

## 3D 프린터를 이용한 제조 환경에서의 품질경영

손은일\* · 송해근\*\* · 임성욱\*\*\*†

\* 한국국제대학교 경영학부

\*\* 동국대학교 경영학부

\*\*\* 대진대학교 산업경영공학과

### Quality Management in a Manufacturing Environment using a 3D Printer

Eun-Il Son\* · Hae-Keun Song\*\* · Sung-Uk Lim\*\*\*

\* Dept. of Business Administration, International University of Korea

\*\* College of Business Administration, Dongguk University

\*\*\* Dept. of Industrial & Management Engineering, Daejin University

#### ABSTRACT

**Purpose:** As the number of people directly employed in making things declines, the cost of labour as a proportion of the cost of production and delivery will diminish too. This will make to move the focus of quality management because new manufacturing techniques make it cheaper and faster to respond to changing local tastes

**Methods:** This discussion is induced by understanding that change the point of view of quality.

**Results:** Mark-processing method using a mold of 3D-printer is different from traditional manufacturing methods. Design, rapid prototyping of products produced by the right way, many changes in many industries will be created. Therefore, the design will be more emphasis on the importance of quality.

**Conclusion:** As manufacturing goes digital, a Quality great change is now gathering pace. It will allow things to be made economically in much smaller numbers, more flexibly and with a much lower input of labour, thanks to new materials, completely new processes such as 3D printing. So we must change the vantage point of quality, from process to Design, R&D, and Delivery.

**Key Words:** 3D Printer, Quality Management, Strategy of Quality

● Received 12 May 2014, revised 9 June 2014, accepted 10 June 2014

† Corresponding Author(sulim@daejin.ac.kr)

© 2014, The Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

\* This work was supported by the Daejin University Research Grants in 2014.

# I. 서론

Paul Markillie는 “제조과정이 디지털 방식으로 바뀔에 따라 전 산업계에 큰 영향을 미치게 되며, 제조산업은 개도국에서 부유국을 중심으로 다시 부활하게 될 것이다.”라고 주장하며 “디지털 방식은 더 낮은 비용으로 고객의 요구사항을 신속히 해결할 수 있는 핵심을 제공하며, 가장 큰 수혜자는 중소기업이 될 것이다”라고 주장하였다. 또한 IT 컨설팅 업체 가트너는 2007년부터 ‘Hyper Cycle for Emerging Technologies’를 통해 3D 프린터를 미래 유망 기술로 선정하였으며, MIT는 2013년에 발표한 「10 Breakthrough Technologies」의 하나로 3D 프린터 기술을 선정하였다. 맥킨지는 2013년 혁신기술 12개 가운데 3D 프린터 기술을 고부가가치 산업으로 선정하였다. 이와 같은 시대적 변화에 따라서 품질경영의 중심도 단순 제조 중심에서 점차 R&D로 변화하고 있다. 이에 따라 단순히 R&D의 성과를 높이기 위한 품질경영도 중요하지만 제조 환경의 변화에 따른 품질도 관리되어야 한다. 3D 프린팅 기술 발전은 설계가 바로 생산으로 이루어지기 때문에 설계 품질의 중요성이 더욱 확대 될 것이며, 3D 프린터의 확산은 생산된 제품을 물류창고에서 관리하는 배송 시스템에서 생산과 배송이 같은 장소에서 시행되는 시스템으로의 변화가 이루어짐으로써 물류품질의 중심도 변화하게 될 것이다. 이에 따라 기업에서 품질경영의 관점이 변화되어야 할 것이다.

# II. 본론

## 2.1 3D-Printer 발전

디지털 생산방식의 핵심인 3D 프린터는 2011년 11월 EuroMold 박람회에서 처음 소개되었다. 이 프린터는 타이테늄 파우더/시트 혹은 잉크 형태의 재료를 적층하여 3차원 실물을 제작하는 기계로 첨삭가공(Additive Manufacturing; 절삭가공과 반대개념을 가지고 실물을 직접 제작하는 프린터 또는 직접디지털가공)방식이라고 한다.

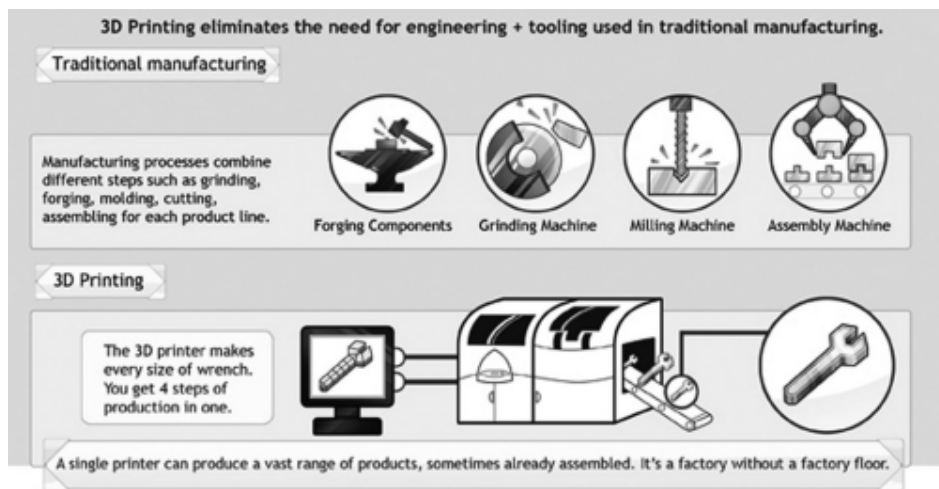


Figure 1. Traditional manufacturing vs. 3D-Printing

3D 프린터에 사용되는 물질은 acrylonitrile(에크릴로우나이트릴; 합성고무/섬유의 원료), butadiene(부타디엔; 탄화수소로 합성고무 원료), styrene(스티렌; 방향이 나는 무색 액체로 합성 수지 고무 원료), polylactic acid(폴리유산: 재생가능한 원료에서 추출한 ABS), polycarbonate(폴리탄산 에스테르; 합성 수지의 일종), metallic powders, clays, 또는 living cells 와 같은 thermoplastic(열 가소물질)이다.

3D 프린터는 CAD(Computer Aided Design)로 설계한 3차원 입체를 필요한 원재료를 투입하고 출력하면 제품으로 만들어주는 것으로 기존의 금형을 이용한 제조 방식과는 다른 획기적인 생산방식인 것이다. 금형을 이용한 생산 방식은 금형 설계부터 제조까지 금형 자체 생산의 어려움이 매우 크고 제조시간도 많이 걸려 설계에서 생산까지 많은 비용과 시간이 필요하지만 3D 프린터는 이러한 어려움을 일거에 해결해 준다.

3D 프린터의 장점은 무엇이든 원하는 제품을 쾌속조형(Rapid Prototyping) 방식으로 제조할 수 있고, 셋팅 비용이 들지 않는 매우 유용한 제조방식이다. 따라서 다양한 고객의 요구사항을 바로 적용할 수 있으며, 3D 프린터로 고객에 맞는 개별 제품을 대량으로 제조할 경우 규모의 경제에 따라 시간적 측면과 비용적 측면에서 큰 혜택을 보게 된다.

이와 같은 새로운 제조 시스템은 노동력 감축에 따른 저생산비용이 실현되고 고객 요구에 신속히 대응할 수 있으므로, 요구사항이 다양하고 급변하는 부흥국들을 중심으로 다시 부활하게 될 것이다. 미래의 공장은 보다 스마트한 소프트웨어에 의해 운영되며, 제조과정의 디지털화는 이미 디지털화된 제품들 즉, 사무장비, 전화장비, 사진제작, 음악, 영화산업 등에 지대한 영향을 미치게 될 것이다.

## 2.2 3D-Printer 산업 동향

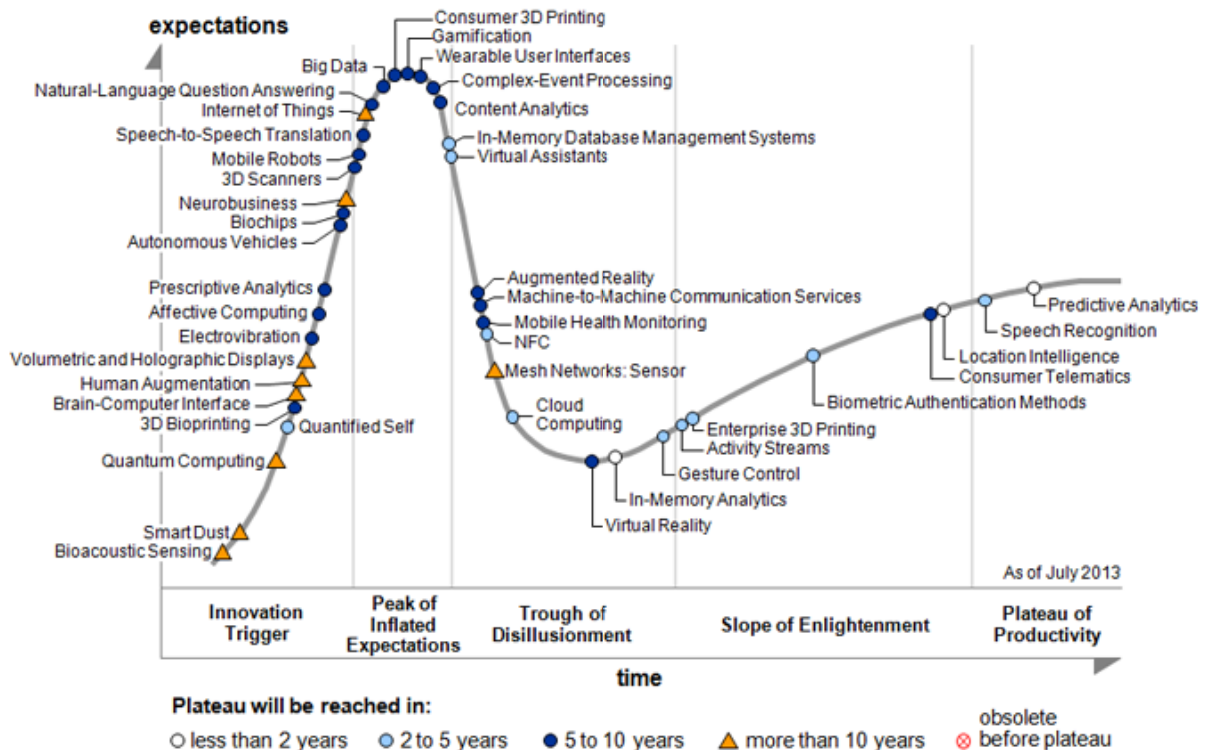


Figure 2. Hype Cycle for Emerging Technologies (2013)

IT 컨설팅 업체인 가트너는 2013년 ‘Hype Cycle for Emerging Technologies’를 통해 5-10년 사이에 3D 프린터의 발전을 3D Bioprinting이 혁신트리거 시기를 갖고, 3D 프린팅 산업은 안정기를 가게 되는 것으로 예측하고 있다.

이러한 산업의 발전은 3D 프린터만이 가지고 있는 제품 제작비용 및 시간이 매우 단축되며, 다품종 소량생산에서 더 발전되어 개인 맞춤형 제작이 가능하며 제작의 요구와 함께 설계, 생산이 동시에 이루어지는 제조공정의 간소화가 이루어지게 될 것이다. 이에 따라 인건비, 조립비용의 절감의 관점에서 기업은 많은 관심을 가질 수 밖에 없다. 또한 제품의 디자인의 변경이 용이해짐에 따라서 금형을 만들어 제작하던 시기에는 불가능했던 제품들도 생산이 가능해지며, 전체적인 제품 수명도 매우 짧아지게 될 것이다. 따라서 이러한 개인 맞춤형 제작이 필요한 바이오산업에서 먼저 많은 변화를 가져오게 될 것이며 향후 모든 산업에도 영향을 미치게 될 것이다.

개인용 3D 프린터 시장규모는 2013년 1억 2,000만 달러 규모이지만 2018년에는 5억 9,000만 달러까지 성장할 것으로 기대하고 있다. 특히 재료, 서비스 분야를 포함한 산업규모는 2018년에 약 14억 6,000만 달러에 이를 것으로 예상된다. 개인용 3D 프린터도 장비가격, 사용자 편의성, 적층 속도 및 장비 신뢰성 재료가격, A/S 및 소프트웨어의 발전으로 점차 보급 속도가 급속히 빨라지고 있다.

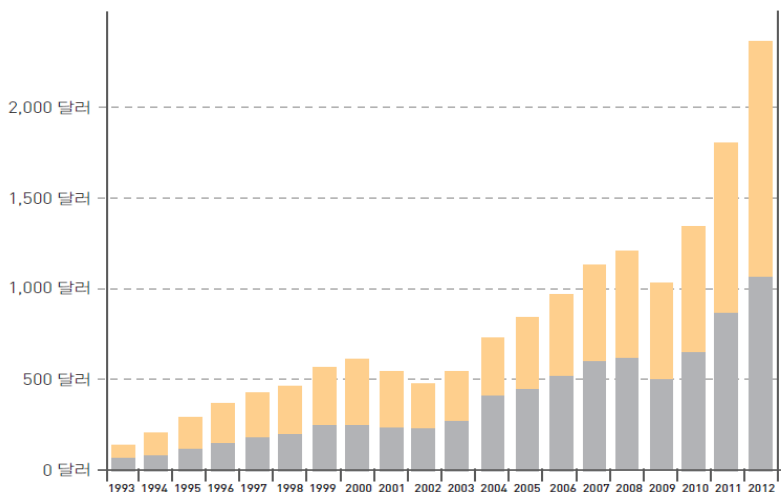


Figure 3. Revenues for AM products and services worldwide in millions of dollars lower Blue segments is products and upper segment is services | \*출처 : Wohlers Associates, Inc.

### 2.3 국가별 R&D 동향

3D 프린터 R&D에 많은 관심을 가지고 있는 나라는 미국, 유럽, 일본이 있는데 미국은 정부 차원의 R&D를 추진하고 있다. 미국은 NAMII(National Additive Mfg.)를 미국 제조업 고도화(Advanced Mfg.) 프로그램 산하에 두고 Additive Mfg. Innovation Institute를 만들어 작업을 본격화 하고 있다. 또한 국립연구소 Oak Ridge National Lab. 은 2012년 초부터 산업계의 3D 프린터 응용 생산 기술을 개발하기 위하여 적극적인 지원을 실시하고 있다. 미국의 응용연구소는 차세대 우주선 부품과 하드웨어를 3D프린팅 기술을 적용하고 있으며 지속적인 지원이 이루어지고 있다.

유럽에서 영국은 2010년 노팅엄 대학교와 셰필드 대학교 등의 3D 프린터 연구조직을 이용하여 R&D 자금을 지원

하고 있다. 영국은 정부가 설립한 기술전략위원회와 혁신대학기술부 산하 연구위원회가 공동으로 3D 프린터의 R&D 자금을 지원하고 있으며 신차나 비행기 제작에 집중 투입하고 있다. 독일은 바이오 중심의 산업에 직접 투자하여 인공 혈관을 만드는데 성공하기도 하였다. 또한 티타늄으로 항공기의 부품을 제조하고 있기도 하다.

일본의 경우는 경제 산업성에서 AIST와 자동차 업계와 연계하여 3D 프린터의 활용방법에 대하여 연구하고 있으며, 특허경쟁도 치열하게 준비하고 있다.

## 2.4 3D 프린터 산업 발전의 시사점

3D 프린터 산업의 발전은 기존의 금형과 사출 중심의 제조업이 파괴되어 설계가 끝남과 동시에 생산이 가능해지는 진정한 다품종 소량생산이 가능해지는 시점으로 변화하고 있다. 물론 아직까지 설계가 끝나고 조형이 완성될 때까지는 50분-1시간의 시간이 걸리는 것으로 실제 사출과정으로 만들어질 때보다 느리지만 재료의 발전속도를 감안하였을 때 향후 5-10년 이내에 산업 전반에 영향을 미칠 것이다. 따라서 이러한 산업의 변화는 생산 프로세스 중심 품질에서 설계, R&D 품질의 향상이 매우 필요하여 기존의 물류 품질에서도 많은 변화가 필요하게 될 것이다.

**Table 1.** History of 3D Printing

Date	Main Content
1984	Charles Hull developed the technology for printing physical 3D objects from digital data.
1986	Charles Hull founded 3D Systems and developed the first commercial 3D Printing machine, it was called as Stereolithography Apparatus.
1986	Charles Hull named the technique as Stereolithography and obtained a patent.
1988	Scott Crump invented Fused Deposition Modeling (FDM).
1988	3D Systems developed model SLA-250, which was the first version to the general public.
1989	Scott Crump founded Stratasys.
1991	Helisys sold its first laminated object manufacturing (LOM) system.
1992	DTM sold its first selective laser sintering (SLS) system.
1992	Stratasys sold its first FDM-based machine "3D Modeler".
1993	Massachusetts Institute of Technology (MIT) patented "3 Dimensional Printing techniques". It is similar to the inkjet technology used in 2D Printers.
1993	Solidscap was founded to produces an inkjet-based machine that can build small parts with excellent surface finish at a relatively slow rate.
1995	Z Corporation obtained an exclusive license from MIT to use the technology and started developing 3D Printers based on 3DP technology.
1996	3D Systems introduced "Actua 2100". The term "3D Printer" was first used to refer rapid prototyping machines.
1996	Z Corporation introduced "Z402".
1996	Stratasys introduced "Genisys".
1997	EOS sold its stereolithography business to 3-D Systems but remains the largest European producer.
2005	Z Corp. launched Spectrum Z510. It was the first high definition color 3D Printer in the market.

2006	An open source project is initiated-Reprap-which was aimed at developing a self-replicating 3D printer. You can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public Licence.
2008	Objet Geometries Ltd. announced that its revolutionary Connex500™ rapid prototyping system to be the first-ever system enabling the manufacture of 3-D parts using several different materials at the same time.
2008	The first version of Reprap was released. It can manufacture about 50 percent of its own parts.
2010.11	Urbee is the first prototype car is presented. This is the first car ever to have its entire body printed out on a giant 3D printer. All exterior components-including the glass panel prototypes-were created using Dimension 3D Printers and Fortus 3D Production Systems at Stratasys' digital manufacturing service-RedEye on Demand.
2010.12	Organovo, Inc., a regenerative medicine company focused on bioprinting technology, announced the release of data on the first fully bioprinted blood vessels.
2011.01	Dutch 3D Printer manufacturer Ultimaker raised 300 mm/second and the travel rate to 350 mm/second.
2011.01	Researchers at Cornell University began to build 3D food printer.
2011.06	Shapeways and Continuum Fashion announced the first 3d printed bikini.
2011.07	Led by the University of Exeter, the University of Brunel and application developer Delcam, researchers in UK have presented the world's first 3D chocolate printer.
2011.08	The world's first 3D printed aircraft created by Engineers at the University of Southampton.
2011.10	Roland DG Corporation introduced the new iModela iM-1
2011.09	Vienna University of Technology, a smaller, lighter and cheaper printing device has now been developed. This smallest 3D printer weighs 1.5 kilograms, it costs around 1200 Euros.
2012.01	3D Systems Corporation announced that it has completed the acquisition of Z Corporation ("Z Corp") and Vidar Systems ("Vidar") for \$135.5 million in cash.
2012.03	Breakthrough: High-speed 3D printer with nanoscale precision The Vienna University of Technology announced a major breakthrough in the 3D printing technology: it is now possible to print three dimensional objects with incredibly fine details using "two-photon lithography."
2012.10	Shapeways opens largest 3D printing factory in the world Shapeways, the 3D printing company based in New York, announced their plans to bring manufacturing back to New York City with their "Factory of the Future," a new 3D Printing facility being built in Long Island City

출처: <http://www.3ders.org/>

## 2.4 3D 프린터 산업시대의 품질경영

3D 프린터 산업시대에는 디자인의 중요성이 그 무엇보다도 강조된다. 기존 산업 디자인은 제품의 컨셉 개발 중심이었다면 3D 프린터 산업의 발전으로 생산(출력)의 책임과 안전성, 기능성, 사용성 등 기존에는 생산 기술자와 제품 개발자와 함께 고민하여야 하는 것들이 이제는 디자이너가 갖추어야 하는 능력으로 변화하게 될 것이다. 하지만 아

직까지 산업디자이너의 생각에는 디자인에 대한 품질개념을 적용하기에는 R&D자체를 예술적 분야로 생각하고 있는 것이 현실이다. 따라서 제품 컨셉의 개발 단계의 품질을 높일 수 있는 방법을 강구할 필요가 있다. 과거 QFD를 이용한 제품 설계가 생산공정에서 설계 변경을 줄이는 품질향상 방법으로 적용되었지만 이제는 설계에서 생산까지의 공정이 매우 줄어들게 되기 때문에 QFD보다 더 강화된 동시공학적 접근 방식의 품질이 더욱 중요하게 될 것이다.

설계품질 이외에 중요한 품질변화가 유통/물류분야일 것이다. 현재의 물류 발전은 자기 물류에서 자회사 물류로 이후 제 3자 물류인 아웃소싱 중심으로 변화되었다. 이러한 제 3자 물류는 생산 중심 기업의 아웃소싱 전략으로 단기 비용절감에 치우쳐 고객서비스 향상의 기대에 미치지 못하고 생산자 주문에 의한 물류관리로 단순 외주 물류를 벗어나지 못하고 있었다. 이러한 문제점을 극복한 제 4자 물류시스템의 도입이 시행되었다. 제 4자 물류는 물류업체의 생산자에 대한 수동적인 물류관리에서 벗어나 특정 기업 또는 다수 유사 제품의 기업들로 하여금 통합 관리가 이루어지도록 운영하는 물류시스템을 의미한다. 즉 통합된 유통 물류센터의 운영 방식이 이루어지게 되는 것이다. 하지만 3D 프린터의 발전은 이제 물류창고에서 생산이 바로 이루어질 수 있도록 운영되는 일명, 생산과 유통이 동시에 운영되는 3.0 세대 생산물류시스템이 필요하게 될 것이다. 3.0세대 생산물류시스템이란 생산공장을 개별적으로 운영하는 기존의 제조업시대에서 벗어나 디자인 중심의 기업이 최종적으로 제품의 디자인을 완성하면 생산/유통을 실시하는 물류회사에 전달하여 생산함과 동시에 바로 물류/유통을 실시하게 되는 시대를 의미하는 것이다. 이러한 시대에서는 과거의 품질에서 중요하게 이야기하는 공정능력지수 등의 지표로는 설계중심의 품질관리가 이루어지 어려워진다. 따라서 이러한 시대에 맞는 결함과 시간을 동시에 측정할 수 있는 품질 지표가 필요하다.

### III. 결 론

Paul Markillie는 산업혁명의 단계를 다음과 같이 나누고 있다. 첫 번째 산업 변화는 18세기 후반 영국에서 발생한 것으로 증기 기계를 활용한 섬유산업의 기계의 사용으로 시작되었고, 두 번째 산업변화는 20세기 초 미국에서 발생한 조립라인을 통한 대량생산으로 시작되었다고 정의하였다. 이제 세 번째 산업 변화는 생산방식의 디지털방식(digitization of manufacturing)으로 속도에 의하여 산업의 주도권이 결정되며, 더 유연한 생산시스템, 더 적은 노동력, 새로운 재료의 개발에 의하여 디자인이 가능하면 바로 생산할 수 있는 3D 프린터가 새로운 시장을 열 것이라고 이야기한다. CAD(Computer Aided Design)와 3D 프린터의 만남은 분명 새로운 산업 방식의 시작을 의미하게 될 것이다. 이에 따라서 품질관리도 제조 프로세스의 중심에서 설계 품질을 향상시키기 위한 노력으로 더욱 발전될 것이다. 미래의 공장은 소프트웨어에 의하여 생산된다 해도 과언이 아니다. 따라서 대형 제조업체의 생산방식보다 빠르고, 간편하고, CAD를 이용한 설계와 프린터를 이용할 수 있는 어느 곳이나 쉽게 생산이 가능해지므로 대기업보다는 신제품 창출이 보다 용이하고 저렴하게 제조할 수 있는 중소기업 또는 개인 기업이 큰 힘을 얻을 것이다. 페이스북과 같이 3D 프린팅 혹은 유사 생산 시스템을 제공하는 단체들이 모여 “social manufacturing”이라는 새로운 현상도 나타나게 될 것이다. 이러한 시대에 맞추어 기업은 생산/물류를 동시에 시행할 수 있는 기업과 강력한 제품 디자인 능력을 갖춘 기업만이 살아남을 수 있게 될 것이다. 이는 전통적인 제조업체는 디자인 능력을 강화하거나 아니면 생산에 물류 능력을 키워야 살아남을 수 있다는 것을 의미한다. 하지만 전통적인 제조업은 점차 물류를 제 4자 물류처럼 자사의 관리에서 벗어나 계약회사에게 넘기고 있다. 그렇다고 설계능력이 뛰어난 것도 아니다. 따라서 21세기 후반의 산업은 기존의 생산 중심에서 설계, 물류의 중심으로 변화하게 될 것이다. 이러한 시대에 맞는 품질관리 방법과 품질지표의 관리가 이루어질 수 있도록 설계, 생산/물류 동시 관리의 품질 지표의 개발이 필요하다.

## REFERENCES

- Alex Castle. 2013. "Warhammer at War: How Home 3D Printers Are Disrupting Miniature Gaming." TESTED, January 14.
- Bourell, David, L., Ming, C. Leu, and David, W. Rosen. 2009. "Road-map for Additive Manufacturing Identifying the future of freeform processing." *3D Printing and Additive Manufacturing* 1(1):6-9. doi:10.1089/3dp.2013.0002.
- Jung, Hyuk Bi, and Lee, Myung Ki. 2014. "Designers in 3D Printing Revolution-Extracting the meaningful design factors from the industrial designers enlightened by William Morris Arts and Crafts Movement." *Korea Digital Design, Council* 14(1):663-672.
- Markillie, Paul. 2012. "A third industrial revolution." *The Economist*, April 21.
- N.V. 2012. "Difference Engine: The PC all over again." *The Economist*, September 9.
- STAMFORD, Conn. 2013. "Gartner's 2013 Hype Cycle for Emerging Technologies Maps Out Evolving Relationship Between Humans and Machines." Gartner, August 19.
- The Economist. 2012. "A third industrial revolution." Last modified April 19. <http://www.economist.com/node/21552901>.
- The Economist. 2012. "Technology is driving a revolution in manufacturing." Last modified September 15. <http://www.economist.com/node/21562886>.
- The Economist. 2012. "The latest chapter: Technology is driving a revolution in manufacturing." Review of *The New Industrial Revolution: Consumers, Globalisation and the End of Mass Production*, by Marsh, Peter. Yale University Press, July 17.