우주발사체 총조립을 위한 기본 생산 계획 수립

Setup of Manufacturing Master Plan for Launch Vehicle System Integration

조병규*, 원유진, 조철훈, 정의승(한국항공우주연구원)

1. 서 론

신제품 연구개발에 있어, 일반적인 설계 방법론이나 시스템 엔지니어링 기법 등을 통한 설계 활동이 제품의 생애 주기에 있어 중요한 만큼, 설계 문서를 만족시키는, 때로는 설계 활동의 부적합 사항을 개선시키는 적절한 생산 활동도 중요하다. 또한, 제품보증 활동은 이러한 생산 활동에 있어 없어서는 안 될 필수적인 기본 활동이 된다.

현재 국가우주개발중장기계획에 의거 진행되고 있는 대규모, 복잡 시스템인 소형위성 우주발사체의 연구개발에 있어서도, 과거 과학로켓의 개발 경험과 발사체 관련 여러 선진 사례를 보건대, 체계 개발의 일환으로 시스템 총조립 운영과 발사 운용 등을 포함하는 SI 운영 개념 설정이 개발 초기부터 요구되었으며, 이에 따라 설계 활동에 발맞추어 양질의 생산을 위한 적절한 생산 활동의 사전 준비 작업을 수행해 나가고 있는 실정이다. 이러한 SI 운영 개념 설정을 통하여 사업과 관련된 다양한 분야의 이해관계자들에게 하위 부품 및 서브시스템의 납품, 입고검사에서부터 총조립, 시험/검사, 이송, 발사 준비, 발사에 이르기까지의 전체 개발 흐름에 대한 공통적인 이해를 도모할 수 있게 된다. 또한, 이러한 공통적인 이해를 토대로 각 분야의 이해관계자들은 사전에 고려되어야 할 필요한 SI 개념을 해당 분야의 설계/개발에 적용함으로써 전체적으로 체계적인 설계/개발이 수행될 수 있게 될 것이다.

이에, 차질 없는 생산 활동을 준비하기 위하여 주관기관의 총조립 방침과 총조립기업의 품질관리시스템에 기초하여 수립된 우주발사체 총조립을 위한, 통합 SI 운영 계획의 일부인, 기본 생산 계획을 소개하고자 한다.

2. 총조립 기본 생산 계획

현재, 계획되어 있는 우주발사체 상단부의 기본 형상은 Fig. 1과 같이 PLF, 위성, 2단 조합체로 구성되어 있고, 현재 설계되어 있는 비행모델의 형상, 성능, 접속관계 등과 동일하게 제작, 조립되어야 함을 원칙으로 하고 있다.

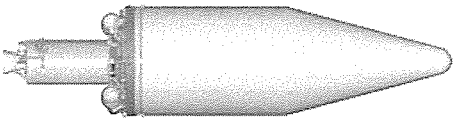


Fig. 1 Basic configuration of upper stage as-planned

우주발사체 총조립을 위한 기본 생산 계획은 주관기관의 총조립 방침과 총조립기업의 품질관리시스템에 기초하여 수립되었으며, 기본 생산 계획에는 크게 세 가지, 즉, 총조립 품질보증 계획, 총조립 치공구 개발 계획, 총조립 수행 계획 등을 다루고 있다. 첫 번째, 총조립 품질보증 계획에서는 ISO 품질 규정에 맞추어 생산 단계의 기본인 제품의 품질을 확보하기 위한 품질 목표와 생산 단계에서 필요한 각종 업무 플로우와 양식을 기술하고 있으며, 두 번째, 총조립 치공구 개발 계획에서는 생산에 필요한 주요 지상지원장비인 치공구의 개발 업무 플로우와 양식 그리고, 이에 따라 초기 개념 설계된 치공구의 형상과 설계 내역을 기술하고 있으며, 세 번째, 총조립 수행 계획에서는 총조립을 수행하기 위한 생산 관리 업무 플로우와 부품들의 조립/검사/시험 공정 절차와 치공구 활용 등을 기술하고 있다.

또한, 기본 생산 계획에 대한 자세한 사항은 다음 장에서 기술할 예정이며, 설계가 진행되어 마무리되고 최종 제품의 개발 시제에 대한 생산 일정이 다가올수록 현재 수립된 기본 생산 계획에 대한 개선과 상세화가 예상되며, 양질의 생산을 위하여 품질, 치공구, 총조립 절차 등에 대한 철저하고 반복적인 사전 준비 활동이 요구되고 있다.

2.1 총조립 품질보증 계획

총조립 품질보증 계획에서는 ISO 품질 규정에 맞추어 생산 단계의 기본인 제품의 품질을 확보하기 위한 품질 목표와 생산 단계에서 필요한 각종 업무 플로우와 양식을 기술하고 있다.

현재, 총조립기업의 품질관리시스템은 ISO 9001과 AS9100에 기초하여 Fig. 2에서 보는 바와 같이 계약에서부터 납품에 이르기까지 소요되는 전체 업무를 프로세스와 기준서로 명시하고 있으며, 기본적으로 조직 및 인력 간 업무 분장 및 입출력 정보, 수행 업무 절차, 문서 양식 등이 포함되어 있고, 현재 22개의 프로세스 및 181개의 기준서가 운영 중에 있다.

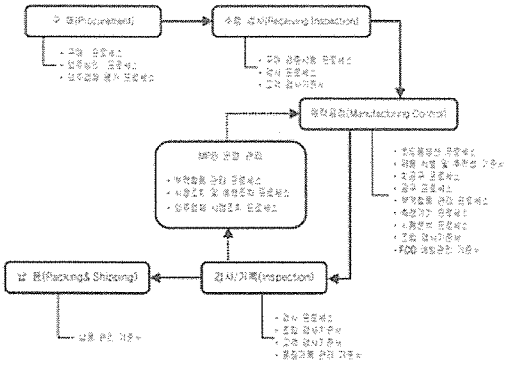


Fig. 2 QMS Process from contract through manufacturing control to delivery

이러한 잘 짜여진 품질관리시스템의 우주발사체 생산을 위한 실질적인 원격지 영향 분석 및 적용성 검토 결과, 기업 내부에서 실제 업무를 수행하게 되는 치공구 개발에 있어서는 원격지 영향과 무관하게 치공구 개발을 수행할 수 있다고 판단이 되었으며, 총조립 공정 개발 및 총조립 수행 업무에 있어서는 VPN 서비스를 통하여 생산관리 전산관리시스템을 원격지에서 유지 가능하게 함으로 해서 차질 없이 원격지에서도 품질관리 계획에 따른 생산 업무를 수행하게 됨으로써 전반적으로 품질보증 활동에 만전을 기할 수 있을 것으로 예상을 하고 있다.

2.2 총조립 치공구 개발 계획

총조립 치공구 개발 계획에서는 생산에 필요한 주요 지상지원장비인 치공구의 개발 업무 플로우와 양식 그리고, 이에 따라 초기 개념 설계된 치공구의 형상과 설계 내역을 기술하고 있다.

총조립 치공구 개발의 기본 정책은 우주발사체의 성능과 정밀도를 만족하는 발사체 생산이 가능한 치공구를 제공하는 것으로, 이 목적에 부합하는 종합적인 치공구 엔지니어링 체계를 구현하도록 하는 것이다. 이러한 치공구 기본 정책에 따라 치공구의 제작성, 소요 자재의 경제성, 치공구의 이동성, 성능 및 발사체 조립에 만족하는 정밀도, 발사체 총조립 일정을 고려하여 소요 치공구를 설계할 예정이다. 치공구 설계에는 Pro/E를 설계 도구로 사용하여 치공구 설계의 디지털화 및 설계 도면의 고품질화 및 체계적 관리를 하도록 하고, 치공구 상호간, 치공구와 발사체 간의 간섭을 방지하게 하고, 치공구 조립성을 사전 검토하여 치공구의 적용성을 높일 예정이다. 치공구 설계에 있어 예상되는 발사체의 도면 변경에 쉽게 변경 가능하도록 설계 유연성을 부여하도록 하고, 발사체 설계 도면의 요구사항을 준수하도록 정확한 치공구 기능, 치공구 요구조건 발췌 및 공정 및 제작기술 섹션과의 연계를 통한 동시공학을 실현하며, 치공구 비용을 줄이기 위해 가능한 한 Gageless 치공구 개념과 공용화 및 다용도 개념을 적용할 예정이다. 치공구 제작은 치공구 기술에서 생성하고 출도된 치공구 도면을 사용하여 제작하며, 품질 공인된 원자재 및 하드웨어를 사용하여 수행하고, 치공구 검사는 치공구 도면을 기준으로 3차원 측정 장비를 사용하며 필요시, 레이저 트랙커를 사용하여 수행할 예정이다.

이러한 치공구 정책과 개발 개념에 따른 치공구 개발에 필요한 기본적인 치공구 개발 업무 절차가 Fig. 3에 나와 있으며, 치공구 설계/검토/승인, 치공구 자료관리 시스템, 치공구 생산관리, 치공구 검정 및 검증, 치공구 주기검사, 치공구 보관 관리, 부적합 치공구 관리, 치공구 형상관리, 치공구 유지 보수 업무 등으로 구성되어 있다. 또한, 실제 치공구 설계를 위하여 부품 및 조립품의 도면, Pro/E 3차원 형상모델, 조립을 위한 부품의 조립 조건 등을 기본 설계 입력 자료로 활용하여 치공구 설계를 하고, 우주발사체 설계와 마찬가지로 주요 치공구에 대해서도 PDR, CDR, FDR 등의 3단계에 걸친 설계 검토를 수행할 예정이다.

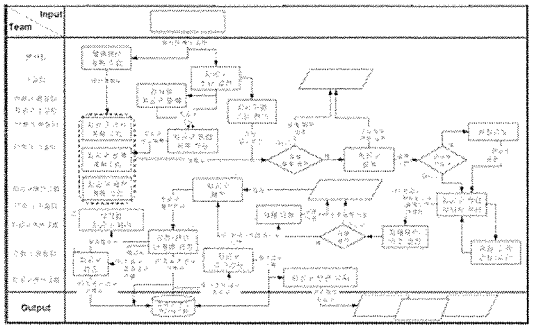


Fig. 3 Basic process for tool development

총조립을 위해 소요 예상되는, 초기 개념 설계된 치공구의 기본적인 형상과 설계 내역은 Fig. 4에 나와 있으며, 전술된 치공구 정책과 치공구 업무 절차에 따라 발사체 설계 일정과 개발 시제에 대한 생산 일정에 발맞추어 현재 수립된 치공구 설계를 개선하고 상세화하여 치공구 제작에 돌입할 예정이다.

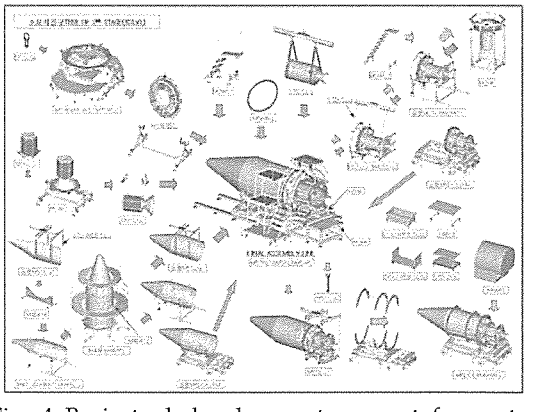


Fig. 4 Basic tool development concept for system integration

2.3 총조립 수행 계획

총조립 수행 계획에서는 총조립을 수행하기 위한 기본적인 생산 관리 업무 플로우와 부품들의 조립/검사/시험 공정 절차와 치공구 활용 등을 기술하고 있다.

원활한 생산 활동을 위하여 총조립기업에서 이미 구축하여 생산 현장에서 적용하고 있는 생산관리 전산시스템을 VPN 서비스를 이용하여 주관기관의 조립장인 원격지에서 무리 없이 활용하여 생산관리를 수행할 계

획이며, 부품 마스터, M-BOM, 품목별 공정 흐름 및 공정별 리드 타임 등을 기초로 하여 세부 생산 계획을 수립할 예정이다. 이러한 생산관리를 위한 기본 업무 절차는 Fig. 5에 나와 있으며, 공정서 작성/검토/승인, 고객 검토 및 승인, 제작 자료 유효성 관리, 공정 변경, 생산 형상 관리 방안, 조립 검사, 시험 방안, 부적합품 관리, 작업자 인증, 조립 작업 기술 지원 등으로 구성되어 있다.

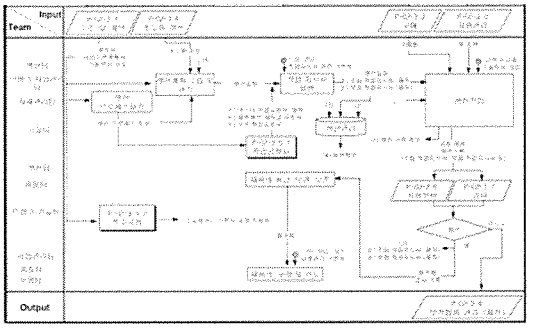
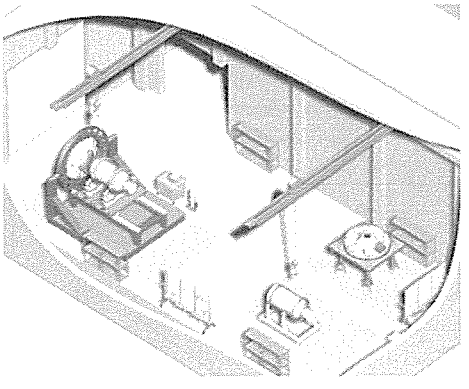


Fig. 5 Basic process for production

전술한 치공구 개발 계획과 생산 관리 계획을 토대로 Fig. 6에서는 치공구 관리 절차에 따라 설계, 제작된 총조립 치공구 개념, 주관기관의 주요 작업장 공간의 활용, 주요 부품들의 총조립 작업 공정 순서 등을 고려한 총조립 수행 광경을 3차원 레이아웃으로 보여주고 있다.

또한, 이러한 작업 광경을 기본적인 작업 내역과 순서도로 표현을 하면 Fig. 7과 같다. Fig. 7은 Fig. 1에 나와 있는 우주발사체 상단부의 기본 형상을 유지하여 형상기준문서에서 요구하고 있는 물리적, 기능적 형상을 만족하기 위한 주요 부품들의 총조립 작업 공정 순서인 총조립 프로세스를 나타내고 있으며, 개발 일정에 발맞추어 현재 수립된 총조립 작업 공정을 개선하고 상세화할 예정이다.



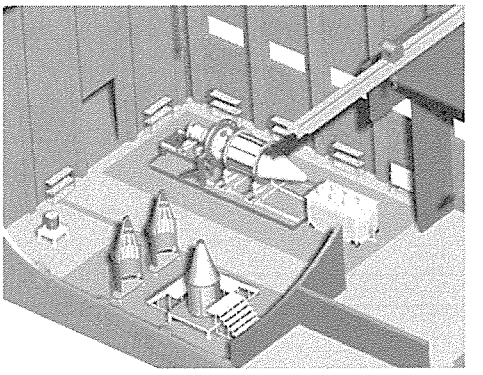


Fig. 6 Layout of system integration

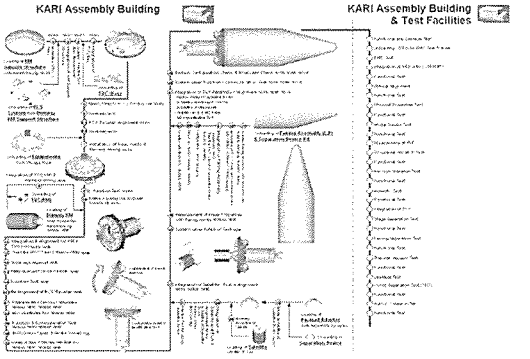


Fig. 7 Basic integration process for launch vehicle

3. 결론

본 논문에서는 우주발사체 총조립을 위한 기본 생산 계획을 제시하였다. 우주발사체 기본 생산 계획은 주관기관의 총조립 방침과 총조립기업의 품질관리시스템에 기초하여 크게 세 부분으로, 즉, 총조립 품질보증 계획, 총조립 치공구 개발 계획, 총조립 수행 계획 등으로 구성되어 있다. 설계가 진행되어 마무리되고 최종 제품의 개발 시제에 대한 생산 일정이 다가올수록 현재 수립된 기본 생산 계획에 대한 개선과 상세화가 예상되며, 양질의 생산을 위하여 품질, 치공구, 총조립 절차 등에 대한 철저하고 반복적인 사전 준비 활동이 요구되고 있으며, 이를 통하여 양질의 우주발사체를 생산하여 국가우주개발의 초석이 되고자 한다.

참고문헌

[1] 조병규, KSLV-I 기본 생산 계획, KARI, 2005
[2] KSLV-I 품질보증이행계획, KAL, 2005
[3] Quality Management System, KAL, 2004
[4] 조병규, KSLV-I 통합 SI 기본 계획, 2005
[5] 조병규 외 1인, 상단부 총조립체 엔지니어링 모델 개발 계획, 2005