생산 및 설계공학부문

최 헌 종 · 부문회장(한국생산기술연구원, 본부장) _e-mail : choihz@kitech.re.kr

이 글에서는 쾌속조형 및 생산기술, 절삭가공 및 공작기계, 연삭가공기술 및 연삭시스템, CAD/CAM 등 생산 및 설계공학 분야의 2007년도 한 해 동안의 연구 동향에 대해 소개한다.

쾌속조형 및 생산 기술

오늘날 수요자의 다양한 기호에 따라 제품 모델이 다양화되고, 국내외 시장에서 제품 개발 기간과 비용 단축을 위해서 쾌속조형 및 생산(RP&M; Rapid Prototyping & Manufacturing) 기술이 산업계에 도입되기 시작하였다. RP&M 기술은 1986년 SL(Stereoligthography) 공정이 개발된 이후 현재까지 30여 종 이상의 공정들이 개발/상용화되었다.

RP&M 기술의 개발 초기에는 플라스틱 제품 제작 공정 중심으로 기술 개발이 이루어졌으며, RP&M 공정으로 제작된 제품은 설계가시화용 모델, 설계 검증용 프로토 타입 및 2차 공정(Secondary Process)용 코어제작 등에 활용되었다. 이 시기에는 주로 광경화 공정, 분말 소결 공정, 용착 공정 및 접착 공정 기반이며, 고가인 대형 장비 위주의 RP&M 시스템이 개발되었다. 그러나 2000년대 시작부터 재료/유지비 최소화 및 제품 제작 시간을 매우 절감시키고 사무실 환경에 사용할 수 있는 3차원 프린터(3D Printer)들이 많이 개발되었다.

1990년대 말부터는 RP&M 기술의 경우 전통적인 적용 분야 외에 실물 프로토 타입(True Prototype) 제작, 기능성 금속 제품 제작 및 의공학 분야 등으로 적용 영역을 넓혀가고 있다.

실물 프로토타입 제작 및 기능성 금속 제품 제작 분야의 경우 금속 제품 제작용 RP&M 공정이 적용되고 있다. 특히 DMLS(Direct Metal Laser Sintering) 공정, SLM(Selective Laser Metling) 공정, LENS(Laser Engineered Net Shaping) 공정, DMD(Direct Metal Deposition) 공정 및 DMT(Laser-raided Direct Metal Tooling) 공정 등 제품 내부에 용침공정(infiltration)이 거의 요구되는 않은 높은 밀도를 가진 금속 RP&M 공정들이 상용화되기 시작한 이후부터는 실물 프로토 타입 제작 및 기능성 금속 제품 제작 분야로의 RP&M 공정의 적용이 점점 확대되고 있다. 직접식 금속 RP&M 공정 적용의 대표적인 예로서 금형의 냉각 성능 향상을 위한 형상 적응형 냉각채널(Conformal Cooling Channel)을 가진 사출성형 금형의 개발 이었다. 이 분야에서는 미국의 MIT 및 Michigan 대학교, 일본의 동경대학교, 영국의 Warwick 대학교 및 Leed 대학

교, 한국의 KITECH 및 조선대학교 등과 관련된 산업체들이 연계되어 사출성형 공정의 생산성 향상을 위하여 활발한 연구들이 진행되고 있다. 다음으로 두드러진 적용분야는 금형 또는 제품 보수 분야(Rapid Retrofit)로 금형이나 제품에 결함이나 파손이 발생하였을 경우, 전체를 새롭게 제작하는 것이 아니라, 결함이나 파손 발생부분만을 직접식 금속 RP&M 공정으로 용착하여 제품 및 금형을 원형 복원하는 방법이다. 이 적용 분야의 경우 레이저와 금속재료 분말이 동축 노즐에서 분사되는 방식인 LENS, DMD 및 DMT 공정이 가장 많이 적용되고 있으며, POM 사, Optomec 사 및 인스텍 사 등 공정개발사와 자동차 및 금형 회사들이 연계되어 기술개발을 서두르고 있다. 또한 금형의 고속/균일 냉각을 동시에 유도하기 위하여 직접식 금속 RP&M 공정을 이용한 다종 재료 적층형 고열전도성 금형 개발에 대한 연구가 국내외적으로 시작되고 있다.

RP&M 공정의 의공학 분야 적용은 매년 전체 RP&M 공정 적용 영역 중 10%를 꾸준히 유지하며 2004년 이후 증가세가 두드러지고 있다. 의공학 분야 적용은 주로 플라스틱 기반의 RP&M 공정이 많이 활용 되었다. RP&M 공정의 의공학 분야 적용으로는 RP 모델을 이용한 내부 인체 구조 특성 분석 및 임플란트 사전 성형 및 가이드/형판 사전 제작 분야, RP&M 공정을 이용한 인체 적응형 임플란트 및 보철 제작 분야, RP&M 제작 제품을 이용한 의공학 시험/평가 분야, 인체 형상 복원 및 기능성 의약 시스템 개발 분야들이 있었다. 미국 UCLA의 Mattel 아동병원에서는 Objet로 제작된 샴쌍둥이 뇌 모델을 이용하여 사전 수술 계획을 수립한 후, 샴 쌍둥이 수술을 22시간 만에 성공적으로 완수하였다. K. U. Leuven에서는 치과 임플란트 시술을 위한 인체 적응형 드릴링 형판을 SLA 모델로 제작하여 우수한 수술 결과를 얻었다. 이탈리아 Twin 대학 병원에서는 두부 기형에 대한 인체 적응형 임플란트를 제작하여 선천성 기형 함몰 두부를 가진 소녀에 대하여 성공적으로 수술에 적용하였다. 영국 Leed 대학에서는 비정상 대 정맥류의 내혈관 보수 시 SLA로 제작된 네 가지 모형에 대하여 유동 및 압력 변화 특성을 평가하여 최종적인 내혈관 보수 모델을 선정하였다. 영국의 Aberdeen 대학과 Birmingham 대학에서는 공동연구로 FDM으로 귀 형상에 대한 기초 형상을 제작한 후, 생체 재료로 피부층과 표피층을 부착시켜 인공 귀를 제작하여 생체재료의 성장 및 부착 특성을 고찰하였다. KAIST에서는 약물 전달 시스템 개발을 위해 쾌속조형 공정을 이용한 표면 드레싱 형상 제작 방법에 대하여 연구를 수행하고 있다.

향후 RP&M 기술의 경우 실물 프로토타입 제작, 기능성 금속 제품 제작, 인체 적응형 임플란트 제작, Scaffold 제작 분야 등으로 적용 영역을 계속적으로 확대해 나아갈 것으로 예상되고 있다. 또한 RP&M 기술을 마이크로/나노 제품 개발에 적용하여 미세 기능성/의공학 제품 제작 등으로 적용 분야를 확대할 것으로 생각된다. 그러므로 이 분야에 대한 원천 및 산업화 기술에 대한 연구개발이 두드러질 것으로 판단된다. (안동규, 조선대학교)

절삭가공 및 공작기계

2007년도 우리나라 공작기계 수주는 전년대비 4.6% 증가한 2조 4,492억 원을 기록하였다. 이 가운데 수출수주액은 전년대비 18.7% 증가한 1조 1,680억 원으로 5년 연속 증가세를 보이며 국내 기계산업의 효자산업의 역할을 이어간 것으로 분석된다. 반면, 전년대비 5.6% 감소하며 2년 연속 부진을 기록한 내수의 침체, 유가 및 원재 상승에도 불구하고 수출호황을 나타낸 데에는 중국, 유럽, 미국 등 3대시장의 수요 증가뿐만 아니라, 인도 등 신흥시장에 대한 수출이 확대됐기 때문인 것으로 분석되었기 때문이다. 특히, 인도 수출은 지난해보다 2배 이상 증가하였다.

이와 함께 국내 업체 중, 세계 공작기계 Big 5 메이커의 입지를 가지고 있는 두산인프라코어 공작기계BG의 공작기계 부문만으로 전년도 7,000억 원에서 2007년도 매출 1조 원을 넘어서기도 하였다. 이러한 호조세는 올해에도 지속되어, 1·4분기 공작기계 수주가 2007년 동분기 대비 5.8% 증가한 6,660억 원을 달성한 것으로 분석되고 있다.

삭가공 및 공작기계 분야 기술 측면에서는 지난 2006년 이후 2007년 한 해는 중장기적인 동 기술분야의 도약을 위한 과도기가 되고 있는 시점이었다고 평가할 수 있다. 산업적인 호황에도 불구하고, 기업의 기술혁신의 밑거름이 되는 R&D 기반은 오히려 지속적으로 약화되어 학계에서의 관련 학술분야의 연구활동이 축소되고 있다. 또한, 이미 고부가가치 기술 분야로 명확한 자리바꿈을 이룬 독일, 일본 등 선진 공작기계/CNC 메이커에 비해 개도국의 호황에 의존하고 있는 국내 공작기계산업의 장기적인 관점의 성장동력이 고갈되고 있다는 판단 때문이다. 한편, 경제환경적 측면에서도 한-미, 한-EU FTA 체결, 2008년 2분기 이후 예년대비 40~50%까지 상승한 원자재 및 유가 상승 등은 이러한 우려를 증폭시키고 있기도 하다. 이에 정부 및 학계에서는 공작기계산업의 경쟁력 향상을 위한 중장기적 전략을 정비하고, 국내 공작기계 기술을 하이엔드 선진기술 중심으로 전환하기 위해 필요한 'IT융합 가공장비' 기술을 면밀히 분석하여 로드매핑 하고, 관련 사업을 본격 추진하기 위한 노력을 가중하고 있다. 2005년도 한일 FTA대응 10대 부품소재기술개발과제의 일환으로 '다계통 e-CNC 모듈 개발' 사업을 시작으로, 2007년도에는 전략기술개발사업의 시범사업으로 '대면적 미세 가공시스템' 과제가 시작되었고, 2008년에도 관련기술을 대상으로 대규모 연구프로제트 과제들이 진행될 것으로 기대된다. 이러한 일련의 연구프로젝트들은 예전의 제품기술 확보 또는 국산화 측면보다는 공통적으로 선진국에 예속화되어 왔던 고부가가치 원천기술 부문의 확보와 국내 R&D 저변 확대를 목표로 한 산·학·연 공동 프로젝트라는 측면에서 그 기대감이 크다 할 수 있다. 한국공작기계협회 또한, 지금까지 추진되었던 산·학·연 기술교류회, 관련 학술활동 지원뿐만 아니라, 이러한 대규모 연구프로젝트에 적극 참여하여 기업계와 학계·연구계의 교량 역할을 강화하고, 인력양성 사업 등 인적·기술적 R&D 기반조성 측면을 초점화하여 많은 노력을 기울이고 있다.

한편, 세계 3대 공작기계 전시회의 하나인 EMO 2007뿐만 아니라, 국내 SIMTOS 2008에서의 관련 산업의 기술동향을 살펴보면, 예년과 마찬가지로 절삭가공 및 공작기계 분야의 고속화, 복합화, 지능화, 네트워크화와 더불어 저가격화 등에 추세에는 변함이 없지만, 이러한 신개념 기술이 한층 성숙되어 수요산업에 대한 적용에 따른 어플리케이션 측면에서 보다 강화되고 있으며, 제품 라인업도 매우 다양화 되고 있다는 점이 주목된다. 서울국제공작기계전(SIMTOS 2008)'에도 정보기술(IT)을 바탕으로 한 새로운 개념의 고속 고품위 금형가공기, 다축 복합가공기, 다면 5축가공기, 초음파가공기, 레이저가공기, 서보프레스 등 최첨단 IT융합공작기계가 대거 출품된 바 있다. 특히, 휴대폰, 카메라 등 이동통신 부품과 덴탈 임플란트 구성부품 등 초소형 정밀부품부터 선박, 우주·항공, 풍력발전 산업의 대형 가공물에 이르기까지 한층 더 고기능화 기술을 구사한 공작기계들이 선보이고 있다. Mori-Seiki, Mazak, DMG 등은 이러한 밑거름 아래 IT기술에 대한 투자를 대폭 강화하여, 가공장비에서 CAM 및 IT솔루션을 파트너기업과 함께 하나의 토털 솔루션으로 제공하고 있다. Fanuc 등은 0i, 15/16/18/21i 등을 하나의 플랫폼 모델로 통합되고, 고기능성 CNC에 대해서는 30i 시리즈로 통합하는 전략으로 저가격화와 하이엔드 제품 대응의 두 마리 토끼에 대응하고 있다.

이러한 추세에도 불구, 전술한 바와 같이 대학 및 연구소에서는 전통적 절삭가공 및 공작기계 전문가들이 나노/마이크로 분야 쪽으로 전향하면서 오히려 R&D 저변이 약화되고 있는데, 대한기계학회를 포함한 국내 관련 학회의 연구논문 발표가 감소하고 있는 추세이다. 2006년 이후 2007년 산·학·연 공동 연구프로젝트의 활성화와 함께, 우선적으로는 기업의 제품 상용화 기술을 지원할 수 있는 공작기계의 취약부 규명, 최적 설계를 위한 해석, 3차원 오차 측정기술 및 윤곽제어 기술 분야와, 시스템 신뢰성 향상과 지능화의 기반이 되는 모니터링, 이상 진단 기술개발 영역을 중심으로 활성화 될 것으로 기대되며, 기존의 절삭공정 메커니즘 기술이 융합되어 보다 많은 연구 시너지 창출이 기대된다.

(박천홍, 한국기계연구원)

연삭가공기술 및 연삭 시스템

연삭시스템은 공작기계 중에서도 기술 집약도가 가장 높은 장비로 타산업장비로의 파급효과가 가장 큰 장비기술이며, 생산설비 무역역조 개선을 위해 가장 먼저 국산화율 제고가 필요한 분야이다. 연삭시스템은 국가 R&D사업 Total Road map에서 지능형 생산시스템 기술로 분류가 되고 있으며, 산업자원부의 산업기술로드맵에는 IT 융합 가공장비에 해당하여 향후 산업 경쟁력의 기반과 미래 주력 시장을 확보하기 위한 중요한 위치에 놓여 있다.

또한, 공작기계 중에서 대표적인 수입 품목으로 한일 FTA, 한미 FTA 등 무역수지의 개선을 위한 품목으로 수입은 연평균 11% 상승이며, 2006년에도 약 2000억 원을 수입한 대표적인 공작기계 수입품목이다. 연삭시스템의 전세계 시장규모는 2007년 현재 연간 약 60억 달러로 추정되고 있으며, 최대의 연삭기 시장은 미국으로 시장규모는 연간 약 10억 달러, 일본의 시장규모는 약 5억 달러로 세계 4위의 시장규모를 보이고 있다(2006년 기준). 특히, 수직형 그라인딩센터, 광폭 센터리스 연삭기, 복합 연삭시스템 등 하이엔드 고능률연삭가공시스템의 세계시장규모는 공작기계산업 시장성장률을 웃도는 높은 성장률을 유지하고 있다.(산업기술로드맵 2007. 4)

한국의 연삭기 시장규모는 약 2.5억 달러 규모로서 세계 8위의 연삭기 시장이다. (2006년 기준) 국내 연삭기 생산 현황은 2000년(270억 원) 대비 2005년(800억 원) 3배 이상 성장으로 고성장 특화 산업이며, 국내 NC연삭기의 수출 동향은 2004년 4,393천 달러, 2005년 9,177천 달러(2004년 대비 108% 증가), 수입동향은 2004년 66,368천 달러, 2005년 97,314천 달러(2004년 대비 46%증가)로 매년 수출입 증가하고 있다. NC연삭기의 경우, 일본으로부터의 수입의존도가 전체의 51.2% (2005년도 기준)로 압도적인 우위를 점유하고 있으며, 독일로부터의 수입비율이 23.9%, 스위스 8.0% 등이다.

선진국 연삭기 업체의 경우, 독일 등 유럽은 70~80년, 일본은 30~40년의 기술개발경험을 보유하고 있기 때문에 전체 시장의 약 70%의 규모를 유럽과 일본 업체들이 점유하고 있다. 연삭기 분야는 유럽지역 메이커들이 기술적으로 선도해나가고 있으며 연삭기의 다축화, 다두화가 촉진되고 있으며 이종공정(선삭과 연삭 등 -독 일 EMAG, VSC MODEL)의 복합화, 서로 다른 가공법의 통합, 숫돌하나로 여러 공정을 연삭하는 방법, 숫돌을 자동으로 교환하여 여러 종류의 숫돌을 사용하는 방법, 복수의 스핀들을 부착하여 숫돌을 터렛 방식으로 선택하는 방법, 복수의 숫돌 스핀들과 각각의 이송축으로 순차적 혹은 동시에 연삭하는 방법 등 다양한 형태의 복합연삭기가 출시되고 있으며 공구연삭기에서는 WALTER, SAACKE 등에서 AWC(Auto Wheel Changer)가 장착된 설비가 국내에 도입되어 사용 중이다. 특히 일본과 다른 점은 연삭가공의 software가 풍부하고 소비자가 어떤 연삭 사이클이라도 선택하여 사용할 수

있도록 준비되어 있는 것이 특징이다.

최대 수요 분야는 자동차 부품 분야 인데, 기술을 선도하고 있는 업체에서는 여러 공정에 대한 옵션(복합화 및 자동화)을 창출하여 어떤 부품에 있어서도 유연한 대응이 가능한 기술력을 갖추고 있다. 하지만 국내의 경우는 이러한 옵션 창출능력이 없으며 모방을 통해 가격으로 경쟁력을 유지하고 있는 실정이다.

과거 단편적인 연삭기는 1억원 미만의 저가의 가격대를 형성하고 있고, 과거의 모델을 외형 및 기능의 변화 없이 그대로 생산하고 있어 기술경쟁력을 점점 잃고 있다. 하지만 고능률 연삭기는 5억월 이상의 고가의 가격대를 형성하여 장비 메이커에게 많은 수익을 남겨주어 그 수익으로 인한 지속적인 R&D투자가 가능해져 기술력 향상을 이루고 있으며, 기술력의 빈익빈 부익부 현상이 가속화 되어 선진국과 후진국의 기술격차가 갈수록 커지고 있는 상황이다.

연삭시스템에서의 숫돌은 중요한 기술적 위치해 있으며, 전 세계 산업용 다이아몬드공구의 주요업체로는 시장점유율 순으로 세튼-고바인(약 30% 내외), 일본의 아사히다이아몬드(Asahi Diamond, 15%), 오스트리아의 티톨리트(Tyrolit, 6%), 일본의 A.L.M.T.(구 오사카다이아몬드, 5%), 일본의 디스코(Disco, 5%) 순이다. 특히 세튼-고바인은 노튼(Norton), 윈터(Winter), 유니콘(Unicorn), Vanmoppe 등 다수의 세계적인 브랜드를 보유하고 있다.

해외 선진국들은 NC연삭기와 고속연삭기가 보편화되어 있는 단계에 있으며, 정밀급 연삭기의 경우 기술의 안정화 단계에 이르고 있고 최근에는 연삭기 산업의 높은 부가가치를 추구하고 있다. 특히 반도체, 가전, 정보통신 등의 첨단 산업제품에서도 직접적인 영향을 미치기 때문에 연삭 가공기계 자체의 고부가가치화뿐만 아니라, 이를 통한 산업제품의 고부가가치화를 동시에 추구하기 위한 초고속화, 고능률화, 지능화, 고정도화, 환경친화 등을 중심으로 기술개발이 진행되고 있다.

연삭기의 고능률화를 위해 연삭기계에 각 요소의 고속화 개발과 더불어 이를 뒷받침 할 수 있는 제어장치의 고속화 및 가공기술의 고속화가 병행되어 진행되고 있으며, 가공을 위한 준비작업에서의 고속화도 연구되고 있으며, 연삭기의 고능률화와 고생산성을 동시에 만족시키기 위해서 지능화 기술에 대한 연구도 진행되고 있다. 연삭기의 고정도화는 연삭가공에 요구되는 가공정도가 점점 더 정밀해지고, 최근에는 외부로 드러나는 기하학적인 정도뿐만 아니라 잔류응력 등의 가공 변질층과 균열(crack), 스크래치(scratch) 등에 대한 요구도 엄격해지고 있으며, 이를 실현하기 위한 가공조건, 공구, 연삭액, 기계정밀도의 영향인자 처리를 추구하고 있으며, 또한 장시간에 걸쳐 고정도를 유지하기 위해 열변형, 숫돌 및 드레서의 마모, 각 운동 요소의 운동 정밀도, 센서의 감도 등에 대한 기술 개발이 이루어지고 있다.

또한, 최근 환경적인 문제의 대두로 연삭유를 많이 사용하는 연삭기에 있어서 드라이 가공, 세미드라이 가공, 극미세 연삭액 사용, 냉풍 연삭 등의 연삭가공기술과 주변장치 기술개발, 인체에 무해한 연삭액 개발 등이 확대되고 있다.

(이석우, 한국생산기술연구원)

CAD/CAM

항공기동체 및 복잡곡면 설계에서 시작한 CAD/CAM 관련 연구는 변수설계와 전문가 시스템과의 연계를 통한 특징형상설계, PDM 및 동시공학설계와 연계되어 설계분야의 필수 모듈로 자리잡았다. 초창기 Mainframe 컴퓨터에서만 가능했던 시스템이 하드웨어, 소프트웨어의 발전과 함께 Workstation급 시스템을 거쳐 PC급 수준에서도 변수설계가 가능하게 되어 사용자의 범위는 급속히 확대되었다. 그러나 CAD 시스템의 일부, 혹은 전체를 개발해야 하는 연구 분야는 극히 저조한데, 이는 투자된 개발 비용에 비해 상품성을 지닌 제품으로의

전환이 어렵기 때문이다. 국내의 가장 큰 시장이라고 할 수 있는 대기업은 세계적으로 공용 되는 Kernel을 기반으로 한 외국 대기업의 시스템을 그대도 사용하는 사용자입장에 있어 국내 CAD 산업의 입지를 더욱 어렵게 하고 있다. 반면 CAM 분야는 외국 제품보다도 국내 제품을 선호하고 있어 이를 기반으로 한 국내 연구 및 시장규모는 상당한 수준에 있는 상황이다. 개발 분야도 기존의 NC Machining뿐 아니라 신속시작조형(Rapid Prototyping)으로 확대되어 현재 산업계의 핵심 이슈 중 하나인 제품의 라이프 사이클 감소를 통한 적기 출하의 이득을 최대화하려는 업계의 노력에 잘 부응하고 있다.

향후 설계 관련 CAD/CAM 분야의 연구는 다양한 고객 요구에 대응해야 여러 종류의 제품을 출시할 수 있어야 하고, 또한 기능도 복잡·고도화되고 있어 이런 시장 환경의 변화에 빠르게 대응하기 위한 방향으로 연구가 진행되고 있다. 즉 제품 개발은 설계자가 정한 설계평가 기준에 대하여 현재의 설계가 그 기준을 얼마나 만족하였나를 검증하고, 만약 기준을 만족하지 못할 경우 적절한 설계대안을 도출시키고 선택을 돕는 PDM/CPC/PLM 등의 시스템 개발방향으로 전환되고 있다. 이러한 개발환경의 전환으로 기존의 CAD/CAM관련 정보의 재사용과 기존 정보의 Knowledge Base화를 통한 질(質)의 정보확립을 위한 방향으로 전환되고 있다.

(이수홍, 연세대학교)