

한국형 고속전철 시제차량(HSR 350x) 부품기술 현황

Review of Components Technology of the Prototype Test Train(HSR 350x) in Korea High Speed Railway

정경렬*
Chung, Kyung-Ryul

김경택*
Kim, Kyung-Taek

이병석**
Lee, Byung-Seok

ABSTRACT

This paper shows the review of the results of G7 project effort's according to analyze the components technology level of mechanical, electrical and communication fields of component industry. Additionally, propose a counterplan for commercialization of Korea high speed railway for the future.

1. 서론

철도는 산업사회의 급격한 팽창으로 인하여 인구의 도시집중이 가속화되면서 도시간의 대량수송 및 정시성과 함께 고속전철의 등장과 더불어 고속수송 등의 이점에 따라 선진 각국에서는 국가의 기간산업으로서 발전시켜 나가고 있다[1,2].

국내에서도 경부고속철도의 건설을 계기로 철도에 대한 인식을 새롭게 하게 되었으며, 선도기술개발사업을 통하여 개발된 한국형 고속전철 시제차량이 지난 9월 300km/h의 주행시험을 성공적으로 마쳤다. 또한 남북한 관계개선에 따라 경의선의 복원 및 대도시의 교통난, 소음 및 공해문제 등과 지방자치단체의 대중교통수단 다양화 및 환경친화적 교통수단의 요구 등으로 인하여 전기 철도시스템에 대한 관심이 증대되고 있다.

그러나 국내 철도산업의 경우, 차량 및 기계부품과 전장품을 제작하는 (주)로템, 현대중공업(주) 및 DYMOOS 등의 일부 대기업을 제외하고는 단순히 하청에 의해 제작만을 수행하는 영세기업의 수준이며, 그나마 중요한 기계부품 및 전장품은 수입에 의존하거나 선진기술을 보유한 외국의 기업과 기술계약을 통하여 생산하고 있는 것으로 파악되고 있다[3].

이에 본 고에서는 선도기술개발사업의 일환으로 수행된 G7 고속전철기술개발사업을 통하여 개발된 시제차량의 부품기술 현황을 점검하고 기계, 전기, 통신 등의 각 분야별로 확보된 부품개발 기술수준을 분석하여 G7 고속전철기술개발사업의 성과를 점검하고 향후 상용화를 대비한 대책도 제안해 본다.

* 한국생산기술연구원, 정회원

** (주)로템, 정회원

2. 차량별 세부부품의 기술현황

각 차량별 부품에 대한 기술현황은 G7 고속전철기술개발사업[4]에서 정의한 차량별 구성체계(PBS)에서 5단계 까지를 서브시스템 별 주요 품목으로 세부부품수량 대비 국산화율을 통하여 정리한 것으로서 동력객차의 경우에는 주요 전장품은 동력차의 경우를 객차의 경우에는 객차에 준하여 따로 정리하지 않았다.

차량별 국산화율은 평균 93%로서 주요 외자품목은 동력차의 경우 전면창 와이퍼, 센싱변압기(Sensing transformer), 운전자 스위치(Driver switch), 액셀로메터(Accelerometer) 등이며, 동력객차와 객차의 경우에는 운반링/고정링(Carring/Fixed ring), 창문과 출입문 등이 가장 큰 외자품목으로 파악되고 있다. 외자품을 활용하게 된 주요 원인은 출입문 및 창문 등과 같이 소량(다품종)의 생산으로 인한 개발업체의 개발기피와 더불어 운반/고정링 및 전면창 와이퍼와 같이 국내 제작업체의 제작기술 부족으로 인한 경우 등 크게 두가지의 경우로 요약할 수 있다.

□ 동력차 분야

동력차 분야의 경우에는 표 1에서 볼 수 있듯이 크게 차체, 추진장치, 진단/제어장치, 제동장치, 대차 및 동력차 관련 부품으로 구분하여 각 서브시스템별로 주요 품목을 고려하여 각 품목의 세부부품수량 대비 국산화율을 정리하였다.

표 1 동력차부문의 세부품목별 부품수량 대비 국산화율

구분	품목	국산화율 (%)	비고
차체	차체 골조	98	일부 특수재료 외자
	후드	100	
추진장치	전인전동기	95	절연재 및 베어링 외자(G7개발품)
	주변압기	92	절연재, 부상 및 thermostat 등 외자(G7개발품)
	주전력변환장치	90	Diode, 광케이블 및 소자 등 외자(G7개발품)
	보조전원장치	92	전력소자 등 외자(G7개발품)
	감속기 및 연결기	95	베어링류 외자(G7개발품)
진단/제어장치	Cab Cubicle	90	커넥터 등 소요소재 외자(G7개발품)
	제어장치	90	
	마스콘(MasterController)	100	(G7개발품)
제동장치	제어반 및 밸브	90	Relay 등 외자(G7개발품)
	담면제동	90	디스크 외자(G7개발품)
대차	프레임 및 부품	90	베어링류 등 외자(G7개발품)
	현가장치	100	(G7개발품)
	차륜 및 차축	90	소재 외자(국내 생산)
동력차 관련 부품	주차단기	100	(G7개발품)
	연결기 및 버퍼	100	(G7개발품)
	판토그래프	100	(G7개발품)
	전선	90	
	배관 및 커넥터	90	
	릴레이, 차단기, 스위치	90	
	부자재(페인트, 접착재, 소음/단열재 등)	50	
총계		92	세부부품별 국산화율 평균값

동력차의 주요 부품에 대한 수량대비 국산화율은 평균적으로 92%를 나타내고 있으며, 표에서 알 수 있듯이 차체의 경우 차체골조와 후드는 98%이상의 국산화율을 보이고 있는데 이는 차체의 경우 단순 제작기술이며 사용되는 소재 역시 이미 국산화가 이루어졌기 때문으로 판단된다.

추진장치의 경우 대부분의 품목이 G7 기술개발사업을 통하여 개발되었으나 주요 전장품인 주변압기, 주전력변환장치 및 보조전원장치의 경우 90% 정도의 국산화율로서 주요 외자부품은 절연재, 부상, 전력소자 및 베어링 등으로서 전장품의 신뢰성에 기여하는 부품들은 외자구입을 통하여 제작되었음을 알 수 있다.

그러나 기계부품인 감속구동장치나 연결기 같

은 경우에는 90% 이상의 국산화율로서 부하상태에서의 신뢰성이 요구되는 베어링 등을 제외하면 거의 모든 세부품목에서 국산화가 이루어 졌다고 판단된다. 이와 같은 경우는 견인전동기의 경우에서도 롤러베어링 등의 과도한 부하상태에서 신뢰성이 요구되는 부품, 레진 및 와이어 등 전장품으로서 신뢰성에 많은 영향을 미치는 부품은 외자구입을 통하여 제작되었다.

높은 신뢰성이 요구되는 진단/제어장치의 경우에는 커넥터 및 각종 차단기 스위치 등의 소요 자재가 외자구입을 통하여 제작되고 있음을 알 수 있다.

제동장치에서도 제어반, 릴레이 및 차단밸브 등 전·자기적 신뢰성이 요구되는 부품은 외자구매를 통하여 제작되었으며, 특히 과도한 부하상태에서 제동시의 마찰열 등을 담당해야하는 제동디스크 등은 외자구매를 통하여 제작되었다.

대차의 경우에는 프레임 및 기계부품의 경우 90%이상의 국산화율을 보이고 있지만 과도한 부하상태와 내마모 등의 특성이 필요한 차륜, 차축 및 베어링 등 차량의 안전과 직접 관련이 있는 부품은 외자구매를 통하여 제작되었다.

기타 동력차 관련 부품으로서 주차단기, 차량연결기 및 버퍼와 함께 판트그라프는 G7 기술개발사업을 통하여 개발되어 거의 국산화가 이루어졌다고 볼 수 있다. 그러나 각 세부품목별로는 신뢰성과 국산화가 이루어지지 않은 일부 품목에서 외자구입을 통하여 제작된 것으로 파악된다.

운전석의 전면창이나 와이퍼 등은 전량 수입하였다. 이는 국내의 관련 제작업체에서 향후 물량 및 수익성에 있어서 기술개발에 따른 경제성이 없기 때문에 개발을 기피하고 있는 품목으로서 실제 운전석의 전면창인 경우 사양서에 부합하는 전면창을 국내 업체에서도 개발은 가능하지만 기술개발 이후의 경제성 등의 이유로 기술개발을 기피한 대표적인 예이다.

특히 부자재인 페인트, 접착제 및 소음/단열제의 경우 국산화율이 50%로서 매우 낮게 파악되었다. 이와 같은 결과는 국내 부자재 산업의 단면을 보여주는 것으로서 고부가가치를 창출할 수 있음에도 불구하고 고품질의 제품을 생산하지 못하고 있는 실정이다.

□ 객차 분야

객차의 경우는 크게 차체, 의장설비, 제동장치 및 객차 관련부품으로 구분하여 각 서브시스템별로 주요 품목을 고려하여 각 품목의 세부부품 수량 대비 국산화율을 정리하였다.

객차의 주요 부품에 대한 수량대비 국산화율은 평균적으로 93%를 나타내고 있다. 객차의 차체인 경우 표 2에서 알 수 있듯이 차체골조는 100%국산화가 이루어 졌는데 이는 G7 기술개발사업에서 개발된 알루미늄 프로파일의 압출재를 활용하여 제작되기 때문이며, 실제 프로파일용 알루미늄 합금과 금형소재가 외자로 수입되어 사용되었기 때문에 원소재에 대한 국산화가 이루어지기 전까지는 진정한 의미에서의 국산화로 보기에 다소 미흡한 부분이 있는 것으로 판단된다.

차량연결부 및 엔드링의 관절장치는 G7 기술개발사업을 통하여 개발되었지만, 전체 구조물에 대한 주조(casting)는 국내에서 가능하지만 실제 주요 부위는 해외에서 제작되어 부품 수량별 국산화율은 90%에 이르지만 실제 국산화율에서는 이에 크게 못 미칠 것으로 예상된다.

의장설비에 있어서 창문 및 외측 출입문 등이 전량 해외에서 구입되었다. 창문의 경우 동력차의 운전석 전면창과 같은 이유로 해외에서 구입하게 되었으며, 출입문의 경우 역시 기술개발에 따른 향후 경제성 및 수익성이 불투명하여 국내 관련업체에서 기술개발을 기피하고 있는 품목이다. 특히 창문의 경우는 해외시장에서의 기성품이 주로 300km/h 이하의 속도에서 사용되는 것으로서 G7 기술개발사업에 사용하기 위해서는 기술개발비를 포함한 막대한 예산이 요구되었으며, 출입문의 경우에서도 G7 차량시스템 사양서를 만족하기 위해서는 관련 제어장치의 개발비를 포함한 막대한 예산이 소요되었다.

의자는 G7 기술개발사업을 통하여 국산화된 품목으로서 소재에서부터 실제품까지 국산화되었으나, 의자의 특성상 난연 및 불연성에 대한 인증을 획득하기 위한 시험인증이 외국의 기관을 통하여 이루어지기 때문에 시험인증과 관련된 기술을 개발할 필요가 있다.

이와 같은 경우는 내장재 및 외장재에서도 발생하게 되는데 특히 내장재의 경우 난연 및 불연성에

표 2 객차부문의 세부품목별 부품수량 대비 국산화율

구분	품목	국산화율 (%)	비고
차체	차체 골조	100	(G7개발품)
	엔드 관절 장치	90	일부 casting재 외자(G7개발품)
의장설비	내장재 및 외장재	100	(G7개발품)
	의자	100	(G7개발품)
	선반	100	(G7개발품)
	실내 도어	100	국내 개발품 활용
	화장실 설비	100	국내 개발품 활용
	조명장치	100	국내 개발품 활용
제동장치	제어반 및 밸브류	90	Relay 등 외자(G7개발품)
	와전류제동장치	90	
	디스크 및 답면제동	90	Shoe 및 디스크 외자(G7개발품)
객차관련부품	인버터	95	전력소자 외자 (G7개발품)
	축전/충전기	95	(G7개발품)
	전선	95	
	배관, 판, 접수류	90	
	릴레이, 차단기, 스위치류	95	
	부자재(페인트, 접착제, 소음/단열재 등)	50	
총계		93	세부부품별 국산화율 평균 값

대한 시험인증이 대단히 어려운 실정이다.

화장실 및 조명설비는 기존의 철도차량에 사용되는 제품중에서 선택적으로 사용하였으며, 이미 국내시장에 다양한 기성품이 국산화되어 있다.

제동장치의 경우 제어반 및 차단밸브류는 동력차의 경우와 동일하지만 객차의 경우에는 전기제동장치인 와전류제동장치가 국산화율은 90%이지만 실제 고속전철기술의 선진국인 독일 및 일본에서도 아직 완전히 검증되지 않은 기술로서 향후 시험평가 및 신뢰성에 대한 평가가 신중히 이루어져야 할 것으로 사료된다. 그리고 디스크 및 답면제동장치의 경우 과도한 부하와 함께 제동시에 발생하는 마찰열을 흡수하게 될 제동디스크

를 해외에서 구매하여 사용하여 차량의 안전과 관련된 부품의 경우 제품의 신뢰성을 높이기 위하여 주로 외자구매를 통하여 구매하여 사용하는 것으로 나타났다.

객차용 전장품으로서 G7 기술개발사업을 통하여 개발되고 있는 인버터를 포함하여 축전지 및 충전기 등의 세부부품 중 전력소자 등 일부 부품을 해외에서 구매하여 제작하는 것으로 파악되었다.

그리고 배관, 릴레이, 차단기, 스위치 및 기타 부자재의 경우 동력차의 경우와 비슷한 국산화율을 나타내었다.

3. 부품분야별 기술향상을 위한 제안

세부 부품수량 대비 국산화율을 기초로 하여 크게 기계부품류, 전기부품류 및 부자재류에 대한 국내기술 수준과 함께 향후 부품기술의 향상을 위하여 기술개발이 필요한 분야에 대한 제안을 정리하였다.

□ 기계부품류에 대한 제안

기계류부품의 경우에는 구조물로서 차체의 골조가 있으며, 과도한 부하상태에서 사용되는 베어링류 및 과부하와 함께 마찰열이 발생하는 제동장치관련 부품이 있다. 기계류부품의 경우 일반구조물로서 사용되는 부품의 경우 거의 국산화가 이루어졌지만 과부하상태 또는 마찰열 등을 흡수해야 하는 부품들은 거의 모두가 외자구입을 통하여 해외에서 수입하고 있다.

우선 차체의 골조인 경우, 마일드스틸을 주 소재로 하는 동력차의 골조는 일부 특수 재료를 제외하고는 소재 및 가공 측면에서 거의 국산화가 이루어진 반면에 알루미늄 압출제 프로파일을 사용하는 동력객차와 객차의 골조인 경우에는 가공측면에서의 압출금형 설계와 압출기술은 국내 독자기술에 의

해 이루어지고 있지만 알루미늄 원소재의 합금기술이나 금형소재에 대한 기초기술이 부족하여 압출용 알루미늄합금이나 압출금형 제작용 소재를 수입하여 사용하고 있다. 이와 함께 철도차량용의 압출재 프로파일에 대한 설계부문에 있어서도 프로파일의 압출성과 용접성을 고려한 독자 설계능력이 부족한 실정으로서 이는 선진 기술보유국의 기술자문[5]을 통하여 국내에서 설계된 차체구조의 설계검토 결과를 통하여 볼 때 매우 취약한 기술로 파악되었다. 따라서 차체부분에 있어서 가공기술은 어느 정도 수준이상의 기술을 보유하고 있지만 기초기술인 원소재의 합금기술을 포함한 소재기술 전반에 대한 기초기술개발과 함께 차량의 골조설계에 있어서 각종 영향을 고려한 설계기술의 개발이 필요할 것으로 생각된다.

차량연결부 및 엔드링의 관결장치인 경우에도 일반구조물인 경우에는 국내에서 주조가 가능하지만 복잡하고 정밀한 형상에 대해서는 국내의 주조기술수준이 낮아 해외에서 개발비를 포함한 예산으로 제작하여 국내의 정밀주조기술에 대한 기술개발이 필요한 것으로 파악되었다.

대차는 대차 프레임 등 일반 구조물에 속하는 부분은 국산화가 되었지만 휠과 윤축, 롤러베어링 및 대차와 차체의 연결편을 포함한 어셈블리 등 과도한 하중상태에서 사용되며, 차량의 안전성에 큰 영향을 미치는 부품은 독일, 영국, 일본 및 프랑스에서 주로 수입하여 사용하고 있는 것으로 파악되고 있다. 이중 휠과 윤축을 포함한 일부 부품의 경우 국내 업체에서 프랑스로부터 경부고속철도사업을 통한 기술이전으로 인한 국산화가 이루어졌지만 향후 제품의 수요 및 시장성 등 경제적인 문제로 인하여 추가적인 기술개발을 기피하고 있는 실정이다.

감속구동장치의 경우 롤러베어링, 모터 어라인먼트 핀 및 트리포드 카단 샤프트 등 과도한 하중이나 감속기의 신뢰성에 큰 영향을 미치는 부품은 수입에 의존하고 있는 것으로 파악된다. 이와 같은 결과는 제동장치의 경우에도 동일한 경향을 나타내는데 과부하와 마찰열 등을 흡수해야하는 담면제동장치의 제동슈우 및 디스크 등 제동성능과 직접 관련된 부품에 대하여 수입에 의존하고 있는 것으로 파악된다. 이와 같이 내마모성이 요구되는 구동부품 및 열영향을 받는 부품의 경우 기본적인 소재에 대한 기술은 확보되어 있는 것으로 사료되나, 제품가공 및 열처리기술 등이 추가적으로 확보되어야 진정한 의미에서의 국산화를 달성할 수 있을 것을 생각된다.

출입문의 경우에는 국내의 경우 고속용 출입문을 제작한 경험이 없으며, 특히 단순한 출입문의 제작뿐만 아니라 고속에서의 운행상황을 고려한 제어를 위한 제어시스템까지를 포함하고 있기 때문에 국내 기술수준에서는 아직은 국산화가 매우 어려울 것으로 예상된다.

□ 전기부품류에 대한 제안

전인전동기, 진단/제어장치, 주변압기 및 주전력변환장치 등의 주요 전장품은 G7 기술개발을 통하여 개발되었지만, 실제 각 전장품을 구성하고 있는 주요 부품의 일부는 외자구매를 통하여 해외에서 구입되어 제작되고 있는 실정이다.

전인전동기의 경우 전동기를 구성하고 있는 기계부품중 롤러베어링이나 볼베어링 같은 구동부에 사용되는 부품류가 주로 수입에 의존하고 있으며, 절연재가 수입되어 사용되고 있으나, 실제 타 전장품에 비하여 국산화 비율이 매우 커서 약 90% 이상의 세부 부품에 국산부품이 활용되고 있다.

주변압기의 경우 부싱이나 각종 센서 등 전기적 특성에 있어서 높은 신뢰성이 필요한 부품이 외자구매를 통해 제작되고 있다.

주전력변환장치와 보조전원장치의 경우에는 전력소자와 광케이블 등을 외자구매를 통하여 제작하고 있으며, 주차단기의 경우에는 극히 일부 부품을 제외하고 거의 국산화된 것으로 파악되고 있다.

전기부품류중 해외에서 구매가 필요한 부품은 주로 절연재, 다이오드 및 전력소자와 함께 케넥터류 등으로서 일부 전력소자를 제외하고는 국내에서 구매가 가능하지만 제품의 신뢰성 측면과 UIC, NFF 및 IEC 등 국제철도규격의 규정을 엄격히 적용하고 있으며, 향후 해외에서의 시장확보 등을 고려할 때 국제적으로 인증된 제품을 사용하고자 하기 때문인 것으로 사료된다.

□ 차량관련 부자재에 대한 제안

차량제작과 관련된 부자재는 주로 내·외장재, 페인트, 접착재 및 소음/단열재 등으로서 일부 소음과 단열재를 제외하고는 거의 외자구매를 통하여 공급되고 있는 것으로 파악되었다. 이는 국내의 산업구조상 상대적으로 부가가치가 낮은 품목인 페인트, 접착재 등에 대한 기술개발을 소홀히 한 이유에 기인하는 것으로서 국내의 수요가 많지 않기 때문에 기술개발을 통한 고부가가치의 창출이 어려우며, 실제 수요업체에서도 해외시장에서 기성품으로서 손쉽게 구매할 수 있기 때문인 것으로 생각된다.

운전석 전면창을 포함 창문은 단일 품목으로서 G7 기술개발사업의 사양을 만족하기 위해서는 기술개발을 통하여 개발할 수밖에 없는 품목이나 국내 관련 업체의 경우 향후 경제성 등의 이유로 인하여 기술개발을 포기한 상태이다. 해외시장에서 역시 기성품의 구매는 어려운 실정으로서 해외업체를 통하여 기술개발비를 포함하여 구매할 수 밖에 없는 품목으로서 국산화는 가능하지만 100% 수입에 의존할 수밖에 없는 상황이다.

외장설비에 있어서도 내장재와 외장재를 G7 기술개발사업을 통하여 개발하였지만 시험평가와 제품인증과 관련하여 해외의 공인기관을 통하여 시험평가 및 인증이 불가피하므로 예산과 인증에 필요한 시간의 소요 등이 문제점으로 지적되고 있어 내·외장재의 소재개발 뿐만 아니라 시험평가분야에 대한 국제적인 인증기술의 개발이 시급히 요청되고 있는 실정이다.

참고문헌

1. IEC, IEC62278, Railway Application, 2002
2. James L. Oberstar, Intermodal Transportation : The potential and the challenge, 2003
3. 한국생산기술연구원, 차량시스템 엔지니어링기술 개발, 연구보고서, 1999
4. 한국철도기술연구원, 고속전철 시스템 통합 및 총괄, 연구보고서, 1999
5. 한국생산기술연구원, 차량시스템 엔지니어링기술 개발, 연구보고서, 2000

후 기

본 연구는 2002 고속철도기술개발사업으로 지원된 '고속철도 차량시스템 설계체계 기술개발'과제의 연구결과 중 일부입니다.