

구매조건부신제품개발사업 구매연계형 과제제안서

I. 개발기술 개요

① 개발과제명	다품종 소량 생산 대응 가능한 주조용 대형 바인더 젯 장비 및 공정 기술 개발			
② 개발제품명	유/무기 바인더 및 인공/천연사 호환 가능한 2m급 대형 바인더 젯 장비			
③ 기술분류	구 분	산업기술 표준분류	국가과학기술 표준분류	6T
	대분류	산업/일반기계	EA	ET
	중분류	일반가공기계	EA08	청정생산
	소분류	기타 산업/일반기계 관련기술	EA0801	기타 청정생산기술
	* 수요처의 업종이 아닌 개발제품의 기술분류를 기재, 별첨 참조			
④ 개발기간 및 연구개발비 규모	개발기간	24 개월	정부지원 연구개발비	5 억원
	* 개발기간은 시험평가(신뢰성 인증)소요기간을 포함하여 예상되는 총 개발기간을 기재, 향후 조기완료가능하므로 적절한 기간을 산정 * 정부지원연구개발비는 공고문의 유형별 지원조건을 참조하여 총 정부지원연구개발비 계상			
⑤ 구매계획	구 분	구매수량	구매단가	예상구매액
	1년차	1 (개)	1,500 (백만원)	1,500 (백만원)
	2년차	(개)	(백만원)	(백만원)
	3년차	(개)	(백만원)	(백만원)
	4년차	(개)	(백만원)	(백만원)
	5년차	1 (개)	1,500 (백만원)	1,500 (백만원)
	5년차 이후	(개)	(백만원)	(백만원)
	총 계	2 (개)	3,000 (백만원)	3,000 (백만원)
	* 구매예상액은 정부출연금의 3배 이상			
⑥ 키워드	(한글)	다품종 소량생산	주조	바인더 젯
	(영문)	Small quantity batch production	Casting	Binder Jet

II. 개발기술 세부내용

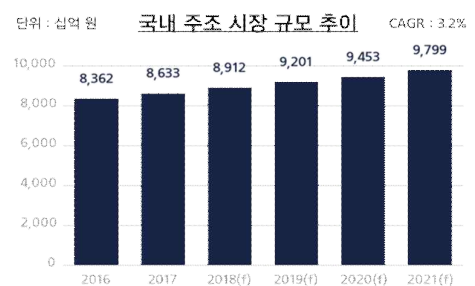
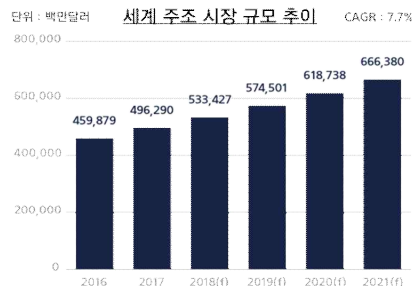
⑦ 개발 목표 및 개발필요성

◦ 개발 목표

- 유/무기 바인더 및 인공/천연사 호환이 가능하며, 다품종 소량 생산에 적합한 주조용 대형 바인더 젯 장비 및 공정 기술 개발

◦ 개발 필요성

- **(산업적 필요성)** 주조산업은 우리나라 뿌리 산업의 하나로써, 그 동안 조선, 플랜트, 발전, 자동차 등 중공업 발전에 막대한 기여를 한 제조업의 근간으로 세계 주조 시장은 연 8% 가까운 성장세를 꾸준히 유지하고 있음.
- 하지만 주조 산업은 근본적으로 열악한 작업 환경과 탄소 가스 배출 및 폐수로 인한 환경 문제, 작업자 근골격계 유발 등에 의해 위험 작업장이라는 인식으로 기피 산업으로 전락하여 국내 주조 산업은 정체기에 접어 들고 있음.
- 이러한 이유로 국내 주조 산업의 세대교체는 전혀 이루어지지 않고 있어, 전문 인력의 노쇠화에 따른 인력 수급 문제가 가장 큰 문제로 대두되고 있음.
- 그럼에도 불구하고 국내 산업에서는 여전히 주조품에 대한 수요는 증가하고 있으나 국내 주조 산업의 불확실성으로 인해 대부분 중국 시장에 의존하고 있는 상황임.
- 이로 인해 국내 주조 기술의 해외 유출이 빈번히 발생하고 있을 뿐만 아니라 중국의 수출 규제에 따른 납기 지연, 품질 저하 등의 문제점을 여전히 내포하고 있는 실정임.



<그림> 세계 및 국내 주조 시장 규모 추이 (출처 : 중소기업기술정보진흥원)

- **(기술적 필요성)** 이러한 주조 산업이 직면한 기술적 현안 중 하나는 장기간이 소요되는 목형의 제작과 보관에 따른 Pattern cost의 상승임.
- 모래로 만들어진 틀에 쇳물을 부어 넣어 제품을 만드는 주조 공정에서 틀을 만들기 위해서는 제품의 모양과 동일한 목형을 만들어야 함.
- 목형 사용 시 함수율로 인한 수축(shrinkage)이 발생하여 제품에 비틀림(distortion)과 같은 결함이 발생할 수 있어 수축을 고려한 소재 선택 및 치수 디자인이 필요하며, 제작 후

많은 후처리 공정이 필요함.

- 또한 이러한 목형의 제작에 적게는 1개월에서 많게는 6개월 정도가 소요될 뿐만 아니라 수공으로 제작된 목형과 중자를 역시 수작업으로 조립하여 주형틀을 만드는 과정에서 정밀도의 한계가 존재하게 됨.
- 또한 동일 제품을 다시 만들기 위해서는 목형을 변형되지 않도록 항온, 항습창고에서 오랜 기간 보관해야 하는데 통상 주조소 면적의 2/3 가량이 목형 보관 창고로 쓰일 정도로 많은 비용이 소요됨.

목형 제작

주형 제작

목형 보관



수공 제작 기간 : 1~6개월

수공 정밀도의 한계

보관 비용: 주조소 2/3 차지

<그림> 주조 산업의 기술적 현안

- **(경제적 필요성)** 또한 기존 주조 공정은 중자의 개수가 증가할수록 중자의 조립 및 몰드 합형 시간이 증가하고, 품질 저하를 발생 시키는 작업자의 휴먼 에러가 증가하며, 중자의 가스빼기 홀 수작업 또한 증가함.
- 뿐만 아니라 다수의 중자 조립 및 합형 정밀성이 저하되며, 목·금형 방식의 특성상 빼기구배 고려로 인해 제품의 형상 왜곡이 발생하는 등의 단점을 항상 내포하고 있음.
- 이러한 문제점은 용탕 주입 후 다수의 중자간 조립면을 따라 표면에 버(Burr)나 핀(Fin)이 발생하여 제품품질이 떨어지는 원인이 되며, 이로 인해 발생하는 해당 버나 핀 제거를 위한 후처리 사상 수작업으로 인해 제품의 생산성 또한 크게 낮아지는 한계를 안고 있음.
- 이는 점차 기계적 시스템이 경량화/소형화되면서 부품의 일체화 설계가 증가하고 있는 최근 추세를 고려한다면, 갈수록 형상 복잡도 증가에 따른 중자 개수의 증가로 인해 기존 방식의 한계는 더욱 부각될 것임
- 이에 더하여, 대량 생산이 진행됨에 따라 목형의 마모가 발생하여 제품 품질이 저하되는 근본적인 문제점도 갖고 있어 이에 대한 대비책이 필요한 상황임.

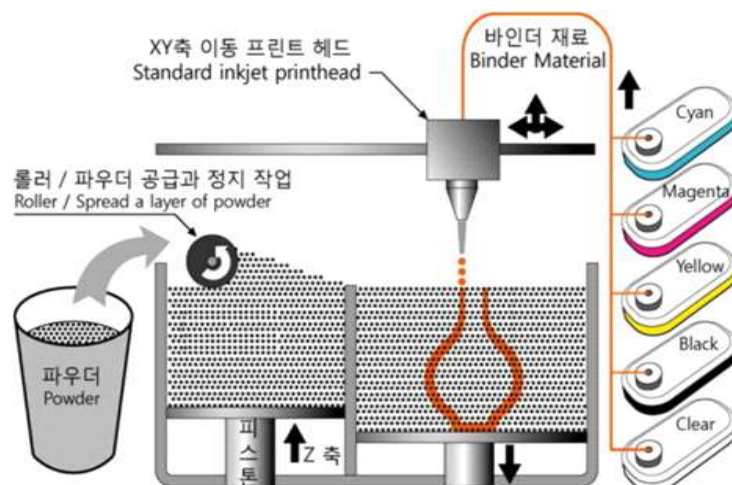
⑧ 수요처

※ 구매 등 매출효과, 원가절감 및 수입대체 효과, 고용창출 효과 등

기술수요
(상세히)

◦ 요구 기술

- (바인더 젯 기술) ASTM의 적층 제조 기술 분류 기준에 따르면, Binder Jet 기술은 액체 접착제를 파우더 표면 위, 원하는 부위에 젯팅하는 기술로 분류되어 있으며, 이러한 바인더 젯 적층 제조 기술은 잉크젯 헤드(Thermal Bubble Jet 또는 Piezo Electric Inkjet)에 잉크 대신 파우더와 결합력을 갖는 접착제를 공급하여 원하는 위치에 적당한 양의 바인더를 젯팅함으로써 파우더를 경화시키면서 3차원 형상을 제작하는 기술임.
- 바인더 젯 3D 프린팅 기술은 사용하는 소재 및 접착제의 용도에 따라 주조산업, 조선/해양 산업, 의료/바이오 분야 및 자동차 산업 등 단품종 대량 생산 및 다품종 소량 생산이 가능하며, 특히 프린팅 헤드의 개수 조절을 통해 대면적이 가능하여 3D 프린팅 기술 중 대량 생산이 가능하다는 장점이 있음.

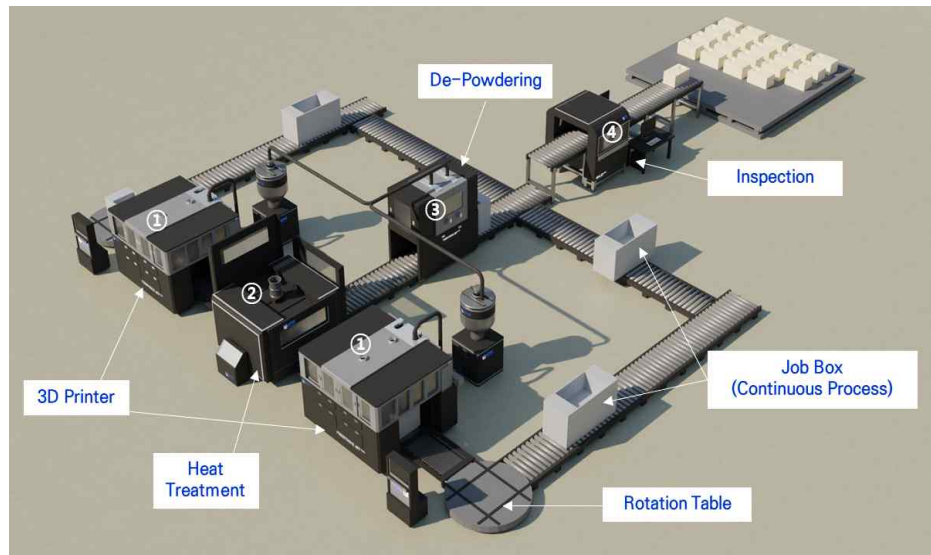


<그림> 바인더 젯 적층 제조 기술 개념도

- 주조 산업으로의 바인더 젯 기술 적용은 목·금형 없이 직접 중자(코어)를 빠르게 제작할 수 있고, 원하는 금속 재질로 제품 생산이 가능하며, 천연/인공사(모래) 재료비는 금속 3D 프린트에 비해 매우 저렴하고, 적층 신뢰도도 높아 단기간에 경쟁력 있는 비용으로 원하는 금속 소재를 이용한 주조품을 생산할 수 있어 주조 산업의 새로운 솔루션으로 급부상하고 있음.
- 이러한 특징을 가지는 바인더 젯 기술을 활용하여 주조품에 필요한 목형 내지는 몰드를 제작하기 위해서는 기존 주조 방식에 비해 생산성 및 경제성이 확보되어야 함.
- 하지만 현재 국내에 보급되어 있는 바인더 젯 장비의 경우 대부분이 해외 장비로써 장비 가격 및 소재 비용이 기존 주조 공정을 대신할 수 없을 만큼 매우 고가이며, 지정된 소재

를 사용해야만 하는 단점이 있음.

- 따라서 기존 주조 공정 대비 단가를 저렴하게 하며 생산성을 확보하기 위해서는 대면적 프린팅(최소 2m급)이 가능한 바인더 젯 장비의 구축이 반드시 요구되며, 이때 다양한 소재에 대해 적용성이 가능해야 함.



<그림> 바인더 젯 대량 생산 개념도

- **(공정 및 소재 기술)** 앞서 설명한 바와 같이 바인더 젯을 이용하여 목형을 대체하기 위해서는 이에 적합한 기계적 물성뿐만 아니라, 소재의 다양성을 확보해야 함.
- 기계적 물성을 확보하기 위해서는 기구적인 안정성뿐만 아니라 분사되는 바인더의 안정성이 반드시 요구됨.
- 이러한 이유로 바인더 젯에서 사용되는 대부분의 모래는 평균입도가 작게는 $50\sim 150\mu\text{m}$, 크게는 $200\sim 300\mu\text{m}$ 정도의 미세 분말을 주로 사용함.
- 이때, 프린팅 헤드 이송, 롤러를 이용한 파우더 공급 등 기계적 작동에 의한 분말의 비산에 의해 프린팅 헤드 노즐 끝단에 달라붙는 경우가 발생할 뿐만 아니라 사용하는 바인더의 종류에 따른 노즐 끝단에서의 바인더 자연 경화 등에 의해 노즐 막힘 현상이 발생하게 됨.
- 이러한 노즐 막힘 현상은 결과적으로 프린팅 출력물의 퀄리티를 저하시켜, 원하는 형상 정밀도를 구현하기 어렵게 됨.
- 따라서 이러한 노즐 막힘 현상을 최소화 하기 바인더 젯팅의 안정성을 확보할 수 있는 기술 개발이 요구됨.
- 또한, 현재 주조공정에서는 제작하고자 하는 주조품의 강종에 따라 바인더와 모래의 종류를 달리하여 사용하고 있음.
- 현재 주로 사용되고 있는 바인더는 Furan계 또는 Phenol계

유기 바인더를 사용하여 규사나 세라믹계 모래와 혼합하여 사용하고 있음.

- 하지만 탄소 저감, 환경문제, 근로자 안전 문제 등에 의해 발암성 물질이 많은 유기 바인더 보다는 무기 바인더의 사용에 대한 선제적 대응이 필요한 시점임.
- 그러나 유기 바인더와 무기 바인더를 하나의 장비에서 혼용해서 사용하는 것은 플레이팅 방식, 바인더 경화 방식 등 기계적인 측면에서 많은 차이점을 가지고 있음.
- 하지만 주조 공장에서는 앞서 설명한 바와 같이 하나의 소재만을 사용하는 것이 아니라 유기/무기 바인더 및 천연/인공사를 제품 특성에 맞게 사용하기 때문에 모든 소재를 아우를 수 있는 범용 장비의 개발이 반드시 필요함.



<그림> 노즐 막힘 현상에 의한 프린팅 결과물 (크랙 및 퀄리티 저하)

<표> 유기 및 무기 바인더 사용에 따른 특징 비교

구분	특징	적층방식	경화방식	경화제혼련	소재공급	비고
유기	2액형	블레이드	화학 반응	필요	진동	유해성
무기	1액형	롤러	열 반응	불필요	공압	친환경

- **(제작 기술)** 바인더 젯 기술을 이용하여 주조 공정 적용시 반드시 요구되는 출력물의 기계적 물성을 달성 할 수 있는 제작 기술이 요구됨.
- 대표적인 출력물의 기계적 물성은 압축, 굽힘 강도 및 치수 정밀도가 있으며, 이러한 물성은 주조 공정에서 반드시 갖추

어야 할 요소들로 어떠한 소재를 사용하더라도 주조 공정에서 요구하는 물성을 반드시 갖추어야 함.

- 특히, 천연사 및 인공사는 입자 종류 및 비중이 각기 다르므로 이에 따른 바인더의 최적 함량비(%)를 찾아야 하며, 이에 따른 최적 경화 조건도 동시에 검증이 가능해야 함.

<표> 기존 장비 및 수요처 요구 장비 사양 비교표

사양	세계최고	국내최고	수요처 요구
출력크기(m)	4*2*1	1*0.6*0.65	2*1*1
출력속도(l/h)	-	30	47
적층두께(μm)	-	100~300	100~500
사용바인더	유기바인더	무기바인더	유/무기바인더
사용주물사	인공사	인공사	천연/인공사

◦ 기술 도입시 효과

- **(공정 개선을 통한 생산성 향상)** 바인더 젯 기술을 통해 여러 개가 아닌 일체화된 중자 또는 몰드를 바로 제작할 수 있기 때문에, 조립 수작업 공정이 생략되어 생산성 및 정밀도를 높일 수 있고, 휴먼에러를 크게 줄일 수 있음.
- 중자의 가스빼기 홀은 3D 모델에 미리 반영하여 바인더 젯 프린팅 시에 직접 반영되도록 하여 해당 수작업 공정 제거가 가능하며, 기존 방식에서 고려했던 빼기구배 역시 반영할 이유가 없으므로 제품의 형상 왜곡 문제도 해결이 가능함.
- 또한 일체화 중자 또는 몰드를 적용할 경우 조립면이 대부분 사라지기 때문에 용탕 주입 후 주조품 표면에서 다수 발생하던 버나 핀도 대부분 사라지는 효과가 발생함.
- 즉, 주조 공장에서 항상 병목 공정인 후처리 사상 공정을 크게 줄이는 것이 가능할 뿐만 아니라 목형과 같은 마모 문제가 없기 때문에 생산 수량에 따른 품질 저하 문제도 발생하지 않기 때문에 생산성 향상에 크게 기여할 수 있음.
- 이러한 장점을 종합해보면, 바인더 젯 기술을 양산 공정에 접목할 경우, 기존 주조 공정의 한계를 넘어 생산성과 품질을 효과적으로 향상시킬 수 있으며, 바인더 젯 기술 적용을 통한 주조 공정 양산 솔루션의 특징은 다음과 같이 정리할 수 있음.

- (1) 중자/몰드 일체화 설계를 통한 조립 공정 삭제
- (2) 일체화 제작으로 정밀도 향상
- (3) 조립 수작업 삭제로 휴먼 에러 저감
- (4) 가스빼기 홀 수작업 삭제 가능

	<p>(5) 빼기구배 미적용으로 제품 왜곡 문제 해소</p> <p>(6) 중자/몰드 조립면 최소화로 버나 핀 최소화</p> <p>(7) 후처리 사상 공정 수작업 최소화</p> <p>(8) 생산 수량 증가에 따른 품질 저하 문제 해소</p> <p>- (원가 절감 및 매출효과) 2023년 1월 현대중공업에서 발표한 자료에 따르면, 3.5ton급 선박용 벨 마우스 제작시 본 제안 기술의 일부를 적용하였을 때, 기존 주조 공법 대비 제작기간 56%, 제작 비용 37%를 절감할 수 있었다는 발표가 있었음.</p> <p>- 이러한 사례에 비추어 볼 때, 본 기술 개발 제안이 제안하는 기술은 현대중공업이 수행했던 장비, 소재, 공정 보다는 보다 진보적인 기술로써, 현대중공업 발표보다는 원가 및 매출 효과가 훨씬 더 클 것으로 전망함.</p> <p>- 특히, 제작 비용의 대부분을 차지하는 소재인 바인더와 모래(주물사)의 비용을 대폭 절감시킬 수 있는 유기바인더 및 천연사 적용이 가능함에 따라 과제 성공시 훨씬 큰 원가 절감 효과를 기대할 수 있음.</p> <p>- (고용창출 효과) 작업 및 근무 환경 개선을 통한 일자리 고도화를 통해 청년 인력의 신규 영입을 촉진시킬 수 있는 계기가 될 수 있을 것으로 판단함.</p> <p>- 특히 기존 단순 노동에서 3D 역설계, 3D 모델링 디자이너뿐만 아니라 3D 프린터 오퍼레이터 등 디지털 전문 노동으로의 전환을 통해 고급 기술 인력의 고용 증가가 기대됨.</p> <p>- (수입대체 효과) 글로벌 업체들의 인수합병을 통한 규모 성장 및 점유율 확대 (Stratasys, 3D Systems, Desktop Metal 등 해외 기업의 인수 합병 진행) 및 적극적인 이종 산업간 파트너십 체결을 통한 사업영역 확대 중임.</p> <p>- 이와 같은 글로벌 업체의 독점으로 인해 3D 프린터 장비의 경우 최대 10배, 원부자재의 경우 최대 100배까지 가격 격차가 발생하고 있으나, 본 제안 기술 국산화 개발 및 품질 만족 시 가격 경쟁력 우위를 바탕으로 국내 및 해외 독점 시장 공략 가능함.</p>
<p>⑨ 개발기술</p> <p>세부요구수준 (성능, 규격 등)</p>	<p>※ 개발제품의 세부성능, 규격 등</p> <p>※ (필요 시) 국내·외 기술동향 및 수준</p> <p>◦ 개발 제품의 세부 성능 및 규격</p> <p>- (특징 및 요구사항) 피에조 일렉트릭 방식의 프린트 헤드를 사용한 바인더젯팅 방식 몰드 제작용 프린터로, 주재료로 다양한 입도의 천연사 및 인조사 모두 사용가능 할 수 있는 장</p>

비어야 함.

- 천연사 및 인조사에 해당하는 적합한 바인더를 제공할 수 있어야 하며, 특히 주조품의 강종에 따라 사용되는 바인더의 종류가 다르기 때문에 유기 및 무기 바인더를 모두 사용할 수 있는 장비여야 함.
- 3D 모델 파일을 기반으로 전용소프트웨어를 이용하여 슬라이싱을 진행한 이후 장비를 통해 출력이 가능해야하며, 3D 모델 파일은 step, stl 파일 등 solid 형태의 파일 뿐만 아니라 3D scan 데이터도 이용가능해야 하며, 이때 전용 소프트웨어는 영구라이선스로 제공해야 함.
- 프린터 헤드는 1회 500mm 이상의 출력폭을 유지하여야 하며, 프린터 헤드의 수명 연장을 위한 별도의 유지 보수 장치가 반드시 필요함.
- 프로그램 실행시 출력이 완료될때까지 무인시스템으로 되어야 하며, 이때 안전 조작을 위한 자동 잠금 및 멈춤 장치가 있어야 함.
- 출력 완료후 탈사 장비를 이용하여 잔여 모래의 제거가 가능하도록 구성되어야 하며, 출력물은 상온에서 변형이 없고 최대 10일간 최초의 기계적 물성을 유지해야 함.
- 출력 몰드는 주철, 주강 및 비금속 합금 용탕을 견딜수 있는 내열성을 보유하고 있어야 함.
- 장비 및 운영 소프트웨어 교육은 제작사로부터 정식 교육 이수자 된 인원이 실시하여야 함.

- (세부 성능 및 규격)

- Printer Speed : Max 47L/h
- Build Volume : 2000(L) x 1000(W) x 1000(H)
- Layer Thickness : 100 ~ 500 μ m
- Power : 380V 3Phase, Max power consumption
- File Format : STL
- Head Type : Piezo Electric Inkjet
- Resolution : 1024 x 4, Min. 200DPI ~ Max. 400DPI
- Drop Volume : 80 ~ 200 pl
- Print Width : 500mm / 1 sweep
- Binder : Inorganic, Organic
- Sand : Si, Ceramic 계, 인공/천연사
- Print Head Warranty : 6Month or Operation 2500h
- 프린터 헤드 1ea
- 프린팅 잡박스 1ea
- 재료공급 호퍼 1ea
- 전용운영 소프트웨어 1copy

- Post Process Micro wave : 9kW
- Casting Sand Mixing Unit : Working Volume 160 Liter
- Vacuum Cleaner : 진공도 : 3,100mmHg O
- Extra Job Box : 1ea
- Spare Piezo Electric Inkjet Head
- Post-Processing Table : 1ea
- 집진장치 : 자동 탈진 방식

◦ 국내 기술 동향

- 국내에서는 지금까지 주물사용 바인더 젯 장비 모두를 해외에서 수입하여 사용하고 있는 상황이며, 이들 모두 대부분은 연구소에서 운용중에 있으나, 소재 비용이 매우 비싸 가동률이 높지 않은 것으로 알려져 있음.
- 이러한 이유로 국내에서는 국산화 기술개발을 위해 정부과제 지원을 받아 2020년 국내 최초로 (주)에스에프에스에서 1m급 대형 바인더 젯을 상용화하여 출시하였으며, 1m급 장비를 활용하여 다양한 산업군에 적용한 사례를 발표함.
- (주)에스에프에스는 국외 장비와 대비적으로 친환경 소재인 무기 바인더를 적용하고 있으며, 최근 현대중공업, 한국주강과 함께 세계 최초, 국내유일의 선박용 벨마우스를 제작하여 실증화에 성공한 사례를 가지고 있음.
- 특히 국내에서는 자체 개발한 장비를 활용하여 산업군에 실증화한 사례를 유일하게 보유하고 있으며, 조선 뿐만 아니라 자동차, 건설 산업에도 적용 범위를 확대해 나가고 있음.
- 바인더 젯 기술에서 가장 중요한 요소이면서 경쟁력을 확보하기 위해서는 저가의 소재를 적용할 수 있는지에 대한 다양한 테스트 능력, 노하우가 필요하며 국내에서는 유일하게 이러한 능력, 노하우를 보유하고 있는 것으로 판단됨.



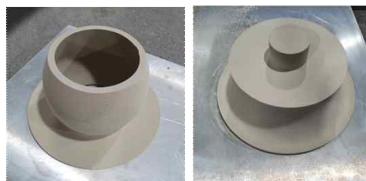
<그림> (주)에스에프에스의 1m급 바인더 젯 장비



<그림> (주)에스에프에스에서 실증화에 성공한 선박용 벨마우스 출력물 및 제품 사진



<일체형 임펠라 중자 출력>



<상형 및 하형 출력>



<그림> (주)에스에프에스에서 출력한 출력물 및 주조품

◦ 국외 기술 동향

- 국외에서는 미국의 ExOne과 독일의 Voxeljet이 대표적인 선두 그룹으로 주물사용 바인더 젯 장비 및 소재를 판매하고 있으며, 두 회사 모두 유기 바인더를 적용할 수 있는 장비가 메인 장비임.
- 최근 ExOne은 미국의 Desktop 메탈에 인수합병되어 바인더 젯 시장을 선점하기 위한 미국의 공격적인 전략이 가시화 되어 가고 있음.



<그림> ExOne의 대표 장비 사진 및 사양

- 이를 뒷 바침하듯 ExOne은 기존 유기 바인더 적용 장비 이외에도 무기 바인더를 사용할 수 있는 장비를 출시하여 판매 중에 있으나, 유기 바인더 전용, 무기 바인더 전용 장비를 별도로 판매하고 있어 장비의 혼용이 어렵다는 단점을 가지고 있음.
- 뿐만 아니라 ExOne이 보유한 다양한 소재에 대한 테스트 능력, 노하우와 Desktop 메탈이 보유한 금속 관련 기술을 융합하여 금속 바인더 젯 장비 및 공정 기술 개발에 박차를 가하고 있으며 점차 성능이 향상된 장비를 차례로 출시하는 등 세계 시장 선점을 위한 노력을 하고 있음.
- 독일의 Voxeljet의 특징은 세계에서 가장 큰 주물사용 바인더 젯을 개발하여 상용화 하였다는데 있음. 최대 출력 크기가 4m급으로 Phenol계 유기 바인더를 적용하여 경화속도를 빠르게 가져가면서 벽면과 출력물을 동시에 출력하여 적층하는 방식을 채택하고 있음.



<그림> Voxeljet의 VX4000 장비

개발항목(성능지표)			규격/단위	개발목표	객관적 측정방법
1.	장비	제작크기	m	2*1*1	입회시험성적서
2.		출력속도	l/h	47	입회시험성적서
3.		해상도	dpi	200	공인시험성적서
4.	출력물	압축강도	MPa	8	공인시험성적서
5.		굽힘강도	MPa	8	공인시험성적서
6.		치수정밀도	%	0.2	공인시험성적서
신뢰성 인증방법			◦ 제작크기		
			- 개발된 장비의 최대 출력 크기를 외부 공인기관 입회하에 평가 및 측정		
			◦ 출력속도		
			- 적층 부피[liter]를 적층하는데 걸린 시간[h]으로 나눔으로 측정, 외부공인기관 입회하에 평가 및 측정		
			◦ 해상도		
			- X축과 Y축으로 각각 인쇄한 점의 수 (N)를 인쇄한 길이(inch)로 나눔으로 측정, 외부공인기관에 의뢰하여 평가		
			◦ 압축강도		
- KS-K7181기준에 의하여 평가					
◦ 굽힘강도					
- ASTM C1161-02C 기준에 의하여 평가					
◦ 치수정밀도					
- ISO 8062 기준에 의하여 평가					
* 핵심항목 5가지 이상으로 작성하되, 필요시 칸을 추가하여 작성					
※ 해외인증, 수요처의 시험테스트 요건, 적용시기, 개발요건 등					
⑩ 비고 (특이사항 등)					