

2015
August
vol.03

융합 Weekly TIP

Technology | Industry | Policy

발행일_ 2015.08.24 | 발행처_ 융합연구정책센터

Technology

Industry

Policy

치교합 측정을 위한 압력측정 센싱소재 개발

이영진 | 한국세라믹기술원 전자소재모듈팀

선정 사유

- ❖ 치아의 교합면 형태 및 치열의 교합양상에 대한 연구는 성공적인 치과 치료에 큰 바탕이 됨
 - 아직까지도 교합과 관련된 여러 가지 문제점에 대해서 명확한 합의점 및 결론을 내리지 못한 상황임
 - 교합상태 평가는 진단 및 치료계획을 위한 필수적인 과정이며, 치과질환을 치료하거나 새로운 교합을 형성해야 하는 경우 이에 대한 평가는 예후에 가장 큰 영향을 미치는 인자가 될 수 있음
 - 최근에 보철 시술 뿐 아니라 임플란트가 널리 도입됨에 따라 교합의 주요 관심도가 크게 증가하고 있으며, 시간의 경과에 따른 치아접촉의 변화와 교합력의 분포, 교합력의 상대적 크기, 초기 접촉에서 교합력이 평형을 이루는 상태까지의 시간 등을 측정할 수 있는 기술이 요구되고 있음
 - 치교합 측정 장비들의 단점을 극복하기 위하여 최근 주목받고 있는 새로운 방식의 치교합 장치들에 대한 연구가 필요함
- ❖ 인간이 발휘할수 있는 치아 교합력은 개인에 따라 다양하지만, 이러한 교합력을 정량화 하는일은 치아 교합상태를 정밀하게 분석하기 위해 반드시 필요함
 - 국내 치과대학생을 대상으로 최대교합력을 측정한 결과에 따르면, 남녀의 평균 교합력이 다르고, 인종이나 문화에 따라서도 서로 다른 것으로 나타났으며, 이는 인간의 치아형태와 배열이 교합력을 결정하는 것으로 나타남
 - 그림 1은 교합 시 인간의 치아 형태 및 배열, 상하악 치아의 교합면에 대해 나타냄

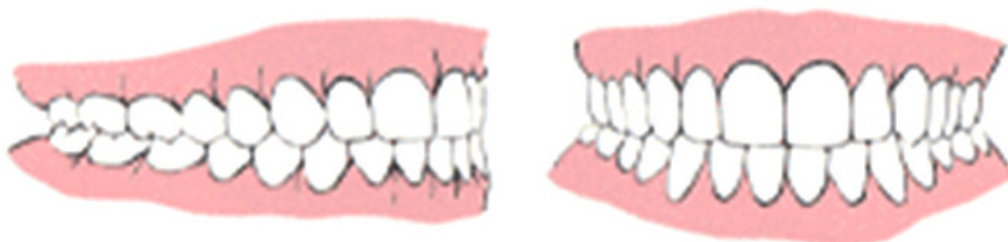


그림 1. 인간의 치아 교합 모형

치교합 측정기술 소개

❖ 치교합을 측정하기 위한 방법으로는 전통적으로 사용된 정성분석법과 최근에 기술의 발달로 가능해진 정량분석법이 있음

- 전통적으로 사용되어 온 정성분석법으로는 그림 2에서 보인 바와 같이 치아모형이나 파노라마 방사선사진, 구내 사진, 왁스 채득법, 교합지, Shimstock 등이 있음
- 왁스법은 체적안정성이 낮아 구내 적용 시나 보관 중 변형되기 쉬운 단점이 있으며, 교합지는 환자의 교합압에 따라 표시되는 교합점과 면적이 달라지며, 충분한 가시적 결과를 위해서 평상시보다 큰 교합압이 요구되는 단점이 있음
- 또한 shimstock의 경우에는 얇은 두께로 인해 보다 정밀한 교합 측정이 가능하나, 접촉점의 수나 강도를 기록하기에는 부적당한 것으로 보고됨
- 정성분석법은 사용재료의 두께, 재질, 성분 및 시술 시 구강내 환경에 따라 오차가 쉽게 발생할 수 있으며 교합의 객관적인 평가가 어렵고 치아 조기접촉의 미세한 차이와 치아 접촉점간의 교합력 차이 등을 분석할 수 없음

❖ 교합은 동적인 운동을 하는 구조이기 때문에 기존의 정성분석법에 의해서는 발견하지 못했던 문제를 측정할 수 있음

- 동적인 상태에서의 여러 가지 교합문제들을 객관적이고 정량화시켜 측정할 수 있는 기술이 요구됨
- 접촉점의 수나 강도를 기록하고, 교합력의 차이 등을 분석해 낼 수 있는 정량적인 방법의 교합 분석 장비에 대한 기술개발에 대한 필요성이 대두됨
- 따라서 최근에는 치아 접촉점의 강도, 시간까지 평가 할 수 있는 정량적인 평가 방법이 개발되어 치아 접촉점에 대한 동적 상태의 기능분석이 가능해 졌으며, 교합기록체를 통과하는 공기압 차이를 평가하거나, 교합기록에 대한 방사선 사진의 농암차이를 Microdensitometer로 평가하는 방법, Photocclusion법, T-Scan System image analysis 등이 소개되어, 교합접촉점 수와 분포 뿐만 아니라 교합접촉면적, 교합력을 양적으로 측정하기 위한 노력이 이어지고 있음



그림 2. 정성분석법 교합장비 Shimstock(좌), 교합지(가운데), 교합기(우)

정량적 치교합 분석법

❖ 광교합기술(photoocclusion technique)은 광탄성 웨이퍼(wafer)와 편광기(polariscope)를 이용하여 분광정도에 따라 교합접촉을 측정하는 방법

- 피험자가 10초동안 연속적인 압력으로 교합웨이퍼를 감합하면, 압력이 편광계를 통해 정량적으로 분석되어 나타나고, 교합접촉점은 색상패턴에 따라 정성적으로도 나타나는 방법을 이용한 것
- 교합지를 이용한 방법보다 더욱 신뢰성이 높은 것으로 평가받고 있으나, 광탄성 웨이퍼의 두께나 경직성이 폐구를 방해하기 때문에 재현성 및 신뢰성 전반적으로 모두 낮은 단점이 있음

❖ 광투과법(light transmission method)은 교합기록을 CCD 카메라 등으로 투과한 투과광량을 통해 상하악 치아 간 거리를 규정하고 교합 접촉양을 컴퓨터그래픽을 통해 표시하는 기술

- 기존의 교합진단 방법에 비해 비교적 환자의 교합상태를 최대한 자연스럽게 획득할 수 있고 교합 접촉수, 교합접촉면적, 상하악 치아 간 거리를 양적으로 측정
- 재료의 두께가 섬세하지 못하고, 기기의 한계로 인해 50 μ m의 두께 차이만 인지할 수 있어 정밀도가 낮은 한계를 갖음

❖ Maness 등에 의해 개발된 T-Scan(Tekscan, Inc, Boston, U.S.A)은 정보 수집과 처리를 컴퓨터를 통해 분석하는 기능을 가지고 있음

- 접촉점의 수와 분포에 대한 정보뿐만 아니라 시간 경과에 따른 변화 양상을 실시간으로 나타낼 수 있으며, 접촉력의 강도를 다섯단계로 구분함
- 3차원적으로 표시해 주므로 교합의 양적, 동적인 변화까지 상세히 기록할 수 있는 장점을 갖고 있어 임상적 가치가 높은 기술로 평가받고 있음
- 그림 3에 나타낸 바와 같이 T-Scan System은 압력측정 센서를 통해 악운동 및 교합상태를 측정하는 방법을 이용한 것으로, sensor회로, computer mother board, 9 inch color displayer, printer, 전원 공급부를 내장하고 있는 system unit와 sensor, handle, cable로 구성되어 있음
- 이 센싱소재는 천공이나 찢어짐에 대한 저항성 및 변형에 대한 신축성 등의 장점을 가지는 폴리에스터 필름기질에 전기적인 도체인 서너층의 잉크로 구성되어 있으며, 수십 μ m 두께의 감압 소재 양면에 전극을 상호 교차하도록 배치하여 상하 압력에 의해 해당 부위의 저항이 변화하는 것을 검출하는 원리를 이용함
- 특히, 표면과 바닥은 1,500개 이상의 감지점을 갖고 있으며, 0.67mm의 정확성을 갖는 X-Y grid로 형성되어, 감압지에 의해 모아진 정보를 즉각적으로 전송하여 피험자의 교합상태를 정량적으로 분석해 냄
- 감압지로는 붉은색의 extra-sensitive sensor는 폐구의 유도가 아주 세밀하여야 하며 푸른색의 표준 감압지보다 감도가 두배로 예민함

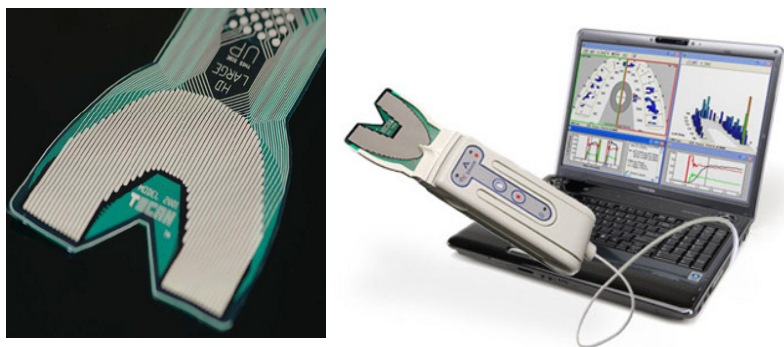


그림 3. T-Scan System image analysis

반도성 복합체를 이용한 치교합기술

❖ 시간의 경과에 따른 치아접촉의 변화와 교합력의 분포, 교합력의 상대적 크기, 초기 접촉에서 교합력이 평형을 이루는 상태까지의 시간 등을 정량적으로 측정해 낼 수 있는 최첨단기술임

- 이와 유사한 원리를 이용한 제품은 현재 미국 TEKSCAN 사에서 출시한 T-scan III 가 있으나, 교합 감지인 접촉감지장치가 폴리에스터 필름에 싸여 있기 때문에 shim stock paper(12μm) 등 개량된 교합지 두께보다 두께가 두꺼움(60μm)
- 또 그 면이 미끄러워서 어느 정도의 교합력이 가해져야만 교합접촉을 인지하고 기록할 수 있으므로 중심위에서 중심교합위로의 미끌어짐이나 미약한 측방교합간섭 등의 실제로 중요한 교합접촉 점을 채득하기 어려운 문제점 등을 갖고 있음
- 이에 반해 반도성 복합체를 이용한 센싱 재료는 고분자 matrix 내부에 전도성 메탈 파우더를 미세하게 분산시켜 제조된 압저항 센싱 필름의 전기전도도가 변화하는 원리를 이용하므로, 환자의 악운동을 방해할 가능성이 적고, 정밀성이 우수하여 치교합 측정을 위한 기술로의 적용 및 활용이 기대되고 있음
- 그림 4에 상기 설명한 반도성 복합재료의 센싱 mechanism에 대해 나타냄

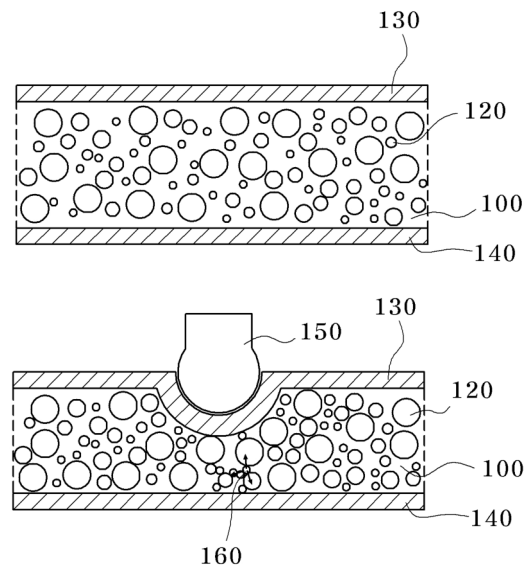


그림 4. 반도성 복합재료 센싱 mechanism

압저항 센서로서의 반도성 복합체

❖ 반도성 복합체는 부도체 특성의 탄성층 고분자 기질 내부에 전도성 필러 입자들을 효율적으로 분산시켜 제조된 복합재료

- 압력이 인가되는 경우 도전성 필러 입자들이 서로 접촉되어 복합체의 전기전도도가 절연영역에서 도전영역으로 전이되어, 복합체의 전기저항값이 변화되는 원리, 즉 압저항 특성(piezoresistivity)을 이용한 기술
- 압저항 효과(Piezoresistive effect)란 그림 5와 같이 외부의 압력이나 힘에 의해 재료의 전기저항값이 변화되는 것을 의미함
- 이러한 압저항 특성은 크게 양화 압저항 특성(positive piezoresistivity)과 음화 압저항 특성(negative piezoresistivity)으로 나뉘며, 양화 압저항 특성은 외부 응력이 증가함에 따라 저항값이

- 증가하는 거동을, 음화 압저항 특성은 외부 응력이 증가함에 따라 저항값이 감소하는 특성을 나타냄
- 현재 압저항 효과를 응용한 제품으로는 압력변환기(pressure transducer)나 압력센서(pressure sensor)등이 있으며, 이러한 압저항 센서(piezoresistive sensor)는 초기 Micro-Electro-Mechanical-System(MEMS) 장치들 중의 하나로 오늘날 MEMS 센서 시장에서 상당히 높은 점유율을 차지하고 있음
 - 압저항 효과를 갖는 재료로는 일반적으로 금속(metal), 반도체(semiconductor), 전도성 고분자(conductive polymer)등이 있으며, 이전의 기계적 변위에 의존해 오던 압력 측정이 금속, 반도체, 전도성 고분자의 압저항 효과를 이용함으로써 소형, 고성능의 전자식 센서로 개발되기 시작함
 - 이러한 압저항방식은 저항의 변화가 크고, 위치 제어 및 센서의 형상이 간단한 장점을 갖고 있음
 - 최근에는 고무(rubber)를 기질로 한 전도성 복합체(conductive composite)에 대한 관심이 높아지고 있으며, 반도체 복합체는 높은 유연성과 우수한 탄성회복 특성을 가지고 있어, 굴곡이 있는 표면에 대한 적용과 동적인 제품에 반복적인 사용이 가능할 것으로 보여 여러 분야에 그 적용이 가능할 것으로 전망됨

❖ 치교합 측정을 위한 센싱소재로 압저항 센서의 활용원리는 압력 변화에 따른 저항값 변화에 있음

- 전도성 입자와 부도체 기질의 고분자로 이루어진 전도성 복합체는 전극 사이의 전도성 입자들과 전류흐름 통로의 수가 압저항 효과를 갖는데 가장 중요한 변수로 작용하며, 인접한 두 입자들 사이의 저항, 하나의 입자를 가로지르는 저항 등이 전도성 복합체의 총 저항값을 결정한다고 알려져 있음
- 이를 이용한 압저항 센서의 경우, 복합체에 응력을 가하면, 입자들과 기질 사이의 압축성 차이로 인해 입자들 사이의 거리 변화가 생겨 저항이 달라지게 됨
- 전도성 입자는 부도체 기질의 고분자에 비해 훨씬 낮은 압축계수를 갖고 있으므로, 부도체 기질의 변형으로 인해 전도성 입자들 사이의 거리가 단축되고, 터널링 전류(tunneling current)가 입자 간격을 통해 흐르게 되면서 복합체의 전기 저항값 변화를 야기시키는 원리를 이용한 것
- 따라서, 위의 반도체 복합체를 치교합 측정을 위한 센싱 소재로 활용하면, 얇고 플렉시블한 특성의 압력 감지필름으로 이용될 수 있고, 동적인 상태에서의 여러 가지 교합 문제들을 객관적이고 정량적으로 측정해 내고, 기존의 정량분석 장비들이 갖는 한계점을 해결해 낼 수 있을 것

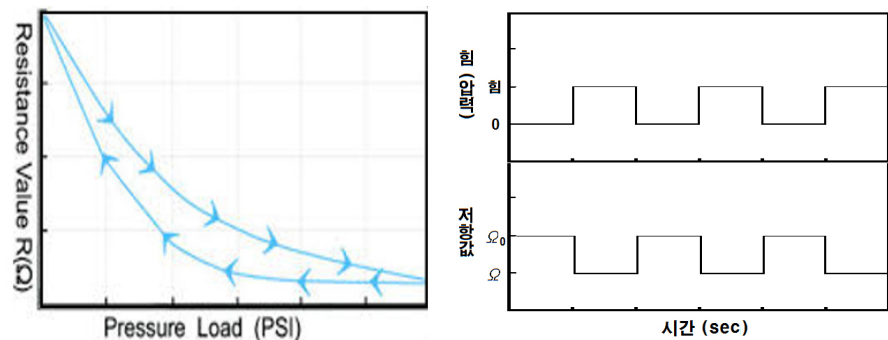


그림 5. 전도성 복합체가 갖는 압저항 특성

❖ 치교합 측정장치와 유사한 원리를 이용한 미국 제품은 가격 경쟁력을 갖추지 못하여 시장활성화에 실패하였고, 여타 유사기술은 등장하지 않고 있음

- 미국 TEKSCAN 사에서 출시한 T-scan III와 Dental prescale 등이 있으며, 현재 시스템

가격이 약 2,000만원 대, 측정필름(센서)이 약 만원대로 상당한 고가로 출시되고 있어 시장 활성화가 이루어지지 못하고 있는 실정

- 유사 국내 기술에 대한 보고는 아직까지 나타나고 있지 않으며, 따라서 저가의 대체 센싱 소재 및 제조공정 확보가 가능할 경우, 뛰어난 시장 진입성 및 제품 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 기대됨
- 표 1은 유사 기술에 대한 국내외 시장 규모 및 수출입 현황에 대해 나타난 것으로 2014~2015년도에 조사된 세계 시장 규모는 약 1,200억원 수준이며, 한국 시장 규모는 약 40억원 정도로 세계 시장의 1/30 규모 수준인 것으로 나타남
- 한편, 매년 세계 시장 규모는 약 30억원 가량 증가하는 추세이며, 한국 시장 규모는 매년 약 5억원 가량 증가해 2017년에는 약 50억원 시장 규모에 도달 할 것으로 기대되고 있음
- 그러나, 2012~2014년도에 조사된 수출입 현황에 대한 자료를 보면, 관련 기술에 대한 국내 기술개발이 전무하여 국내 생산량 및 수출 규모는 전혀 없는 실정이며, 모든 제품들을 해외에서 전량 수입하여 사용하고 있는 것으로 확인됨
- 특히, 그림 6의 한국보건산업진흥원에서 공개한 A30190 의료용 교합력계 수입품에 대한 수입 현황에 따르면, 2007년부터 2011년까지 해당 품목에 대한 수입 의존도가 매년 크게 증가하는 것으로 조사되 유사 기술에 대한 국내 기술 개발이 시급한 것으로 판단됨

표 1. 국내외 시장 규모 및 수출입 현황

(단위 : 백만원)

년도	2014년	2015년	2017년 (향후)
세계 시장 규모 *1)	약 12,000	약 12,360	약 12,730
한국 시장 규모 *1, 2)	약 400	약 450	약 500

년도	2012년 이전	2012년	2013년	2014년
수출 규모	없음 (국내생산없음)	없음 (국내생산없음)	없음 (국내생산없음)	없음 (국내생산없음)
수입 규모 *2)	685	161	자료 없음	자료 없음

*1) KEIT PD(2014-2) ISSUE 4-치과의료기기의 기술 및 산업동향 (산업기술평가관리원)

*2) 한국보건산업진흥원(KHIDI)의 보건산업통계포털(<http://www.khiss.go.kr>)

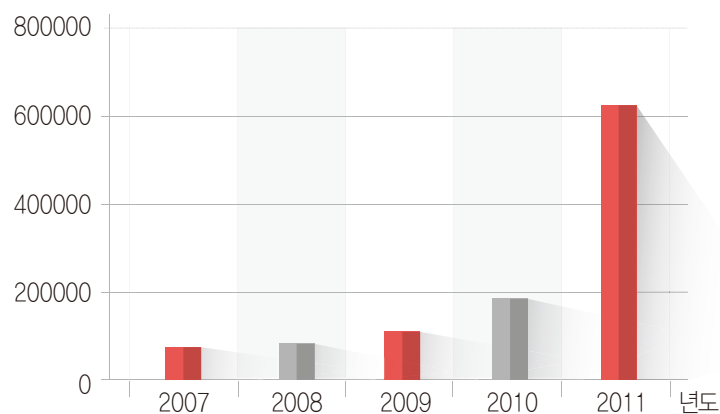


그림 6. A30190 의료용 교합력계 수입품에 대한 수입현황

- 표 2는 본 연구에서 소개한 기술과 관련하여 직접적으로 경쟁관계에 있는 국내외 기관, 기업 현황에 대해 나타낸 것으로 현재 치교합 측정을 위해 개발되고 있는 압저항 측정기는 미국 Tekscan사의 T-scan, 독일 KaVo사의 Arcus R digma USB, 일본 GC corporation의 OCCLUZER 709등 주로 해외 기업에서 생산된 제품을 국내에서 대부분 수입하여 사용하고 있는 실정
- 국내에서는 테크스툼, 상우과학, 후지필름 등에서 필름형 센서, 인체 압력 분포측정기 등 유사 기술을 활용한 제품들이 최근 일부 개발되고 있는 것으로 조사됨

표 2. 해외 제품 생산 및 국내 수입처

업체명	수입처	비고
Tekscan (미국)	좋은보코	T-scan III
KaVo (독일)	오스텨임플란트	Arcus R digma USB
GC corporation (일본)	GC Korea	OCCLUZER 709
테크스툼		필름형센서, 족압측정기
상우과학		인체 압력 분포측정기
후지필름		프리스케일 필름 판매

- 표 3은 관련 기술 및 제품에 대한 국내외 지식재산권(특허 등) 현황에 대해 나타낸 것으로, T-scan을 개발한 Tekscan사에서 등록한 미국 특허가 4건으로 조사되, 이 기술에 대해 미국이 가장 두드러진 연구 투자를 해오고 있는 것으로 판단됨
- 치아 교합 측정 센서에 대한 특허가 2건, 압력 분포 스캔 회로에 대한 특허가 1건, 압력 감지 표시 수단과 사용방법에 대한 특허가 1건으로 원천 기술에 대한 특허를 미국이 대부분 보유하고 있는 것으로 확인됨
- 국내에서는 원천 기술과 유사한 내용을 포함하는 특허가 존재하나 기간 만료로 인해 소멸된 상태이며, 한국세라믹기술원에서 출원한 '압력 감응 소자 및 이를 이용한 촉각 센서' 등 유사 기술에 대한 특허를 활용해야 하는 상황으로, 원천 기술 확보를 위한 신규 특허 취득이 대내외적으로 시급한 것으로 확인 됨

표 3. 관련 기술 및 제품에 대한 국내외 지식재산권 현황

Patent No	등록 일자	특허명
US patent 4734034	1988. 3	Contact sensor for measuring dental occlusion
US patent 4734034	1989. 8	Pressure and contact sensor system for measuring dental occlusion
US patent 4734034	1996. 4	Scanning circuit for pressure responsive array
US patent 4734034	1999. 11	Pressure sensitive ink means, and method of use

- 치교합 측정용 반도체 복합필름 제조 기술은 의료용 산업의 상용화 제품에 적용을 목표로 현재 보완 실험이 계속 진행되고 있으며, 향후 다음과 같은 우수한 기대효과를 달성할 것으로 예상됨

- 무기질의 복합재료를 사용하므로 동적인 상태에서의 교합문제를 객관적이고 정량화시켜 측정할 수

있는 기술을 확보할 수 있을 것으로 기대됨

- 기존에 수많은 가설과 추측에 기초하여 만들어진 수많은 개념적 교합이론들을 통합하고, 개개인에 맞는 이상적 교합 상태를 구현 가능할 것으로 기대됨
- 교정 치료 시 심미적, 기능적 요소를 극대화하고, 임플란트 생역학 분야에 적용하여 정량화된 방법으로 환자의 치아를 시술하여 임플란트 실패율을 크게 감소시킬 수 있을 것
- 저가의 대체 센싱 소재 및 제조공정 확보를 통해 국내외 시장진입과 제품경쟁력을 확보하고, 장비의 국산화와 기술개발을 통해 중소기업 원천기술을 확보할 수 있을 것



맺음말

- 반도체 복합체를 이용한 치교합 측정용 압저항 센서기술은 기존 정성적 방법의 치교합 측정용 장비들이 갖는 여러 가지 문제점을 해결할 수 있는 혁신적인 기술
- 저가의 대체 센싱 소재 개발을 통해 고가의 해외 제품에 대한 수입 의존도를 줄이고, 원천 기술 개발 및 제조공정 확보를 통해 국내외 시장 활성화와 제품 경쟁력을 높일 수 있을 것으로 기대됨