

측정관리가 산업체에 기여하는 기술 및 경제적 효과에 대한 사례 연구

안병덕* · 안응환* · 박병선* · 조영옥*

Byung-Duk Ahn · Ung-Hwan Ahn · Byoung-Sun Park · Young-Ok Cho

요 약

측정표준이 산업체에 기여하는 정도를 정성적으로 평가하기 위해서는 산업 현장에서 측정표준 및 측정표준과 관련된 표준화의 적용 즉, 측정관리에 따른 기여 효과를 설명하는 기여도 사례를 살펴보는 것이 가장 효과적이다. 본 연구에서는 국내의 몇몇 대표 기업들의 측정관리 활동을 통한 기여 사례를 통하여 측정관리가 산업체에 기여하는 기술적 및 경제적 효과를 분석하였다.

I. 서 론

측정관리는 제품의 경쟁력을 결정짓는 품질관리 활동의 가장 기본이 되는 요체이다. 그러나 국가측정표준의 뒷받침 없이는 측정관리의 실질적 효과를 기대할 수 없다. 그러므로 국가측정표준과 측정관리는 불가분의 관계에 놓여 있다고 볼 때 국가측정표준의 산업 기여도 즉, 측정관리의 산업 기여도와 같은 수준에서 평가될 수 있을 것이다. 측정관리의 기능이 종래의 교정을 위주로 하는 관리에서 이제는 그 영역이 확대되고 있으며 측정관리가 생산현장의 문제 해결에 능동적으로 접근함으로써 획기적인 생산성 향상 및 원가절감, 제 2의 생산기술 유발 등 기여하는 바가 매우 크다. 본 연구에서는 산업체의 측정관리 활동을 통한 기여 사례를 통하여 측정관리가 산업체에 기여하는 기술적·경제적 효과를 분석하였다. 먼저 2절에서는 측정관련투자에 따른 효과를 분석하였고, 3절에서는 국내의 몇몇 대표 기업들의 측정관리 활동을 통한 기여 사례를 소개하고, 기술적·경제적 효과를 분석하였다.

II. 측정관련투자 효과 분석

1. 교정실시 효과

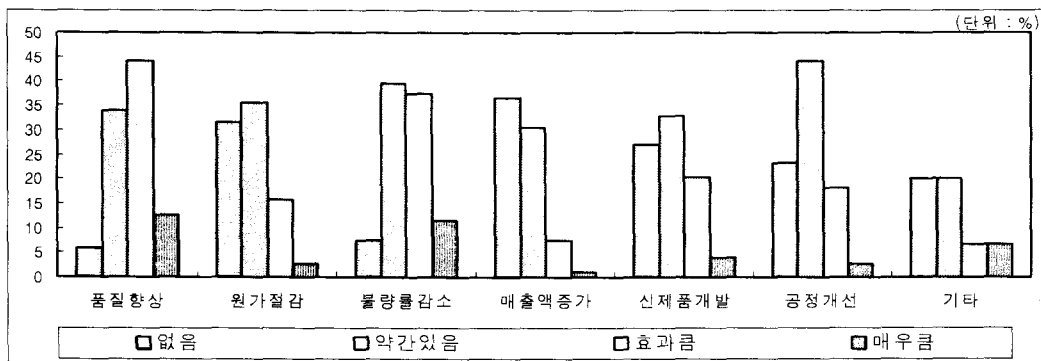
제조업을 비롯한 기관에서의 측정활동, 일상생활과 상거래 등에 있어서의 모든 측정행위는 측정기기를 이용해서 이루어지고, 이러한 측정기기는 사용빈도, 시간경과, 환경조건에 따라 오차가 발생하기 때문에 국가표준과 항상 일치시켜 주기 위한 조치가 필요하게 되며, 특히 고 정밀 표준기급의 경우에는 국가가 보유하고 있는 표준기와의 정기적인 교정(calibration)이 필수적이다.

본 연구에서는 2000년도에 조사된 교정실시에 따른 실제 산업체에서의 품질향상, 원가절감, 불량률 감소, 매출액증가, 신제품개발, 공정개선 등에 미치는 효과를 5단계 크기의 설문기법 즉, '모

* 한국표준과학연구원 측정품질그룹

르겠음', '없음', '약간 있음', '효과 큼', '매우 큼' 등으로 나누어 조사하였는데, 이를 종합한 결과는 <그림 1>과 같다. 여기에서 교정 실시효과가 '약간 있음', '효과 큼', '매우 큼'이라고 응답한 업체들은 경중의 차이가 약간씩은 있겠지만 교정이 위의 여러 가지 항목에 대해서 어느 정도의 효과를 인정한다고 간주할 수 있으며, '모르겠음', '없음' 등에 응답한 경우는 교정 실시효과에 대해서 대체로 회의적인 반응을 보이고 있는 것으로 볼 수 있다.

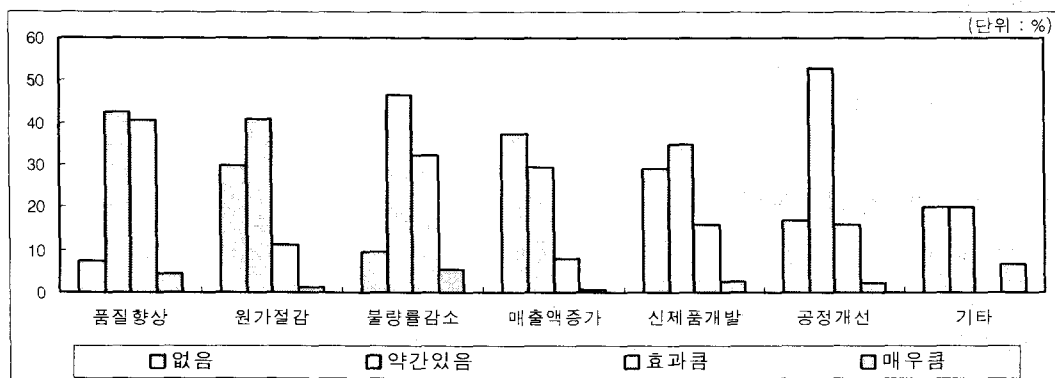
<그림 1>에서 보는 바와 같이 교정의 실시효과는 품질향상과 불량률감소에서 크게 나타나고 있으며, 신제품개발, 공정개선 등에 있어서는 다소 긍정적이나 매출액 증가, 원가절감 면에서는 효과가 적은 것으로 인식하고 있는 것으로 나타났다.



<그림 1> 교정 실시에 따른 산업에 파급되는 효과

2. 측정교육훈련 이수효과

측정교육훈련은 측정기술 인력으로 하여금 여러 가지 측정기술에 대한 재교육과 더불어 신기술 습득의 기회를 제공하는 등의 활동을 말하며, 이는 생산현장이나 측정기술 현장에서의 실제와 이론을 결합하여 응용할 수 있는 좋은 기회로 판단된다. 이러한 측정교육훈련 이수에 따른 업계에 파급되는 효과를 앞의 항목과 같이 파악해 본 결과를 <그림 2>에서 보여주고 있다.

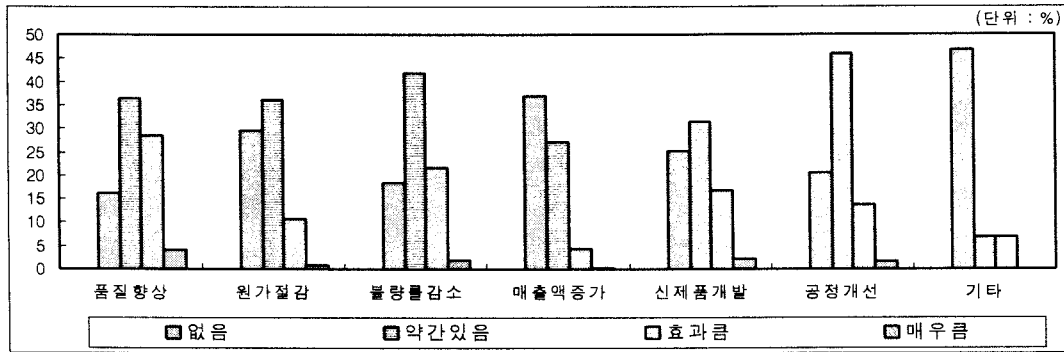


<그림 2> 측정교육훈련 이수에 따른 산업에 파급되는 효과

그림에서 보는 바와 같이 측정교육훈련 이수효과는 매출액 증가를 제외한 모든 항목에서 긍정적인 효과를 얻고 있는 것으로 나타났다.

3. 측정기술지도 및 자문에 따른 효과

개별기업에서 해결하기 어려운 정밀측정기술에 대한 애로요인을 연구기관이나 관련 기관에서 해결해 주기 위한 노력으로 측정기술지도 및 자문을 실시하고 있는데, 이러한 기술지도나 자문의 효과를 항목별로 나누어 살펴본 결과는 <그림 3>과 같다.



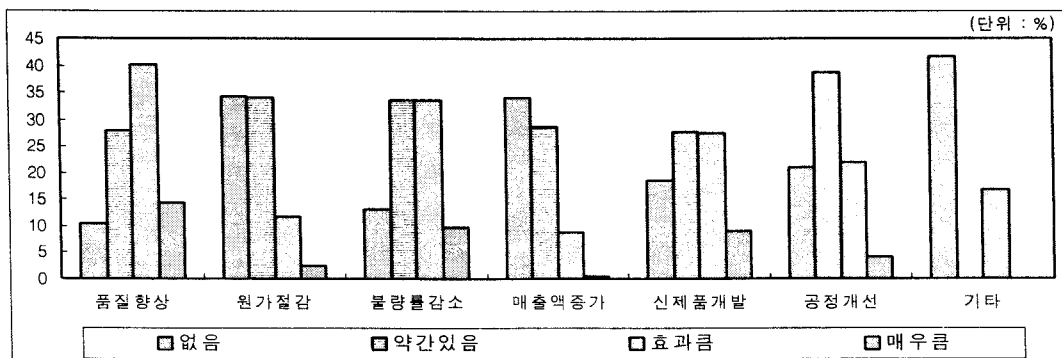
<그림 3> 측정기술지도 및 자문에 따른 산업에 파급되는 효과

측정기술지도 및 자문에 대한 효과도 품질향상, 원가절감, 불량률감소, 시제품개발, 공정개선 등에 어느 정도 긍정적으로 효과를 보이는 것으로 나타났으며, 매출액 증가에는 그다지 효과를 보인다고 볼 수 없다. 특히 품질향상과 불량률 감소효과가 가장 큰 것으로 나타났다.

4. 측정표준실 설치효과

측정표준실은 측정관리에 있어 가장 중요한 사항으로 평가되며 측정표준실 설치에 따른 업체에 파급되는 효과를 파악해 본 결과는 <그림 4>와 같다. 측정표준실 설치효과 또한 품질향상, 원가절감, 불량률감소, 신제품개발 및 공정개선 등에 효과가 있는 것으로 나타났는데, 품질향상과 불량률감소 효과가 가장 두드러진 효과로 볼 수 있다. 따라서 측정표준실의 필요성에 대해서 산업체에서 계속해서 긍정적인 인식을 하고 있는 것으로 볼 수 있다.

우리나라 산업체의 측정표준실 설치율은 41% 정도인데, 이러한 효과를 감안하면 측정표준실 설치에 대한 홍보를 강화해 나갈 필요가 있을 것으로 판단된다.



<그림 4> 측정표준실 설치에 따른 산업에 파급되는 효과

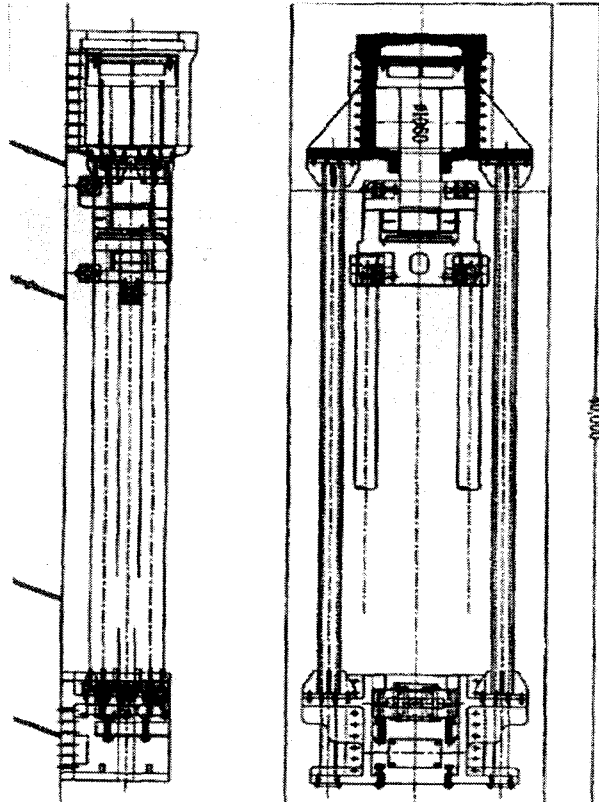
III. 측정관리의 산업체 기여도 사례

다음은 측정표준의 관리를 통해 대표적인 기업 및 기관들이 얻은 경제적 및 기술적인 효과를 분석한 것이다.

1. 앵커체인(anchor chain)의 하중측정 - D제쇄(製鎖)공업주식회사 -

1.1 측정표준기술 개발의 배경과 개요

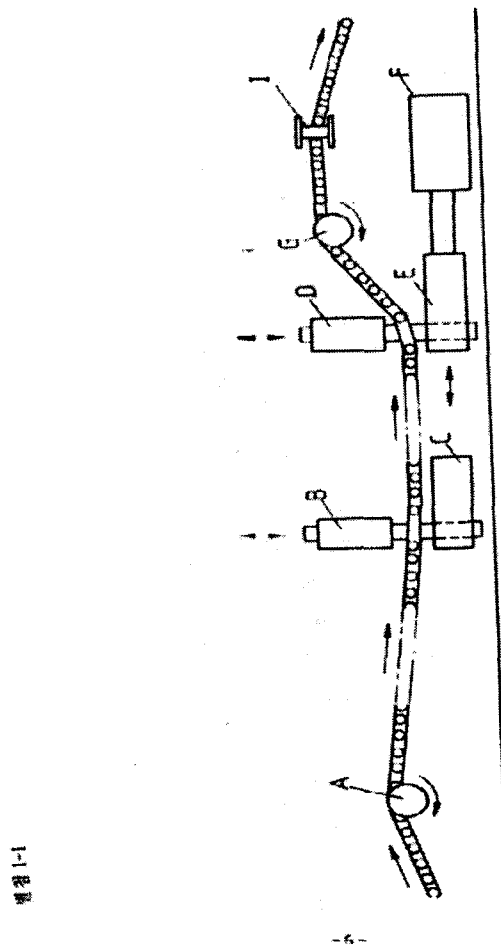
D제쇄공업주식회사(이후 D제쇄)는 선박 및 해상구조물에서 사용되는 앵커체인을 제작하는 회사로서 주로 대용량의 선박에 사용되는 앵커체인을 제작하여 납품하고 있다. 선박의 용량(배의 무게)에 따라 앵커체인의 굵기와 인장하중(뚫줄이 끊어지는 하중)이 각각 다르며 앵커체인은 출하 전에 인장하중을 측정해야한다. 그러나 앵커체인은 통상 길이가 수백 m에 달하므로 기존의 인장강도시험기로는 인장하중의 측정이 불가능하며 연속 인장강도측정 방법을 사용하여야 하며 신규 제작은 많은 면적이 소요되고 막대한 재원이 요구되므로 중소기업으로서는 많은 어려움이 있다. 따라서 기존에 보유하고 있는 1,500 tf용량의 인장시험기를 사용하여 해결할 수 있는 방법을 강구하기 위하여 한국표준과학연구원(이후 표준원)의 도움을 받았다. 다음의 <그림 5>는 연속인장시험기의 개략도이며, 작동원리는 <그림 6>에 나타내었다.



<그림 5> 1,200 tf 연속인장시험기의 개략도

먼저 앵커체인은 roller A를 돌아서 실린더 B와 D에 위치한다. 실린더 B와 D의 피스톤은 상하 왕복운동을 하여 앵커체인 B와 D에 위치한 후 피스톤이 하강하여 지그 C와 E의 hole에 들어가게

된다. 따라서 앵커체인은 B와 D 사이에서 고정되며 기존의 1,500 tf 인장시험기와 실린더 F에 의해 E는 우측으로 1,000 tf의 인장하중을 받게 된다. B와 C는 고정되어 있고 D와 E는 좌우로 움직일 수 있게 되어 있다. 따라서 B와 D에 고정된 앵커체인은 1,000 tf의 하중을 제거한 후 B와 D의 피스톤이 다시 상승한다. 그리하여 앵커체인은 자유로이 움직일 수 있게 되어 roller G와 회전드럼 I를 지나 밖으로 이송된다. 이와 같은 과정을 반복함으로써 앵커체인의 연속적인 시험이 가능하며 B와 D 사이의 거리는 2 m이다.



〈그림 6〉 1,200 tf 연속인장시험기의 작동원리

그러나 위와 같은 기술지원을 통해 앵커체인의 출하 전 검사는 가능하게 되었으나, 인장시험기 자체의 인장하중의 교정은 다른 방법을 사용하여 해결해야 한다. 교정은 선급협회에서 인장하중시험기의 하중불확도를 인정받기 위해 필수적이며, 또한 대용량의 앵커체인의 개발을 위해서도 필수적이다. 보통 수십만 톤에 이르는 원유수송선에서 사용하는 앵커체인의 경우 인장하중이 1,200 tf에 달하고 있다. 이러한 대용량의 하중교정은 표준원이 아니고는 국내에서 불가능하다. 따라서 표준원 질량·힘 그룹에서는 build-up 방식의 1,350 tf 용량의 하중 교정용 표준기를 개발하여 1,500 tf 용량의 인장시험기의 교정과 보정을 실시하였으며, 그 결과 하중불확도 1%이내의 교정결과를

었으며, 이는 국내·외의 기준을 만족시키는 수준이다. 이러한 교정과 요구수준을 만족하는 불확도를 토대로 D제쇄는 대용량의 선박에 사용되는 대하중의 앵커체인을 개발을 성공적으로 마치고 선급협회의 인정을 받아 대하중의 앵커의 생산과 국내외 공급이 가능하게 되었다.

만일 이와 같은 인장시험기의 하중교정과 연속인장시험이 없었다면 D제쇄는 선진 외국으로부터 교정을 받아야 하며, 이는 많은 경비와 시간을 낭비하는 결과를 초래하여 원가의 상승은 물론 매출증가와 대외 신뢰도의 향상에 막대한 지장을 가져오게 된다.

1.2 본 측정표준기술을 통한 기여효과

(1) 유형효과

대 하중측정이 가능해지고 선급협회의 인정을 받음에 따라 D제쇄는 단면의 직경이 100 mm~132 mm인 앵커체인을 개발하였으며, 이로 인해 연간 매출증가를 이룬 결과를 다음의 <표 1>에 나타내었다.

<표 1> 각 급 앵커체인의 연도별 매출액

(단위 : 억 원)

년도	1996	1997	1998	1999	2000
매출액	188	208	298	283	261

상기 자료에서 1998년도의 매출액이 큰 폭으로 증가한 것은 수출증대에 따른 환차익에 의한 것이다. 2000년도의 매출액이 감소한 것은 조선회사의 연도별 선박 건조의 변화에 따라 앵커체인의 출하량이 영향을 받은 결과이다.

(2) 무형효과

이와 같은 대하중의 정밀측정이 가능해짐으로써 D제쇄의 기술력을 대외적으로 인정받게 되었으며, 앵커체인의 신규수주와 함께 한국의 조선공업의 대외 신뢰도의 향상에 기여하고 있다.

(3) 향후 계획

이 회사는 앞으로 2,000 ~ 3,000 tf의 초대용량의 인장하중을 갖는 앵커체인의 개발을 계획 중에 있으며, 따라서 신규로 이와 같은 용량을 갖는 연속인장시험기를 제작할 예정이다. 그러나 이러한 초대용량의 시험기의 개발은 초대하중의 정밀측정 능력이 먼저 확보되지 않고는 전혀 불가능하며, 이러한 초대하중의 측정능력의 개발은 표준원에서만 가능하다. 따라서 앞으로 표준원과 협의를 통해 초대용량의 하중측정 능력을 확보할 예정이다.

2. 고압 대 유량의 측정 - H가스공사 -

2.1 측정표준기술 개발의 배경과 개요

천연가스를 수입하여 국내에 공급하고 있는 H가스공사의 경우 천연가스의 도입 및 대용량 수요처에의 공급을 위해 고압·대 유량의 천연 가스 유량측정 수요가 지속적으로 증가하는 양상을 보이고 있다. 이러한 천연가스 유량측정은 그 측정의 정확도가 거래 금액과 직결되는 만큼 매우 민감한 사안이며, 천연가스의 원활한 공급과 공정한 거래를 위하여 항상 최고 수준의 측정정확도를 유지해야만 한다.

H가스공사는 설립 초기에 유량 측정기술의 외국 의존도가 높은 실정이었으며, 이러한 상황을 벗어나 독자적이고 정확한 유량측정기술을 확보하기 위해 지속적인 연구개발과 공정개선작업을 수행하였으며, 이 결과 천연가스 유량측정 정확도를 선진국 수준으로 높일 수 있게 되었다. 이 과정에서 표준원이 1988년부터 공동연구 프로그램을 통하여 고압 대 유량 가스유량계의 교정기술 및 측정기술 확립에 중요한 역할을 담당하고 있다.

(1) 고압 대 유량측정 기술개발 (기간 : 1998. 3. ~ 1990. 12.)

표준원과 공동연구를 통하여 가스유량계를 교정할 수 있는 유량 표준설비를 표준원 내에 구축하고, 영국 NEL이보유하고 있는 교정 설비와 비교 시험을 완료하여 국제적으로 정밀도를 입증하였다. 구축된 설비는 표준원에 기증되어 현재 가스유량계 교정을 위한 국가표준 설비로 운용 중에 있다.

(2) 가스 계량설비 제 2차 검 교정 기술 개발 (기간 : 1993. 6. ~ 1994. 12.)

향후 대 용량의 가스 유량계 교정수요를 충족시키기 위하여, 제 2차 검 교정설비가 필요하다는 판단 하에 설비를 구축하기 위한 제반 사항과 국외 교정 검사설비 운용현황 등을 조사하고 실제로 설비를 구축하였으며, 이 설비를 운용함으로써 차후 실제 규모의 설비 구축을 위한 기술 축적을 할 수 있는 토대를 마련하였다. 이 과정에서 표준원은 주로 표준의 소급으로 인한 불확도의 증가를 억제하기 위하여 표준 설비 및 소급용 유량계의 성능개선을 위한 작업을 수행하였다.

(3) 가스 유량계의 자체 검 교정 설비 구축 및 운용연구 (기간 : 1997. 8. ~ 2000. 7.)

H가스공사의 상거래용 터빈 유량계를 교정하기 위한 유량계 교정 설비의 구축에 기본 설계부터 참여하여 현재 설비 구축을 완료한 상태이며, 향후로도 지속적인 연구 협조 관계를 통하여 시운전 및 본격적인 운용에 직·간접적으로 기여할 예정이다.

- ▷ 설치 위치 : 경기도 부천시
- ▷ 용량 : 10 bar, 6,500 m³
- ▷ 배관 직경 : 16 inch
- ▷ 시스템 불확도 : 0.4 % (목표)

(4) 교육지원

그 밖에도 H가스공사에서 가스산업 관련 기술인력을 대상으로 실시하는 유량 관련 교육에 표준원에서는 교재 및 강사를 지원하는 등 유기적인 상호기술지원 체계를 유지하고 있다.

2.2 측정기술을 통한 기여효과

(1) 유형효과

H가스공사에 대한 표준원의 측정기술 지원이 없이 선진 외국의 측정기술을 지원 받아 해결할 경우 그 비용은 직접경비만 약 20억 원에 달할 것으로 추정되며, 시일의 지체 등 간접경비를 계상한다면 총 소요비용은 약 3~40억 원에 달할 것으로 추정된다.

또한 이러한 측정 자체가 불가능할 경우를 가상한다면, 이는 연간 총 7조 원(2001년 예상)에 달하는 천연가스의 매출 자체가 불가능하다. 따라서 가스공사의 경우 유량측정은 업무의 기본이며 핵심사항이며, 이는 표준원의 기술지원이 없으면 가스공사의 존립자체가 불가능한 상황이 된다.

(2) 무형효과

본 측정기술의 지원은 상기와 같은 직접적인 유형효과 뿐만 아니라 실수요자인 국민들과 정부 및 천연가스의 수입국에 대한 대외신뢰도를 확보하고 장래 신규투자에 대한 타당성을 인정받는

결과를 가져오게 되어 가스공사의 신규업무수행을 원활하게 추진할 수 있게 되었다.

3. 압력 게이지 다중 교정시스템 개발 - D중공업주식회사 -

3.1 측정기술 개발의 배경과 개요

상기 회사는 교정용 표준기급 압력게이지를 사용하여 1개의 정밀급 현장용 압력 게이지를 교정하였으나, 교정에 소요되는 시간이 과다하여 신속한 교정 지원에 어려움을 겪어왔다. 따라서 표준원의 압력교정용 기기의 다중 교정시스템을 참조하여 1개의 교정용 표준기급 압력게이지를 사용하여 3개의 정밀급 현장용 압력게이지를 동시에 교정함으로써 교정에 소요되는 시간을 대폭 감축할 수 있게 되었다.

측정원리는 3개의 교정 대상 압력 게이지들이 1개의 교정용 표준기급의 압력 게이지에 연결되어 있을 경우 파스칼의 원리에 따라 3개의 교정 대상 압력 게이지에 작용하는 압력은 1개의 교정용 표준기급 압력 게이지에 작용하는 압력과 동일하므로 3개의 교정 대상 압력게이지의 지시치를 표준기의 지시치와 비교하여 교정함으로써 동시에 교정이 가능하다(<그림 7>).

3.2 측정기술을 통한 기여효과

(1) 유형효과

상기 측정의 응용기술은 매우 간단하면서도 기여효과가 큰 사례로서 작업 현장에서 작업자들의 개선의지가 얼마나 중요한가를 나타낸 좋은 사례로서 교정비용 절감액을 아래에 제시하였다.

① 교정비용 절감

- 개선 전 : 3,500개(교정대상 압력계의 수량)/년×13,800원(교정료)/개 = 4,830 만원

- 개선 후 : 3,500개/년×13,800원/개×0.35(단축 비율) = 1,690.5 만원

② 교정시간 단축으로 인한 인건비 절감

- 인력절감 : 3,500개/년×0.5MH/개 × 24,864 원 = 43,512,000 원

▶ 계 : 7,492 만원 (약 7,500 만원)

(2) 무형효과

무형의 효과로서는 측정 부서에 근무하는 요원들의 측정과 관련된 개선의지가 현저히 높아졌으며, 대외 신뢰도의 향상은 물론 사기진작의 효과도 거두고 있다.

4. 레이저 통합측정방법의 구축 - D중공업 주식회사-

4.1 측정기술 개발의 내용

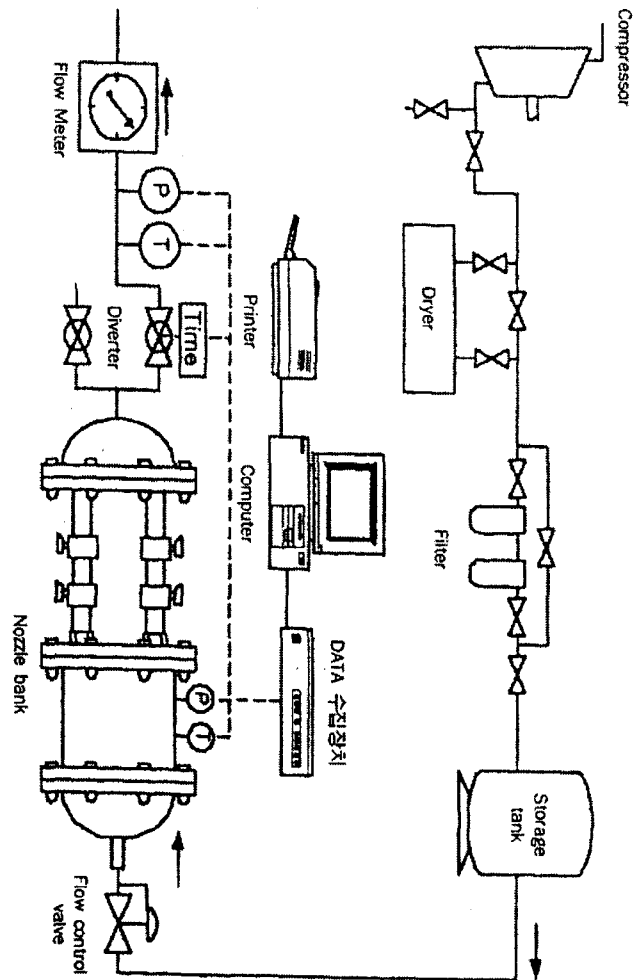
(1) 정밀측정실에서 보유하고 있는 高價장비인 Laser측정 장비 한대로써 평면 연삭기의 양측을 동시에 측정할 수 있도록 측정방법을 개선하였다.

(2) 평면 연삭기는 각종 공작물을 바이트를 사용하여 주로 평면가공, 키 홈 및 구멍 가공을 하는 공작기계로서 두 대의 Laser측정 장비로 측정을 해야 하나 양 측 통합측정 시스템을 구축함으로써, 한 대의 Laser측정장비로 양 측 측정이 가능하다.

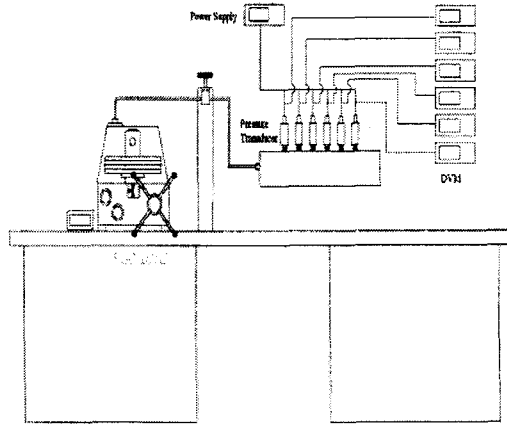
4.2 측정기술을 통한 기여효과

(1) 유형효과

- ① 가공장비 1대 당 2인 1조 27시간에서 1인 1조 4.8시간으로 측정시간이 단축되었다



〈그림 7〉 Sonic Flow를 이용한 유량계 교정 개략도



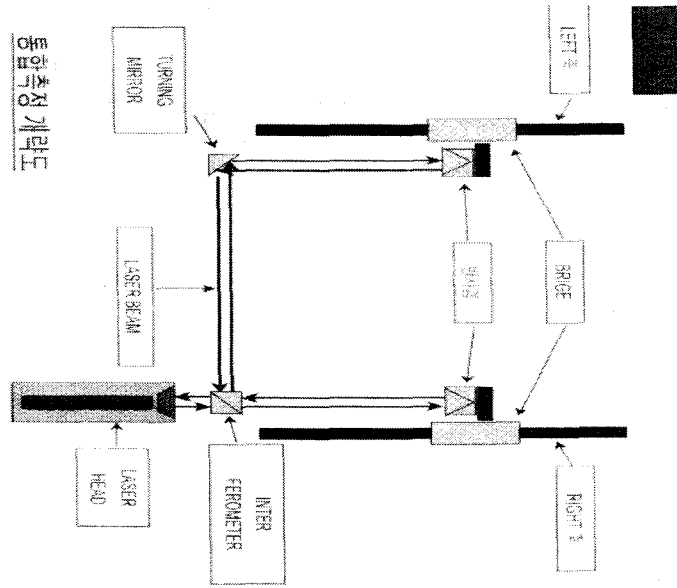
〈그림 8〉 다중 압력측정 시스템의 개략도

② 1 대 당 효과이며 두산중공업 보유 평면 연삭기의 수량이 10 대 이므로 본 측정기술의 적용 시 10배 이상의 즉 8 억 원에 가까운 절감효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

항목	개선 전	개선 후	절감효과
정도검사 절감효과	151건/년 × 288,600원/건 = 43,578,600원	151건/년 × 288,600원/건 × 0.18%(단축률) = 7,844,148원	건당 비용은 가공장 비 측정요율 기준 - 절감효과 35,734,000 원/년
일반측정 수행시 절감효과	151건/년 × 11 M/H/건(MH절감) × 24,864원	- 절감효과 41,675,000 원/년	
연간 절감효과 합계 ◆ 77,409,000 원/년			

(2) 무형효과

- ① 장비 가동을 향상으로 원가절감 및 생산성 향상
- ② 적기 공작기계 가동으로 납기 단축
- ③ 장비의 가공 정밀도 향상으로 제품의 불량률 감소
- ④ 고객 신뢰성 확보
- ⑤ 품질향상 및 개선 의지 고취
- ⑥ 폐자재 활용으로 원가 절감



〈그림 9〉 통합 측정 개략도

5. 한국형 원자로의 연료장착 Hole의 위치 측정용 Stand의 개발 - D중공업주식회사

5.1 측정기술 개발의 배경과 개요

한국형 원자로의 반응로(Reactor Vessel) 내에 있는 연료장착용 봉(연료 봉)의 입구 hole의 위치를 정확히 측정하여야만 우리나라 연료를 연료봉에 정확히 장착할 수 있다. 그러나 우리나라 연료는 방사능 물질로서 인력으로 직접 장착하는 것이 불가능하다. 따라서 원격조종을 통해 연료 봉에 장착하여야 하며, 이를 위해서는 연료 봉의 hole의 위치를 원격측정을 통해 정확히 파악해야만 한다. 이러한 원격 위치측정을 위해서는 원격측정에 사용되는 주요 장비들을 설치하여 측정할 수 있도록 교정검사 장비인 Collimating Test Stand를 제작하여야 하며, 이 stand의 제작에 사용되는 주요 장비들은 다음과 같다.

◆ 주요 사용장비

- Precision Sight Level, Alignment Telescope
- Optical Transit Square
- Laser Interferometer
- Horizontal Vertical Tooling Bar

이 문제를 해결하기 위해 D중공업은 표준원의 기술지원과 자문을 받아 국제적으로 통용되는 요구수준인 0.02mm의 정밀도를 갖는 원격 위치측정용 Collimating Test Stand를 제작하였다.

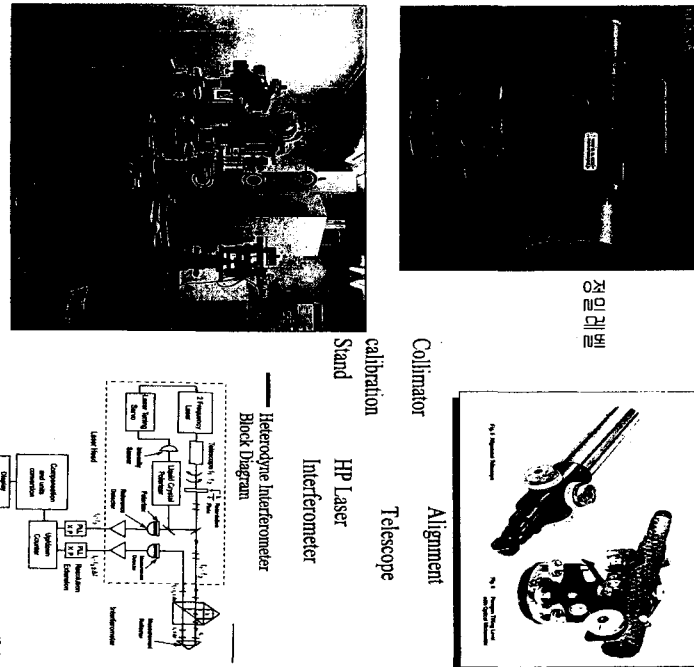
5.2 측정기술을 통한 기여효과

(1) 유형효과

본 교정검사용 Stand는 1991년도에 제작되어 현재까지 사용되고 있으며 그 전에는 연료봉의 원격 위치측정을 미국의 ABB사 또는 GE사에 위탁 해오던 것을 자체 제작한 장비를 사용하여 측정함으로써 연간 약 2억 원의 검사 비용을 절감하고 있으며, 2000년 현재까지 약 20억 원의 비용 절감을 이룩하였다.

(2) 무형효과

상기와 같은 유형의 기여효과 외에 본 장비를 제작하고 사용함으로써 우리나라의 기술수준을 대내외에 알리는 홍보효과와 더불어 국제적으로 신뢰도의 향상을 가져왔다.



〈그림 10〉 정밀 교정검사 장비의 개략도

6. 온도 조절기계의 자동교정방법의 개발 - H전자공업 주식회사 -

6.1 측정기술 개발의 배경과 개요

온도조절기의 교정검사시 작업자가 각각의 교정절차를 수동으로 처리함으로 다음과 같은 오차 요인 들이 발생한다.

- ① 교정을 위한 결선상태에 따른 오차
- ② 작업자의 판단에 의한 오차
- ③ 작업자의 작업 위치에 따른 온도차에 의한 오차
- ④ 기기의 예열(warming up)시간차에 의한 오차
- ⑤ 측정기계의 오차
- ⑥ 교정과 시험검사 line이 별도로 구성되어 있어서 공정간의 이동시간과 두 번 검사하는 중복 검사 현상의 발생

따라서 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 교정검사 대상 기기들의 각각의 모델별 교정을 위한 장착용 지그의 제작을 시작하고 수동으로 교정하던 것을 PC를 이용하여 GPIB 통신 방식을 사용하여 각 모델별 관련 자동교정 프로그램 작성하여 교정결과 및 불확도의 값을 산출하며 더불어 생산정보까지 출력할 수 있는 방식으로 개선함으로써 생산성 향상 및 고품질의 제품생산에 기여할 수 있게 되었다.

본 기술개발을 통한 기여효과를 항목별로 살펴보면 첫째로, 교정시간이 단위제품 기준으로 평균 10 분에서 5 분으로 감축되어 50 %의 개선효과를 얻었으며, 교정에 투입되는 인원이 20 명에

서 10 명으로 감축되어 역시 50 %의 개선효과를 얻었다. 이러한 사항들을 종합적으로 분석한 결과, 개선 전의 1개 기기의 생산원가 중 교정시간에 따른 인건비가 667.2 원이었으나 개선 후의 1개 기기의 교정시간에 따른 인건비가 66.4 원으로 대폭 절감되어 1개 기기 당 교정시간에 따른 인건비 절감액이 600.8원이 되어 연간 절감액(1 일 8시간 작업 및 300일 기준)이 54,072,000 원에 이르렀다. 그런데 교정의 자동화를 위한 설비투자액이 37,400,000원이므로 투자비 회수기간은 16.6 개월이면 가능하다는 결론을 얻었다(설비 가격/월간 생산량 × 1개당 절감 액 = 37,400,000/150 개 × 25일 × 600.8원 = 16.6 개월).

6.2 측정기술을 통한 기여효과

(1) 유형효과

개 선 전	개 선 후
1. 작업성이 없다(結線狀態의 문제)	1. 작업성의 향상(결선상태의 문제점 해결) ※ 교정검사의 JIG화가 이루어졌다.
2. 작업자의 판단에 의한 오차가 발생한다.	2. PC에 의한 S/W로 정확한 데이터 입력으로 H/W의 결함까지 체크하여 정확한 온도값을 설정한다.
3. 작업자의 작업위치(온도차)에 따라서 오차가 발생한다.	3. 일정한 워밍업 시간을 유지함으로써 회로 상에 충분한 Load를 걸어 온도차를 최소화 했다.
4. 워밍업 시간차에 의해 오차가 발생한다.	4. 측정기마다 조정상의 오차가 발생하는 경우가 있으나 냉접점 보상을 이용하고 mV값을 읽어드려 table화함으로써 오차 범위를 최소화 했다.

개 선 전	개 선 후
5. 측정기의 오차가 수반된다.	5. 측정기의 오차범위를 벗어나면 에러가 발생되어 즉각 알 수 있어 신속한 대처가 가능하다.
6. 교정과 검사 라인이 따로 구성되어 공정간의 이동에 따라 두 번 검사하게 되는 중복 검사 현상이 발생한다.	6. 자동 교정검사가 같은 곳에서 이루어지므로 공정간의 이동이 없다.
	7. 교정검사를 위해 기술이력이 필요했으나 PC로 운용하게 되어 기술이 없는 작업자도 어느 누구나 1인당 최고 5대 까지 관리할 수 있다.

(2) 무형효과

위와 같은 원가절감의 유형효과 외에도 다음과 같은 무형의 효과를 얻었으며, 이는 직원들의 근무에 대한 자신감과 열정을 제고시키는 효과를 가져왔다.

- | | |
|--------------------------|-------------|
| ① 0.1 급의 제품생산이 가능함 | ② 품질의 균일화 |
| ③ 정밀교정을 통한 제품의 대외 신뢰도 확보 | ④ 공정의 신속성 |
| ⑤ 교정업무의 전산화 | ⑥ Line의 통일화 |
| ⑦ 측정장비 관리의 효율화 | |

(3) 기대효과

이러한 측정기술을 토대로 향후 timer/counter 등의 제품에도 자동 교정검사시스템을 도입할 수 있게 되었다.

(4) 향후 계획

현재 교정 및 시험검사에 소요되는 시간이 약 8 분 정도 되고 있으나 이 시간을 더욱 단축할 예정이며, 각 모델별로 교정오차의 한계를 극복하여 오차를 0.08 % 급까지 줄일 예정이다. 또한 설비의 효율화를 위해 향후 PC 1대에 2~3개의 교정검사용 JIG를 설치할 수 있도록 함으로써 측정기의 활용도를 극대화 할 계획이다.

7. 5축 CNC MACHINE 정도 보정 기술 개발 - H항공우주산업주식회사-

7.1 측정표준기술 개발의 배경

일반적으로 항공기의 기계가공 부품은 주로 항공 역학적인 공기특성상의 요구로 인하여 복잡한 자유곡면을 가진 것이 많고, 또 경량화된 조립용 부품이기 때문에 최근 박막화, 대물 일체화 구조를 가진 부품이 많아지고 있다. 그 자유곡면을 절삭 가공하는 공작기계는 동시 4축, 동시 5축 제어장비 등과 같은 多軸 制御 가공장비를 많이 사용한다.

H항공우주산업(주)의 경우 5축 Profiler, 5축 NC Mill 등을 사용하여 항공기의 부품들을 가공하고 있으며 고객의 요구에 따라 기계가공의 정밀도는 한층 강화되고 있는 실정이다. 기계가공 부품의 품질을 향상시키기 위해서는 절삭공구, 치구의 Setting, 작업자의 Skill, 장비의 精度 등 많은 요인들이 많으나 NC장비의 정도가 기계가공 부품의 정밀도에 매우 큰 영향을 미친다.

NC장비 도입 후 10년이 지나면서 장비의 노후화 및 장비의 정도 불량으로 인하여 장비에 대한 신뢰도는 저하되고 있으나 정도를 향상시키기 위한 정도 보정기술은 체계적으로 축적되지 못하였다. 이에 정도를 향상시키기 위해 현재 장비가 갖고 있는 여러 가지 문제점들을 본 연구개발을 통해 분석하여 정도 보정에 걸리는 시간을 절약하고 작업자 실수로 인한 오차를 줄임으로써 신속하고 정확하게 측정하는 기술을 확립하였다.

본 연구는 다음과 같이 4개의 분야로 나누어 수행되었다.

① CNC 장비에 의한 항공기 부품 가공기술

: 항공기에 사용되는 주요가공 부품인 스킨, 리브, 프레임 및 스트링거의 주요 가공 원리를 분석하고 아울러 연구해야 할 과제들의 상관관계를 파악하였다.

② CNC 장비의 정도검사 기준

: 그 동안 검사원에 의한 정도 검사 및 보정은 검사를 수행하는 개인의 능력에 의존함으로써 개인의 능력 차에 의한 편차가 존재하였다. 이러한 문제를 우선적으로 해결하기 위해 정도 측정 및 보정 절차의 표준화된 정도검사 기준서를 제작하였다.

③ PINION RACK 교체방법 표준화

: Pinion Rack이 5축 NC 장비의 정도에 끼치는 영향이 매우 큰 것을 인식하고 마모된 Rack 및 Gear를 교체하였다.

④ 정도 향상에 필요한 치구의 개발

: 5 축 PROFILER 장비의 핵심부품인 Rack 및 Gear의 마모 시 신제품으로 교체하기 위해서 정교한 SET UP 장치가 필요하나 A축 Rack Gear의 교체를 위한 치구가 없고 장비의 원천 제작사인 CINCINNATI(USA)社에 의뢰할 경우 거액의 기술료를 지불해야하는 문제점이 있어 자체 기술력을 바탕으로 A축 Rack Setup 장치를 개발하여 5축 장비의 측정능력

을 자체적으로 확보하고 類似장비에 확대 적용할 수 있도록 개발하였다. 또한 5 축 Profiler 장비의 각도 축 측정 및 보정시 각도량에 따른 Link Slider의 거리를 LASER Beam으로 측정하여 적용함으로써 Link 및 Slider의 간격에 따른 측정오차가 커서 관련 축 精度를 보정하기 어려운 문제와 각도축의 회전 중심에서 Slider 의 거리 설정에 따른 오차가 각도 환산 오차 값에 누적되는 문제가 있어 A & B 축의 정도 보정 및 측정정밀도의 향상을 위해 A, B축 정도 측정장치를 개발하였고 위에 기술한 내용과 관련하여 발명특허를 출원하였다(특허등록번호: 226718 "공작기계의 스피들 헤드", 99.7.29).

또한 Pinion Rack 의 교체에 따라 장비의 정적/동적 정도는 이전보다 향상됨을 알 수 있었다. 다음의 <그림 11>은 5 축 NC 장비의 精度不良 특성 요인을 도시한 것이다.

7.2 향 후 계 획

① Pinion Rack Regrinding 장치 개발을 통하여 비용절감 A축 Rack의 교체로 인한 비용을 줄이기 위하여 향 후에는 Rack의 Regrinding을 통한 장비의 정도 향상을 시도하고자 자체적으로 Regrinding 장치를 개발할 예정이다. 다음의 <그림 12> 는 Regrinding 장치의 개략도를 나타낸 것이다.

② Spindle Nose 연마기 개발로 정도 향상

A축 Rack의 성능향상 뿐 만 아니라 스피들 Nose의 장기간 사용에 따른 테이퍼 면의 마모로 인한 정도 불량을 사전에 예방할 수 있는 테이퍼면 재연마 가공기 등을 개발하여 5축 NC 장비의 종합적인 정도 향상을 위해 순차적으로 계획을 세워 추진해 나갈 예정이다. <그림 13> 은 Spindle Nose 연마기의 개략도를 나타낸 것이다.

7.3 개발의의

본 연구 활동을 통해 기계가공 장비의 유지 관리와 활용 능력을 배가하게 된 데에 자부심을 가지게 되었다. 이번 활동이 일회성으로 끝나는 것이 아니라 당사에서 보유하고 있는 다른 장비에의 적용을 통해 H항공우주산업(주)의 기술력이 항공기 제작기술 뿐만 아니라 전용장비 분야에서 세계에서도 인정받을 수 있는 계기가 될 수 있을 것으로 확신한다.

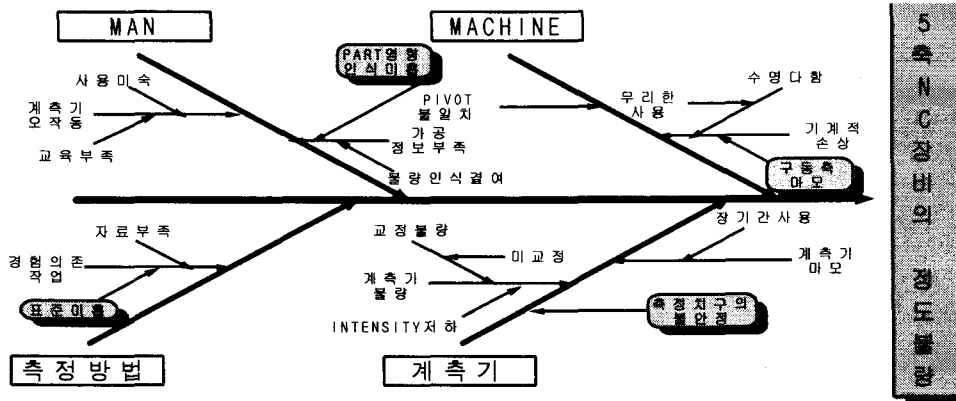
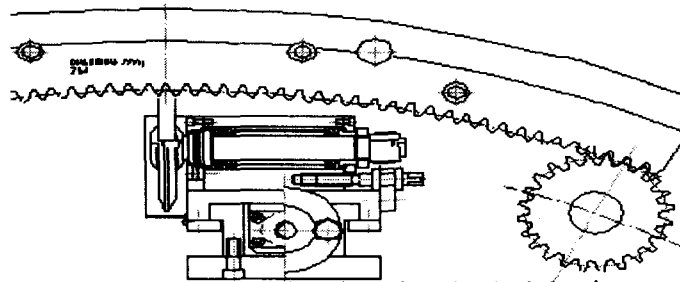
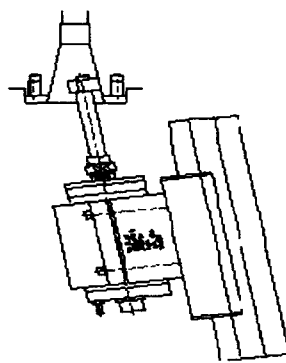


도표 4. 5축 NC장비의 정도불량 특성요인도



<그림 11> 5 축 NC 장비의 精度不良 특성 요인도

<그림 12> PINION RACK REGRINDING 장치 조립도



<그림 13> SPINDLE NOSE 연마기 개략도

8. 레이저를 이용한 선형 측정장치의 개발 - H항공우주산업주식회사-

8.1 개요

최근 MIL-Q-9858A에서 ISO, QS 9000 등으로 품질 시스템이 변경됨에 따라 문서관리는 물론 측정기에 대한 정도보정(Calibration)과 측정Data의 통계적 관리, 측정 불확도평가 등 계측기로 인해 발생할 수 있는 오차요인을 분석하고, 검토하여 생산성 향상 및 고 품질의 제품생산을 통한 고객의 신뢰도 향상을 요구하고 있다.

H항공은 항공기 제조 회사로서 부품 및 조립에 사용되는 모든 계측기의 교정은 모든 공정의 기초이므로 초창기부터 집중적으로 육성하여왔다. 그러나 회사가 날로 번창하면서 광범위한 측정 품목, 방대한 수량, 제한된 교정종사자 등 여러 가지 복합적인 요소로 인해 교정지원에 부하가 걸려 적기 교정 지원에 애로가 발생하였다. 이러한 문제의 해결은 교정자동화 및 신 측정기술 개발 뿐이라 인식하고 교정종사자들은 최대한 보유 측정기를 활용하여 자동화하고자 노력한 결과 LASER 측정장비를 응용하여 정밀하고 정확한 측정장비를 만들고자 하였다. 이에 교정종사자들은 많은 시행착오를 거치며 측정서적의 탐구 선진업체의 벤치마킹 등의 노력을 통해 당사에 적합한 LASER 선형 측정장치를 개발하게 되었다.

LASER 선형 측정장비 개발을 통한 기대효과는 다음과 같다.

- 교정물량 적체 해소 및 적기지원이 가능
- 측정 Data분석 신뢰도 향상 및 교정시간 단축
- 타분야 측정기 자동화 개발 기대와 자신감을 확보하는 계기 마련

특히 본 연구를 통한 LASER선형측정 장치의 유효성평가를 충분히 검증하였으며, 설계도면, 측정절차 등을 표준화하여 향후 더욱 더 발전시킬 수 있도록 구성하였다.

8.2 연구 활동의 배경

고정도의 LASER측정시스템을 통한 측정수행 시 초정밀 슬라이딩 가이드의 정밀도와 균일한 측정압력이 요구된다. 따라서 설계에서 초정밀 슬라이딩 가이드의 정밀도와 일정한 측정압력이 요구되므로 보다 정확하고 정밀한 측정장치를 개발하기로 하였다. Laser를 이용한 측정장치로 활용할 수 있는 모든 품목을 파악하기 SAMAECALS(Samsung Aerospace Calibration Service)라는 자체 개발한 교정관리시스템을 통해 정확한 물량을 파악하였다.(연간 지원가능 품목: 2,000대)

그리고 LASER를 이용한 측정장치를 설치하여 장비의 성능을 검증하고자 반복, 재현정밀도를 통해 유효성 평가를 하고 그 자료를 바탕으로 측정불확도 평가 결과, 최종 확장불확도는 0.4 μ m (k=2)로 나타났으며 이는 선진국 수준으로 판명되었다. 아울러 수작업으로 수행하던 측정Data를 자동화하여 측정신뢰도를 향상시키고 시간당의 인력수요를 단축하였다.

본 측정장치를 개발하기 전까지는 외국사 장비 구입으로 인해 외화를 소요하였으나, 이러한 장치를 개발함으로써 외화절약은 물론 우리기술의 우수성을 대내·외에 알리는 결과를 가져왔다.

8.3 성과 및 향후과제

(1) 개발 성과

본 측정장치를 개발함으로써 Laser에 대한 이해와 측정기술을 습득하고 길이측정 계측기의 교정시간을 대폭 단축하여 업무 효율을 향상하고 교정종사자간에 또는 관계 부서간의 지원과 협조로 상호간에 Communication이 원활하게 이루어지는 계기가 되었다.

또한 유형적으로는 교정시간 단축으로 인한 절감 효과가 1억6천만 원의 효과를 창출하고, 무형적으로는 고품질의 제품 생산을 위한 측정기의 정도를 향상 시켰으며, 고객에 대한 신뢰도 향상 효과가 있었다. 또 ISO 17025와 KOLAS 인정에 전력하면서도 기술력을 향상시키자는 취지에서 측정장치를 개발함으로써 2마리의 토끼를 잡는 효과가 있었다. 더욱 더 큰 효과는 본 측정장치의 개발로 인해 교정 종사자들의 기술력에 자신감이 생겼다는데 의의가 있다.

(2) 향후 계획

① Vertical 축의 측정장치 개발

본 연구 개발로 축적된 기술력을 바탕으로 Laser 이송장치를 수직으로 이송할 수 있는 장치를 개발하여 명실 공히 길이 측정의 대부분은 본 측정장치로 측정하고자 한다.

② 측정Data의 자동화

측정한 Raw Data를 보다 효율적으로 활용하기 위해 어느 정도의 연산 처리과정이 있어야 하나 상기의 장비는 기존의 S/W Program 수정이 불가하므로 txt File로 저장한 후 Excel File로 변환하여 불확도를 산출하도록 하였다. 그리고 측정Data는 Excel File에 별도로 저장하여 보관한다. 이러한 불편 요소를 개선하여 측정 Data를 SAMAECALS로 전송시켜 교정결과가 자동 처리되고 불확도까지 평가하여 교정성적서를 고객에게 Feed Back할 수 있도록 하는 것이 최종목표이다.

VI. 결 론

제품생산의 경우, 중요한 것은 품질이며 가격이다. 좋은 품질의 제품을 생산하는 데는 여러 가지 요인이 있겠으나 가장 중요한 인자는 기술이라 할 수 있다. 기술에는 설계기술, 생산기술, 공정 기술, 검사기술 등 여러 기술이 있어 하나의 목표를 향해 조화롭게 집중함으로써 기업의 목적을 이룰 수 있게 된다. 여기서 검사기술은 물론이지만 여타 기술에 대해서도 정확성과 신뢰성을 보장하는 토대는 곧 측정표준임을 인식하여야 한다. 그러기에 국가는 국가표준확립 및 유지를 위해 많은 지원을 아끼지 않으며, 국가측정표준 대표기관 역시 지속적으로 연구하며 선진국 수준의 발전을 위한 노력에 심혈을 기울이는 까닭이 여기에 있는 것이다. 이러한 국가표준이 과연 산업체에는 어떤 효과를 주고 있는지를 파악하기 위해 1991년 이래 2년마다 조사를 실시하여 왔다.

본 연구에서는 2001년도에 설문조사를 통해 총 43건의 현장 사례를 수집하였으며, 방문조사를 통해서 총 8건의 구체적인 사례를 수집하였다. 설문조사에 의한 기여도 사례조사를 통해 나타난 측정관련 투자에서 신규 측정기기의 투입과 사내표준의 확립에 따른 효과가 각각 43.2%와 25.0%로 총 68.2%로 나타났다. 이는 측정관련 측정 또는 교정절차, 관리규정의 제정 등 사내표준을 확립하고 관리하고 보다 고 정밀의 측정기기를 신규로 투입하는 것만으로도 생산성의 향상과 품질의 향상 등 경제적 효과가 크게 나타나고 있음을 알 수 있다.

방문조사를 통해 수집된 사례를 분석한 결과 모두 경제적인 기여효과가 매우 큰 것을 알 수 있었다. 첫 번째로 D제철의 경우 측정 기술의 기여효과가 매우 인상적이며 신제품의 개발에 따른 매출의 증대를 이룬 경우이다. 매출액 전체가 측정에 의한 효과는 아닐지라도 측정이 없으면 매출 자체가 불가능하며 외국에 측정을 의뢰할 경우 그 비용은 수억 원에 이른다고 한다. 또한 신제품의 개발은 원천적으로 불가능하게 되어 회사의 존립이 위태로운 상태가 된다. 두 번째로 H가스공사의 경우도 첫 번째 처럼 측정이 없으면 7조 원(2001년 예상)의 매출이 원천적으로 불가능하며 외국에 측정을 의뢰할 경우 그 비용은 총 30억 원이 넘는 것으로 파악되었다. 세 번째와 네 번째로 D중공업의 경우 측정기술이 고급 기술은 아니고 또한 경제적 기여효과가 그리 크지는 않을지라도 현장에서 노력할 경우 나름대로 측정에 의한 기여효과를 산출할 수 있다는 것을 보여주는 좋은 사례이다. 다섯 번째의 경우도 D중공업의 사례로서 한국표준과학연구원의 측정기술을 사용하여 원자로의 연료교체의 문제를 해결한 것으로 비용의 절감과 아울러 대외 신뢰도 확보 즉 기술수준을 인정받게 된 좋은 사례이다. 여섯 번째로 H전자공업 주식회사의 경우 주력 생산품인 온

도조절기의 자동교정검사 방법을 개발하여 원가절감과 생산성 증대를 이룬 사례로서 향후 다른 제품의 자동교정검사 방법의 개발도 가능하게 되었다. 일곱 번째와 여덟 번째의 경우는 오늘날 우리나라 항공우주산업의 개척자인 H항공우주산업주식회사에서 항공기의 부품을 가공하는 공작기계의 가공정밀도의 보정기술을 개발하고 첨단 레이저를 이용한 선형측정장치를 개발하여 생산성을 증대시키고 대외 신뢰도를 확보하여 우리나라의 기술수준을 대외에 알리는 효과를 거둔 사례이다.

이상에서 살펴본 바와 같이 측정은 단순히 다른 기술을 위한 보조수단이 아니라 경제적인 기여효과와 더불어 생산성 증대와 신기술의 개발 대외 신뢰도의 확보를 통한 매출의 증대 등을 이루어내는 독자적이고도 중추적인 기술로서 모든 기술의 하부구조를 이루고 있다. 따라서 이러한 기여효과를 적극 홍보하여 측정관련 투자를 획기적으로 증대시켜야 할 것으로 사료된다. 기여도 사례조사를 통해 나타난 측정관련 투자에서 신규 측정기기의 투입과 사내표준의 확립에 것만으로도 생산성의 향상과 품질의 향상 등 경제적 효과가 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 방문조사를 통해 얻어진 8건의 기여도 사례를 살펴보면 경비의 절감과 신제품의 개발 및 대외 신뢰도의 향상효과가 막대함을 알 수 있다. 따라서 이러한 기여효과를 효과적인 홍보를 통해 측정관련 투자를 확대하도록 노력을 아끼지 않아야 할 것이다. 또한 측정표준의 산업기여사례를 지속적으로 발굴하여 전파함으로써 측정표준의 중요성에 대한 인식을 확산하며 측정투자는 결국 품질의 향상은 물론 생산성을 증대시키는 효과가 있으므로 기업에 대한 측정투자를 유인할 방안이 강구되어야 한다.

참 고 문 헌

1. 관세청, '무역통계연보', 각 연도.
2. 기계기술, 동시 5축제어 가공기술, 1996
3. 기계가공기술, 일본 공작기계의 최신동향, 1997
4. 김재관, '국가표준제도의 위상', 경파출판사, 1991.
5. 김춘기, 정밀측정, 도서출판 대광서림, 1989
6. 통계청, 한국표준산업분류, 1991.
7. 통계청, '광공업통계조사보고서', 각 연도.
8. 한국표준과학연구원, '한국 경제성장과 측정표준', KRISS-98-002-IR, 1997.
9. _____, '국가표준의 기여도 분석에 관한 연구', 2002.
10. _____, '정밀측정표준 실태조사보고서', 2002.
11. CINCINNATI, Accuracy Test, 1989