

소실모형주조법의 현황 및 전망



김 성 한(삼성자동차(주))

- '81 - '85 동아대학교 금속공학과 (학사)
- '85 - '89 동아대학교 금속공학과 (석사)
- '90 - '94 영국 Loughborough University of Technology (공학박사)
- '94 - '95 영국 Auto Alloys Foundries Casting Process Technical Consultant.
- '95 - '95 영국 Loughborough University of Technology Post-Doct
- '95 - 현재 삼성자동차(주) 부품개발 총괄 주단조팀 과장

요 약

소실모형주조법은 1980년대 중반 이후 자동차 부품생산업체뿐만 아니라 일반 산업용부품생산업체들의 많은 관심 속에서 지속적으로 연구 발전되어져 왔으며, 최근 복잡한 형상의 부품들을 Near-net shape로 대량 주조 할 수 있는 유일한 주조방법으로서 인정되어지고 있다. 또한 앞으로 이 주조법의 활용범위는 현재 사용되어지고 있는 AI 합금 및 주철등 일반적인 금속재료의 주조뿐만 아니라 금속기 복합재료의 주조에 있어서도 많은 장점들을 부여 할 수 있을 것으로 강력히 시사되어지고 있다. 최근에 발표된 보고서 및 특허들에 의하면 종래의 사형주조법(Sand Casting), 로스트왁스주조법(Investment Casting) 및 금형주조(Die Casting)에 의해서 제작되어져 오던 복잡한 형상의 많은 AI합금 및 주철 주물품들이 현재 소실모형주조법에 의해서 주조하는데 성공 또는 연구 검토중에 있는 것으로 알려지고 있다. 더욱이 2000년대에는 항공기 산업분야에 있어서도 종래의 주조법으로 생산되어 오던 많은 부품들중, 특수한 기계적 성질이 요구되는 것들을 제외한, 복잡한 형상을 가진 많은 주물제품들이 소실모형주조법에 의해서 생산되어 질 것으로 이 주조법과 관련된 R & D 및 주물업체 또는 사용자들의 대다수가 전망하고 있다. 그 예로서 영국의 항공기업체인 롤스루이스사가 현재 사형주조법에 의하여 생산되어지고 있는 항공기용 대형 Mg합금 주물품의 생산에 소실모형주조법의 도입을 결정하여 시험주조 중에 있는 것으로 사료되어진다.

따라서 본 보고서에서는 소실모형주조법의 개요 및 산업용부품, 특히 복잡한 형상을 가진 자동차 부품생산에 있어서의 소실모형주조법의 현재까지의 연구개발 및 응용실태에 대하여 중점적으로 소개하고자 한다.

1. 서 론

소실모형주조법은 H. W. Shroyer [1]에 의해서 개발되어져 1958년 처음 국제특허로 등록되었다. 그후 1964년 T. R. Smith [2]에 의해 재특허 되어져 1980년대까지 이 주조법에 대한 관심도는 계속되어 왔지만 1981년 Smith의 특허가 만료된 시기를 기점으로 산업용 부품생산에 본격적으로 적용되었다.

1980년대 초, 단지 몇몇 자동차업체들만이 간단한 형상의 자동차부품을 생산하기 위해서 소실모형 주조법을 사용한 것이 전부 였으나, 1980년대 중반이후 이 주조법의 활용이 급증하여 현재는 자동차관련 부품들뿐만 아니라 일반산업용 부품들, 특히 복잡한 형상을 가진 부품생산에 아주 적극적으로 활용되어지고 있다. 1988년 중반기를 기준으로한 J. R. Brown의 보고서 [3]에 의하면 전세계적으로 100개 이상의 업체가 소실모형 주조법을 이용하여 비철 및 주철 주물제품을 양산하고 있을 뿐만 아니라 100개 이상의 업체가 이 주조법을 도입하여 양산적용 가능성 여부를 검토하고 있는 것으로 보고하고 있다. 또한 매달 2000톤 이상의 Al-Base 합금 및 4000톤 이상의 주철(Cast Iron) 주물품들이 소실모형주조법에 의해서 생산되어지고 있다고 조사되어져 있다 [3].

소실모형주조법에 대한 연구개발 및 양산적용은 1980년 중반 이후 최근 10년동안 가장 활발하게 이루어졌으며, 그 결과 이 주조법과 관련하여 수백종의 특허들이 현재까지 신청 또는 등록되어져 있는 실태이다. 예를 들면, 국내에서는 현재 소실모형주조법으로 불리어지고 있지만, 국외적으로는 Evaporative Pattern Casting Process,

Expandable Polystyrene Moulding Process, Evaporative Foam Process, Lost Foam Process, Full Mould Process, Policast Process, Replicast Process 등, 이 주조법을 응용하여 연구개발에 성공한 개인 및 업체 또는 국가에 따라서 매우 다양한 이름으로 불리워지고 있다.

소실모형주조법은 현재 복잡한 형상을 가진 산업용부품, 특히 자동차부품 생산에 있어서 전세계적으로 가장 선호되고 있는 주조방법중의 하나이다. 그 주된 이유로는 주조공정의 간소화, 생산비의 절감효과 및 복잡한 형상의 Near-net Shape로의 대량생산이 가능한 것 등의 종래의 주조법들에 비하여 소실모형주조법만이 제공할 수 있는 많은 장점들을 가지고 있기 때문이다. 이에 대한 자세한 내용은 3. 소실모형주조법의 장점 및 단점에 언급해 두었다.

최근 자동차 부품생산에 있어서의 소실모형주조법의 활용은 계속적으로 증가하고 있으며, 특히 자동차용 Al주물제품 생산에 매우 활발하게 이용되어 지고 있다. 현재 전세계적으로 소실모형주조법에 의해서 가장 많이 생산되어 지고 있는 자동차용 Al부품으로는 흡기다기관(Inlet manifold)를 들 수 있으며, 이외에도 브레이크 펌프 하우징(Brake pump housing), 실린더 헤드(Cylinder head), 엔진블록(Engine block : four cycle-four stroke)등이 이 주조법에 의해서 양산화되어 지고 있다. 뿐만 아니라 배기다기관(Exhaust manifold), 브레이크 캘리퍼(Brake caliper), 브레이크 디스크(Brake disk) 및 크랭크 샤프트(Crank shaft)등의 자동차용 주철(Cast Iron)부품 양산에 있어서도 소실모형주조법은 많이 활용되어 지고 있다. 아울러 현재 전세계적으로 자동차산업에서 대두되고 있는 경량화 추세에 따른 자동차용 Al복합재료 주물부품생산에도 소실모형주조법의 활용이 적극적으로 연구 검토되고 있는 것으로 알려지고 있다. 그 예로서, 미국의 Ford 및 프랑스의 Peugeot등의 자동차업체들은 소실모형주조법을 이용하여 종래의 주철재의 Ventilated brake disk를 대신할 Al 복합재료의 Ventilated brake disk

를 개발하는데 성공하여 양산화를 검토하고 있는 것으로 사료되어진다. 그림 1에 영국의 Loughborough University에서 시험생산에 성공한 Al복합재료 (Duralcan 15 vol.% SiC Particle)의 Ventilated brake disk를 나타내었다[4]. 이외에도 소실모형주조법을 응용한 많은 새로운 기술들이 현재 개발 연구 중에 있으며, 그 예로서 복합재료 생산에 있어서의 소실모형주조법의 응용에 관하여 간단하게 언급하고자 한다. 아주 미세한 입자의 그래파이트 강화재 (Graphite Reinforcement)를 예비발포시킨 Polystyrene Beads와 혼합하여 소실모형을 제작한 후 Al합금을 주조함으로써 원하는 형상의 복합재료 주조품을 얻을 수 있는 방법이 Wu와 Beech등에 의해서 시도되어졌다[5].

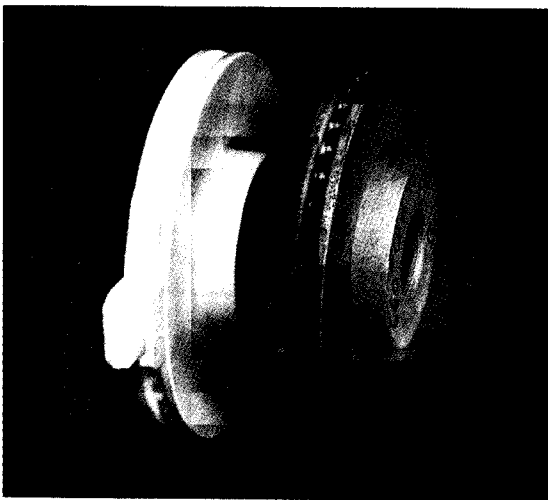


그림 1. 소실모형주조한 Al 복합재료의 벤티레이티드 브레이크 디스크(Ventilated Brake Disk)

주조법들은 전자, 즉 필요한 부품의 형상을 가진 주형(Mould)을 모래(Sand), 세라믹(Ceramic) 또는 금형(Metal Die)를 이용하여 제작한 후 용융금속을 제작되어진 주형의 공간에 주입하여 주조품을 생산하는 Empty Mould Process에 속한다. 그러나 소실모형주조법은 주형 내에 필요한 부품과 동일한 형상의 Evaporative pattern, 즉 예를 들자면 용융발화하기 쉬운 주조용 스티로폴 패턴(Polystyrene pattern)을 남겨둔채로 용융금속을 주입하여, 주입된 용융금속에 의해서 소실모형이 용융발화됨과 동시에 그 자리에 용융금속이 대치되어 소실모형과 동일한 형상의 주조품을 생산하는 방법으로 후자인 Full Mould Process에 속한다. 그림 2에 소실모형주조법의 기본원리를 나타내었다.

일반적으로 소실모형주조법은 아래와 같이 크게 3가지 공정으로 나누어 볼 수 있다.

- 1) 소실모형 준비
- 2) 주형제작
- 3) 주물생산

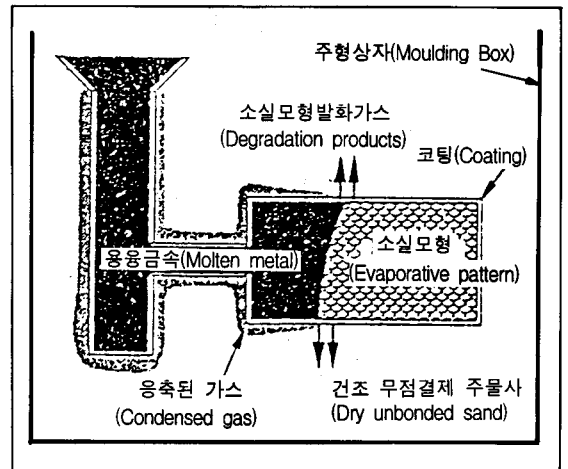


그림 2. 소실모형주조법의 기본원리

2. 소실모형주조법의 개요.

현재 사용되어 지고 있는 주조법들은 주형상태 (Mould State)에 따라서 크게 Empty Mould Process 및 Full Mould Process 두 가지로 구분할 수 있다. 소실모형주조법을 제외한 대부분의

그림 3에 소실모형주조법의 개략적인 주조공정도를 나타내었다[6]. 소실모형주조법의 주조공정 대부분은 현재 거의 자동화가 이루어졌으며, 종래의 주조법에 비하여 특히 복잡한 형상의 주조품

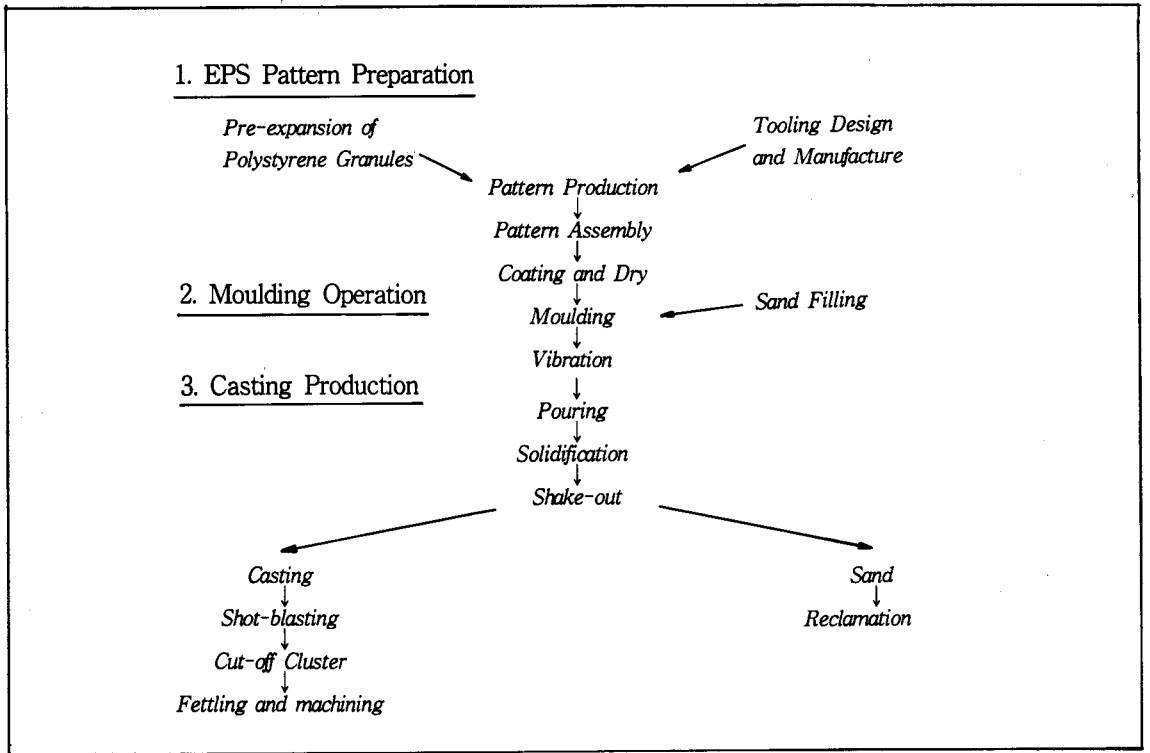


그림 3. 소실모형주조법의 주요공정도.

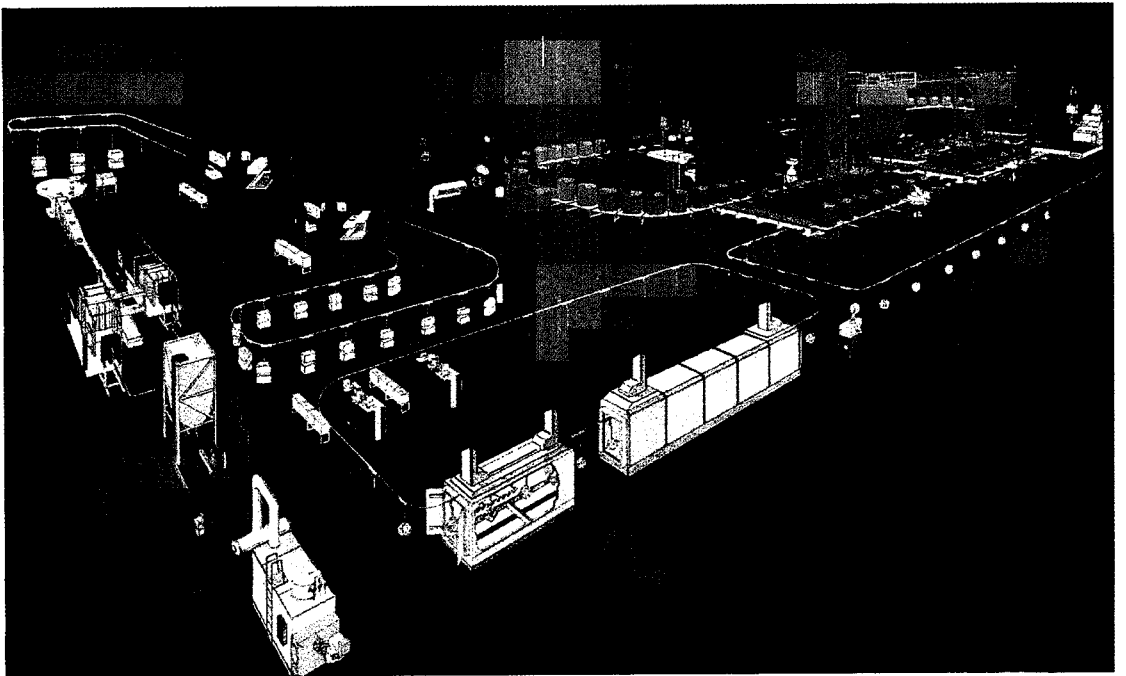


그림 4. 자동화된 소실모형주조라인

의 양산에 있어서 생산성의 증대 및 원가절감을 크게 기대할 수 있다. 그림 4에 자동화된 소실모형 주조법의 주조공정라인의 일 예를 나타내었다 [7]. 현재 소실모형주조법의 대부분의 주조공정에 산업용 로봇의 활용이 급격히 증가 되어지고 있으며, 특히 미국 및 유럽의 자동차 업체에서 복잡한 형상의 자동차부품의 대량생산에 많이 적용하고 있다.

2.1 소실모형 준비

이 공정은 생산하고자 하는 제품과 동일한 형상의 소실모형 및 탕구계를 모형생산기계에서 제작하여 접착제(Glue)를 이용하여 패턴 크루스터 (Pattern Cluster)로 만들어 불용성 세라믹(Ceramic)으로 코팅(Coating)한후 완전히 건조시키는 단계로서 아래의 5가지과정을 필요로 한다.

- (1) 예비발포 시킨 소실모형비드 생산
- (2) 소실모형 및 탕구계 생산기의 알루미늄금형 (Die) 제작
- (3) 소실모형 및 탕구계
- (4) 소실모형 크루스트 제작
- (5) 불용성 세라믹 코팅 및 건조

본 공정의 일 예를 그림 5에 나타내었다[8]. 소실모형 및 탕구계 생산기는 금형의 고정방식에 따라 수직식과 수평식 2가지로 대별 할 수 있으나, 소실모형 및 탕구계 생산은 두가지 모두 표 1[9]에 나타낸 4가지 공정을 기본으로 하고 있다. 즉 생산기계의 금형내로 예비발포 시킨 비드의 충전(Filling), 가열(Steaming), 냉각(Cooling), 취출(Ejection)의 기본순서에 의해서 소실모형 및 탕구계가 생산되어진다. 그러나 각 공정별 적용기술은 소실모형 및 탕구계 생산기 개발자 및 제작회사의 특징에 따라서 다를 수 있다. 소실모형 크루스트를 제작하기 위한 접착제의 사용방법도 크게 수동 및 자동식 2가지로 나누어 볼 수 있으며, 자동식에는 지그를 이용한 기계적 압착(Mechani-

표 1. 소실(Evaporative) 모형(Pattern) 및 탕구계 (Gating system) 생산기의 공정 및 특징.

Operation	Technique
Filling	Pressure Vacuum Combination
Steaming	Steam alone Steam ejection Steam pulled by Vacuum
Cooling	Water/vacuum Pulse water and vacuum
Ejection	By handling device By soft foam mould

cal press-fits), 열용접(Thermo-welding) 및 초음파웰딩(Ultrasonic-welding)등 [10-13]이 있다. 소실모형 크루스트의 코팅방법 또한 브러싱 (Brushing), 스프레이(Spraying), 오버푸어링(Overpouring), 딥핑(Dipping)등 매우 다양하게 개발되어져 있다.

2.2 주형제작

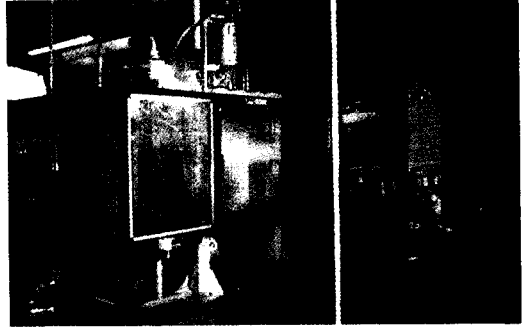
이 공정은 선공정을 통하여 제작되어진 소실모형 크루스트를 이용하여 주형을 제작하는 단계로서 아래의 3가지 과정을 필요로한다.

- (1) 코팅된 소실모형 크루스트의 주형상자내에 위치시킴.
- (2) 무점결체의 건조된 주물사(Dry Unbonded Sand)로 주형상자내의 남은 공간을 채움.
- (3) 진동(Vibration)을 주어 주물사를 충전시킴.

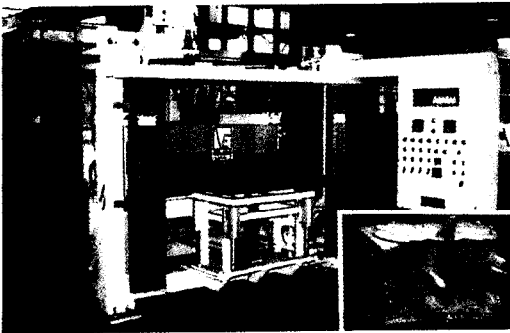
소실모형 주조법이 종래의 사주조법(Sand Casting Process)과 완전히 다른점은 점결체가 첨가되지 않은 건조된 주물사(Dry Unbonded Sand)를 사용하여 주형을 제작하는 것이다. 따라서 별도의 중자(Core)제작을 필요로 하지 않으며, 특히 주물사의 관리 및 재활용이 아주 용이하다. 본공정의 일 예를 그림 6에 나타내어 두었다[14].



1. 비드의 예비발포



2. 소실모형생산



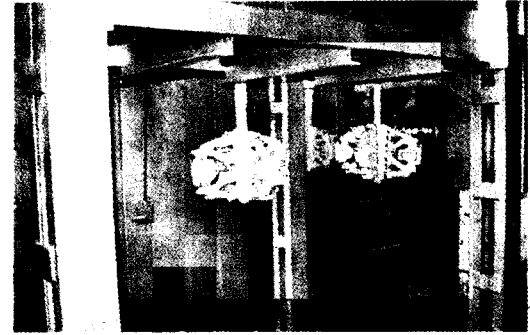
3. 접착(Gluing)



4. 소실모형크루스트



5. 코팅(Coating)



6. 건조(Drying)

그림 5. 소실모형주조법의 소실모형(Evaporative Pattern) 준비과정.

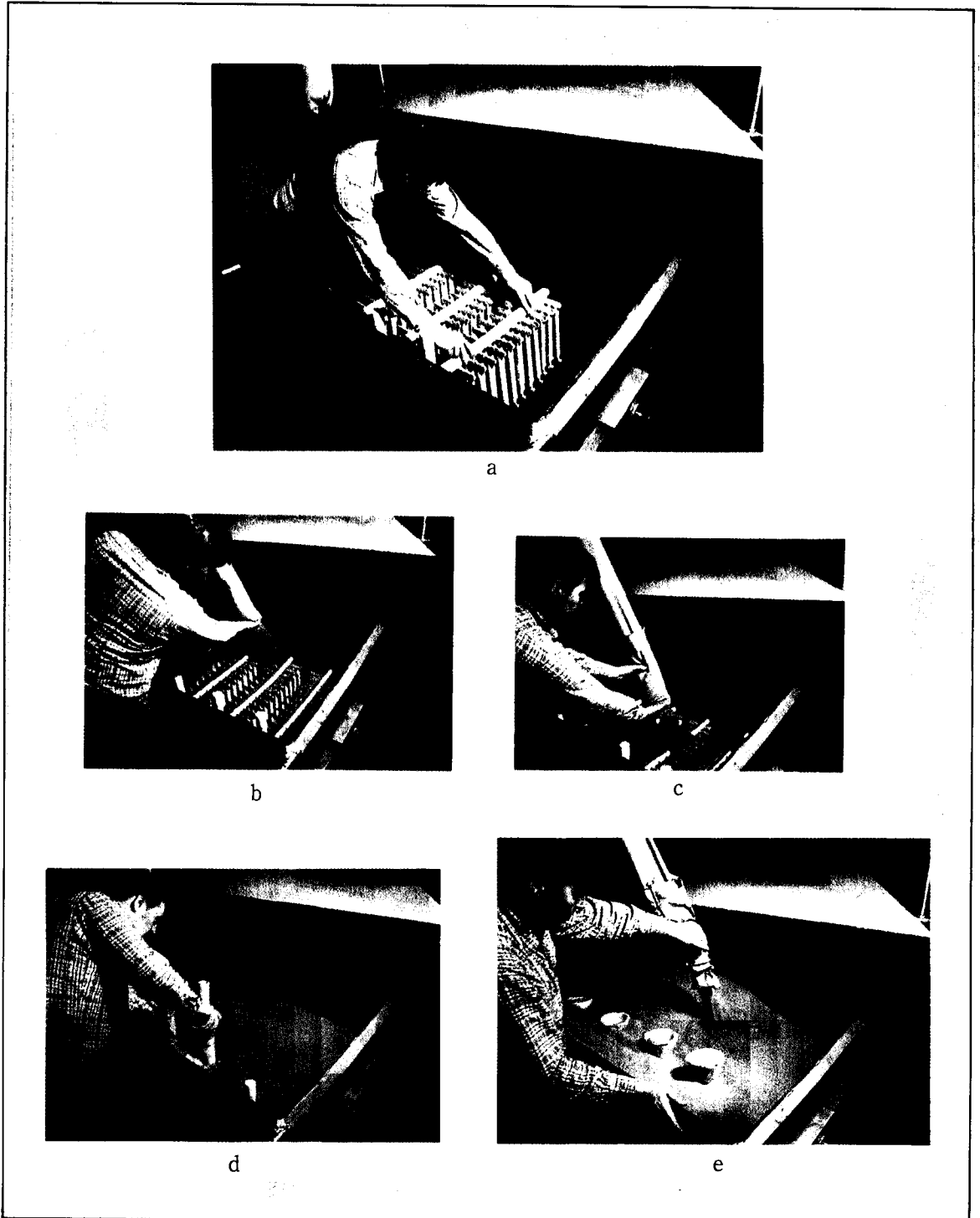


그림 6. 소실모형주조법의 주형제작 공정.

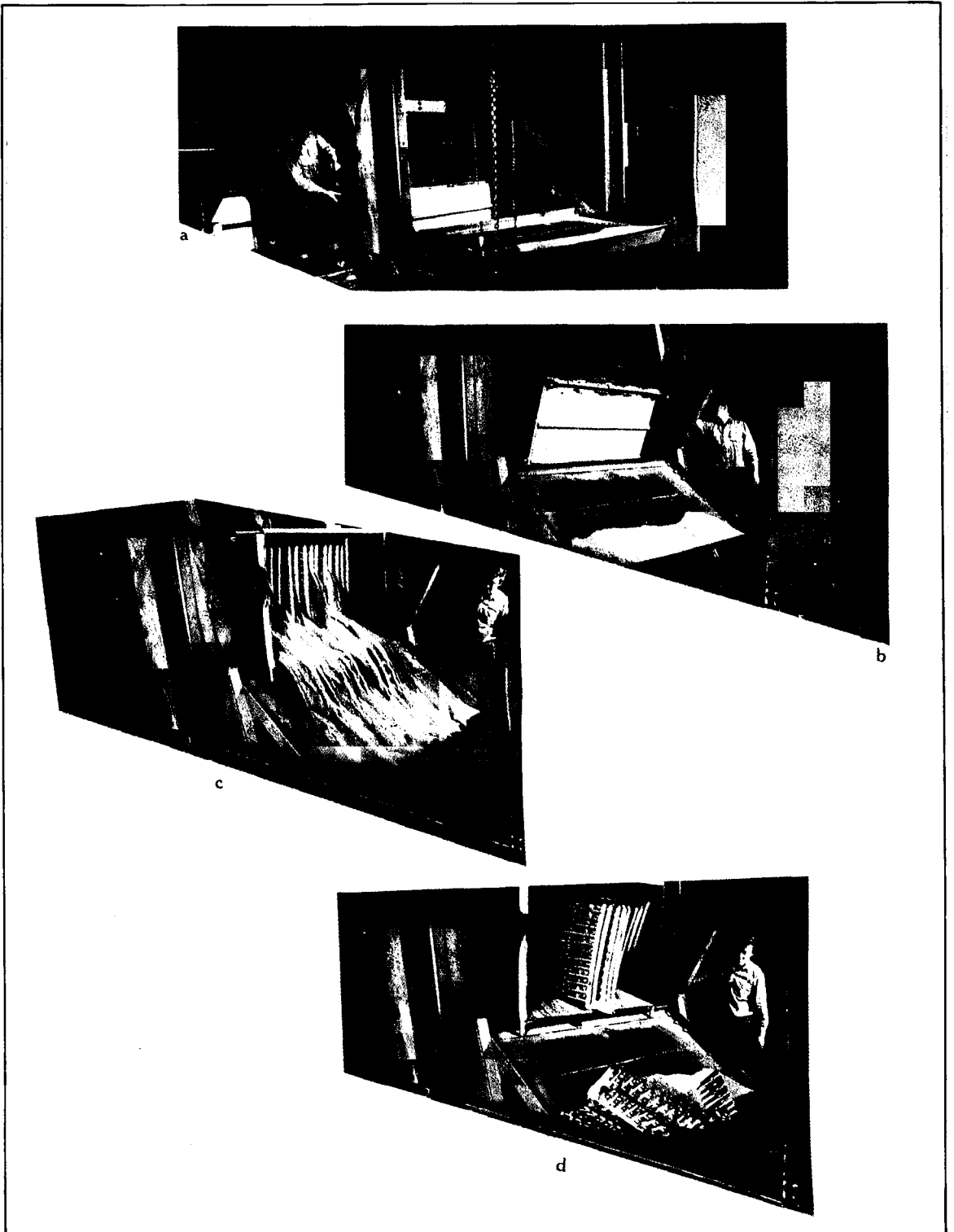


그림 7. 소실모형주조법의 주형해체 공정.

2.3 주물생산

이 공정은 앞의 공정을 통하여 제작되어진 주형내에 용융금속을 주입시켜 Evaporative pattern cluster와 동일한 형상의 최종적인 주조품을 생산하는 단계로서 아래의 4가지 과정을 필요로 한다.

- (1) 주입 및 응고
- (2) 주형해체 및 주물사 처리
- (3) 코팅의 제거
- (4) 구조된 소실모형 크루스트, 즉 주물크루스트(Casting cluster)로부터 제품절단 및 기계 가공.

소실모형주조법은 중자없이 무점결계의 건조된 주물사를 사용하므로 주형해체가 용이할뿐만 아니라 주물사의 대부분을 재활용할 수 있다. 그림7에 주형해체의 일 예를 보여주고 있다[14]. 주형해체후 응고된 주물의 표면에 부착되어 있는 코팅재는 쇼트블라스팅에 의해서 간단하게 제거되어 질수 있으며, 코팅재가 수용성이므로 물을 분사하여 제거할수도 있다. 소실모형을 이용하여 필요한 제품과 거의 동일한 형상의 주물부품을 니어네트셰이프(Near-net shape)로 생산이 가능하므로 주입구 부분의 간단한 기계가공 만을 필요로 한다. 따라서 가공공구의 수명연장 및 가공시간의 절약에 의한 생산성의 증가등으로 인한 원가 절감의 효과를 크게 기대할수 있다.

3. 소실모형주조법의 장점 및 단점.

소실모형주조법은 최초 금속공예가들에 의해서 예술품을 제작하기 위하여 우선 스키토폴을 이용하여 본인의 예술성을 담은 작품을 제작하여 주형을 만든후 용융금속을 주입하여 공예품은 만드는데 사용되었었다. 그러나 현재는 금속공예품 보다는 산업용 부품생산에 더 많이 활용되어 지고 있다. 소실모형주조법의 가장 큰 장점으로는 복잡한 형상의 주조품들을 Nearnet Shape로 대량 생

산이 가능한 것을 들수 있다. 또한 무점결계의 건조된 주물사를 사용하므로 별도로 중자를 제작할 필요가 없다. 예를 들자면 종래의 사형주조법(Sand Casting Process)은 중자를 사용하지 않고 Ventilated brake disk를 생산할 수가 없기 때문에 별도의 중자제작기 및 중자사를 필요로 하지만, 소실모형주조법의 경우는 중자없이 Ventilated brake disk의 제작이 가능하다. 소실모형주조법을 이용하여 제작한 Fe-base Ventilated Brake Disk의 예를 그림 8에 나타내었다[15]. 이외에도 종래의 다른주법들에 비하여 생산원가의 절감 효과 등 많은 장점들을 가지고 있다. 산업용부품 및 자동차부품 생산에 있어서 소실모형주조법을 사용했을시 얻을 수 있는 장점들을 최근까지 발표된 자료들을 중심으로 표2에 정리해 두었다. 그러나 앞으로 극복 해야할 단점들을 가지고 있는 것 또한 사실이다. 이는 단지 소실모형주조법에만 국한 되어 있는 것이 아니라 현재 사용되어지고 있는 모든 생산기술들이 안고 있는 공통된 과제인 것으로 사료되어진다.



그림 8. 소실모형주조한 Fe-base 벤티레이티드 브레이크 디스크(Ventilated Brake Disk).

3.1 소실모형주조법의 장점.

- 1) 무점결계의 건조된 주물사를 사용하므로 점결계 첨가를 위한 믹서기설치 및 설치공간이 불필요하다.

표 2. 산업용부품 및 자동차용부품 생산에 있어서의 소실모형주조법 적용의 장점.

Component	Advantage of EPC process
Aluminium alloy Inlet manifolds Brake pump housing Stator frame Fuel pump support Compressor housing Three-cyl, two stroke engine block Four-cyl, four-stroke engine block Cylinder head	High productivity, low tool cost Cast to size Weight reduction, reduced machining Cast to size Replaces two castings Replaces assembly of ten diecastings Cast-on housings and brakets, cast-in oil lines, reduced machining Cast-in bolt holes, precision combustion chambers
Grey iron alloy Stator frame Water-cooled exhaust elbow Counter weight(washing machine) Gas burner Air-cooled two-stroke cylinder block	40% weight reduction, holes cast to size Re-design improved efficiency No grinding, precise weight, replaces shell moulding Burner holes cast in Cores eliminated, tolerances improved
Ductile iron alloy Gate valve Exhaust manifold Pipe fittings Spring hanger Steering brake drum Brake caliper Differential case Truck hub	Bolt holes, flange faces, valve seal, sealing surfaces cast to size Cleaner interior passages, lower weight Machining reduced or eliminated Cast to size Design not possible with green sand Eliminate two cores, internal passage formed Reduced machining, better balance Lower weight, reduced machining
Malleable iron alloy Insulater caps	High productivity, reduced grinding

- 2) 주물사의 핸드링 및 주형해체가 용이하다.
- 3) 주형해체후 주물사처리가 용이하고 주물사의 거의 대부분을 재활용할 수 있다.
- 4) 폐사처리를 위한 운반장비 및 주물공장내 공간확보가 불필요 하다.
- 5) 하나의 탕구계를 이용하여 크루스트(Cluster) 형태로 여러개의 제품의 주조가 가능하므로 회수율이 높다.
- 6) 주형상자의 상하형 분할이 필요없으므로 합형과 관련된 주물결합, 즉 Mis-match, Core-shift등에 대한 염려가 없다.
- 7) 볼트홀 또는 탭핑크기홀 등의 Cast-to-size 가 가능하다.
- 8) 중자(Core)가 필요없으므로 중자기 및 설치 공간과 별도의 중자사가 필요없다.
- 9) Near-net-size/shape의 정밀주조가 가능하다.
- 10) 기계가공공정이 매우 간소화 될 수 있으므로 기계가공 장비 및 공구들의 수명을 연장할 수 있으므로 기계가공경비를 획기적으로 절감할 수 있다.
- 11) 주조공정을 쉽게 자동화할 수 있다.
- 12) 대량생산에 용이 하므로 생산성의 향상을 기대할 수 있다.
- 13) 종래 주조법에 비하여 부대설비비 및 전기비를 절감할 수 있다.
- 14) 주조공정이 간소화 되었으므로 전문기술인력

의 필요성이 감소된다.

- 15) 중자를 사용하지 않으므로 종래 주조법에 비하여 생산하고자 하는 주조품, 특히 복잡한 형상의 주조품의 설계가 용이하다.
- 16) 종래 주조법에 비하여 필요한 주조공장의 공간이 아주 작다.
- 17) 작업환경이 우수하다.

3.2 소실모형주조법의 단점

- 1) 주조된 제품의 품질은 소실모형의 품질에 많은 영향을 받는다.
- 2) 복잡한 형상의 제품일 경우 소실모형을 여러개로 분할해서 생산하여 접착조립해서 사용해야한다.
- 3) 소실모형이 가볍고 단단하지 못하여 쉽게 손상 또는 파손된다.
- 4) 최저 주조가능한 주조품의 두께에 한계가 있다.
- 5) 주입온도가 종래의 사주형주조법에 비하여 높다.
- 6) 저탄소강의 주조시 Carbon pick-up 결함의 발생이 용이하다.

4. 소실모형 주조법의 응용

1980년대 중반이후부터 일반산업용부품 및 자동차부품생산에 있어서 소실모형주조법의 활용은 계속적으로 급격히 증가해왔다. 현재 소실모형주조법은 Al합금 및 주철합금 주물의 생산에 많이 사용되어지고 있을 뿐만 아니라 복합재료 주조에도 활용이 기대되어지고 있는 주조방법 중의 하나이다. 앞으로 자동차산업 분야, 특히 복잡한 형상을 가진 자동차용 비철 및 주철 주물부품 생산에 있어서 소실모형주조법의 이용은 앞으로 더욱 증가될 것으로 기대된다. 그림9에 소실모형주조법을 이용하여 시험생산 또는 양산에 성공한 일반 산업용부품 및 자동차부품의 예들을 나타내었다[13].

표3에 자동차 및 산업용부품 생산에 있어서의 소실모형주조법을 이용하고 있는 예를 업체, 국가, 중요생산제품 및 소재별로 나타내었다[8]. 현재 소실모형주조법을 이용하고 있는 대부분이 미주 및 구라파 국가의 회사들이다. 한국 및 일본을 비롯한 아시아 국가에서도 소실모형주조법에 대한 관심이 매우 높은 것으로 사료되어진다. 한국의 경우 현재 LG전선 부산사상공장에서 소실모형주조법을 이용하여 Al-bsae 흡기다가관(Inlet Manifold)의 양산준비를 하고 있는 것으로 알고 있다.

표 3에서 보여주듯이 현재까지 소실모형주조법은 Fe-base 및 Al-base주조품의 생산에 많이 활용되어 지고 있다. 소실모형주조법은 중자를 필요로 하지 않기 때문에 자동차 부품중에서도 특히 Fe-base의 배기다가관(Exhaust Manifold) 및 Al-base의 흡기다가관(Inlet Manifold)의 생산에 많이 활용되어지고 있다. 그림 10에 소실모형주조법을 이용하여 생산된 Fe-base 흡기다가관의 일예를 보여주고 있다[15].

현재까지 소실모형주조법을 이용하여 Al-base 주물품을 생산하고 있는 가장 잘 알려진 주물업체들은 다음과 같다.

- 1) 포드자동차 (캐나다) - 흡기다가관 (Intake Manifolds)[16].
- 2) 제네랄모터사 (미국) - 실린더 헤드(Cylinder Heads)[17].
- 3) OMC (미국) - 선박엔진부품(Marine Engine Components).
- 4) 피아트 텍시트(이태리) - 흡기다가관(Intake Manifolds)[10].
- 5) 시트로엥 (프랑스)-흡기다가관(Intake Manifolds), 열교환기(Heat Exchangers).
- 6) 프레이바 메탈 (영국) - 흡기다가관 (Intake Manifolds)[18].
- 7) 퓨조 (프랑스) - Water Pumps, Engine Mounting Brackets.

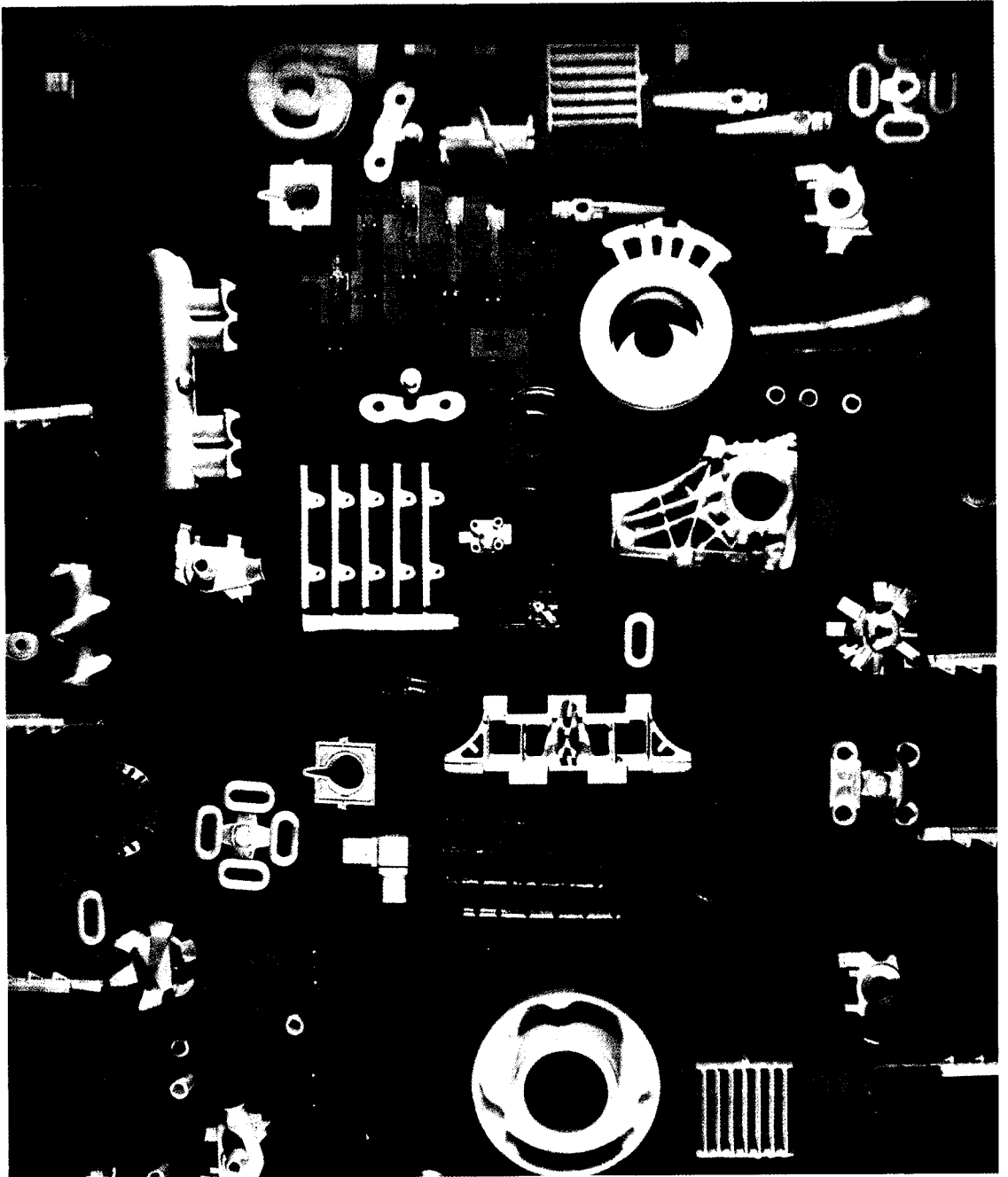


그림 9. 소실모형주조에 성공한 부품들의 예.

표 3. 소실모형 주조법의 활용예

Company	Country	Components	Alloy Group
Ampco Metal Inc.	USA	Exhaust manifolds for personal water craft; pump impellers; pump cases.	Al-base Cu-base
Auto Alloys Ltd.	UK	Turbocharger castings; heat and wear resistant castings	Fe-base
Bondine-Robinson	USA	Brake components; engine block front covers; inlet manifolds	Al-base
Bradley and Foster Ltd.	UK	Wear resistant casting	Fe-base
Citroen	France	Cylinder heads ; manifolds; cylinder pistons; heat exchangers; differential housings	Al-base Fe-base
Ford Motor Company	USA	Inlet manifolds : cylinder heads; exhaust manifolds; crankshafts : ventilated brake discs	Al-base Fe-base
General Motors	USA	Cylinder heads; cylinder blocks; crankshafts; differential casings; exhaust manifolds.	Al-base Fe-base
Hattersley New man Hender Limited	UK	Valve components	Fe-base
Lost Foam Technology Europe	Belgium	Exhaust manifolds; jacketed components	Fe-base
Morikawa Sangyo	Japan	Bearing caps; cylinder sleeves; exhaust manifolds; gearshift drums	Fe-base
Mercury Marine	USA	Marine engine components	Al-base
Passavant	Germany	Sump castings	Fe-base
PBM Components Limited	UK	Inlet manifolds	Al-base
Peugeot	France	Cylinder blocks; cylinder housings; cylinder jackets; ventilated disc brakes	Fe-base
Robison	USA	Electric motor stator castings	Fe-base
Safam	France	Insulated couplings	Fe-base
Stanton plc	UK	Pipe fittings	Fe-base
Fiat-Teksid	Italy	Inlet manifolds; exhaust manifolds; differential cases; hubs; ventilated brake discs; brackets	Al-base Fe-base

소실모형주조법은 또한 소품종의 산업용 대형 주물부품 생산에 있어서도 많이 이용되어 지고 있다. 종래의 사형주조법에 비하여 대형주물제품

의 주형제작시간을 단축 시킬수 있다. 그림 11에 대형주물제품의 구조에 이용될 소실모형재료의 예를 나타내었다[15].

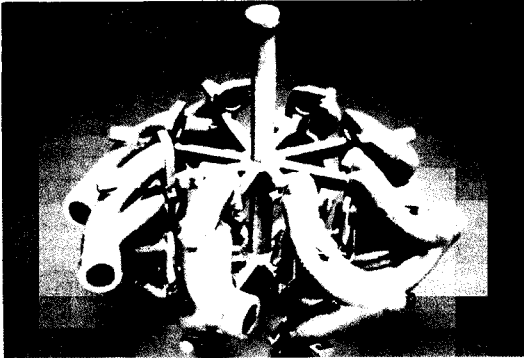
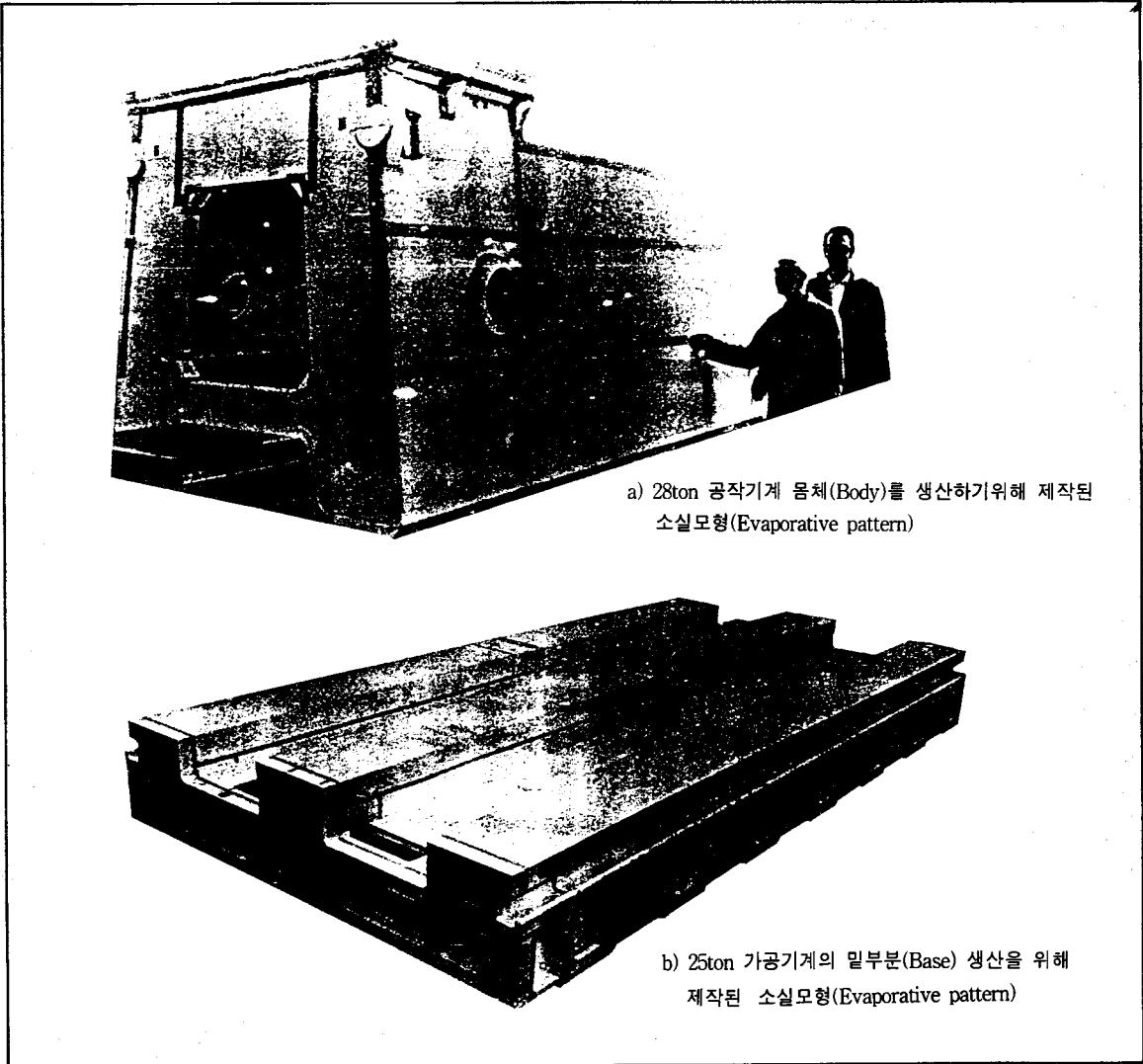


그림 10. 소실모형주조한 Fe-base 흡기다기관.

5. 결 론

복잡한 형상의 산업용 부품, 특히 자동차 부품 생산에 있어서의 소실모형주조법의 활용가치 및 장점들은 앞서 소개한 여러 업체들에 의해서 이미 입증되었다. 그러나 문헌상으로는 소개되지는 않았지만 이 주조법의 사용에 실패한 업체들도 있는 것 또한 사실이다. 그 주된 이유로는 앞에서 소개한 소실모형주조법의 일반적인 단점들 이외의 소실모형 재료, 접착제, 코팅제, 주물사의



a) 28ton 공작기계 몸체(Body)를 생산하기 위해 제작된 소실모형(Evaporative pattern)

b) 25ton 가공기계의 밑부분(Base) 생산을 위해 제작된 소실모형(Evaporative pattern)

그림 11. 대형주물제품의 주조를 위한 Evaporative Pattern.

종류, 주물사 충전시간 및 주입온도등의 주조인들의 복합적인 영향으로 인한 주물품들의 결합 발생을 들 수 있다. 그러나 이러한 문제점들을 극복하기 위한 연구가 지난 5년동안 집중적으로 수행되어 소실모형주조법과 관련된 대부분의 분야에서 새로운 재료 및 기술을 개발하는 등, 많은 발전을 가져 왔다. 이결과 소실모형주조법은 현재 산업용부품 및 자동차부품 생산에 있어서 생산업체들의 최대 issue인 “고 품질, 저 단가, 대량 생산” 및 최근에 새로이 요구되어지는 “Near-net Shape Casting”을 동시에 충족 시킬수 있는 유일한 주조 방법으로 인정 받고 있다. 또한 소실모형주조법은 현재 미국 및 유럽 국가들 내에서 아주 활발하게 응용되어지고 있을뿐만 아니라 일본 및 중국을 비롯한 아시아 몇몇 국가에서도 이 주조법을 도입하여 이미 사용하고 있는 것으로 보고되고 있다. 우리나라보다는 오히려 말레이시아에서 소실모형주조법의 활용에 더 적극적으로 나서고 있는 실태이다. 또한 호주의 경우는 정부적인 차원에서 소실모형주조법의 도입을 적극적으로 추진하고 있으며, 1993년부터 100만\$ 상당의 소실모형주조설비를 구입하여 울롱공 기술전문대학내의 연구소에 설치하여 이 주조법의 기초 및 응용 연구개발에 박차를 가하고 있으며, 앞으로 2000년 이내에 이 주조법을 이용하여 산업용 및 자동차용 부품들의 양산화를 기대하고 있는 것으로 사료되어 진다.

미국의 포드(Ford)자동차 및 제너럴모터(General motor), 이태리의 피아트(Fiat), 프랑스의 시트로엥(Citroen) 및 퓨조(Peugeot)등 세계적인 자동차 업체들이 이미 소실모형주조법을 이용하여 자동차부품들을 자작하고 있는 실태다. 따라서 현재 자동차 생산 분야에 있어서 세계 상위권에 위치한 한국으로서도 국제가격 경쟁에서 살아남기 위해서 소실모형주조기술의 기술개발 및 활용이 필수 불가결 할 것으로 사료되어진다.

참고문헌

- [1] Shroyer, H. F., US Patent No. 2830343, 1958.
- [2] Smith, T. R., US Patent No. 3157724, 1964.
- [3] Brown, J. R., The Foundryman, 81, 3, 560, 1988.
- [4] 김성한, 박사학위논문, Department of Manufacturing Engineering, Loughborough University, U. K., 264, 1994.
- [5] Wu, W. & Beech, J., The Foundryman, 79, 2, 83, 1990.
- [6] 김성한, 박사학위논문, Department of Manufacturing Engineering, Loughborough University U. K., 45, 1994.
- [7] 카타로그, A new moulding process, Policast by Teksid & FATA, 1991.
- [8] 카타로그, Lost Foam: The process with a worldwide future, VULCAN, 1991.
- [9] Clegg, A. J., Foundry Trade Journal International, 14, 6, 74, 1991.
- [10] Mccombe, C., Foundry Trade Journal International, 10, 35, 106, 1987.
- [11] Artz, A. M. & Blalower, P. M., Modern Casting, 77, 1, 21, 1987.
- [12] Gorla, C. A. & Remondino, M. & Seli, M., Foundry Trade Journal, 159, 2321, 188, 1985.
- [13] Huskonem, W. D., Foundry Management and Technology, 115, 2, 34, 1987.
- [14] 카타로그, STYRECAST, Auto Alloys Foundries Ltd., 1992.
- [15] 카타로그, MEEHANITH Castings form polystyrene patterns, 1993.
- [16] Mullins, p.J., Automotive Industries, 164, 2, 60, 1984.
- [17] Clegg, A.J., Foundry Trade Journal International, 9, 30, 51, 1986.
- [18] Woodward, J., BCIRA International Conference, March, 1988.