

엔진 블레이드 연마석 개발

삼성항공 장명훈

서론

오늘날 제트엔진의 적용분야는 고정익 항공기뿐만 아니라 회전익 항공기(헬리콥터)와 함정용엔진으로까지 날로 확대되고 있으나 국내 항공산업의 기술수준은 모든 면에 있어서 선진국과 현저한 차이가 있다.

이러한 차이를 줄이려는 노력을 여러 분야에서 하고 있지만, 그동안 수입에만 의존하던 블레이드 가공용 연마석의 국산화개발을 성공시킨 사례가 있어 이번에 소개하고자 한다.

엔진 블레이드 제조과정

항공기 부품은 제조과정 중공정을 고객의 승인하에 수행하여야 하는 매우 까다로운 품질 보증절차를 거쳐 생산하게 된다.

그중 블레이드는 제트엔진의 압축기 및 터어빈의 회전체인 ROTOR에 조립되는 부품으로 고온, 고압, 고속의 극한 상태에서 동작하는 제품특성상, 고정밀도 및 완벽한 품질실현성이 요구되는 핵심부품의 하나이다. 이번 국산화에 성공한 연마석이 적

용될 블레이드는 고속 함정용엔진의 터어빈 블레이드로 그 제조공정은 기계가공 → 치수검사 → 후처리 → 비파괴검사 → 최종검사의 순서로 이루어진다.

그 중에서 기계가공 공정은 모두 6~7단계의 연삭공정으로 구성되어 있는데 이번에 개발된 연마석은 연삭공정에 사용되는 것이다.

연마석 제조과정

항공기부품은 제조과정 전 공정을 고객의 승인하에 수행하여야 하는 매우 까다로운 품질 보증절차를 거쳐 생산하게 되는데, 특히 난삭

재질인 블레이드를 가공하기 위한 연마석은 국산화 개발이 안되어 있어 그동안 전량 수입에 의존할 수밖에 없는 실정이었다. 삼성항공은 그동안 연마석 제작의 대표적인 기업인 미국의 NORTON사로부터 수입하여 사용하고 있었다. 그러나 수입에 소요되는 구매 LEAD TIME이 60~90일로 너무 길어 재고부담을 가중시키고, 탄력적인 생산지원이 안되어 경쟁력도 약화시키는 요인이 되었다. 이러한 주위환경이 삼성항공으로 하여금 연마석 국산화 개발을 계획하게 하였고, 협력업체인 제일연마공업도 당시 상황을 같은 맥락으로 인식하여 양사의 상호협력하에



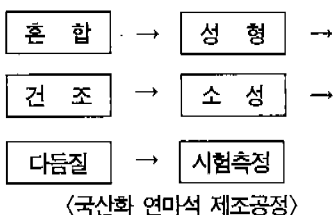
삼성항공, 제일연마의 국산화 실무자

국산화를 시도하게 되었다.

삼성항공에서 생산중인 블레이드는 고속함정용 제트엔진의 터빈 블레이드, 점보여객기용 제트엔진의 압축기 블레이드 및 기타 여러종류의 블레이드가 있으나 양사는 개발 효과가 가장 큰 고속함정용 제트엔진의 터빈 블레이드중 6단계 블레이드를 우선대상으로 선정하여 개발에 착수하였다.

연마석은 크게 세가지 요소로 구분할 수 있는데 지립(砥粒:grain), 결합제(結合劑:brain), 기공(氣孔:pore)이 그것이다. 지립은 연삭날로서 피삭체를 깎는 작용을 하며 결합제는 지립과 지립을 결합시켜 연삭날을 보호하는 작용을 한다. 마지막으로 기공은 연삭가루와 연삭열을 도피시키는 작용을 한다. 그리고 연마석은 5大因子로 구성되어 있는데 지립의 종류(연삭날의 종류), 粒度(연삭날의 크기), 結合度(결합력의 강하기), 결합제의 종류 組織(지립율)이 그것인데 이 5대인자에 따라 제품의 특성이 달라지게 된다. 연마석의 제조공정은 제품의 특성에 따라 약간의 차이가 있으나 국산화한 연마석을 예로 제조공정을 살펴보겠다.

오스트리아, 일본 등에서 수입한



원자재를 결합제와 함께 혼합기에 넣고 이물질이 섞이지 않도록 하여 혼합한 후, 금형에 넣고 프레스로 압축하여 성형을 한다. 성형된 제품은 180~200℃의 건조로에 보내져 수분을 제거한 후 1300℃의 가마에서 5~6일동안 소성을 하게 되는데 건조와 소성공정은 연마석 제작의 핵심공정으로 연마석의 품질은 이때에 결정된다. 소성까지 마친 제품은 마무리 공정이 다듬질에서 외관 및 치수를 맞추고 시험측정을 하게 되는데 검사항목은 크게 5항목으로 나뉘어진다. 외관검사, 치수검사, 결합도(경도)시험, 조직검사, 회전과피 시험을 거쳐 합격하면 출고로 이어진다.

연마석 국산화개발 경과

삼성항공은 실사팀을 구성하여 94년 10월 국내 유수의 연마석 제조업체인 제일연마공업에 방문하여 설비, 인력, 기술력 등을 파악하고 개발가능성을 확인한 뒤 본격적인 국산화개발에 착수하였다.

연마석 개발에 필요한 기술지원과 TEST 및 고객인증은 삼성항공이 주관하고, 연마석의 제작은 협력업체인 제일연마공업에서 실시하는 형태로 개발계약이 체결되었고, 곧바로 개발이 진행되었다.

개발목표는 NORTON사의 연마석과 동일한 품질의 제품을 만드는 것이었다. 즉 블레이드를 가공했을시

표면조도, 치수 및 형상공차를 이상 없이 만족해야 하며, 연마석의 수명 또한 NORTON사의 제품수명과 동등해야 한다는 것이었다. 1개월간의 작업끝에 첫번째 SAMPLE이 완성되어 삼성항공의 구매, 기술부서 요원과 제일연마공업의 연구소, 영업소 요원들이 모여 삼성항공에서 TEST를 하였다. TEST는 동일한 장비, 동일한 가공조건 하에서 NORTON사와 제일연마의 연마석으로 블레이드를 가공하는 방법으로 실시하였다. 그러나 1차 TEST의 결과 블레이드의 형상공차와 표면조도의 상태를 측정하였으나 결과는 실패였다.

NORTON사의 연마석은 형상공차, 표면조도 모두 품질요구사항을 만족하였으나 제일연마의 제품은 어느 한쪽도 만족시키지 못했다. 양사 실무자들은 곧 바로 대책회의를 열어 원인 분석을 하였으며 제기된 문제점을 보완하여 SAMPLE을 재 제작후 95년 1월에 2차 TEST를 실시하기로 하였다.

이해를 돕기위해 연삭작업중 발생가능한 문제점을 간략하게 소개하겠다.

①연삭늘음(burning) : 피삭체가 연삭될 때 순간적으로 매우 고온이 되어 피삭체의 표면이 산화됨으로써 변색되는것을 말하며 연마석의 주속도가 클때와, 연마석의 절입이 클때 나타난다.

②연삭균열(cracking) : 피삭체의

표면이 연삭열에 의해 조직이 변화하고 표면부분이 수축될때 인장응력이 작용하기 때문에 표면에 가늘게 균열이 일어나는 것으로서 피삭체의 표면에 남아있는 잔류응력이 피삭체의 강도보다 클때 발생한다.

③진동무늬(chattering) : 피삭체의 연삭면에 기계나 연마석의 선택 방법 또는 사용방법에 따라 진동무늬가 생기는 현상이다.

④연삭흡집 : 피삭체의 깨끗하게 다듬질된 면에 불규칙하게 굽힌 자국이 생기는 현상으로, 연삭액중에 칩이나 연마석입자가 끼어들어 갔거나 드레싱시 연마석에 붙어있던 입자에 의해 발생한다.

⑤이송마이크 : 피삭체의 이송에 따른 나선모양의 자국이 생기는 현상으로 연마면과 피삭체가 평행이 되지 않거나 연마석의 모서리가 너무 예리한 경우에 발생한다.

2차 TEST는 예정대로 실시되었고 4가지 타입의 연마석으로 TEST한 결과 1차때 보다는 나아졌으나 역시 계획했던 목표에는 미치지 못하였다.

양사의 실무자들은 다시 대책회의를 열었다. 오른쪽의 표에서 나타났듯이 결과가 가장 양호한 중간결합도 SAMPLE를 보완하여 2월에 TEST를 실시하였으며 3차 TEST결과 형상, 조도, BURNING현상 모두 합격판정을 받았다. 그러나 이것으로 개발이 완료된 것은 아니었다. 양산성 TEST와 고객인 GE사의 승

인이 남아있는 것이다.

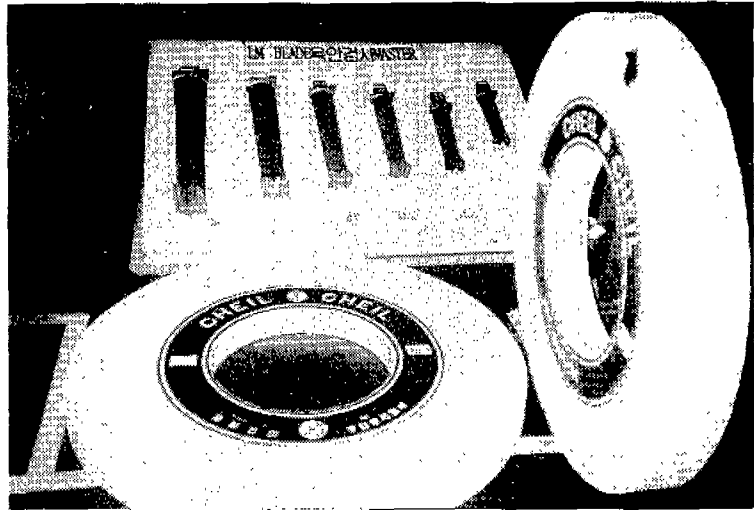
지금까지는 블레이드 몇개만을 가공하는 TEST였으나, 최초 직경이 500mm인 연마석이 폐기되는 380mm가 될 때까지 가공한 블레이드의 품질이 균일하다는 것을 입증하는 것이 양산성 TEST인데 3월 29일 무난히 양산 TEST도 통과 하였다.

고객승인

앞서 설명했듯이 항공기 부품의

모든 제조과정은 고객의 승인을 받아야 하며, 승인한 사항에 공정개선 등으로 변경사항이 발생시 다시 변경된 사항으로 승인을 받아야한다. NORTON사의 연마석에서 제일연마공업의 연마석으로 변경된 것도 재승인을 받아야 하는 사항이다.

고객승인용 연마석으로 가공을 끝낸 삼성항공은 승인문서를 작성하여 고객인 GE사에 8월 16일 송부하였고, 최초 개발을 시도했던 제트엔진 5단계 터어빈 블레이드 가공용



극산화 연마석과 BLADE

	형상공차	표면조도	BURNING
NORTON사 제품	합격	합격	없음
제일연마제품	불합격	불합격	없음

<1차 SAMPLE TEST결과>

SAMPLE NO.	결합도	검 사 항 목			
		형 상	조 도	BURNING	
# 1	단단함	O	O	X	O : 양호 △ : 비교적 양호 X : 불량
# 2	약간무름	X	△	O	
# 3	중 간	O	O	△	
# 4	무 림	△	△	O	

<2차 SAMPLE TEST결과>

연마석에 대한 승인을 받음으로써 국산화 개발에 성공했다.

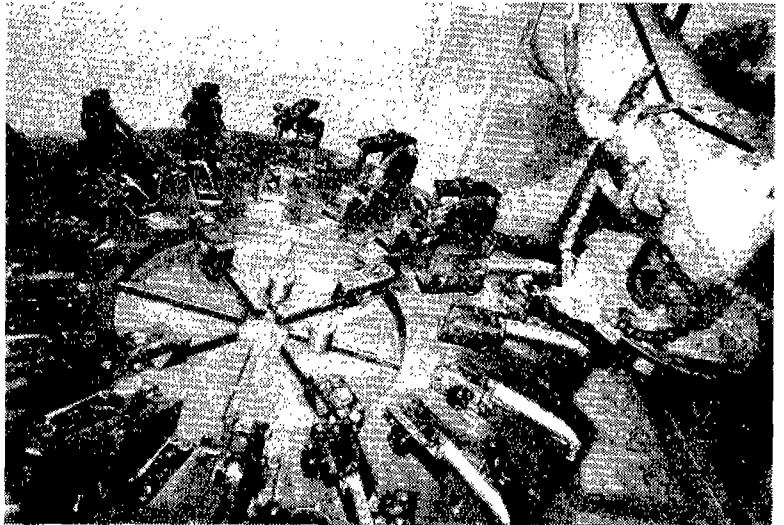
현재까지 양사는 고속함정용엔진 터어빈 블레이드 #1~#6단계를 비롯, J79터어빈 블레이드의 1,2단계, 점보제트기용 엔진부품인 터어빈 AIR SEAL 가공용 연마석의 국산화 개발을 완료하였다.

국산화 당위성 및 향후 계획

본 기고의 서두에서도 언급했다시피 최단기간내에 선진 항공기술에 접근하고 경쟁력을 갖출 수 있는 최선의 방법이 국산화이다. 세계일류가 아니면 생존 그 자체가 불확실한 무한경쟁의 현실에서 이번 국산화 개발은 우리에게 앞으로 나아갈 방향을 제시해 주고 하나의 조그마한 희망과 자신감을 복돋워 주었다.

개발된 연마석은 NORTON사의 제품보다 가격면에서 경쟁력이 있으며, 연간 10억원의 수입대체 효과를 얻을 수 있었다. 뿐만 아니라 구매 LEAD TIME이 짧아(수입때 보다 2개월 단축) 재고 부담을 줄일 수 있고, 탄력적인 생산지원이 가능하여 블레이드의 경쟁력을 높일 수 있는 발판을 마련하게 되었다. 또한 국내 연마석 제조기술력을 한 차원 끌어 올려 국내업체의 기술자립 기반 구축에 많은 도움이 될 것이다.

연마석의 경우 세계 항공기 엔진 제조의 양대회사중의 하나인 GE사에만 승인을 받은 상태이나, P&W



BLADE를 연삭하기위해 SETTING하는 장면

사의 PW4000엔진 압축기 블레이드 (HPC BLADE13~15단계) 가공용 연마석의 SAMPLE를 제작한 상태로 현재 TEST일정을 수립하고 있으며 이후 삼성항공에서 사용하는 모든 연마석을 국산화 개발할 계획이다.

또한 블레이드 가공시 이 연마석의 형상을 가공하는 DIAMOND ROLL DRESSER(현재 미국의 NORTON사로부터 수입하여 사용하고 있음)를 국내 제작업체인 이화다이아몬드사와 개발중에 있으며, 블레이드 소재도 국산화하기 위하여 한국로스트웍스공업과 세명전기공업이 개발중에 있다.

이외에 대한중석과는 ENDMILL, DRILL, INSERT등 절삭공구의 수준을 높이려는 계획을 하는 등, 다양한 분야에서 국산화에 더욱 박차를 가하고 있다.

국내 항공산업은 기초분야인

원·부자재 부분의 기술이 대단히 낙후되어 있는 실정이며, 이러한 원소재 부문은 해외 선진업체에서도 기술의 독점과 자국의 경쟁우위를 유지하기 위하여 기술이전을 제한하고 있다.

현재 국가적인 사업으로 진행하고 있는 중형항공기 개발사업등을 성공적으로 수행하고, 우리나라가 항공 선진국으로 도약하기 위해서는 기초산업에 대한 정부의 지원이 뒤따라야 할 것이다.

지금 이시간에도 여러 산업현장의 다양한 분야에서 국산화 및 신제품 개발을 위해 보이지 않게 노력하는 분들에게 뜨거운 격려의 박수를 보낸다.