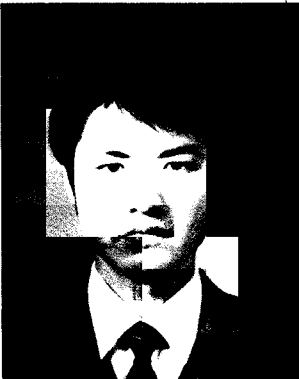


항공기 엔진소재 국산화



박 경 준 (삼성항공산업(주) 2공장 엔진기술팀 과장)

- '80. 3-'84. 2 한양대학교 공과대학 금속공학과(학사)
- '84. 3-'86. 2 한양대학교 공과대학 금속공학과(석사)
- '86. 2-'94. 4 삼성항공산업(주) 2공장 엔진기술팀 과장

1. 머릿말

항공기 엔진용 소재는 고도의 기술 및 지식이 집약된 첨단제품으로 타산업으로의 기술적 파급 효과가 매우 크지만, 해외 선진업체에서는 부품 제조기술의 완전 독점과 자국의 산업우위를 위하여 소재기술의 이전을 제한, 기피하고 있다. 국내에서는 당사가 항공기 엔진의 부품제작, 조립, 정비등의 사업에 있어 15년간의 경험과 기술을 축적하고 있으며, 소재국산화의 중요성을 인식하고 국내 소재업체와 협력하여 일부 품목의 국산화에 성공하였으나 아직 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정이어서 부품제작의 완전한 독립과 자주국방능력의 확보를 위하여 항공기 엔진 소재 국산화를 더욱 적극적으로 추진하고 있다. 더우기 엔진의 성능, 신뢰성 및 가격에 소재의 선택, 제조방법, 시험평가등의 소재기술이 결정적 영향을 미치므로 국내 독자개발 엔진이 국제경쟁력을 가지기 위해서는 이에대한 집중적인 육성이 필요하다. 또한, 최근 항공산업의 불황으로 인한 항공기 엔진 업체들의 치열한 국제경쟁은 부품공급 협력업체에 대하여 부품가격의 인하와 납기단축을 강력하게 요구하고 있어, 부품제조원가의 약40%이상을 차지하며 해외수입으로 인한 납기부담이 큰 원자재의 국산화를 통한 원가절감 및 납기단축은 단기적으로 시급한 실정이다.

그러나, 국내의 소재업체들은 항공기엔진 재료에 대한 경험 부족, 품질관리 시스템의 미비, 개발사업비용의 부족, 장기간의 개발, 물량확보에 대한 불안 등으로 인해 독자적인 소재개발이 어려우므로 당사와 같은 엔진부품 생산업체의 품질관리

시스템구축 지원, 부품소재관련 해외정보 제공 및 엔진 메이커와의 교량역할, 물량확보등과 함께 연구소에서는 소재 기초data제공, 기초기술연구, 시험평가 부문등의 지원이 이루어져야 할 것이며 정부는 개발사업비용등의 지원을 강화하여야 할 것이다.

2. 항공기엔진 소재의 분류 및 개발 방향

항공기엔진 소재는 금속재료들이 주류를 이루고 있으며 최근에 개발된 엔진의 경우 니켈합금, 코

발트 합금, 티타늄합금등이 주종을 이루며, (표 1참조) 세라믹재료, 복합재료등의 신소재가 개발, 연구되고 있으나, 극히 일부를 제외하고는 실용화하는데 많은 시간이 걸릴 것으로 예상되고 있다.

항공기 엔진의 주요부품은 형태별로 크게 AIR-FOIL형상의 BLADE류, 원판형의 DISK류, RING형상의 SEAL 및 CASING류, 복잡한 형상의 FRAME/HOUSING류로 분류될 수 있는데 이 부품들은 다시 소재의 제작형태별로 주조품, 단조품, SHEET/BAR등 으로 나눌 수 있는데(표 2참조) 당사의 경우 거의 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정이다.

표 1. JET 엔진 재료의 비교

엔진	적용항공기	Ti 합금	LIGHT ALLOY (Al/Mg 합금)	SUPERALLOY (Ni/Co 합금)	STEEL
J79 (1950년대 개발)	F104, F4E, ETC.	2%	3%	10%	85%
TF40(ADOUR) (1960년대 개발)	T-2, F1, ETC	9%	3%	10%	78%
F100 (1970년대 개발)	F15, F16,	36%	2%	51%	11%

표 2. 항공기 엔진 소재의 분류

부문	소분류		주요부품	
주 조	정밀주조	STRUCTURAL	· SEAL · SUPPORT, HOUSING	
		A I R F O I L	SOLID	· TURBINE BLADE & VANE · IMPELLER, COMPRESSOR WHEEL
			AIR COOLED	· TURBINE BLADE & VANE
			일방향 응고	· TURBINE BLADE & VANE
			단결정 응고	· TURBINE BLADE & VANE · SEAL
사형주조		· INLET FRAME, DUCT		
단 조	형단조	OVERSIZE/ PRECISION	· FAN BLADE · COMPRESSOR BLADE · TURBNE & COMPRESSOR DISK	
	RING 단조	SEAMLESS	· SEAL, PLATE	
		FLASH WELDED	· SEAL	
SHEET/ TUBE			· COMBUSTION CHAMBER · DIFFUSER LINER	

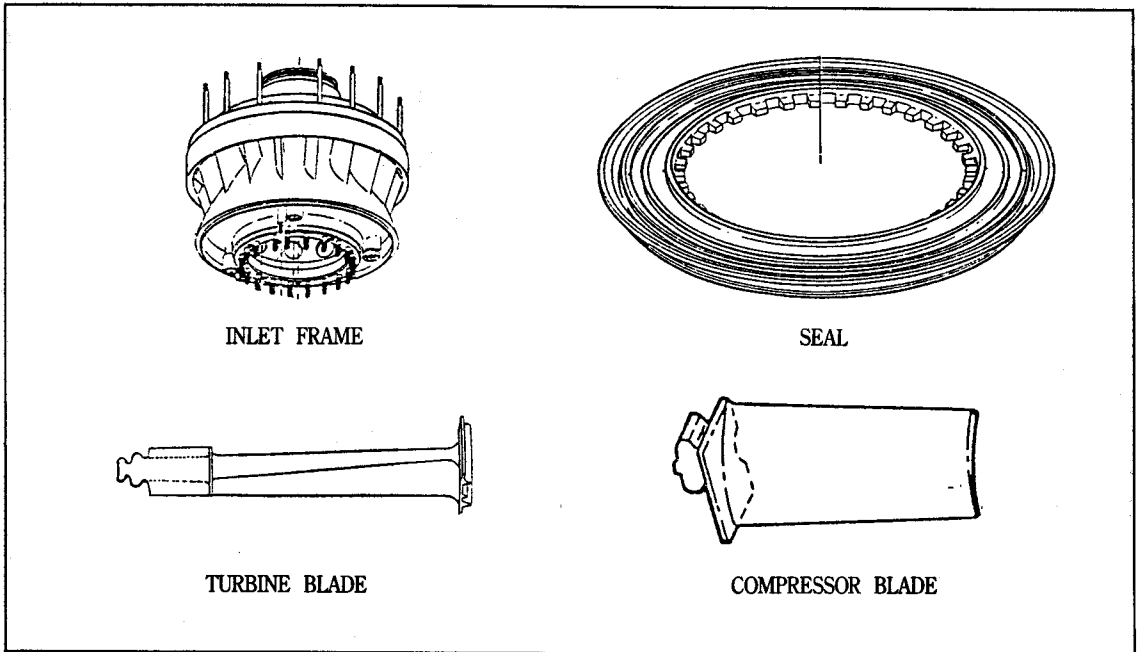


그림 1. 항공기 엔진 부품

엔진부품제작 체계를 개략적으로 살펴보면(표 3) 원광적으로부터 INGOT, BAR, SHEET 등의 원소재가 만들어지고 이들로부터 주조, 단조품 등의 반제품 형태와 기계가공, 열처리 및 표면처리 등을 거쳐 부품이 완성된다. 소재개발의 순서는 주조·단조 등의 반제품 개발이 우선되어 어느정도 수준에 이른후 INGOT, BAR, SHEET 등의 원소재 개발 추진이 바람직하다고 보는데 그이유는 지금까지 당사를 비롯한 국내업체들이 기계가공 및 FINAL PROCESSING을 통한 부품제작에 주력해왔기 때문에 주·단조의 경우 작은 양이나마 국내수요를 바로 창출할 수 있고, 원소재 비해 투자비용이 상대적으로 적으며, 가격경쟁력을 위한 최소 제작 단위가 적기 때문이다.

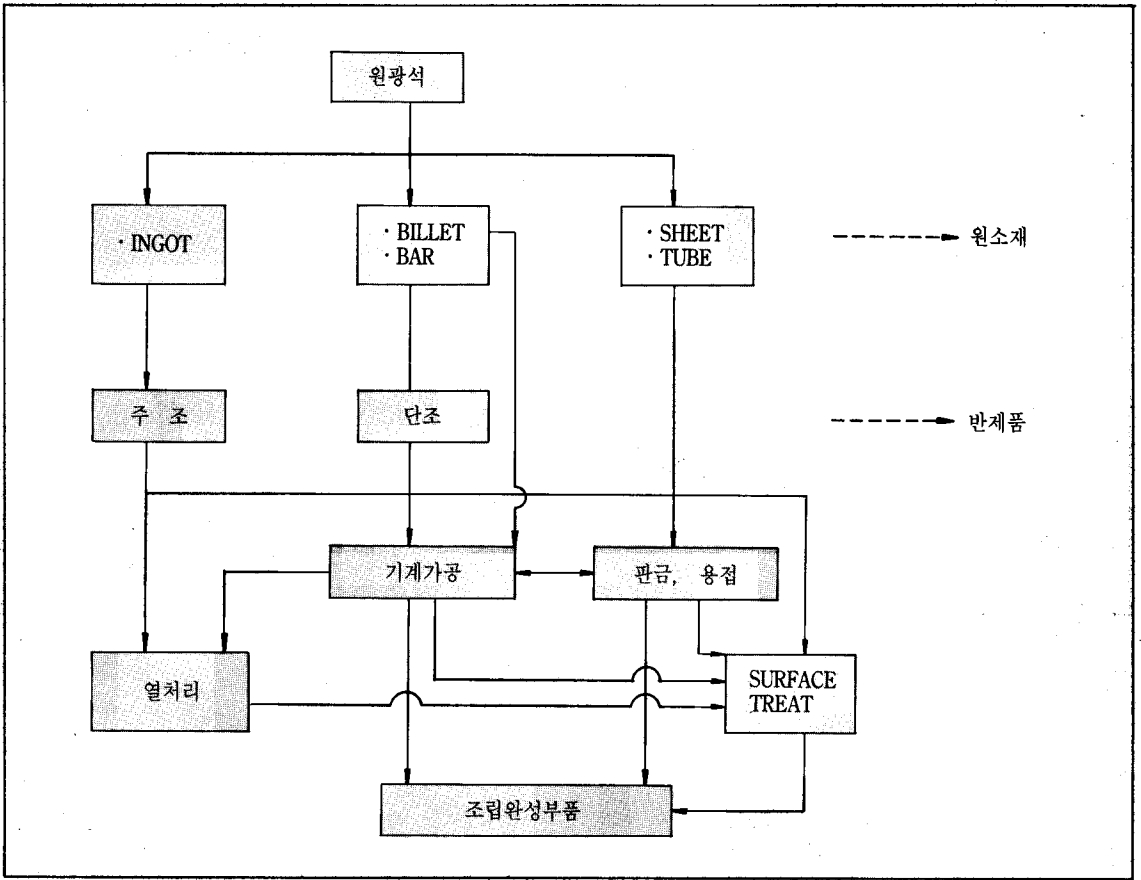
주, 단조기술은 필요장비와 기술에 따라서 표 2와 같이 다시 4개부문으로 나눌 수 있는데 부문별로 기술적 난이도에 따라 쉬운 것부터, 외국으로부터 구매수량이 많고 수요가 안정적인 소재를 1-2개 선정하여 해외엔진 메이커로부터 인증을 획득함으로써 기본적인 국내 조달능력을 확보한다. 부분별로 국내업체가 인증을 받게되면,

비슷한 난이도의 다른 품목에 대한 개발여부를 품목별 경제성 및 그때그때의 상황을 고려하여 결정한다. 즉, 핵심기술이 필요한 1-2개 주요 품목의 해외업체 인증이 매우 중요하게 된다.

3. 엔진 소재개발의 특성

항공기 엔진은 그 특성상 가벼워야하고 안전성이 보장되어야 하며 터빈 부위가 섭씨 800도 이상의 고온에서 작동되므로 티타늄, 니켈, 코발트합금 등 고가의 소재가 주로 쓰인다. 따라서 엔진 메이커들은 더욱 가볍고 더욱 높은 온도에서 견딜 수 있는 새로운 재료들을 필요로 하게 되었으며 경쟁우위를 선점하기 위해 스스로 혹은 소재업체를 리드하여 소재개발을 추진하여 왔다. 새로운 소재가 개발되면 그 가공방법 또한 새로 개발하여야 하므로 항공기 엔진용 신소재나 신가공방법 개발의 역사는 곧 엔진 제작사의 역사이기도 하다. 예를 들어, 대부분의 항공기엔진용 니켈합금과 SINGLE CRYSTAL 제조 등의 정밀주조기술은 미국 GE사나 PWA사에서 개발한 것이다.

표 3. 엔진부품 제작 기본 체계도



항공기 엔진 제작 사업은 제조기술 만큼이나 품질관리가 생명으로 엔진 메이커(GE, PWA 등)에서 당사와 같은 부품제작사 뿐 아니라 주, 단조업체, 주, 단조업체에 원소재를 공급하는 업체(INCO ALLOY Co. 등), 소재의 물성치를 검사하는 시험기관(LAB)까지 공정별 승인, 품목(부품)별 승인으로 관리하고 있어 승인업체가 아닌 곳에서는 어느 것도 구매하거나 시험할 수 없게 되어 있다. 즉, 당사와 같은 부품가공업체가 선택할 수 있는 소재공급업체나 시험기관은 전세계에 몇개 업체뿐이다. 시험기관의 경우 국내에는 Pratt & Whitney 사로부터 한국기계연구소(KIMM)가, 유일하게 승인되어있어 당사에 많은 도움을 주고 있다.

새로운 소재업체를 개발하여 엔진메이커로부터 승인을 받고 SOURCE LIST에 등록되기 위해서는 기 승인되어 있는 업체의 부품품질이 크게 문제가 되거나 새로 승인을 받으려는 업체의 가격 경쟁력이 기존업체에 비하여 월등히 좋을 경우등 충분한 잇점이 있지 않으면 정부규제등의 이유를 들어 승인 제안 자체를 거절하고 있다. 일단 승인제안이 허락되어도 소재의 품질이 규격을 만족시키는가 보다도 먼저 업체의 품질관리능력 및 검사능력을 수일간에 걸쳐 직접 방문하여 감사하게 되는데 ISO9000이상으로 까다로우며 항공기 제작LINE과 일반부품 LINE의 분리를 우선적으로 요구하고, 여기서 지적된 사항이 충분히 개선될 때까지 더 이상의 단계로 진행되지 않는다.

국내 소재업체의 경우 품질관리 능력 및 검사 설비 부족으로 형상이 간단하고 품질 규격이 까다롭지 않은 간단한 품목이라도 이 부분에서 매우 장기간을 요하게된다. 즉, 기술적 난이도가 낮은 한개의 부품만을 승인 받았다 하여도 이것은 이미 품질관리 SYSTEM 자체의 승인, PROCESS에 대한 승인을 포함하고 있어 큰 의미가 있는 것이며 다른 품목의 국산화시에는 SYSTEM에 대한 승인이 불필요하게 되어 그만큼 개발 기간을 단축시킬 수 있다.

항공기 엔진 소재의 제작승인이나 승인을 위한 시스템개발시 필요한 기본적인 개념들을 살펴보면 다음과 같다.

1) RELIABILITY(신뢰성)

중간 제조과정이나 최종부품의 품질이 설계자의 요구사항을 완벽하게 만족시킬 수 있다는 것을 입증할 수 있는 시스템을 갖추어야한다. 제작에 직접 소요되는 원부자재에 대한 검사와 불량처리 시스템 및 그에관한 기록의 보관 유지시스템, 장비상에 장착된 것을 포함한 전 측정기기(VOLTMETER, PRESSURE GAGE, THERMOCOUPLE, 측정치구, MICROMETER, CALIPERS 등)에 대한 검교정 관리시스템, 제작에 필요한 장비 및 치공구, 원자재등의 명확한 선택을 위한 번호체계등이 필요하다. 또한, 중간혹은 최종공정에서 필요한 검사설비 및 검사능력을 갖추어야하는데 공정승인시 가장 기본적이나 국내 소재업체들이 가장 부족한 것으로 생각되는 것이 X-RAY와 FPI(FLUORESCENT PENETRANT INSPECTION)등의 비파괴 검사능력과 작업을 정확하게 하고 검사하기 위한 공정별 전용치구 및 GAGE 설계 능력이다. 비파괴 검사의 경우 PWA나 GE등의 선진업체들은 설비 외에도 검사원들에 대하여 국가에서 발행하는 자격증을 인정하지 않고 자사 별도의 실기시험과 필기시험을 통한 인증을 필수적으로 요구하고 있는데, 개발초기시에는 당사와 같은 기승인업체를 이용할 수 있겠으나, 양산시 전부품에 대하여 검사가 이루어지므로 궁극적으로 국내 소재업체가 반드시 갖추어야 할 능력으로 생각된다.

2) REPEATABILITY(반복성)

개발시 인증된 작업내용이 양산시에도 준수되어야 하며 개선등에 의하여 작업내용이 바뀐 경우, 반드시 사전 승인후 적용가능한데, 한번 승인된 작업순서와 내용이 항상 동일하게 수행될 수 있도록 작업순서와 작업의 상세한 내용이 기록되어야 한다. 이를위해 반드시 갖추어야할 문서가 다음 2가지이다.

· 작업확인표 :

공정투입부터 부품과 함께 따라다니며, 작업(공정)순서, 제조장비, 작업수량 및 작업일자, 작업자 서명란 등이 적혀있다. 이것을 통하여 항상 동일한 작업순서를 지키게 되며 필요한 작업 및 검사를 모두 수행하였는지 작업자들이 확인할 수 있게 된다.

· 제조작업 지침서 :

작업확인표와 부품이 공정순서에 따라 해당작업반에 왔을때 그 작업을 처음 하는 사람이라도 이 문서를 보고 작업을 할 수 있도록 작업방법을 상세히 기술한 문서로써 작업반에 항상 비치되어 있어야하며 작업방법, SCETCH, 필요장비 및 치공구, GAGE, 부자재등의 번호가 나타나 있다.

3) TRACEABILITY(추적성)

최종부품 검사시 문제가 발생하거나 비행기에 엔진이 장착된 후 사용중 문제가 발생할 경우에도 작업이력을 추적하여 불량의원인을 규명하거나 불량품만을 선별해 낼 수 있도록 생산 시스템 및 제조작업문서 시스템이 갖추어져야하며, 제조작업문서 및 검사기록문서는 일정기간 이상 보관 되어야한다.

4. 개발 절차

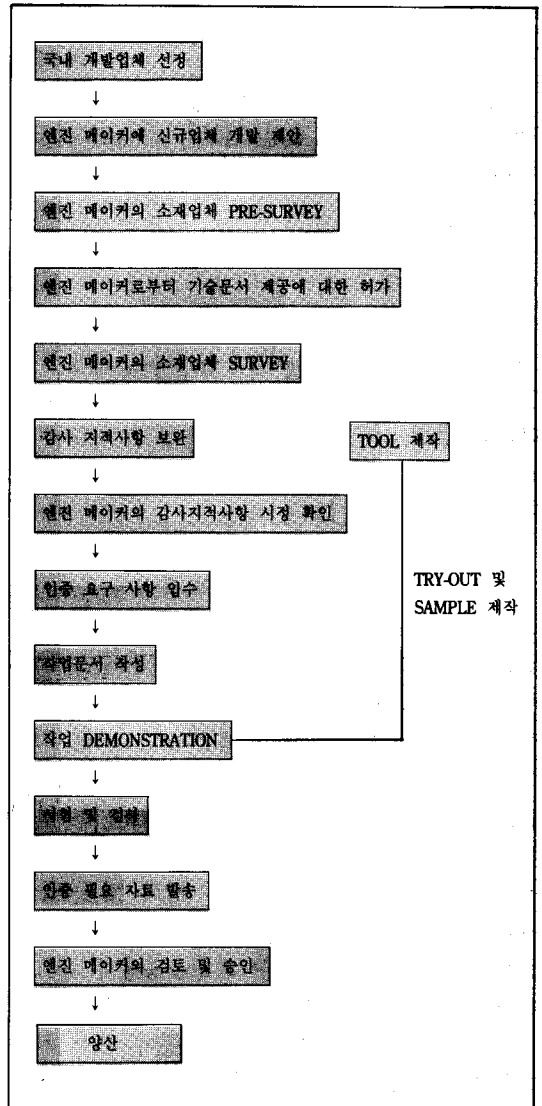
개발하고자 하는 품목과 업체가 결정되면 그 품목을 설계한 엔진메이커에 소재업체가 개발제안을 하게되며, 엔진메이커는 정식SURVEY를 하기전 소재업체에 대한 PRE-SURVEY를 통하여

업체의 개발의지 및 기본 개발능력을 확인하게 된다. 관련 SPEC 및 자료의 제공은 엔진메이커가 직접 소재업체에 공급하거나 당사가 엔진메이커의 허가를 받아 소재업체에 제공할 수 있는데 업체의 능력과 부품에 따라서 인증에 필요한 제출자료 및 SAMPLE, 준비방법 등이 결정되므로 이러한 사항이 기술된 인증요구 사항이 SPEC과 별도로 통보된다. 제출자료에 일반적으로 포함되는 것은 작업확인표, 작업지침서, 작업 PARAMETER, 검사성적서 등이며 검사항목은 주로 FPI, X-RAY, 금속조직시험, 기계적 물성시험등이 포함되고, 엔진장착시험이 포함되기도 한다. 특히 X-RAY와 FPI의 경우 사전에 설비 및 해당부품별 작업방법에 대한 인증과 검사원에 대한 인정서가 없으면 검사성적서를 인정해 주지 않는다. 정식 SURVEY에 지적된 사항들을 시정하면서 부품제작에 필요한 치공구를 제작하여 공정개발을 진행하게 되고 시정과 개발이 완료되면 인증요구사항에 따라 인증신청을 한다. 일반적으로 인증을 해주는 쪽의 행정처리기간이 길어 개발기간에 큰 영향을 주게되므로 이에대한 대책이 필요하다.(표 4참조)

5. 맺는말

항공기엔진 제작기술중 소재기술에 대한 국내 수준은 기계가공등의 다른분야에 비해 상대적으로 크게 뒤떨어져 있다. 기술적 자립과 자주국방, 부품제작의 원가절감 및 납기단축, 독자개발엔진의 경쟁력 강화를 위하여 정부, 연구소 및 업체가 힘을 한데 모아 소재국산화 및 소재기술 확보를 지속적이고 강력하게 추진해야 할 것이다. 또한 개발에 참여하는 업체는 단기적 이익과 성과 보다는 장기비전과 의지를 가지고 임해야 하며 소재 개발과 함께 국내 소재업체들의 취약점인 품질 관리 시스템구축, NDI검사능력, 정밀치공구및

표 4. 엔진소재 국산화절차



GAGE 설계능력 배양을 위하여 설비투자과 인력 양성에 더욱 주력하여야 할 것이며 이를위해 항공기엔진 제작 시스템에 대한 경험과 능력을 가진 업체의 협조가 더욱 강화되어야 할 것이다.