

제 2차 분무성형 (Spray Forming) 국제 학술대회

본 내용은 The International Journal of Powder Metallurgy(Vol. 30, No. 2, 1994)에 발표된 Conference Report로서 이 Journal의 수석 편집인인 Alan Lawley 교수가 본 학회지에 기고한 것을 번역하여 정리한 것이다.

(한국과학기술연구원 김영도 박사, 편집위원)

ICSF2에 투고된 대부분의 논문을 통하여 1990년 첫번째 학술대회 이래 분무성형 분야에 두드러진 성장이 있었다는 사실을 알 수 있었다. 분무성형법은 더 이상 새로운 도전으로만 생각되는 단계가 아니며 금속학적 공정부분 발전에 크게 기여해 왔다. 이미 확립된 분무성형공정은 이용하여 현재의 시장을 석권하고 새로운 시장을 창출하기 위한 비용상 이익, 성질 개선, 품질 관리 등의 총괄적인 기술의 필요성에 많은 관심을 가져왔지만 종종 상반된 결과를 나타내곤 하였다. 그럼에도 점진적으로 상업화가 진행되었으며 가장 괄목할 만한 것은 최근 동경 Motor Show에서 보여 준 Sumitomo 경금속에서 분무성형하여 제조한 Mazda Eunos 800 칼라로터 부품이었다.

1993년 9월 13일에서 15일까지 영국 Swansea의 Marriott 호텔에서 120명이 넘는 회원이 참석한 가운데 5개 session에 38개의 논문이 발표되었다. 이 학술회의는 ICSF 사무국에서 준비하였으며 Osprey 금속, Mannesmann Demag Hüttentechnik GmbH, Welsh Development Agency에서 후원하였다. 발표된 논문을 내용별로 정리해 보면 다음과 같다.

1. 현재 시장과 전망

Osprey사의 Leatham은 ICSF1 이후 진전된 Osprey 공정내용 및 개발현황을 개략적으로 발표하였다. 여기에 따르면 Kobe Steel, Sumitomo 경금속, CRM 등에서 1990년 이후 22개의 새로운 특허를 획득하였으며 1993년 말까지는 3~4개의 특허가 추가될 것으로 예상하였다. 현재 29개의 Osprey장비가 전

세계적으로 설치되어 있으며 대략 15개 정도의 실험용 분무성형기가 사용되고 있는 것으로 알려져 있다. 이미 상용화가 이루어진 제품으로는 알루미늄 및 알루미늄 기지 복합재료 압출봉으로 현재 직경 400 mm, 길이 1~4 m까지 생산되며, Sandvik에서는 직경 400 mm의 스텐리스 강봉 및 관이 이미 상용화되었고, Sumitomo Heavy Ind.에서는 압연 롤을 생산, 1991년 이후 2000개 이상을 판매하였다. 또한 Wieland와 Boillat에서는 2톤 규모의 용탕에서 직경 300 mm의 압출 구리봉을 생산하며 Howmet과 GE에서는 제트엔진에 사용하기 위해 초내열합금 링 부품을 개발하였다.

생산량을 증가시키며 비용을 절감하는 방향으로 개발이 추진되어야 했으나, 특히 부피가 큰 액상 금속을 취급하면서 새로운 제조 방법을 모색하게 되었다. 그러나 세계 경기 침체에 따른 시장개척의 제약으로 제품성능은 우수하나 초기 투자비용이 많은 분무성형법은 생산 이익이 생길 때까지 장기적인 시간이 필요하기 때문에 특히 항공 및 자동차 분야에 있어서는 기존의 개발된 기술을 대체하는데 큰 장애가 되었다. 또한 기존의 개발된 기술이 계속적으로 발전함에 따라 어려움이 더해졌다. 그러나 일본에서는 시장을 개척하여 성공한 예도 있었다.

특별히 개발 가능성이 있는 분야로는 금속기지 복합재료, 새로운 합금조성 및 합금화, 반고체공정이 요구되는 재료, 복합물(clad 제품) 제조 등으로 분류할 수 있다.

Concurrent Technologies Transfer의 Higginbotham은 전세계 시장을 조사하여 초내열합금 분야에서 분무성형의 상업화 저해 원인을 발표하였다.

발표된 "should cost" 해석법에 따르면, canning과 열간등압성형의 분말 취급공정을 생략함에 따라 분무성형 제조된 봉은 소결 및 열간등압성형으로 제조한 봉에 비해 85~90%의 생산단가를 가져야 경쟁성이 있다고 결론지었다. 생산량이 단가 결정에 큰 영향을 미치므로 분무성형법이 값싼 제품의 생산보다는 새로운 수요에 필요한 고기능성 재료에 이용되어야 한다는 의견이 대두되었다. 그럼에도 불구하고, GE의 William은 IN718봉의 경우, 20%의 생산단가가 절약되었으며 또한 PM 초내열합금의 경우, 30~40%의 생산단가가 절약되어 항공 산업 부품 및 중요 엔진 생산에 분무성형법의 사용 가능성을 보여 주었다.

Higginbotham은 전술한 분석법이 아르곤 가스 대신에 질소 가스를 사용하는 초내열합금의 경우에는 같은 종류의 제품에 다시 사용되지 않기 때문에 분무성형시의 과분무된 분말을 재사용하여 얻어지는 이익을 무시한 분석법이라고 강조하였다.

Al-Si합금의 경우, 두 가지로 단가를 분석해 보면 과분무된 분말의 양과 이것을 재사용할 수 있는 정도는 경제성을 평가하는데 매우 중요하다. 공기분사식과 같은 통상적인 PM법으로 제조가 용이한 알루미늄합금의 경우는 분무성형법과 비교하는데 의미가 없다. Al-Li합금과 같이 질소 가스를 사용하여 분말을 제조하는 경우는 경제성을 고려해 보면 분무성형이 훨씬 유리하게 여겨진다고 White(Cospray)는 강조하였다.

Sumitomo 경금속의 Sano는 Al-Si합금 봉을 제조할 때의 생산 단가를 평가하였다. 월 30톤을 생산할 때 분무성형한 봉은 통상적인 PM법에 비해 94%의 생산단가가 소요되지만 이 정도로는 봉의 표면을 매끄럽게 하는 작업(scalping)을 통해 수율이 감소하게 되며 질소 가스 사용량이 많아 질소 가스 값이 고가인 일본에서는 단가를 절감시키는데 충분하지 않다. Scalping을 하지 않으면 83%로 생산단가가 떨어지게 되어 직접 압출하는 경우 이러한 문제를 없앨 수 있으며 과분무된 분말과 질소 가스를 재사용하게 되면 생산단가를 78% 정도로 떨어뜨릴 수 있다는 계산이 나온다.

과분무된 금속기지 복합재료는 금속재료에 비해 재사용하기에 경제적이지 못한 것으로 평가된다. 왜냐하면 공기중에서 SiC를 분해시킬 수는 있으나 내

Table 1. Potential market for spray formed products : after Higginbotham

Material	Application	Potential market	
		t/year	£ 10 ⁶ /year
Steel	Bearings, tools, rolling mills	6800	103
	Compound tube for boilers	2500	35
	Compound product for oil industry	4000	400
Nickel	Naval, aerospace, petrochemical	12000	440
Copper	Motor and electronics industries	4000	12
Aluminium	Airframe and motor industries	31600	506
Total			1496

부에 있는 세라믹을 염산으로 용해시켜 탄화물을 제거하여야 하는 어려움이 있기 때문이다.

또한 Higginbotham은 분무성형한 M50 베어링 합금, 특수 고속도강 압연 롤, 판재, 복합형태의 튜브 등의 제품에 대한 시장성을 평가하였다(Table 1 참조).

니켈기 합금을 분무성형하여 제조한 static ring은 저가로 기존의 항공기 부품을 대체할 수 있으며 성능 향상과 생산단가의 커다란 절감이 이루어지면 회전 부품에도 시장성이 크다고 제안하였다. Al-Li 합금 분무성형제품은 주로 항공기산업 분야에 많이 사용될 가능성이 높은 반면에 알루미늄합금과 복합재료는 자동차 분야의 경량화 재료에 사용 가능성이 높을 것으로 사료되고 있다.

2. 강 (Steels)

이 session은 Osprey의 모회사인 AB Sandvik Steel사의 Widmark가 제일 먼저 스텐리스 강의 발전 경향을 설명하면서 시작되었다. Widmark에 의하면, 분무성형법은 원자력 및 펄프산업에 사용되는 clad 관, 스텐리스 강을 피복한 rebar 합성구조물 제조와 직경이 큰 튜브를 제조하는 분야에 특히 팔목할 만한 발전을 가져왔다고 하였다. 광폭의 strip 제품 생산에는 아직 분무성형법이 적용되고 있지 않지만 구조조적이 크게 문제가 되는 분야에 사용할 수 있는

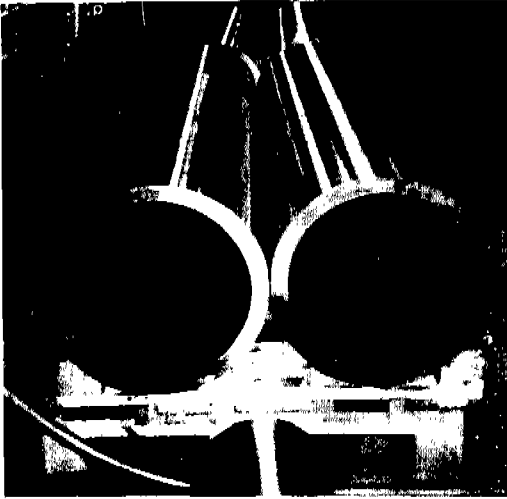


Photo 1. Spray formed compound stainless steel/mild steel tubes : courtesy Sandvik.

장점이 있어 이러한 분야에도 잠재력이 있다고 강조하였다.

현재 AB Sandvik Steel은 외경 400 mm, 두께 25 mm, 길이 8 m 스테리스 강관을 연간 200톤 규모로 분무성형법으로 제조하고 있으며 이보다 더 큰 직경의 제품은 통상적인 공정으로 제조한다고 하였다.

또한 분무중착시킨 후에 단조, 압출하여 복합 관(compound tube)을 생산하기도 한다. 분무시에 침입된 질소에 의해 분무성형된 18-8 스테리스 강은 pitting 저항력이 향상되며 잔류산소 침입에 의해 생성된 산화물은 기계 가공시에 chip breaking성을 향상시킬 수 있다.

Wahlroos(핀란드의 Rautaruukki Oy)는 다층 분무중착시킨 5~10 mm의 18-8 스테인리스강을 연강관에 clad하여 표면상태, 분위기, 예열정도가 계면강도에 미치는 효과에 대해 논의하였다. 이러한 방법으로 제품을 생산하면 가공도가 아주 낮아 1000°C 이상으로 예열하여도 인장성질에 거의 영향이 없었으며 460~573 MPa의 계면강도를 보여 주었다.

Sumitomo 중금속에서 Osprey 공정으로 압연 롤을 처음 상업화하여 현재까지 2000개가 넘는 압연 롤을 판매하였으며 1991년 4월에 Osprey 공정으로 압연 롤을 만드는 전문공장을 가동시켰다. 직경이 800 mm나 되고 중량이 1톤 이상되는 preform을 30 kg/min의 분무속도로 생산하고 있으며, Kumagai에

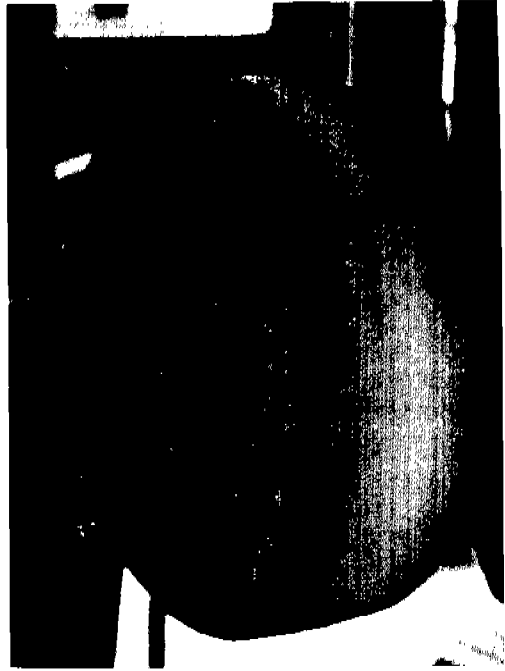


Photo 2. As deposited roll alloy : courtesy Sumitomo Heavy Industries.

따르면 압연이나 단조공정 없이도 표면의 매끄러움이 더 오래 유지되고 내마모성도 향상되었다. 터빈 디스크와 end mill 제조에도 응용하여 일반 PM 공정에 비해 공정 수를 줄였으며 비슷한 정도의 기계적 성질을 보여 주었다.

Kobe Steel은 지금까지 12개월간 Osprey-공장을 가동하고 있으며 Namba는 고탄소강 및 고크롬 공구강의 분무성형에 관해 자세히 설명하였다. 분무성형한 봉은 일반 PM제품에 비해 다소 많은 기공과 큰 크기의 탄화물이 존재하나 이런 탄화물의 크기는 봉의 냉각속도를 변화시켜 어느 정도 조절할 수 있었다. 단조비를 63으로 가공한 뒤 가장 빠른 속도로 냉각시켰을 때 3802 MPa의 굽힘 강도를 보여 주었으며 평균 탄화물 크기는 일반 PM법의 1~5 μm 보다 다소 큰 2~5 μm 이었다.

Eadie는 고주파용 강 생산을 위한 분무성형법의 사용 가능성을 평가하기 위해 South Wales Electric과 British Steel이 출자한 Springboard Project에 관해 설명하였다. 이 프로젝트에서는 pilot plant를 건설하여 0.23~0.6 mm의 두께를 가지며 6% Si를

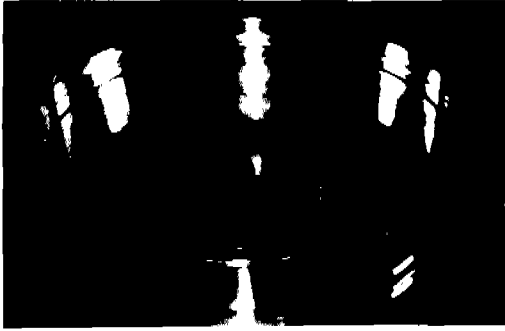


Photo 3. Shaped and tapered Spraycast-X Waspaloy aeroengine ring in hipped and machined condition : courtesy Howmet.

첨가, 완전 조밀화시킨 6, 8인치 strip을 성공적으로 생산하였다.

3. 초내열합금 및 티타늄

초내열합금분야에는 GE항공사와 Howmet사에서 니켈기 초내열 합금에 관해 발표하였다. GE의 Williams는 3~5년 후에는 분무성형된 부품이 항공기에 사용될 수 있을 것이라고 주장하였으며 그 이후에는 디스크나 샤프트와 같은 주요 부품에도 응용될 것으로 예상하였다. 주요 부품에 사용되기 위해서는 먼저 고정정 용해공정이 해결되어야 하며 GE에서는 용해 장비의 노즐 시스템을 전자빔 용해 방식으로 개량되어야 한다고 결론지었다.

Dalal(Howmet)은 Udimet 720, IN718, Waspaloy, Rene 41 초내열 합금을 진공유도용해 후 아르곤 분위에 의한 30인치 링 생산에 관해 설명하였으며 이에 따르면 1994년에는 1400파운드 붕과 60인치 크기의 링을 생산하도록 계획되어 있다. 분무성형을 하면 후속공정시 여러 번 재가열하는 통상적인 붕 제품에 비해 결정립이 미세한 장점이 있어 GE사 Huron의 발표에 따르면 Howmet에서 분무성형한 Rene 91 붕으로 제조한 링 부품은 인장, 크립, 저주기 피로거동이 우수하였으며 아르곤이 용해되어 생기는 기공은 분무조건을 수정하거나 질소를 사용하면 피할 수 있다고 제안하였다. 이와 같은 잔류가스의 영향을 GE사의 Sawyer는 Rene 95를 예로 들어 토의하였다. 용탕에서 7ppm 정도의 잔류가스량이 존재하였으나 preform에서는 150ppm의 질소량이



Photo 4. Collector mechanism of new US Navy spray former under construction : courtesy US Navy, Osprey, Mannesmann Demag, and ABB.

관찰되어 분무시 질소가 유입된 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 질소 가스와 용탕내의 탄소가 액상에서 반응하여 질화탄소 석출물을 형성하기 때문에 일어나지만 이러한 석출물은 제품의 저주기 피로 수명에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 질소 가스로 분무한 재료는 일반 PM법으로 제조한 붕과 비슷한 수명을 보여 주었으나 아르곤 가스로 분무한 재료의 경우 내부 기공이 생성되어 피로성질이 저하되었다. 이러한 아르곤 가스에 의한 기공생성 문제는 진공원심분무성형으로 해결할 수 있다.

Rebis(Naval Surface Warfare Center)는 미해군의 분무성형분야의 연구현황을 설명하면서 최근 Osprey, ABB, Mannesmann에서 축조한 4~5톤 용탕 규모의 티타늄부품 분무성형장비를 사용하여 원심분무증착한 $Ti_{52}Al_{48}$ 금속간 화합물과 티타늄합금 제조의 예비결과를 발표하였다. 이 방법의 궁극적인 목적은 엔진 링을 제조하는 것이다.

4. 금속기지 복합재료

Drexel대학의 Doherty는 기초논문 발표를 통하여 복합재료의 분무성형은 기체-액체, 액체-액체, 액체-고체 반응 형태의 3가지로 분류될 수 있다고 제안하였다. Drexel대학에서는 기체-액체 반응 형태의

예로서 Fe-2Al이 산소와 반응하여 Al_2O_3 및 Fe_3O_4 석출물을 형성, 결정립 미세화된 복합재료를 성공적으로 제조하였다. Nottingham대학의 Wood는 고온 자전반응합성법에 특히 중점을 둔 반응공정에 대하여 발표하였다. 이 발표에 의하면 AEA에서는 304, 316 스텐리스 강에 티타늄을 첨가한 후 분무성형시 질소와 반응시켜 내부에 20 nm의 TiN을 석출시킴으로써 기계적 성질 및 내마모 특성을 향상시켰다. Osprey에서는 용탕에 원소 성분을 첨가, 분무성형하여 TiC 석출물이 분산된 강을 제조하는 방법을 예비적으로 시도하였다. 다른 새로운 기술로는 London과 Scandinavian 공정으로서 칼슘염을 알루미늄 용탕에 화학양론적으로 첨가하여 TiB와 빙정석 슬래그를 형성한 후 이 재료를 다시 재분무시켜 더욱 작은 크기로 골고루 분산된 재료를 얻는 방법이다. 이와 같은 배경에서 British Steel에서는 Hadfield 주조합금에 5 wt-(Fe, Ti, W)C를 첨가 광물분쇄기의 부품을 사용하여 수명을 2주에서 12주로 증가시켰다.

분무성형한 Cu-Nb, Cu-Cr, Cu-Ti, Cu-Fe 합금을 냉간 가공하여 복합재료를 만들 경우, 전도도의 변화 없이 강도를 크게 증가시킬 수 있다. 주로 초전도선 제조공정 기술인 냉간 가공법은 bcc 제 2상이 fiber 속으로 배열되어 강도가 증가하며 결과적으로 [011] texture를 가진다. Bisell은 Neuchatel대학에서의 연구활동에 관해 발표하였다. 결정립이 미세하게 분무성형된 재료는 PM 재료에 비해 적은 가공량으로 fiber가 형성된다. 그러나 미세한 산화물 입자가 성형가공성에 크게 영향을 미치기 때문에 합금내의 산소 함량이 중요하게 된다.

Sheffield대학의 Ward는 과공정 Al-Si 복합재료를 분무성형하는 thixoforming법을 개발하는 과제인 Brite/Euram 프로그램에 관해 발표하였다. 후속 가열 혹은 압출에 의해 깨지기는 하지만 실리콘 그물 조직이 있어 반고체 상태의 제조가 가능하다. Al-30 Si-5Cu는 공정온도 이상인 30 K에서 제조가 가능하며 2% Mg를 첨가하면 더욱 미세화된 조직을 얻을 수 있다. 실리콘의 함량을 40% 이상 첨가시켰을 때, 탄성계수가 105 GPa, 열팽창계수가 알루미늄의 50%로 near net shape 성형에 성공하였으나 내마모성은 기대한 것에 미치지 못하였다. 합금설계에 의한 인장강도 및 파괴인성을 향상시키는 연구가 계속

진행되고 있다.

Singer(Sprayforming Developments)는 분산성형된 복합재료에 제 2상을 균일하게 분포시키는 효과를 극대화하기 위한 초음파 분말 공급 시스템을 소개하였다. 이 공급 장치는 스텐리스 강으로 되어 있으며 약 20 kHz의 주파수로 진동시키게 설계되어 최고 10 kg/min 속도까지 생산이 가능하며 유동성이 좋지 못한 미세한 분말의 경우에도 좋은 결과를 보여 주었다.

AEA Technology와 NPL에서는 금속기지 복합재료의 표준시험기술을 개발하고 있다. PM2xxx-SiC와 분무성형된 8090-SiC 복합재료를 중심으로 filler 조성을 결정하는 여러 가지 파괴 및 비파괴 방법의 재현성을 검토하였다. 비파괴 방법으로 초음파 속도, 밀도, X-선 형광법이 유망하나 어느 것도 기공도와 filler level을 평가하는 것에는 사용될 수 없었다.

Bedford(Frictec)은 내마모 표면에 응용되는 Osprey 복합재료에 관해 발표하였다. 25 kg 용탕에서 봉 형태로 제조한 저 합금(708M40), 냉간 가공한 공구(BD2), 알루미늄이 들어있는 스텐리스 강(440C, 316 L)으로 구성된 재료를 압출 및 스웨징하면 Stellite, 알루미늄, 티타늄 합금과 같은 비철 금속기지에 TiC와 같은 강화재가 존재하는 복합재료를 제조할 수 있다. 10배 정도의 조직 미세화가 일어나며 입자 크기가 28 μm 인 것이 최종 제품에서는 2~5 μm 크기가 된다. 주철 브레이크 디스크에 피복을 하였을 경우 좋은 내마모 특성을 보여 주었으며 입자가 떨어져 나와 생기는 것 보다는 기지의 산화에 의한 마모가 대부분이었다.

Frictec에서는 1993년 1월에 새로운 전자동 표면 처리기를 주문하였는데 제어, 조정 및 재현성이 우수하며 기하학적으로 넓은 범위에 걸쳐 작업이 가능하였다. 이 공정은 값싸고 신뢰성이 있으며 응용되는 내마모 피복제품으로 초콜렛이나 음식을 자르는 기계칼과 Stellite로 볼트에 표면경화시킨 제품이 있다.

5. 경량합금

Hummert(Peak)는 자동차에 응용하기 위해 400 °C까지 사용 가능하고 상온에서 100 GPa 이상의 탄성계수를 가지며 강화재를 사용하지 않은 알루미늄

늄 합금을 생산할 목적으로 연구한 결과를 발표하였다. 5250합금에 기초하여 급냉용고, 냉간등압성형, 분사, 기계적합금화 후 분무성형하여 압출한 Dispal A250 합금을 조사한 바 분무성형된 합금은 PM재료에 비해 상온에서 약 10% 낮은 강도를 보여 주었으나 이러한 차이는 350°C에서는 없어졌고 내마모성이 우수하며 안정된 미세조직을 보여 주었다. 자동차 경량화의 응용분야로는 밸브 태핏, seat ring, spring retainer, 피스톤, 커넥팅 로드 등이 있으며 주단조재료-PM 알루미늄 합금을 같이 압출한 복합재료가 실린더 라이너로 현재 사용되고 있으나 이 부품도 분무성형법으로 대체하고자 한다. Sumitomo 경금속에서는 Mazda Eunos 800의 터보 차저 부속품을 상업화하는데 획기적인 진전을 이루었다.

Pechiney의 Corbier는 Al25Si-3Fe-2Cu-0.5Mg-0.8Mn-0.2Zr합금이 커넥팅 로드, 피스톤, 항공기용 재료 단조 부품의 대체 가능성이 있다고 발표하였다. 금속간 화합물인 석출물은 금속기지 복합재료와 유사한 조직을 보여 주고 압축 응력하에서는 취성이 큰 실리콘 입자에 비해 기계적 성질을 향상시키는 경향을 보여 주었다. 이 합금은 복합재료에 비해 단조성과 가공성이 우수하며 분무성형에 의하여 산소 함량을 낮추어 용접성을 크게 향상시켰다.

Baker는 0.75인치 이하 두께의 판을 분무성형법으로 제조하는 산업공장 개발 목적인 Alcoa의 3개년 프로그램에 관해 발표하였다. 이 과제 목표는 과분무량을 5% 이하로 줄이고 폭의 오차를 1인치 이하로 조절하면서 1500 lb h⁻¹ in⁻¹ 주조속도로 폭 80인치 이상의 판을 제조 생산하는 것이다. 이러한 공장은 생산량이 연간 0.1 Mt으로 현재를 주조기의 20배 정도에 해당하게 되며 생산가능한 합금으로는 1100, 3003, 6061, 6009이 있다. 처음에는 폭이 8인치 되는 판을 제조하였으며 파일럿 규모로는 폭이 24인치 되는 판을 생산하는 단계에 이르렀다.

Cospray에서 3개의 논문을 발표하였으며 개발중인 합금과 그 특성은 다음과 같다.

-7xxx 시리즈 단조합금에 필적할 고강도합금인 SS7X는 피로특성이 우수하여 궁극적으로 티타늄합금을 대체하고자 한다.

-Alusuisse N202에 기초하여 5-6%Cu, 0-5%Zr, 0-5%(V+Ti), 0-4%Ag와 Mn이 첨가된 고온용 합금인 ES2X는 2014합금에 필적하기 위해 설계되었으며 ω', θ'의 석출물에 의해 고온 특성이 우수하나 망간의 함량을 낮추어 Al-Mn-Si상의 파괴 인성 저하효과를 줄일 수 있다.

-UL40(4%Li)을 포함한 Al-Li합금은 상업적으로 생산이 가능한 합금중 밀도가 최소인 알루미늄 합금이며 UL30(3%Li)은 8090과 8091에서 시작된 고강도합금으로 일반공학분야에 응용할 목적으로 개발되고 있다.

분말성형의 생산단가는 PM공정보다 주조한 것보다 더 근접하나 총 생산량에 따라 크게 영향을 받는다. 적어도 연간 400톤을 생산하게 되면 분무성형법의 적용이 가능하리라고 평가된다.

Lockheed에서도 초경량합금을 연구하고 있다. Al-4Li-0.2Zr UL40합금을 분무성형하여 롤판 및 압출봉을 제조하였을 때 항복응력은 330 MPa, 6%연신율, 39 MNm^{-3/2}의 파괴인성치를 나타낸다. UL40 합금은 6061이나 마그네슘합금을 대체하기 위하여 개발되었고 분무성형법으로 제조하여 현재 헬리콥터 부품에 사용되고 있으며 디스크 드라이브 액츄에이터, 자전거 프레임 및 림, 선박용 돛대에 사용이 가능할 것으로 사료된다.

최종적으로 Delft대학의 Duszczyk은 마그네슘 합금 OE22(Mg-2-5Ag2RE-0.6Zr)에 SiC를 첨가하여 분무성형한 압출재의 특성을 조사하였다. 이 합금과 SiC의 계면은 PM법으로 제조한 경우에 비해 더 깨끗하였고 SiC도 골고루 분포되었다. 380°C에서 압출하면 100°C의 UTS값이 315 MPa로 A356과 2618A합금 수준이나 비강도 값은 높았으며 3%NaCl 용액에서 QE22 주조합금보다 훨씬 낮은 부식속도를 나타내었다.

전체적으로 살펴보면 이번 학회는 준비 및 구성이 아주 잘 되었으며 중요한 내용의 논문이 많이 발표되었다. 산업체 및 학계에서 참가한 대부분이 분무성형에 관해 큰 관심을 보여 주었으며 1996년에 계획된 ICSF3에서는 기술적 및 상업적으로 커다란 진전이 있을 것으로 전망된다.