

직접금속조형기술(DMTTM, Direct Metal Tooling)과 적용 사례

Laser-aided Direct Metal Tooling Technology

(주) 인스텍 서정훈

I. 서 론

1987년 미국 3D Systems사가 세계 최초의 RP(rapid prototyping) 상용장비인 SLA-1을 발표한 이후로, 다양한 RP 기술이 신제품의 개발기간 단축 및 비용절감의 목적으로 산업에 적용되고 있다. 그러나 RP 기술은 CAD 데이터로부터 시각적으로 관찰할 수 있는 시작품을 빠른 시일 내에 제작하여 기존의 제품설계과정에서 야기되는 각종 시행착오를 줄일 수 있다는 장점이 있지만, 시작품의 소재가 광경화성 수지, 종이 등의 비기능성 재료로 국한되어 있어 실제 사용은 물론이고 시작품의 성능 및 물성평가에도 사용되지 못하며 정확한 치수의 시작품을 제작하기가 어렵고, 설비와 재료비가 고가라는 문제점이 있다[1]. 그리고 기능성 제품을 제작하기 위하여 RT(rapid tooling) 기술이 적용되기도 하지만, 이들은 주로 RP기술로 제작된 모델을 몰드(mold)나 다이(die) 등의 패턴으로 사용하여 금속제품 또는 시작금형을 제작하는 방법을 채택하고 있고, 여기에는 silicon rubber tooling, direct AIM tooling, Al-filled epoxy tooling, spray metal tooling, cast kirksite tooling, 3D Keltool 등이 있다. RT 기술은 RP 기술과 모델을 기반으로 금속 제품을 제작하는 기술로써 엄밀한 의미에서 "RP-driven tooling"으로 정의하는 것이 옳바르며, RP 모델에 대한 의존도가 크고, 사용 가능한 금속소재에 제한이 있으며 정밀한 치수의 제품을 얻기 어렵고, 소프트 툴링(soft tooling)에 국한된다는 단점이 있다[1].

최근 미국을 중심으로 한 선진국에서는 제품의 설계단계에서 준비된 CAD 데이터로부터 제품이 요구하는 기능성 소재(금속, 합금, 세라믹 등)를 사용하여 3차원 형상의 실제 제품 혹은 제품 생산에 필요한 금형이나 다이 등을 바로 쾌속 제작할 수 있는 신개념의 "direct metal tooling"에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이 가운데서 레이저빔을 이용한 직접금속성형기술(laser-aided direct metal fabrication technologies)이 가장 성공적으로 개발되어 상용화 단계에 진입하였으며, 여기에는 LENSTM(Laser-Engineered Net Shaping)[2], DMDTM(Direct Metal Deposition)[3], DMTTM(Direct Metal Tooling)[4] 등이 있다.

본 연구에서는 국내 자체기술로 개발된 DMT 기술과 적용사례를 소개하고자 한다.

II. 본 론

1. DMT 기술의 정의

DMT기술은 제품이 요구하는 기능성 소재(금속, 합금, 세라믹 등)를 사용하여 컴퓨터에 저장되어 있는 3차원 형상의 기하학적 자료(digital data of 3D subjects¹⁾)로부터 직접 3차원 형상의 제품 또는 제품생산에 필요한 틀(tools²⁾)을 매우 빠른 시간 내에 제작할 수 있는 신개념의 직접금속성형기술로 정의된다.

2. 3차원 형상의 물리적 구현

DMT 기술에서 CAD 데이터로부터 직접 3차원 형상을 물리적으로 구현하는 기본개념은 일반 프린터와 유사하다. 프린터는 컴퓨터에 저장되어 있는 문서 데이터 파일을 이용하여 2차원 종이 표면 위의 정확한 위치에 카본 또는 잉크를 입혀 문서를 제작하듯이, DMT기술은 3차원 CAD 데이터를 이용하여 3차원 공간의 정확한 위치에 기능성 소재를 요구하는 양만큼 형성시킴으로써 3차원 형상을 물리적으로 구현한다. 기본적으로 3차원 형상의 물체는 2차원의 면들로 구성되어 있고, 따라서 2차원의 면을 반복적으로 한층 한층 적층 함으로써 3차원 형상을 제작할 수 있다. 이러한 방법을 MIM(material increment manufacturing)이라 한다(그림1)[5]. DMT 기술에서는 레이저 클래딩 기술을 이용하여 2차원의 평면을 구현하며, 절삭가공이나 주조 등과 같은 기존의 제조공정과 달리, 재료를 첨가 증착시켜 3차원 형상을 성형한다(additive materials deposition for building shapes)(그림2).

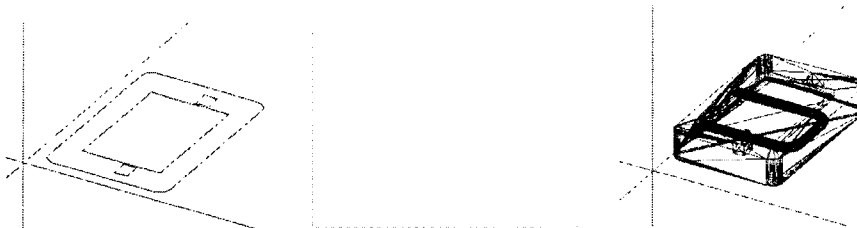


그림 1. MIM 공정의 기본 개념



그림 2. DMT 기술의 기본개념

- 1) 3D CAD data, CT and MRI scan data, digital data created from 3D object digitizing system, etc.
- 2) Molds & Dies

3. DMT 공정의 기술적 특징 및 응용분야

DMT 기술은 레이저, CAD, CAM, 센서 및 제어기술, 재료 등의 5가지 기술이 결합된 것으로 다음과 같은 기술적 특징을 갖는다.

- 쾌속 조형 : 기존 금형제작 기간을 40% 정도 단축(미국 NCMS)[6]
- 주문 적응형 생산 및 e-manufacturingTM
- 소재의 제한성이 없음.
 - 다양한 금속, 합금, 세라믹 등의 기능성 소재를 직접 사용
 - 난가공성 소재(공구강, 초합금, Ti 합금 등)
- 조형과정에서 재료의 손실이 없음.
- 어떤 한 부품을 제작하더라도 부위별로 또는 기능별로 각기 다른 소재를 사용하여 3차원 형상을 제작할 수 있음.
 - 고기능성 다소재 부품의 제작
 - 경사기능재료(functional gradient materials)
 - 고가의 전략금속 소모 최소화
- 내부구조를 갖는 조형물의 제작
 - Conformal cooling channel 및 heat sink의 삽입: 제품수명 및 생산성향상
 - 사출성형 금형의 경우, 생산성이 40% 가량 증가(C-Mold Guide)
 - 생산성 20% 향상은 53%의 이익증가[7]
 - 센서삽입 : Smart materials
- 고가의 금속제품 및 금형의 재생, 리 모델링, 보수
 - Reverse engineering
- 우수한 기계적 물성
 - Wrought materials와 대등하거나 더 우수한 기계적 특성
 - MIM 기반의 적층기술임에 불구하고, 기계적 특성의 이방성이 없음
 - 100 % 치밀한 조직 / fine microstructure

DMT 기술은 신개념의 직접금속성형기술로써 조형 대상물에 따라, 자동차, 전기 전자, 반도체, 기계, 금형, 소재, 의료, 항공우주, RP&T 등, 거의 모든 제조업 분야에 적용이 가능하며, 응용분야를 정리하면 아래와 같다.

- Functional Metal Prototypes
- Die & Mold Cavities
- Restoration, Remodeling, & Repairing of Tools and Metal Parts
- Thermal Management of Tools
- Smart, Medical, Military, & Aerospace Parts
- Intelligent Manufacturing System

- Surface Modification & Coatings
- Ti-alloy Parts

4. 적용 사례

사례1) 임펠러의 제작

- 조형 소재 : SKD 61 공구강
- 기판 소재 : SKD 61 공구강

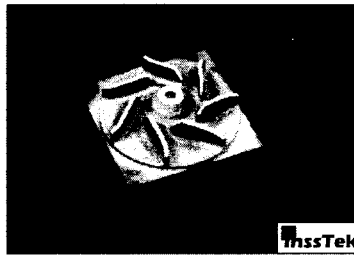


그림 3. DMT 기술로 제작된 임펠러

사례2) 핵연료 간격판의 제작

- 조형소재 : Aluminum alloy 6061

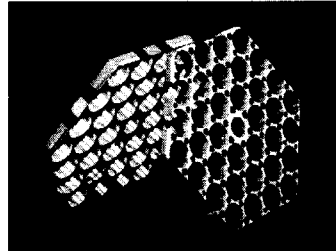


그림 4. DMT 기술로 제작된 핵연료 간격판 샘플

사례3) 핸드폰 금형의 제작

- 조형소재 : SKD 61 공구강
- 기판소재 : SUS 316

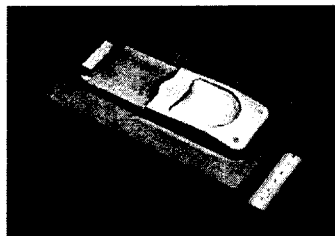


그림 5. DMT기술로 제작된 핸드폰 금형코아

사례4) 금형의 리 모델링(Remodeling of Tools)

- 대상부품 : 자동차 펜더용 프레스 금형
- 금형소재 : FCD 550
- 조형소재 : SKD 61 공구강

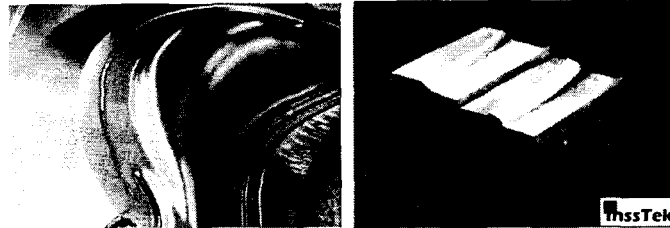


그림 6. DMT 기술을 적용한 금형의 리 모델링 사례

사례5) 손상 금형의 재생 I (Restoration of Tools)

- 대상 금형 : 열간단조 금형
 - 부품명 : Connecting-Rod Trim Punch
 - 재 질 : S45C 또는 SKD 61 공구강
- 조형 소재 : SKD 61 공구강

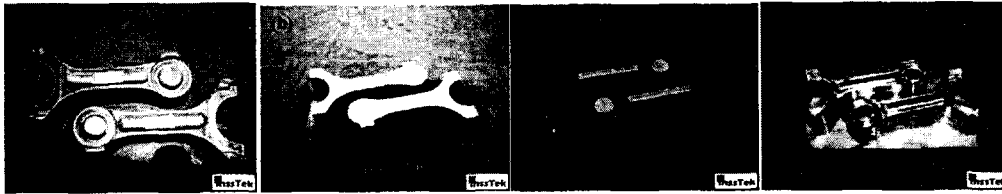


그림 7. DMT 공정을 이용한 손상 단조 금형의 재생

사례6) 손상 금형의 재생 II (Restoration of Tools)

- 대상 금형 : 다이 캐스팅 금형 인서트
 - 부품명 : T/M Case Insert
 - 재 질 : SKD 61 공구강
- 조형 소재 : SKD 61 공구강

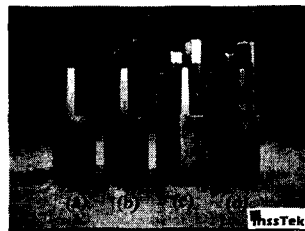


그림 8. DMT 기술을 이용한 손상 다이 캐스팅 인서트의 재생

III 결 론

본 연구에서는 국내기술로 개발된 DMT 기술과 그 적용사례를 살펴보았다. DMT기술은, 소품종 대량생산(mass production)에서 다품종 소량생산(mass customization)으로 생산방식이 변화되고, 제품의 수명주기(life cycle)이 크게 단축되고 있으며, 시장진입시기(time-to-market)의 중요성이 날로 부각되고 있는 최근의 제조업 환경변화에 유연하게 대처하고, 신제품의 개발기간 및 비용을 획기적으로 절감하여 치열한 국제 경쟁에서 시장 우위를 확보하기 위해 개발된 신개념의 직접 금속성형기술이다. 이 기술은 3차원 CAD 데이터로부터 기능성 제품 또는 제품생산에 필요한 틀을 매우 빠른 시간 내에 쾌속 제작할 수 있을 뿐만 아니라 절삭가공 및 주조 등의 기존 금속가공기술로는 불가능하였던, 고기능성 다소재 부품의 제작, 내부구조를 갖는 금속제품, 손상된 고가의 금속 부품 및 틀의 재생 및 리 모델링 등의 적용도 가능하다.

IV 참고문헌

1. RP&T State of Industry(Terry Wohlers)
2. <http://www.optomec.com>
3. <http://www.pom.net>
4. <http://www.insstek.com>
5. J.P. Kruth, Annals of the CIRP, 40[2], p.603 (1991).
6. J. Mazumder, et al., JOM, May, 1997, p.55
7. R.A. Beard, Plastics Technology, Jan. 2001.