기 위해 영상 처리와 같은 초음파 탐상시험을 닮아갈 것이다. 데이터 처리가동의 진보는 방사능 투과, 화상처리, 분석 및 저장에 대한 새로운 장을 열고 있으며 이는 상질향상, 이미지재생, 자동분석 및 디지털 데이터 저장 등이 예가 된다. 필름 그 자체로 단일의 박판에서 양질의 정보를 저장할 수 있는 고유의 능력이 있기 때문에 기본적인 필름 방사선 투과시험은 당분간 방사능 투과방법을 계속 지배할 것이다.

오늘날 방사선 투과시험 기술의 기본적인 제한은 방사선원이다. 최적의 방사선 감쇄능에서 더 큰 강도가 투과를 증가하는데 필요하다. 무한한 선원에 대한 요구 즉 최소 크기를 가진 고방사선 출력이 장래의 개발목표이다. 방사선원기술이 진보할수록 생산성 향상 및 감도 향상이 가능하다는 인식이다.

2) 초음파 탐상시험

현재로는 초음파 탐상시험을 대체할 수 있는 것이 없다. 따라서 현재의 초음파 탐상시험이 더욱 개발될 것이다. Piezoelectric 및 Pulsed Operation이 강력하게 남아있을 것이며 Electromagnetic Acoustic Transducer (EMAT)가 어느정도 발전할 것이다. 레이저 발생 및 초음파의 간섭(Interferometric) 검출이 어느경우에 실용화 될 것이다.

앞으로 초음파 탐상시험은 더욱더 정량적이고 새로운 시스템 개념으로 발전할 것이다.

3) 기 타

육안검사는 미국기계학회의 보일러 코드로 규격화 되어왔으며, 1988년 판 ASNT SNT-TC-1A에 새로이 취급되었다. ASNI Level III 프로그램에 반영하는 작업이 진행중이며 ANST / ASNT CP-189 비파괴시험

요원의 자격인정시험의 다음 출간판에 포함될 전망이다. 다음 10년은 육안검사에 대해 중요한 전기가 될 것이며 비파괴검사 방법으로 본격적으로 급속하게 발전할 것이다.

특히 발전소 소유주와 다수의 A/E사 및 학회로 구성된 NCIG(Nuclear Construction Issues Group)에서는 새로운 육안 검사 기준을 제정하였다. 종전의 규정에서는 수정이나 재작업을 요구하였던 것을 실제 문제가 안된다고 판단되어 완화할 수 있게끔 한 것등 그 연구결과가 주목된다. 더구나 용접작업에서의 품질에 대하여도 충분한 고려를 하였다. 뿐만아니라 엔지니어링 측면에서도 보수적으로 고려하였다. 지금까지 검사자가 평소에 느꼈던 불합리한 점을 논리적으로 재검토하여 새로운 육안검사기준을 만들었다는데 큰 의미가 있다. 적용범위는 주요건물의 기기 지지물, 배관, 전선관, 매설구조물, 공조설비 등으로 향후에는 중화학공업의 용접산업 전반에 걸쳐 확산 보급될 것으로 예상된다.

나. 일본의 현황

1) 방사선 투과시험

현재의 JIS Z 3104 '강용접부 방사선 투과시험과 등급분류법'은 제정 이래 23년을 경과하고 있다. 이에 대해 기계정된 일본 용접학회 규격 WES 2011 및 WES 2012가 뒤따르고 있고 강관의 길이, 두께 및 각 용접 이음에 대한 방사선 투과시험 방법이 WES 2013 및 WES 2014로 제정되었다. 또한 이들의 규격을 기본으로 하여 JIS의 개정안이 제안되었다. 한편 저에너지 X선의 선질을 보여주는 특성식이 제한되었고, 투과 사진의 콘트라스트(contrast)와의 관계가 보고되었다. 극후강관 용접부의 고에너지 X선에 의한 투과사진의 상질 평가 방법, 방사선 투과시험에 의한 표면하의 결함검출 평가에 대해 필요한 시험조건이 밝혀졌다. 결함을 식별하고 평가하기 위하여 화상처리기술의 적용이 시험되어, 화상처리와 인공지능 기술의 조합에 의한 합부판정 시스템도 개발되었다.

또한, 한면만으로부터 결함검출과 밀도측정을 하는 방법으로, 후방산란을 이용하는 방법의 기초적인 검토결과가 보고되었으며, 얇은 두께의 소구경관 용접부의 방사선 투과시험에 Yb(Ytterbium) 선원이 유효한 것으로 보고되었다. 더구나 225KVP로 방사선 출력이 큰 X선 장치의 특성이 보고되었으며, 감광재료로 여러

종류의 초미립자 X선 필름에 관한 특성을 비교한 결과도 보고되었다. 컴퓨터 단층촬영 기술의 공업이용 및 중성자 투과시험이 신재료를 중심으로 하여 진행되고 있으며 금후 용접부검사에서의 응용이 기대되고 있다.

2) 초음파 탐상시험

결합의 정량적 평가의 정도향상을 위하여 필요한 요소기술의 검토가 계속 실시되고 있으며, 사각 탐촉자의 입사점과 굴절각 측정방법 지침의 제안 및 분해능측정의 현상과 문제점이 제기되었다. 사각 탐상법을 용접부에 적용할 경우 표면하의 결합 및 코너 반사형 결합검출과 평가에 대한 검토결과가 보고되었다. 또한 제어압연 강판등의 음속 이방성이 있는 용접부의 탐상시험에 필요한 기초적 검토 결과가 보고되었고, 자동 초음파탐상 장치는 사각 탐상시험의 효율화시험결과와의 대비결과로 보고되었다.

한편 시험조건과 결합 검출 능력 및 정도에 관련된 검토를 위해 모의시험체의 제작과 이것을 사용한 검토결과가 알루미늄 용접부를 대상으로 보고되었다. 면 접합부의 결합은 C 스코프상이 얻어지는 장치에의 적용이 유효하며, 이에 대한 시험방법과 평가방법의 보고가 있었다. 또한 반도체 게이지의 용착 박리평가, 결합과 금속재료의 평가를 위하여 FFT 해석 등의 신호처리 및 화상처리 기술의 적용이 검토되었으며, 미소 결합신호의 추출 및 분해능 향상에 관해서도 검토되었다. 이러한 방법이 지금까지 곤란했던 잡음 에코(echo)가 많은 용접부등의 시험방법에 응용이 기대되고 있다.

3) 기 타

육안시험방법에 관련된 일본 비파괴검사 협회 규격 NDIS 3413, NDIS 3414 및 NDIS 3415가 제정되었다. 침투탐상 시험방법의 JIS Z 2343의 개정원안, 누설자속탐상 시험장치의 성능 측정방법의 원안 및 헬륨 누설시험방법의 종류와 선택을 위한 JIS 원안이 보고되었다. 자기탐상 시험에 의한 표면하의 결합검출에 대한 기초적 검토결과가 보고되었다. 또한 필렛 용접부의 자분탐상 시험 및 저온에서의 침투탐상 시험에 대한 시험조건 설정상의 유의점에 관한 보고가 있었다. Seamless Wire의 Flux 충전율시험 및 세라믹의 용사 피막 부착성 시험에서의 와류시험의 적용 그리고 알루미늄 및 동세선의 초음파 와이어 본딩(Wire Bon-

ding)의 평가를 위해 AE(Acoustic Emission)법 적용이 보고되었다. 그리고 세라믹과 금속 용접부의 미소부의 응력측정에 X선법을 사용한 결과가 보고되었다.

새로운 시험법으로 적외선, 레이저, 표면 SH파 및 자성유체등을 이용하는 검토가 진행되고 있으며 용접, 접합분야에서의 전개가 기대된다. 시험결과와 신뢰성 향상에는 복수의 비파괴 시험방법의 적용이 유리하며 시험대상물, 복수의 시험방법을 할 수 있는 장치와 로봇 및 시험방법의 관점에서 여러가지로 보고되었다.

다. 한국의 현황

1) 비파괴 검사

우리나라의 비파괴검사기술은 미국, 일본과 비교하면 현격한 차이를 보이고 있다. 그 이유는 기본적으로 국내시장이 좁다는 것이며, 따라서 새로운 기술을 개발하는 기관이 극히 제한적이다. 선진국의 개발된 기술을 소화하여 현장에 적용하는 것조차 극히 미진하다고 할 수 있다. 그러나 용접부 비파괴검사 기술이 비교적 다양하고 깊이 있게 적용되고 있는 산업 분야는 원자력 발전소 건설일 것이다. 국내 원자력 발전소에 적용되는 비파괴 시험 관련 규격은 대부분 미국의 것을 사용하고 있으며 발전소의 기자재와 구조물에 적용되어 왔다.

ASME B & PV 코드를 중심으로 AWS D1.1 등 여러가지 규격이 적용되고 있다.

원자력 발전소의 가동전, 중 검사는 주로 용접부를 대상으로 하여 초음파 탐상 시험이 적용되고 있다. 국내 비파괴검사기술은 원자력 발전소 고리 1호기의 가동전 검사수행 당시인 1977년에는 원전검사경험이 전무하였고 전적으로 외국기술진에 의존하여 검사를 수행하였었다. 1979년부터 기술국산화가 추진되어 1980년대 중반에는 거의 독자적으로 수행하게끔 되었다.

국내의 경우 체적검사법으로서 초음파 탐상을 적용해 온 역사가 오래되지 않기 때문에 기술의 축적 및 저변 확대 등이 미흡하고 초음파 탐상 기술의 정확성 및 신뢰도에 있어 개선의 여지가 많다고 할 수 있다. 특히 실제 초음파 탐상 결과와 파괴시험결과를 비교하여 어떤 초음파 탐상 기술이 실제 어느정도 정확한지 판단할 수 있는 데이터와 경험의 축적이 절실하다. 신뢰성 있는 초음파 탐상시험의 적용을

위해서는 초음파 탐상시험 결합평가와 결합제거시 측정할 실제 결합크기를 특정비교함으로써 정확한 결합검출, 평가를 위한 기술개발 및 허용기준의 선정에 대한 초음파 탐상시험 신뢰도를 확보해야 될 것이다. 국내 원전의 가동년수 증가에 따른 사용중 발생결함(피로균열 등)이 예상되므로 이들 결함의 검출 및 평가, 검사장비의 자동화, 각종 Computer Software에 의한 신호처리/분석, 결합성장감시 등에 보다 많은 투자와 기술개발이 필요하다. 특히 비파괴검사 관련 장비의 개발은 극히 미진한 상황으로서 국내의 제반 여건으로 보아 정부의 정책적 차원에서 지원되어야 할 것으로 본다.

3. 결 언

격차를 좁혀가고 있는 세계의 산업에 있어서 오늘날의 용접부문 품질관리는 이상에서 논한 바와 같이 ISO-9000의 확대보급과 함께 서서히 체계를 이루어 갈 것으로 보여진다. ISO-9000을 채택하고 있는 나라는 현재 52개국에 달하고 있으며, 이에 따른 등록 업체는 20,000여 업체에 이르고 있다. 그러나 ISO-9000 요건이 우리나라에 전혀 생소한 것이 아니다. 즉, 원자력 발전소의 기자재를 제작하는 업체를 중심으로 적용하여 온 ASME Code Stamp 취득 절차와 대동소이하다. 그러나 우리나라의 중소기업에 이르기까지 전사적인 품질경영(Total Quality Management)의 개념을 확대 보급하는 것은 기업환경이 여러가지로 부적절하다. 하여간 정부에서는 수출입국의 당위성 때문에 이를 확대 보급하려는 정책을 표방하였다.

품질보증을 세계적으로 선도하는 것은 미국이다. 관련되는 산업이 미국에서 비롯되기 때문이며, 산업의 환경변화에 맞추어 품질보증의 여러 요건도 변화하여

왔음을 알 수 있다. 한편, 일본은 품질관리를 산업계에 정착시키고 발전시키는데 있어서 세계적인 위치를 점하고 있다. 뿐만 아니라 그 독자성은 세계적으로 정평이 나있다. 또한 ISO-9000을 적용해야 하는 일본 국내 환경은 우리나라와 흡사한 반면 ISO 기술위원회에서의 활동은 우리나라와는 달리 적극적으로 하여 오고 있는 것이다. 즉, 국가의 지향 변화에 신속히 대응하고 있다고 할 수 있다.

용접에서의 품질관리는 그 광범위한 적용으로 인하여 데이터의 일관성 있는 분석처리가 어려운 바 있다. 즉, 정량적 해석과 그 결과의 응용에서는 아직 미진한 것이 세계적인 현황이라고 생각된다. 그 진보 발전의 일환으로 산업현장의 경험 데이터를 세계적으로 수집하고 해석하여 산업규격을 정립하기 위한 용접학회와 같은 공공기관의 선도 역할이 긴요한 시점이다. 그러나 부단한 개선을 노력을 하고 있는 미국에서는 용접절차서의 Prequalification화와 용접사의 호환 인정등의 방안을 제시하고 있는 점은 기존 규격의 복잡하고 낭비적인 요인을 크게 개선하는 결과이다.

용접부에 대한 검사의 방법으로서 비파괴검사법은 선진국과 우리나라와는 현격한 수준차이를 보이고 있다. 제일 큰 요인은 수요와 공급의 평형을 갖지 못하는 우리의 산업구조 때문이라고 생각한다. 즉, 제한된 분야에서 광범위한 기술이 개발되어 적용되는 것이 경제원리에 부합되지 않기 때문이다. 따라서 비파괴검사분야의 기술수준은 향후 선진국 수준을 부지런히 따라가는 양상을 벗어나기 어려울 것으로 보인다. 그러나 국내 현실에서 원자력 발전소의 가동중 검사는 꾸준히 적용되는 부문이며 기술개발의 가치가 높은 부문이기도 하다. 정부의 정책적 배려에서 비파괴 검사의 여러 전문 세부분야가 발전되기를 바란다.