

레저보트 목형가공 자동화에 관한 연구

김성일^{†*}

대불대학교 기술교육과^{*}

Development of the Automatic Machining Technology for Boat's Wooden Patterns

Seong-Il Kim^{†*}

Dept. of Technology Education in Daebul University^{*}

Abstract

The cutting automation of boat's wooden pattern is strongly required to improve the productivity and quality of boats in leisure boat industry. This paper is concerned with the development of wooden pattern machining technology by the machining center. The leisure boat is designed with a 3 dimensional design s/w. The NC cutting data are generated in a CAM s/w and are verified using verification s/w. The cutting forces are monitored to analyse the cutting process. The surface characteristics of machined surface are investigated at various cutting conditions such as spindle speed, feed speed, the cutting direction of wood, and wood material.

※Keywords: Wooden pattern(목형), Leisure boat(레저보트), Machining center(머시닝센터)
Cutting forces(절삭력), Surface characteristics (표면특성), Spindle speed(주축회전수)

1. 서론

최근 주 5일 근무 및 소득의 증진과 함께 해양 레저장비, 레저 보트 및 요트 등 레저산업관련 제품에 대한 수요가 증가하고 있다. 특히 해양레저 인구의 증가와 함께 소비자의 요구에 대응하는 레저용 FRP 보트가 개발되어야 하지만, 업체의 현

상황은 목형 제작에서부터도 수작업이기 때문에 가공성, 치수의 정확성 등이 떨어지고 많은 기간이 소요되어 성능 및 생산성 향상에 큰 걸림돌이 되고 있다.

이와 관련된 연구를 살펴보면 김창훈(2006)의 레저스포츠 등 웰빙활동에 대한 수요가 늘어남에 따른 국가산업의 성장동력으로서 해양레저관련 소형보트 산업의 경쟁력 방안, 반석호 등(2006)의 한국해양연구원의 레저선박관련 연구, 정우양 등(1995)의 목형제작용 소재의 물리적 특성 연구,

접수일: 2006년 11월 7일, 승인일: 2007년 2월 21일
† 교신저자: sikim@mail.daebul.ac.kr, 061-469-1245

김태완(1999)의 CIMS를 통한 선박선형가공과 데이터 호환, 유재훈 등(2005)의 30피트급 요트의 선형개발 및 성능추적, 박근용 등(2005)의 현대세일링보트의 설계관점에서 본 전통어선, 최기철과 현범수(2006)의 요트 킬의 형상에 따른 유체력 및 유동특성, 윤재웅과 박종환(1988)의 프로펠러 가공연구 등 주로 선형관련 연구에 집중되어 있어 목형의 가공자동화 및 생산부문에 대한 연구는 부족한 실정이다. 박동민과 이강복(2005)은 모형선 제작에 마티카, 홍송, 아바치 목재 및 우레탄 폼을 사용하였으며, 제작공정은 판재가공, 현도, 부재절단, 적층, NC가공, 수사상, 측정, 도장, 마킹 순서로 진행되며, 이중 NC가공이 모형선 제작공정에서 가장 많은 시간이 소요된다고 하였다.

국내 레저보트가 세계시장에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 디자인과 접목된 설계에서부터 제작까지의 CAD/CAM시스템을 갖춘 목형가공기술 개발이 필수적이지만, 이에 대한 연구개발은 미진한 실정이다.

따라서 본 연구는 기존 수작업으로 제작하던 플러그(Plug) 등의 목형을 3차원 디자인 s/w로 디자인설계하고, CAM s/w에서 모델링하여 머시닝센터를 이용한 가공기술 개발을 목적으로 한다.

2. 연구개발 내용

현재 FRP 레저보트 제작시 사용되고 있는 플러그(Plug) 등의 목형은 2차원 설계에 의한 작업이기에 작업자의 기능에 의존해야 하고, 목형의 곡면, 부분 수정을 위한 작업 등으로 인하여 제작기간이 많이 소요되고 있다. 그러므로 목형의 정밀도 향상 및 제작기간을 줄이기 위해서는 제품의 3차원 디자인, 가공성, 치수의 정확성 등을 고려한 FRP 레저보트 목형의 CNC 기계가공이 절대적으로 필요한 시점이다. 따라서 레저선박업체인 (주) 마스터마린 조선, 대불대학교 해양레저선박산업 디자인혁신센터(DIC) 및 레저선박산업 지역혁신센터(RIC-N)에서 목형의 가공자동화를 위해 설계도면을 검토하고 디자인하였다. 디자인은 3차원 Rhino s/w를 사용하였고, 이 디자인 데이터를 CAM s/w (CATIA)에서 변환한 후 기계가공을 위

한 NC data를 산출하고 머시닝센터에서 목형을 가공하였다.

3. 목형가공방법 및 제작공정

기존 업체의 목형제작은 2차원 도면을 통한 현도제작, 목재와 합판 등을 사용하여 적층한 후 대패작업을 등을 통한 곡면제작 작업을 거쳐 샌딩작업으로 마무리한다. 이때 가장 많은 시간이 소요되는 곡면 및 표면작업은 작업자의 기능 숙련도에 따라 달라지므로 가장 어려운 부분의 하나이다. 따라서 업체의 주 요구사항 및 관심은 디자인에서 목형완성까지 CAD/CAM 시스템을 활용하여 정밀도를 향상시킨 목형의 가공기술을 개발하는 것이다

목형가공 재료는 목재의 수분 및 수축에 의한 물리적 성질과 목재의 강도 등에 따른 기계적 성질에 따라 달라진다(정희석 1994). 따라서 국내에서 목형제작 및 모형선 제작에 주로 사용하고 있는 마티카라 볼리우는 jelutong은 충분히 건조된 상태에서 가공하였고, 홍송(잣나무, 紅松, a red pine)은 시판되는 브라질산 집성목을 사용하였다. 목형은 레저선박제조업체((주) 마스터마린 조선)에서 개발한 46ft 보트의 축소형이다. 기존 2차원 도면대신 3차원 디자인과의 접목을 위하여 대불대학교 레저선박산업 디자인혁신센터(DIC)와 업체가 서로 협력하여 3차원 디자인 s/w인 Rhino를 사용하여 디자인하였다.

레저보트의 목형가공 프로세스를 살펴보면 3차원 Rhino s/w에서 디자인한 데이터를 CAM s/w인 CATIA에서 모델링하였고, 절삭조건, 가공방법, 공구를 선정하여 NC data를 산출한 후 검증 s/w에서 검증하였다.

현도에 의해 절단한 목재를 적층하고, 접착이 완료된 목형을 머시닝센터에 고정된 후, RS-232C 케이블을 연결하고 NC data를 DNC s/w로 머시닝센터에 전송하여 가공하였다. 황삭이 완료되면 정삭을 실시하여 마무리 작업을 실시하였다. 목형가공에 사용된 머시닝센터의 사양과 표면거칠기 측정기 및 절삭조건은 Table 1과 같고, 정삭방향은 황삭가공의 직각방향으로 가공하였다.

황삭은 6000 rpm, 이송속도 2000mm/min, 정삭은 6000 rpm, 이송속도 1000mm/min로 가공하였다.

공구는 목재가공을 위한 카바이드(carbide) 브레이징타입 $\phi 32\text{mm}$ 2날 롱 엔드밀(BBE2320-L200, UF2 (47L), TaeguTec)과 $\phi 50\text{mm}$ 길이 300mm인 롱 엔드밀을 사용하였다.

목재의 표면거칠기의 측정은 표면거칠기 측정기(Surface roughness tester, Surfptest 301)로 절삭 실험을 종료한 후, 중심선 표면 거칠기(Ra)와 최대 높이 표면거칠기(Rmax)를 측정하였다. 또한 페티로 작업한 표면과 시제품의 표면도 측정하였다.

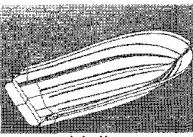
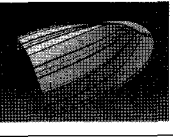
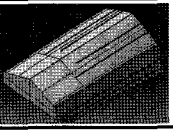
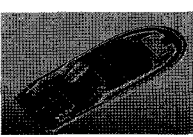
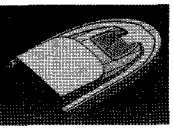
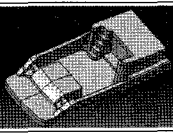


제작하려는 목형은 헐(hull), 데크(deck), 하우스(house), 플라이(fly) 4종류이다. 머시닝센터의 길이, 폭, 높이를 고려하여 기계의 크기보다 큰 헐은 Table 2와 같이 (1-1)(1-2)로, 데크(deck)는 (2-1)(2-2)로 나누어 제작하였으며, 소형인 하우스(house), 플라이(fly)는 일체로 하였다.

Fig. 1은 rhino s/w에서 디자인한 헐의 앞부분을 보여주고 있고, Fig. 2는 rhino 파일을 데이터 변환하여 CATIA에서 모델링한 것을 보여준다. Fig. 3은 판재의 치수를 정하고, NC가공 data를 산출하기 위해 판재를 적층(pad)한 그림이다.

Table 1 The specifications of experimental apparatus and cutting conditions

Machining center	<ul style="list-style-type: none"> - KV35II(WIA) - Controller:KIATROL - Table size:920×460 mm - X/Y/Z Axis:600/450/510mm - Spindle speed 30~6000 rpm - NT 40
Portable surface roughness tester	<ul style="list-style-type: none"> - Mitutoyo surfptest 301 - Measuring range * Ra, : 0.05 ~ 40 μm * Rmax: 0.3 ~ 160 μm
Cutting conditions	<ul style="list-style-type: none"> - Spindle speed:1000~6000rpm - Feed speed : 1000~ 2000 mm/min - Depth of cut : 3mm - Stepover length : 3mm - Zigzag milling

Table 2 Wooden patterns of leisure boat

1	 Hull (rhino file before cutting)	1-1 (Hull-front part)	
		1-2 (Hull-rear part)	
2	 Deck (rhino file before cutting)	2-1 (Deck-front part)	
		2-2 (Deck-rear part)	
3	House		
4	Fly		

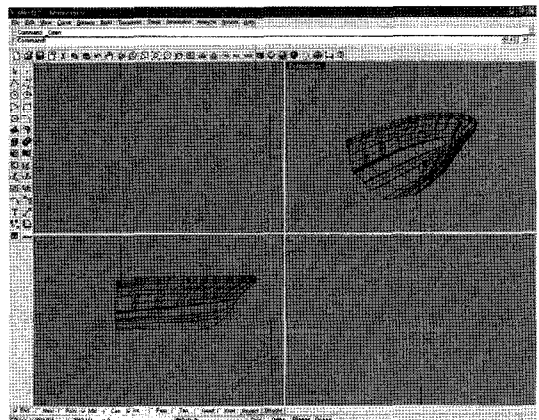


Fig. 1 Hull-front file in Rhino s/w

판재 치수를 현도로 출력한 후, 쓰임머신으로 절단한 목재를 접착제로 바른후 클램핑하였다. 클램핑은 Fig. 4와 같이 클램프를 사용하여 접착하

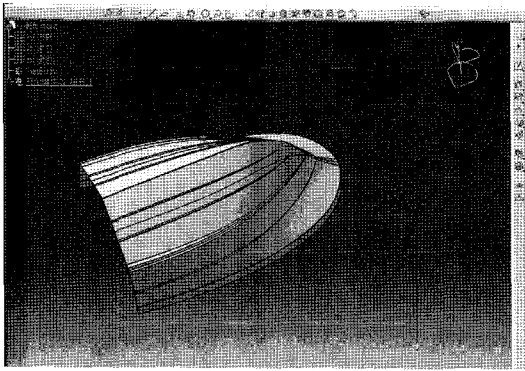


Fig. 2 Modelling in CAM s/w(CATIA)

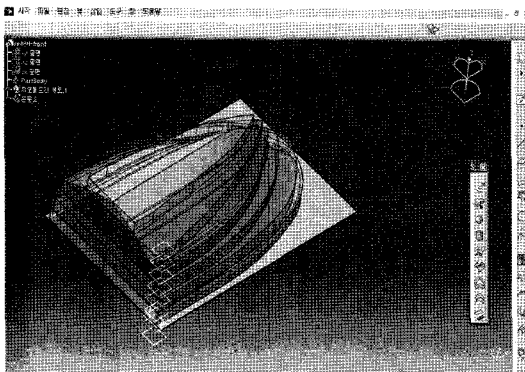


Fig. 3 Part Design in CAM s/w(CATIA)

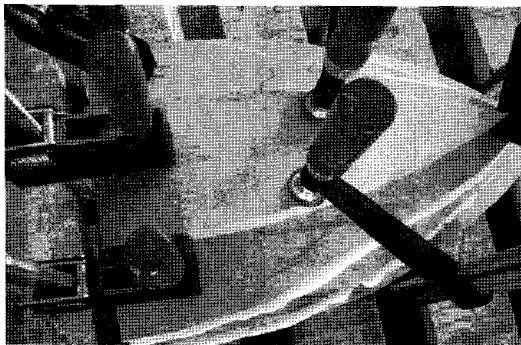


Fig. 4 Clamping of wood

거나, 프레스를 이용하여 가압한 후 접착하기도 하였다.

Fig. 5는 엔드밀을 사용하여 머시닝센터에서 hull의 선수부를 가공하는 것을 보여주는 그림이다. 황삭가공은 섬유방향으로 지그재그 절삭조건을 선

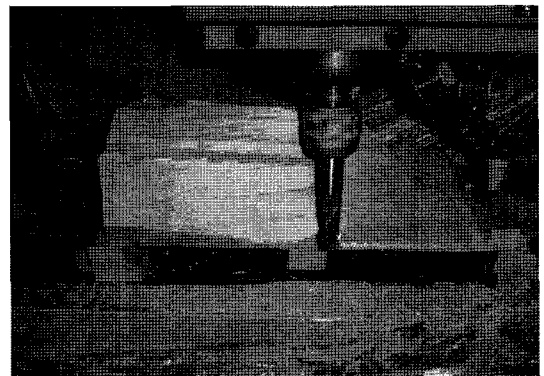


Fig. 5 Hull cutting by the machining center

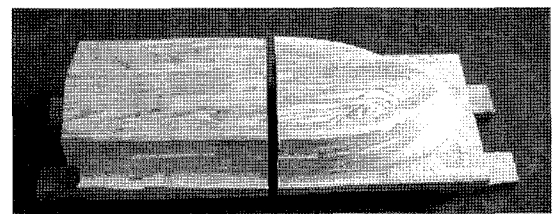


Fig. 6 Rear and front part of hull after cutting

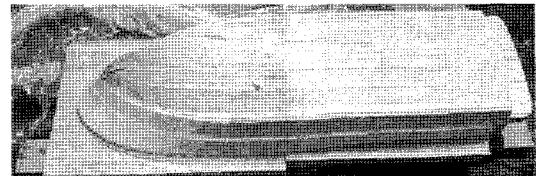


Fig. 7 Hull after bonding

정하여 깊이는 3mm씩 가공하였다. 목재 재질에 따른 절삭력과 표면거칠기를 평가하기 위하여 목재는 마티카와 홍송을 사용하였다.

Fig. 6은 가공되어진 hull의 선미부와 선수부를 보여준다. hull(Hull)과 데크는 목형을 2개로 분할하여 가공하였다. 선수부와 선미부를 부착할 위치인 측면은 평면이고 기준평면과 직각이어야 함으로 롱 엔드밀을 사용하여 가공하였다. 목형의 분할시 가장 어려운 점이 목형의 접합치수인데, 이러한 접합의 정밀도 향상이 목형제작에 있어 가장 어려운 점이다. Fig. 7은 Fig. 6의 분할된 선수부와 선

미부의 목형을 접합한 그림으로 기계가공오차는 거의 느낄 수 없었다. 수작업에 비해 기계가공의 이점을 보여준 것이라 판단된다. 분할하는 목형이 많을수록 접합부위의 정밀도 및 접합오차가 발생되기에 분할 목형 수를 줄이는 것이 중요하리라 판단된다.

Fig. 8은 이송속도 변화와 목재 홍송의 섬유방향절삭(R-), 목재 마티카의 섬유방향절삭(M-)에 따른 표면거칠기와 주축회전수(rpm)와의 관계를 보여주는 그림으로, 이송속도가 증가함에 따라 표면거칠기는 증가하고, 주축회전수가 증가함에 따라 표면거칠기는 감소하였다. 홍송의 경우가 표면

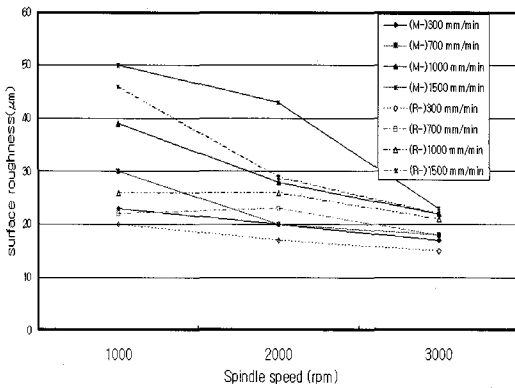


Fig. 8 The surface roughness and spindle speed for various feed speed

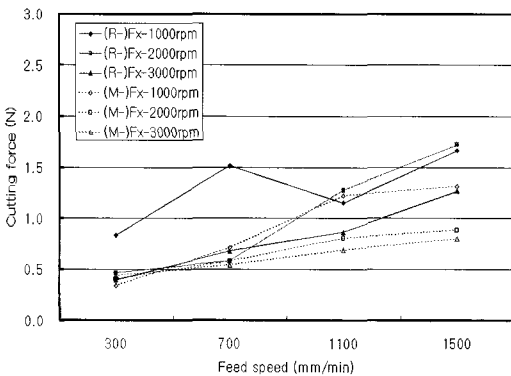
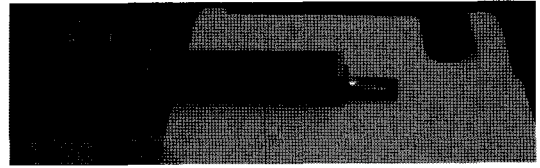
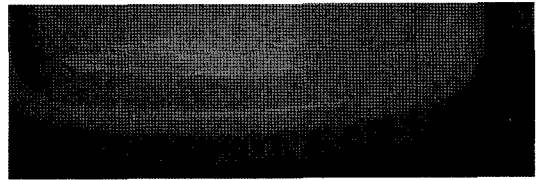


Fig. 9 The cutting force and feed speed for various spindle speed and wood material



(a) Surface roughness calculation after putting and sanding



(b) Manufactured surface of leisure boat

Fig. 10 Surface roughness test of machined surface

거칠기가 좋았으나 주축회전수가 증가하면 점점 비슷해짐을 볼 수 있었다.

Fig. 9는 주축회전수 변화와 홍송의 섬유방향절삭(R-), 마티카의 섬유방향절삭(M-)에 따른 x방향의 절삭력 Fx와 이송속도와의 관계를 보여주는 그림으로, 절삭력은 이송속도가 증가함에 따라 증가하였고 주축회전수가 증가함에 따라 감소하였다. 홍송보다는 연한 재질인 마티카 목재의 절삭력이 더 적음을 볼 수 있었다.

Fig. 10은 제품의 표면거칠기를 평가하기 위해 목형제작후 퍼티 및 샌딩 작업을 한 후의 표면거칠기(a)와 FRP몰드를 제작한 후 몰드에서 탈형한 시제품의 표면거칠기(b)를 보여주는 것이다. 절삭가공 후 목형의 표면거칠기 측정값은 Ra:2.2~2.5 μ m, Rmax:15~17 μ m, 퍼티작업 후 샌딩한 목형 (a)의 표면거칠기 측정값은 Ra:0.6~0.7 μ m Rmax: 4.7~5.7 μ m였으며, FRP 시제품 (b)의 표면거칠기 측정값은 Ra:0.07~0.1 μ m, Rmax:0.5~0.7 μ m정도였다.

종합하여 보면 기존의 2차원 설계에 의한 레이저보트의 목형가공은 수작업에 의존할 수 밖에 없지만, 3차원 디자인을 활용한다면 레이저보트의 구매 단계에서부터 소비자의 요구를 만족시킬 수 있고, 제작하기 전에 디자인 변경을 할 수 있어 추후 3

차원 디자인은 필수적이라 판단된다. 또한 이를 생산에 응용하기 위해서는 데이터의 호환이 중요하기에 타 CAD/CAM 시스템과의 호환을 미리 검토해야만 한다. 레저보트의 가공 자동화 및 생산성의 향상을 위해서는 추후 CAD/CAM시스템 활용 및 머시닝센터에서 가공하기 위한 최적 재료 선정, 가공조건 선정 및 가공기술 개발이라고 판단된다.

4. 결 론

1. 기존의 2차원 설계에서 벗어나 3차원 디자인 s/w 및 CAM s/w에서의 data 호환을 확인하였고, NC data를 산출하여 머시닝센터에서 목형을 가공하였다.

2. 레저보트의 디자인을 기존의 2차원에서 3차원 디자인 s/w로 디자인 하였으나 이 디자인 데이터로는 보트설계 검증할 수 없어 추가적으로 검증 s/w가 필요하였다.

3. 주어진 절삭조건에서 절삭력과 표면거칠기는 이송속도가 증가함에 따라 증가하였고, 주축회전수가 증가함에 따라 감소하였다. 홍송보다는 마티카목재가 절삭력은 더 적었고, 표면거칠기는 마티카보다 홍송이 더 낮았다.

4. 주축회전수의 증가에 따라 절삭면의 표면거칠기는 좋아졌으나, 목재섬유사이의 미세한 홈이 있어 몰드를 제작하기 위해서는 퍼티과 샌딩작업을 최소로 하는 절삭조건을 선정해야 한다.

후 기

본 논문은 대불대학교 레저선박산업 기술혁신센터(RIC-N) 지원에 의한 연구로, 위 기관의 후원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

• 김창훈, 2006, “해양레저용 소형 Rigid Inflatable Boat 개발에 관한 연구,” 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, pp. 1675.

• 김태완, 1999, CIMS를 통한 선박선형가공과 데이터 호환, 충남대학교 대학원 석사학위논문, pp. 1-45.

• 박근웅, 김동준, 박종현, 최병문, 2005, “현대 세일링보트의 설계관점에서 본 전통어선의 고찰,” 대한조선학회 논문집, 제, 42권, 제 1호, pp.50-56.

• 박동민, 이강복, 2005, “5축 고속 모형 삭성기를 이용한 모형선 제작 능력 향상,” 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, pp. 521-527.

• 반석호, 유재훈, 안해성, 2006, “한국해양연구원의 레저선박관련 연구,” 한국해양과학기술협의회공동학술대회, pp. 1676-1680.

• 유재훈, 반석호, 안해성, 김진, 김상현, 2005, “30 피트급 요트의 선형개발 및 성능추적,” 대한조선학회 논문집, 제 42권, 제 1호, pp.34-42.

• 윤재웅, 박종환, 1988, 프로펠러 5축 가공을 위한 CAD/CAM 시스템,” 대한조선학회 논문집, 제 35권, 제 2호, pp.51-62.

• 정우양, 배현중, 문경희, 1995 “모형제작용 소재의 물리적 특성에 관한 연구,” 한국목재공학회 춘계학술대회논문집, pp. 77-88.

• 정희석, 1994, 목재절삭학, 서울대학교출판부, pp. 7-16. 서울

• 최기철, 현범수, 2006, “요트 킬의 형상에 따른 유체력 및 유동특성에 관한 연구,” 대한조선학회 논문집, 제 43권, 제 4호, pp. 414-421.



< 김 성 일 >