

# 소형선박 완성목형의 검사기법 및 측정방법 개발에 관한 연구

## The Study on the Survey Technique and a Development of Measuring Method about a Wooden Pattern of the Small Vessel

정용근 †\*, 강대선\*\*, 구현모\*, 이기동\*  
Jeong Yong-Geun†\*, Kang Dae-Sun\*\*, Ku Hyoun-Mo\*, Lee Ki-Dong\*

### ABSTRACT

This study is about the survey technique and the development of measuring method about a wooden pattern of the small vessel made by CNC Machine. we will propose a survey method about processing grade, objectivity of survey, an external shape and a surface defect survey method, Furthermore, CMM(Coordinate Measuring Machine) and OMM(On Machine Measurement).

## 1. 서 론

선박은 선주와 조선소간의 계약이 완료된 후 각 부분에 대한 설계가 진행되면서 저항, 추진, 운동, 조정 등 선박의 성능을 파악하기 위해 모형선(목형)을 제작하고 수조에서 모형시험을 실시 후 건

조에 착수하게 된다. 이러한 모형시험은 실선에 대한 최적의 선형개발과 실선 성능을 추정할 수 있는 중요한 과정으로 실선과 모형선의 기하학적 인 형상은 동일하지만 상사법칙에 따른 배의 크기를 일정비율로 축소하여 실선의 다양한 성능을 파악하기 위한 각종 시험을 수행하게 되며 모형시험

\* 선박안전기술공단 기술연구팀

\*\* 선박안전기술공단 서울지부

† 논문 주저자

의 결과에 따라 선형을 수정하게 된다.[11]

모형시험을 위한 모형선제작은 최근까지도 2차원 가공작업과 수작업에 의존해왔으며, 최근에서야 목형삭성기의 발전으로 가공성이 우수하고 가공시간을 절약할 수 있는 획기적인 단계에 이르렀다. 모형선의 제작목적 또한 예전에는 모형시험이나 모형제작에 필요한 목형제작이 주류를 이루었으나 최근에는 모형선 삭성기의 발전으로 FRP선박건조에 필요한 몰드(Mold)제작에 완성목형을 이용하려는 시도가 있으며, 이러한 완성 목형에 대하여 객관적이고 신뢰성을 갖는 측정검사가 필요하게 되었다.

일부를 제외한 대부분 소형선박의 경우 강화플라스틱(FRP) 재질로 제작되며, FRP선박의 품질을 좌우할 수 있는 것이 양질의 몰드제작에 있으나 현재 양질의 몰드제작을 위한 목형과 형틀작업은 모든 것이 합판 및 목재를 사용한 수작업으로 제작의 정도는 목형삭성기를 이용한 몰드제작에 비하여 다소 떨어진다고 볼 수 있다.

국내 대부분의 FRP선박 제조업체는 영세하고, 자동화를 하기엔 여러 가지 요인으로 상당히 어려운 실정에 있으며, 소형 FRP선을 제작하는 업체의 경우 설계에서 목형 몰드제작, 제품제작으로 이루어지는 작업공정이 모두 수작업으로 이루어져 설계에서부터 시제품 생산까지 상당한 소요시간과 생산비용이 너무 커 꾸준한 제품개발이 어려운 실정이다. 소형 선박의 생산 자동화와 생산성 향상을 도모하고, 가격 경쟁력 확보를 위하여 완성목형의 가공정도와 검사의 객관성, 정확성을 높일 수 있는 3차원 측정기기 및 레이저 등을 이용한 검사측정기술이 필요하게 되었다. 목형삭성기에 의한 자동 삭성기능, 측정 및 검사에서 3차원

측정기(CMM) 및 기상측정(OMM)의 도입으로 설계 및 생산관련 공수절약, 측정 및 검사시간의 절약은 최종적으로 원가절감의 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료되며, 이에 따라, 자동화가 전무한 소규모 업체도 양질의 선박제작을 위한 기반 시설과 자료의 공유는 소형선박 선형개발의 교두보를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

현재 대부분의 자동화장비는 고가의 수입에 의존하고 있으며 이로 인하여 소형선박의 기술 개발이나 상품개발에 한계가 있다고 판단되며, 따라서 이런 소형선박 개발에 필수요소인 선박제작에 필요한 기본 자동화 장비의 확충과 측정검사장비의 도입 및 활용은 조선산업 발전에 직결된다고 볼 수 있다.

본 연구는 소형선박에 대하여 목형삭성기로 가공한 완성목형에 대한 검사기술 및 측정방법개발과 완성목형에 대한 외형 및 표면결함 검사 기법을 제시하고, 가공정도와 검사의 객관성을 높일 수 있는 3차원 측정기기(CMM : Coordinate Measuring Machine), 기상측정(OMM : On Machine Measurement) 및 레이저를 응용한 측정 방법을 소개하였다.

## 2. 선박검사 관련법규 및 형식승인·검정

### 2.1 선박안전법

선박검사와 관련한 법규를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 선박을 건조하고자 하는 자는 선박에 설치되는 선박시설에 대하여 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관의 검사

- 를 받아야 하는데 이를 건조검사라고 한다.
- 2) 해양수산부장관은 건조검사에 합격한 선박에 대하여 해양수산부령이 정하는 건조검사증서를 교부하여야 한다.
  - 3) 해양수산부장관은 외국에서 수입되는 선박에 대하여 선박안전법에서 말한 건조검사를 받지 아니하는 선박에 대하여 건조검사에 준하는 검사로서 해양수산부령이 정하는 검사를 받을 수 있도록 한다.
  - 4) 선박소유자는 선박을 최초로 항해에 사용하는 때 또는 선박검사증서의 유효기간이 만료된 때에 선박시설과 만재흡수선에 대하여 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관의 검사를 받아야 한다.
  - 5) 해양수산부장관은 정기검사에 합격한 선박에 대하여 항해구역·최대승선인원 및 만재흡수선의 위치를 각각 지정하는 해양수산부령이 정하는 선박검사증서를 교부하여야 한다.
  - 6) 선박소유자는 정기검사와 정기검사의 사이에 해양수산부령이 정하는 바에 따라 검사를 받아야 하며, 중간검사는 제1종과 제2종으로 구분하고 그 시기와 검사사항은 해양수산부령으로 정한다.
  - 7) 선박소유자는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관의 검사를 받아야 한다.
    - 선박시설에 대하여 해양수산부령이 정하는 개조 또는 수리를 행하고자 하는 경우
    - 선박검사증서에 기재된 내용을 변경하고자 하는 경우
    - 선박의 용도를 변경하고자 하는 경우
    - 선박의 무선설비를 새로이 설치하거나 이를 변경하고자 하는 경우
    - 만재흡수선의 변경 등 해양수산부령이 정하는 경우
  - 8) 정기검사를 받기 전에 임시로 선박을 항해에 사용하고자 하는 때 또는 국내의 조선소에서 건조된 외국선박(국내의 조선소에서 건조된 후 외국에서 등록되었거나 외국에서 등록될 예정인 선박을 말한다)의 시운전을 하고자 하는 경우에는 선박소유자 또는 선박의 건조자는 해당선박에 요구되는 항해능력이 있는지에 대하여 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양수산부장관의 검사(이하 “임시항해검사”라 한다)를 받아야 한다.
  - 9) 국제항해에 취항하는 선박의 소유자는 선박의 감항성 및 인명안전과 관련하여 국제적으로 발효된 국제협약에 따른 해양수산부장관의 검사(이하 “국제협약검사”라 한다)를 받아야 한다.
  - 10) 해양수산부장관은 국제협약검사에 합격한 선박에 대하여 해양수산부령이 정하는 국제협약검사증서를 교부하여야 한다.

## 2.2 선박안전법시행규칙(개정추진중)

선박안전법에 의한 제조(건조)검사는 “해양수산부령이 정하는 특수재질로 제조되는 선박”이라 함은 다음 각호의 1에 해당하는 선박을 말한다.

- 강화플라스틱제선박
- 알루미늄합금제선박
- 시멘트제선박

### 2.3 형식승인시험에 관한 기준

- 1) 선박 또는 선박용물건의 성능은 감항성 및 인명의 안전에 관한 국제협약과 선박안전법의 규정에 적합하여야 한다.
- 2) 선박 또는 선박용물건의 형식승인시험은 관련규정에서 기준과 선박안전법의 시설기준에 의함. 다만, 형식승인시험 기준이 없는 품목 중 해당품목에 적합한 ISO규격, IMO기준 및 기타 해양수산부장관이 이 기준과 동등하다고 인정하는 기준 등이 있을 때 또는 형식승인시험기준이 IMO에서 개정되어 이 기준과 상이할 경우 이를 적용할 수 있으며, 필요시 전문기술위원회를 구성하여 심의할 수 있다.

### 3. 선박 및 몰드검사 및 절차

국내에서 사용하는 몰드는 레저선박을 제외하고 대부분 암몰드(Female)를 사용하고 있으며, 몰드의 제작상태나 특성에 따라 선박의 품질이 좌우된다고 해도 과언이 아닐 것이다. 이러한 이유로 몰드검사는 강화플라스틱(FRP) 선박 제조검사 과정 중 가장 중요한 부분이라 말할 수 있으며 몰드검사와 절차는 다음과 같다.[4]

단 계	검 사 내 용
몰드체크	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mold의 구조가 사용목적에 일치하는지 충분히 검토하여 허용 수축량, 재료, 면의 품질, 촌법, 안정성 등을 확인</li> <li>• FRP형의 적층구성은 일반적으로 성형품 두께의 2~3배의 두께가 필요하다.</li> </ul>
몰드제작 상태확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mold의 구조강도, 변형유무, 취급 또는 보관상태, 표면상태등 외관 상태 확인</li> </ul>
주요촌법확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 허용오차 범위내에 있는지, 그 형상이 정확한지를 확인</li> <li>• Lt, Bm, Ds, Dm, Station별 Chine Line 및 Upper Deck Side Line등에 대한 Half Breadth 및 Height를 Off-Set Table과 대조 확인(Ds, Dm 측정 시 피아노선을 활용하면 편리하다)</li> </ul>
몰드표면 상태확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Putty 도포상태 : Corner부, Round부, 합판 연결부 등 확인</li> <li>• 성형품의 표면은 Mold면의 표면에 상에 좌우되므로 면의 흠집, 요철, 변형 등을 확인</li> <li>• FRP Mold의 경우는 표면경도를 BARCOL경도 45이상으로 한다.</li> </ul>

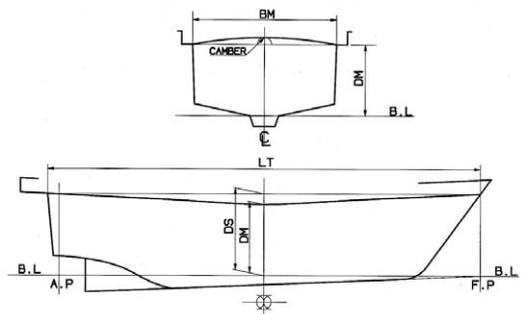


Fig. 1 주요촌법 확인



Fig. 2 몰드검사(1)



Fig. 3 몰드검사(2)

#### 4. 완성목형에 대한 검사 및 측정방법

강화플라스틱(FRP : Fiberglass Reinforced Plastic) 선박은 재료의 특성상 몰드에 의한 대량 생산이 가능하고, 이러한 생산체제를 컴퓨터통합 생산(CIM : Computer Integrated Manufacturing) 시스템과 연동하여 설계, 가공, 측정 및 검사 등을 통일화, 자동화함으로써 비용절감 및 시간절약 등 많은 이득을 얻을 수 있다. 종래의 측정 및 검사공정은 줄자, 바콜(BARCOAL)경도계, 버니어 캘리

퍼스(Vernier Calipers), 게이지블록(Gauge Block) 등의 측정으로 검사(측정)자의 숙련된 경험과 기술이 많이 요구되어 왔다. 만족스러운 측정과 검사, 검사의 신뢰성, 정확성 및 신속성을 확보하기 위하여 개발된 것이 컴퓨터지원검사(Computer Aided Inspection)이며, 그 대표적인 예가 3차원측정기(Coordinate Measuring Machine)이다. 하지만 3차원측정기는 가공한 공작물의 측정 및 검사를 위해 공작기계와 3차원측정기 사이를 자주 이동해야 하는 단점이 있으며 이러한 단점을 보완한 것이 기상측정(OMM : On Machine Measurement)이다. 3차원측정기와 OMM(On-Machine-Measurement)은 가공물에 대한 형상정밀도 측, 제품의 치수, 형상 등을 측정하는 목적은 유사하지만 가공과정 중에 있는 가공물을 측정대상으로 하였을 경우에는 기기의 목적과 기능이 서로 다르다.

##### 4.1 3차원 측정기(CMM : Coordinate Measuring Machine)

3차원측정기는 주로 측정점 검출기가 서로 직각인 X, Y, Z축 방향으로 운동하고 각 축이 움직인 이동량을 측정 장치에 의해 측정점의 공간 좌표값을 읽어서 위치, 거리, 윤곽, 형상 등을 측정하는 만능 측정기를 말하며, 가공물의 치수, 형상 등을 측정하는 데 중요하다. 종래의 정반을 기준으로 한 직접 또는 비교측정은 경험축적이 없으면 안정성, 정확성을 기대할 수 없으며, 경험과 기술이 부족한 측정자의 경우 더욱 더 그러하다. 3차원 측정기의 생산은 1950년대부터 1960년대 사이로 영국의 Ferranti사에서 제작한 것이 그 시초

로 디지털방식을 채택하여 아날로그 방식의 결점인 읽음오차 및 측정자의 숙련을 배제할 수 있는 획기적인 측정기라 할 수 있다. 그 후 각 회사에 따라 각종의 3차원 측정기가 개발되었고, 측정장치도 Rack과 Rotary Encoder, Induction Encoder, Linear Encoder 등이 사용되고 있다. 3차원 측정기에 한정하지 않고 정밀 측정기를 설치하는 환경은 측정값의 신뢰성에 큰 영향을 미친다. 3차원 측정기의 성능을 충분히 발휘하도록 하려면 측정장소의 온도와 습도 등 주변 환경에도 신경을 써야 한다.

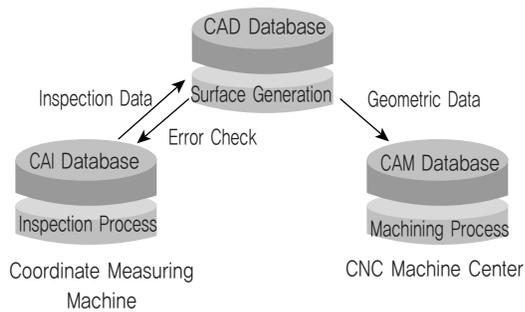


Fig. 4 Inspection Procedure Using CMM

Fig. 4는 3차원 측정기를 이용하여 최종 가공물의 정밀도 판정을 하는 경우의 개요도이다. 자유곡면의 형상정보를 가지고 있는 CAD데이터로부터 가공을 위한 CAM데이터를 생성하여 이를삭성기(CNC머시닝센터)로 전송하여 기계가공을 하고, 가공이 완료된 후 가공물을 3차원측정기로 이동시켜 CAD데이터로부터 측정점의 위치 및 측정 경로 등을 추출하여 생성된 CAI데이터를 이용하여 형상오차 측정을 한 후, 이를 CAD데이터베이스의 형상정보와 비교하여 오차를 판별하게 된다. 이때 3차원측정기에서 자유곡면의 형상오차측정을 위해서는 등 간격으로 측정점을 배열하여 사용

하게 되는데 공작기계에서 가공물은 황삭에서 정삭공정까지 여러 단계의 과정을 통하여 완성된다. 하지만 보다 정확한 측정을 위해서는 공구의 종류나 가공경로 등에 따른 이동흔적(Cusp)을 처리해야 한다. 이동흔적은 표면정밀도향상과 밀접한 관계가 있으며, 이러한 방법은 높은 정밀도를 가지고 가공물의 최종 정밀도 판정을 할 수 있다는 장점이 있으나 최종 가공물에 대한 오차 판별이 주목적이기 때문에 가공 중에 있는 공작물의 형상오차 측정은 불가능하며, 이것이 형상오차를 측정할 수 있는 기상측정(OMM)과의 차이점이다.[2,3]



Fig. 5 선박모형측정(1)



Fig. 6 선박모형측정(2)

최근에는 가공과 계측을 동시에 수행할 수 있는 CAD/CAM/CAI통합개념인 OMM(On Machine Measurement)의 활용 등 획기적인 발전을 이룩하였다. 3차원 측정기는 조작하는 방법에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

#### 4.1.1 수동식(Floating type)

클램프의 해제 상태에서 X, Y, Z축의 각 가동부를 사람의 힘으로 이동하여 측정을 행하는 측정기로 현재 가장 많이 사용하고 있는 기종이다. 프로브는 만능터치 신호 프로브, 볼 프로브, 광학현미경 등을 이용한 비접촉식에 이르기까지 거의 모든 프로브를 사용할 수 있다. 데이터의 처리도 간단한 마이크로 프로세서(micro processor)에 이르기까지 많은 데이터 처리장치가 구비되어 있다. 하지만, Floating type은 수동기기로서 정밀도가 양호한 측정을 수행하기 위해서는 몇 가지 주의할 사항들이 있다. 첫째로, 볼 프로브나 만능 프로브 등의 접촉식 프로브를 사용하는 경우에는 측정력이 균일하게 작용하도록 하여야 한다. 둘째로, 보통 Z축 스핀들의 선단을 이용하여 측정하기 때문에 급격한 가속상태 하에서 측정을 행하면 Z축 스핀들에 힘이 발생하여 큰 오차가 발생할 소지가

있기 때문에 될 수 있는 대로 일정한 속도로 측정을 해야 한다. 셋째로, 측정 정밀도는 측정기의 조작 및 프로그램 활용에 능한 측정자가 실시하는 것이 좋으며, 측정자의 기분이나 피로에 따라 달라질 수 있음을 명심해야 한다.[1]

#### 4.1.2 조이스틱식(Joystick Type)

X, Y, Z축에 구동원으로 모터가 내장되어 원격조작으로 각 운동부의 움직임을 제어하여 측정을 행하는 측정기로 각축이 원격조작에 의해 이동되므로 Z축 스핀들의 선단부분을 잡지 않고도 측정할 수 있기 때문에 Z축 스핀들이 흔들릴 필요가 없어서 좋은 정도를 얻을 수 있다. 측정 시 모터를 이용하기 때문에 축 이동속도가 일정하게 조절되어 반복 정밀도가 향상되고 또한 서로 다른 측정자에 따라 발생하는 개인 오차를 줄일 수 있다. 수동식과 마찬가지로 프로그램 활용에는 숙련을 요한다.[1]

#### 4.1.3 CNC식(CNC TYPE)

X, Y, Z축의 구동원으로 모터를 가지고 미리 작성된 프로그램에 따라 컴퓨터에 의해 지령이 내려져 측정이 자동적으로 수행되는 측정기로 미리 작성된 프로그램에 의하여 자동으로 측정 및 데이터 처리되기 때문에 CNC측정기가 자동 측정하는 동안 사람이 필요하지 않지만 보다 효율적인 사용을 위하여 프로브의 자세, 프로브 및 측정물의 자동 교환 시 인력이 요구된다. 수동식(Floating Type) 측정기로 측정할 때에는 피로가 따르기 때문에 장시간 측정하면 측정능률이 저하되지만 CNC 측정기에서는 측정능률이 일정하게 되어 전체 측정시간이 단축된다.

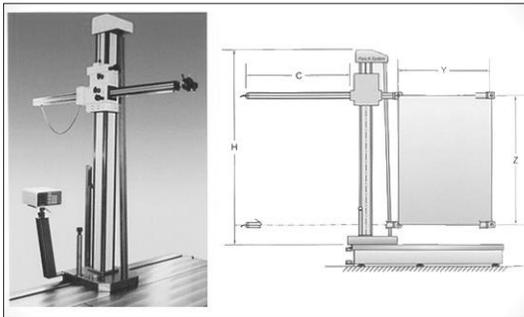


Fig. 7 수동식 측정기

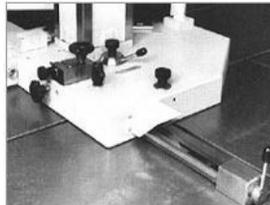
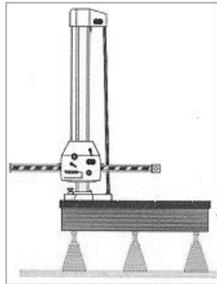


Fig. 8 CNC형 측정기

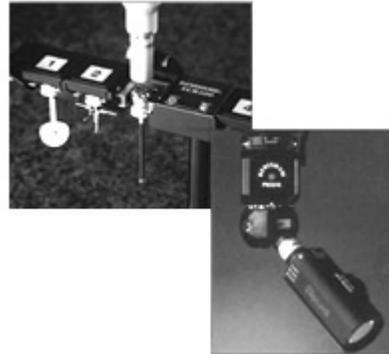


Fig. 9 다양한 프로브(Probe)

3차원 측정기의 진가를 충분히 발휘하기 위해서는 측정 내용 혹은 측정능률을 고려한 프로브(Probe)의 적절한 선택이 중요하다. 특히, 측정이 가능한가 아닌가 혹은 어느 정도 정확한 데이터를 얻을 수 있는냐 하는 것은 프로브(Probe)에 의해서 결정된다 해도 과언이 아니다. 프로브(Probe)는 3차원 측정기의 Z축 스핀들에 부착할 수 있도록 생크(shank)부를 가지고 있으며, 프로브 교환 시에도 측정관계위치가 틀리지 않도록 측정 선단부의 위치와 생크 중심과의 연관된 정도를 보증하고 있는 것이 많다.[1] Fig. 9는 측정에 있어 절대적인 역할을 하는 다양한 프로브(Probe)이다.

#### 4.2 기상측정(OMM : On Machine Measurement)

OMM시스템은 공작기계에서 가공물의 가공하는 동안 또는 가공을 마친 후 공구를 측정공구로 바꾸어줌으로써 즉시 기기 상에서 측정이 가능한 시스템으로 한대의 기계에서 가공과 측정이 이루어진다. 가공 중에 있는 자유곡면의 적절한 OMM을 위해서는 3차원 측정기를 위한 CAD/CAI통합에 기초한 측정방법 외에 가공경로 등의 정보를 가지고 있는 CAM데이터도 함께 고려되어야 하며, 이에 대한 개요도를 Fig. 10에 나타내었다.

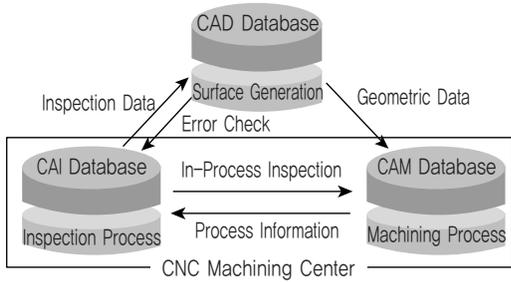


Fig. 10 Inspection Procedure Using CMM based on CAD/CAM/CAI Integration

그림에서 보는 바와 같이 OMM에서는 가공과 측정이 하나의 공작기계 위에서 이루어지기 때문에 측정을 위한 데이터베이스 구성을 위해서는 CAD데이터와 CAM데이터를 동시에 고려하여야 한다. 이때, CAD데이터베이스에 있는 형상정보로부터 NC가공을 위한 CAM데이터를 추출하여 황삭에서 정삭까지 일련의 과정으로 가공하며, 이러한 가공정보와 CAD/CAI통합에 기초하여 생성된 측정 데이터베이스로부터 곡면의 OMM을 위한 적절한 측정계획이 수립된다. 생성된 측정계획에 의하여 수행된 측정결과는 다시 CAD 및 CAM 데이터와 비교하여 현재 공정 중의 가공물이 요구되는 형상 및 오차범위에 있는지의 여부를 판별할 수 있게 된다.[2,3]

### 4.3 레이저 계측

길이, 각도, 변형 등을 측정하는 데는 3차원측정기를 이용하는 방법 이외에 빛의 여러 가지 성질을 이용하여 다양한 분야에서 측정 및 검사가 이루어지고 있다. 이것이 레이저를 응용한 것으로 레이저의 출현 및 발전으로 말미암아 측정의 정밀도, 범위 및 단순성에 있어서 큰 영향을 받아왔고,

또한 수많은 새로운 방법들이 개발되었다. 이러한 발전의 결과로 이룩된 레이저 계측에서는 레이저의 특성들, 즉 직진성·단색성·간섭성·출력크기·펄스의 길이 등을 유용하게 사용하는데 편광성·파장가변성·변조성 등도 중요한 역할을 한다. 강한 빛을 필요로 하는 경우가 아니면 헬륨-네온 레이저가 주로 사용되어 왔으나, 최근에 반도체레이저가 여러 가지 장점 즉, 낮은 전력소모, 작은 크기 등으로 인하여 각광받고 있다.

레이저 계측에서는 레이저 자이로(laser gyro), 다양한 간섭적 방법들, 레이저를 이용한 표면의 형태와 변위측정 및 표면상태측정법, 그와레 무늬 방법, 광탄성(photoelasticity)방법, 광섬유센서와 집적광학센서를 이용한 다양한 측정방법들, 타원 분석법(ellipsometry) 등의 매우 다양한 방법들이 사용되고 있다. Fig. 11은 가공된 제품에 대한 측정 및 검사를 함께 진행할 수 있는 전형적인 레이저측정을 말해준다.

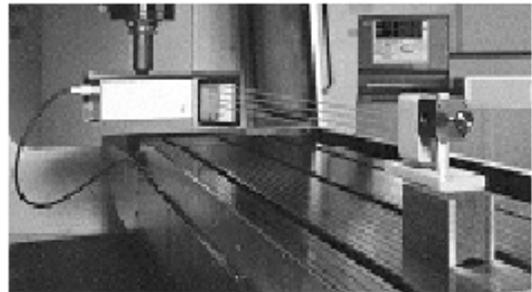


Fig. 11 레이저 측정

길이 및 거리를 정확하게 측정할 수 있는 레이저 응용방법으로서의 간섭적 방법, 빔변조법 (beam-modulation methods), 반사 펄스법 (pulse-echo techniques) 등이 있다. 간섭적 방

법은 10m정도의 거리측정에 사용되는데 비해, 빔 변조법과 반사 펄스법은 수백만 km까지의 거리 측정에 사용된다. 첫째로 간섭적 방법에서는 레이저의 간섭성을 이용하여 수십m의 거리를 백만분의 일의 정밀도로 측정할 수 있다. 둘째, 빔 변조법에서는 변조된 레이저 빛을 표적물에 보내어 반사되어 돌아온 빛과의 위상차를 측정함으로써 거리를 측정하게 되는데 이 방법 역시 백만분의 일 정도의 정밀도를 얻을 수 있다. 빛의 파장은 짧은 길이를 측정할 수 있는 매우 편리한 단위이다. 이때는 빛의 간섭현상을 이용하는데, 이는 두 빛이 만날 때 그 세기가 각각의 세기의 합보다 강해지기도 하고 약해지기도 하는 것을 말한다. 간섭적 방법은 두 점사이의 거리를 매우 정확하게 잴 수 있다.

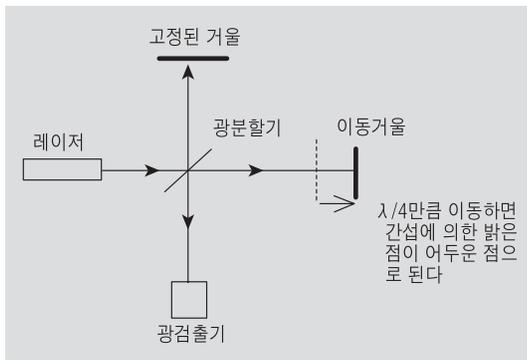


Fig. 12 거리측정에 사용되는 마이켈슨 간섭계 (여기서  $\lambda$ 는 레이저 빛의 파장)

기본적인 원리를 이해하기 위해서 간단한 예를 살펴보자. Fig. 12에서 레이저 빛이 광분할기에 의해 두 개의 빔으로 나뉜다. 그들은 각각 거울로 간 다음 반사되어 다시 광분할기로 돌아와 거기서 투과된 빛과 반사된 빛이 광검출기에서 간섭

한다. 이들이 광검출기 위에서 같은 위상을 가지면 밝은 점을 보일 것이다. 그 상태에서 하나의 거울을 1/4 파장만큼 레이저로부터 이동하면 그로부터 반사된 빛은 반파장 만큼 경로가 길어져서 두 빛은 180°의 위상차를 갖게 되어 소멸간섭을 하고 광검출기에는 어두운 점이 보인다. 거울을 더 움직이면 다시 밝은 점이 보이고 어두운 점이 보이는 것을 되풀이할 것이다. 그러므로 밝고 어두운 횟수를 기록하면 거울의 이동거리를 레이저 빛의 파장의 1/4정도로 정밀하게 측정할 수 있다. 예를 들어 헬륨-네온 레이저의 632.8nm 빛을 사용한다면 그 1/4인 158.2nm의 정밀도를 얻을 수 있다. 이런 방법을 이용할 때는 광검출기에서 나오는 신호를 전자회로에 연결하여 세기를 정밀하게 측정하면 더욱 정밀하고 효율적인 측정을 할 수 있다. 위에서 다룬 것을 마이켈슨 간섭계 (Michelson interferometer)라 한다.

이와 비슷한 원리를 이용하면 직선적인 거리만이 아니라 물체의 표면의 높낮이도 매우 정밀하게 측정할 수 있다. 주로 피조(Fizeau) 간섭계나 트와이만-그린(Twyman-Green) 간섭계를 이용하여 기준면(Reference Surface)과 주어진 면 사이의 차이를 0.00003mm 정도의 정밀도로 쉽게 측정할 수 있으며, 이는 높은 정밀도를 요하는 광학 부품의 시험 등에 사용되어진다. 이때 간섭무늬는 매우 평평하고, 고른 면에서 반사된 빛과 물체 표면에서 반사된 빛에 의해 형성되어, 물결무늬 같은 밝고 어두운 무늬를 보인다. 밝은 부분과 이웃하는 어두운 부분은 1/4파장만큼의 높이 차이를 보이는 것이다.[12] 또한, 레이저를 이용한 표면결함 측정 및 검사는 육안검사 또는 3차원측정기기를 이용한 것보다 훨씬 정도 있는 결과를 줄 수 있다.

## 5. 결 론

### 5.1 연구결과

본 연구는 목형삭성기로 가공한 완성목형에 대한 검사 및 측정방법개발을 목적으로 하였다. 강화플라스틱(FRP)선박 건조과정 중 선박의 품질을 좌우하는데 가장 중요한 부분인 몰드검사를 살펴보면, 현재의 선박검사는 도면을 참조하여 줄자, 경도계를 이용한 주요촌법 확인(Lt, Lr, Bm, Dm, Ds 등), 몰드의 표면상태, 표면경도 등을 측정하는 2차원적인 수작업에 의존하고 있으나 이러한 몰드측정검사는 측정자의 숙련된 경험과 측정기술, 계측지점의 선정에 따라 측정치가 달라질 수 있어 검사의 객관성, 신뢰성 확보에 다소 어려움이 있다. 따라서 가공된 완성목형을 측정할 수 있는 3차원측정기 및 기상측정, 레이저를 응용한 측정을 제안하였다. 목형삭성기 및 3차원측정기의 활용은 몰드측정 및 검사에 있어 보다 신속하고, 정확한 업무수행, 검사의 객관성 및 신뢰성 확보가 가능할 것으로 사료된다. 본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같이 정리할 수 있다.

1. 3축, 5축 목형삭성기로 가공한 완성목형에 대한 객관적이고, 정밀도 있는 측정 및 검사가 가능하여 완성목형 및 목형삭성기에 대한 가공신뢰성이 확보됨
2. 접촉 혹은 비접촉 형식의 다양한 3차원 측정기를 이용하여 완성목형의 3차원 데이터를 획득, 초기 설계데이터인 CAD데이터와 비교하는 방법으로 가공오차를 확인. 즉, CAD 데이터를 이용해 효율적인 측정 작업을 수행하도록 하는 바로 CAI(Computer-Aided Inspection) 활용하여 OMM보다 정확한 측정이 가능
3. 가공물의 주요치수를 측정하기 위하여 목형삭성기와 3차원측정기로 운반하면서 발생할 수 있는 오차와 가공 후에 재가공 또는 오차에 대한 수정을 요하는 경우 복잡한 과정을 반복하게 되어 제품에 대한 손실을 줄 수 있으며 과정을 수행하는 동안 많은 시간이 소요된다. 이러한 결점들을 개선·보완할 수 있는 기상측정(OMM : On Machine Measurement)시스템의 활용을 제안함. 기상측정(OMM)은 가공 및 측정을 함께 수행할 수 있어 다소 정도는 떨어질 수 있으나 가공의 신속성을 한 단계 높인 기기임
4. 이러한 CMM이나 OMM은 이제껏 수작업으로 측정 및 검사를 수행하던 것에 비하여 보다 정확하고, 신속한 측정 및 검사로 비용절감 및 시간절약이 가능할 것으로 판단된다. 또한, 가공 및 측정을 함께 진행할 수 있는 기상측정(OMM)을 채용할 경우 생산자동화를 꾀할 수 있어 조선산업발전에 큰 발전을 가져올 것으로 예상됨
5. 기존의 선박제작을 위한 몰드 및 형틀제작에 비하여 보다 정밀하고, 신뢰성 있는 완성목형 가공이 가능하여 양질의 선박생산에

많은 도움을 줄 것으로 사료되나 완성목형에서 제작될 몰드의 변형은 해결해야 할 과제임

위에서 언급한 내용과 같이 목형삭성기에서 가공한 완성목형에 대한 측정 및 검사는 목형삭성기 및 CAD/CAM/CAI분야의 발전으로 정밀하고, 신뢰성 있는 완성목형의 가공이 가능할 것으로 사료된다. 하지만 완성목형에서 제작될 몰드(Mold)는 수차례 선박의 탈형이 진행된 후 선체건조과정 중에 발생하는 지속적인 몰드변형은 현재 국내 중소형조선소에서 널리 사용하는 암(Female)몰드와 동일할 것으로 예상되며, 탈형된 몰드에 대한 검사와 적기에 수정·보완할 수 있는 오차수정방법 등 대책마련이 필히 요구된다.

## 5.2 기대효과 및 활용방안

- 신속한 측정 및 검사로 비용절감 및 시간절약이 가능하며, 더 나아가 가공 및 측정을 함께 진행할 수 있는 기상측정(OMM)을 채용할 경우 생산자동화를 꾀할 수 있어 조선산업발전에 큰 발전을 가져올 것으로 기대됨
- 현재 국내 중소형조선소의 경우 생산공정에 있어서 자동화를 기대하기는 힘든 상황에서 측정 및 검사부분에 있어서 기상측정(OMM)을 도입함으로써 설계 및 생산, 측정, 검사 통일화, 효율화를 이룰 수 있을 것으로 기대됨
- 까다로워지는 고객의 요구나 취향에 대응할 수 있는 선박생산전략 및 품질관리가 가능해

질 것으로 예상되며 소형선박 목형제작 및 CAD/CAM/CAI와 관련한 연구에 참고자료로 활용가능

## 6. 후 기

이 논문은 산업자원부 신기술실용화(수요연계) 기술개발사업 연구비지원으로 이루어진 것을 밝힙니다.

## 참고문헌

- (1) 이징구 · 이종대, 2007, “최신 정밀측정공학”
- (2) 김정돈, 2001, “CAD/CAM/CAI통합을 위한 3차원 온 머신 측정시스템의 설계”, 박사학위논문, 한양대학교 대학원
- (3) 김진섭, 2000, “CAD/CAM/CAI통합에 기초한 자유곡면의 측정계획”, 석사학위논문, 인하대학교 대학원
- (4) 선박검사기술협회, 2004, “FRP재 선박 제조 검사 실무 매뉴얼”
- (5) 서태일, 2002, “CAD/CAM/CAI통합개념과 On-Machine-Measurement시스템”, 최신 기술동향, pp.32 ~ 35
- (6) 조명우 · 이세희 · 서태일, 2001, “Measurement Error Modeling for On-Machine Measurement of Sculptured Surface”, International Journal of the Korean of Precision Engineering, Vol. 2 pp.73 ~ 80
- (7) Yixin Liu, Fengfeng Xi, 2001, “Analysis of digitizing errors of a laser scanning system”, Science Direct-Precision Engineering

- (8) 김성일, 박찬욱, 김인철, 정창식, 오장욱, 이경준, 2006, “레이저보트 목형가공 자동화에 관한 연구”, 대불대학교 중소형레이저선박산업 지역 기술혁신센터(TIC) 공동연구
- (9) 김태완, 1999, “CIMS를 통한 선박선형가공과 데이터 호환”, 충남대학교 대학원 석사학위논문, pp.1~45
- (10) PARA TECHNOLOGY CO., LTD “3D-COORDINATE MEASURING MACHINE & MARKING-OUT MACHINE”
- (11) 미국조선학회 편, 임상전 역, “기본조선학”, 1997
- (12) 한국과학기술진흥재단 “레이저와 미래생활”, 남창희, 손정영, 조두진, 최상삼

이 논문은 산업자원부의 신기술실용화기술개발사업 연구비 지원으로 이루어진 것임을 밝힙니다.