

추진제 그레인 설계 프로그램 개발

이도형* · 양준서* · 오석진*

Development of the propellant grain design program

Dohyung Lee* · Juneseo Yang* · Seokjin Oh*

ABSTRACT

This paper describes the development of the grain design automation program using commercial CAD(computer-aided-design) software. This program allows to readily obtain output of burning area, volume, moments of inertial, motion of the center of gravity, and other geometric data as a function of regressed distance. These are utilized in performance analysis.

초 록

본 논문은 상용 CAD 프로그램을 이용한 그레인 설계 자동화 프로그램 개발에 관하여 기술하였다. 이 프로그램 통하여 추진기관의 성능산출에 이용되는 연소거리에 따른 연소면적, 체적, 관성모멘트, 무게중심의 변화 및 그레인 형상정보를 쉽게 얻을 수 있었다.

Key Words: Grain(그레인), Burning area(연소면적), Master model(마스터모델), Core(코어)

1. 서 론

일반적으로 고체 추진기관 개발에 있어서 개략적인 크기와 총역적이 정해지면 추진제 그레인 형상설계를 위하여 우선적으로 추진제 종류를 선정하여 연소시간을 결정한 뒤, 단면 형상 및 총역적을 고려하여 개략적인 추진기관 길이를 결정하게 된다.[1,2] 체계 요구조건에 따라 개략적인 그레인 형상을 결정하고, 선택된 추진제 특성을 기준으로 세부 그레인 형상을 완성하게 된다.

그레인 형상을 설계 할 때 가장 중요한 변수는 각각의 그레인 형상에 따른 연소면적의 변화인데, 현재 선진국에서는 3차원 모델을 구성하여 아무리 복잡한 형상일지라도 간단한 작업만으로 연소면적을 계산할 수 있을 정도의 수준에 도달한 것으로 알려져 있다. 그러나 국내에서는 제한적인 그레인 형상설계 프로그램이 있으며, 단순히 2차원적인 계산 방법을 이용하여 설계를 한 후 계산된 결과의 검증을 위해 3차원 솔리드 모델러를 사용하고 있다. 이러한 원인으로 인하여 약간 복잡한 형상이나 대칭구조를 가지지 못할 경우에는 상당한 시간이 요구되면 계산된 결과도 큰 오차를 가지게 된다. 따라서 범용적인 그레인 형상설계 자동화 프로그램 개발을 통하여

* 국방과학연구소 1본부 6부
연락처, E-mail: honibi@add.re.kr

추진기관 설계 시간을 단축시킬 수 있으며 신뢰도를 향상시킬 수 있을 것이다.

2. 그레인 설계 자동화 프로그램 기본개념

2.1 그레인 형상 정의

그레인 형상에 대한 표준화를 위하여 Fig. 1과 같이 그레인 형상을 그레인 외형과 코어 형상으로 분류하였다. 그레인 외형은 연소관의 내부 형상에 따라 결정되며, 코어는 추진기관의 성능에 큰 영향을 미치는 형상으로 설계자의 주관에 따라 결정된다.

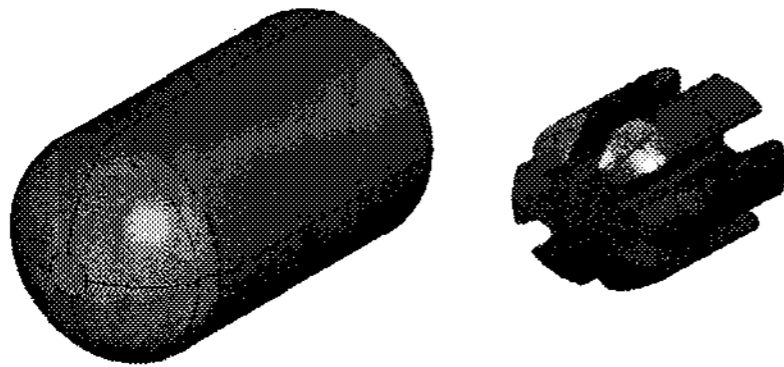


Fig. 1 Grain exterior and core shape

수많은 그레인 외형과 코어 형상을 마스터 모델로 구축하는 것은 불가능하기 때문에 특징 형상 단위 별로 세분화하여 마스터 모델을 모델링하고, 이를 데이터베이스로 구축하였다. 설계자는 구축된 데이터베이스로부터 단일 형상, 복합 형상 여부를 선택하고 선택한 코어 형상에 따라서 회전체 형상의 선택여부를 결정하도록 하였다.

2.2 모델링 방법

모델링 방법에는 설계자의 의도와 그 용도에 따라 non-parametric방법, parametric방법, hybrid방법 3가지로 구분할 수 있는데, 본 프로그램에서는 Parametric 방법을 사용하였다.

이 방법은 처음 모델링을 할 때 구속 조건과 치수 등을 부여하여 설계 의도를 반영하여야 한다는 불편함이 있으나, 설계 변경 시 간단하게 치수만을 수정하여 쉽게 모델을 변경할 수 있는 장점을 가지고 있다. (Fig. 2)

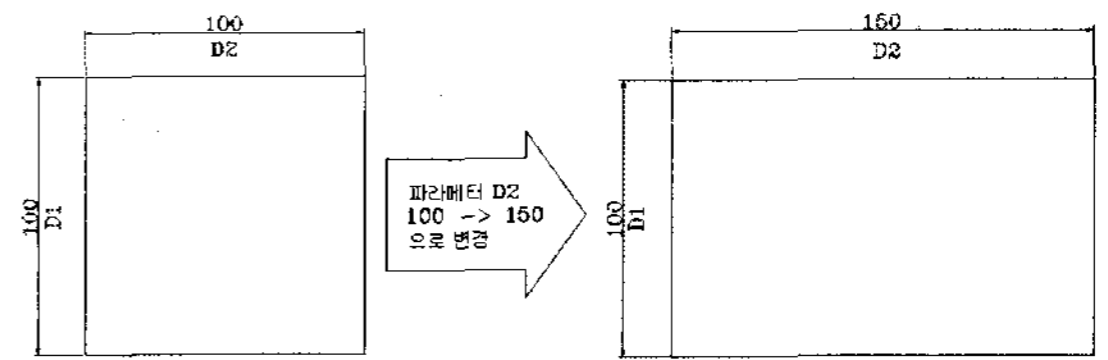


Fig. 2 Parametric modeling method

2.3 그레인 형상 조합

마스터모델로 구성된 여러 가지 그레인 외형과 코어 형상을 조합하여 복잡한 형상의 그레인을 정의할 수 있는데, 조합 방법에 따라 수많은 그레인 형상의 만들어지게 된다.

Fig. 3는 8개의 특징 형상으로 구성 되어진 마스터 모델의 데이터베이스를 활용하여 특징 형상 4개로 구성되는 코어를 생성할 때 생성할 수 있는 경우의 수를 나타낸 것이다.

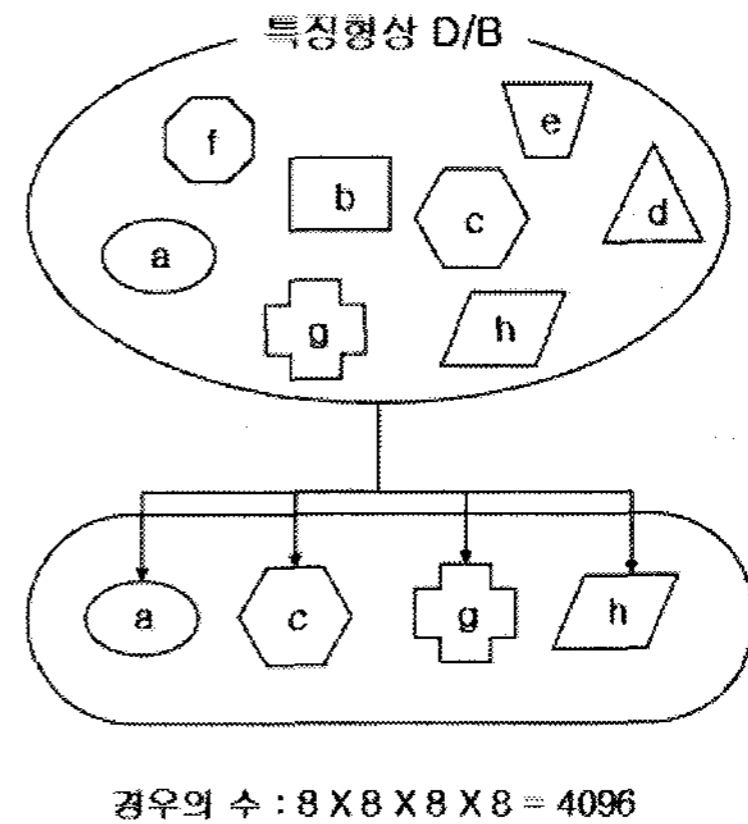


Fig. 3 Example of shape combination

3. 자동화설계 프로그램 내용

3.1 그레인 외형 설계

그레인 외형은 Fig. 4와 같이 4가지 타입의 마스터 모델을 구축하였으며, 이를 활용한 편집설계가 가능하도록 개발하였다. 또한 4가지 이외의 형상은 사용자가 정의한 포인트 데이터를 이용하여 설계할 수 있도록 하였다.

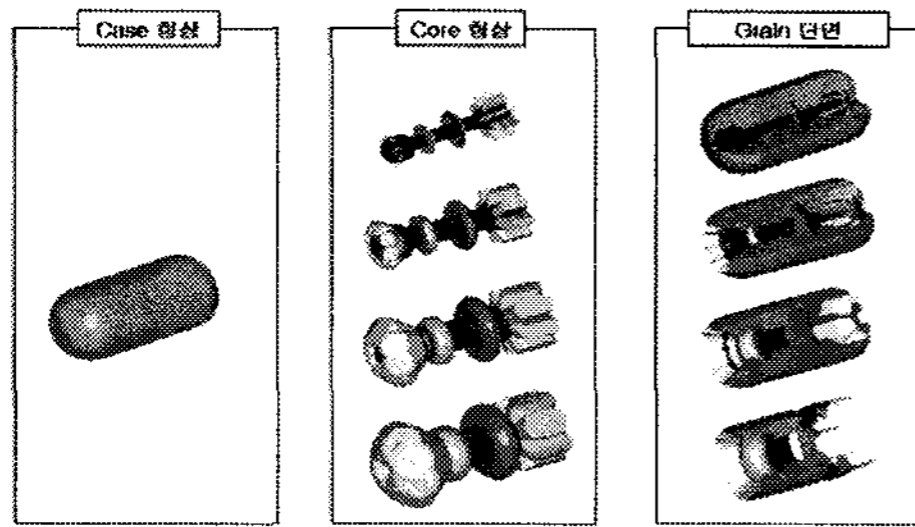


Fig. 9 Changes of Grain Shape

4. 자동화설계 프로그램 검증

개발된 프로그램의 검증을 위하여 기존에 설계된 2가지 그레인 형상을 적용하여 검토하였다. 프로그램 검증을 위해 사용된 첫 번째 그레인 형상은 실린더와 4개의 slot이 조합된 형상으로, 기존에는 C언어를 이용하여 만들어진 자체 프로그램을 사용하여 설계하였다. Fig. 10에서 보는 바와 같이 이전에 얻어진 결과와 약간의 차이를 보이고 있는데, 이 프로그램을 통해 얻어진 결과가 좀 더 정확한 결과일 것으로 생각된다.

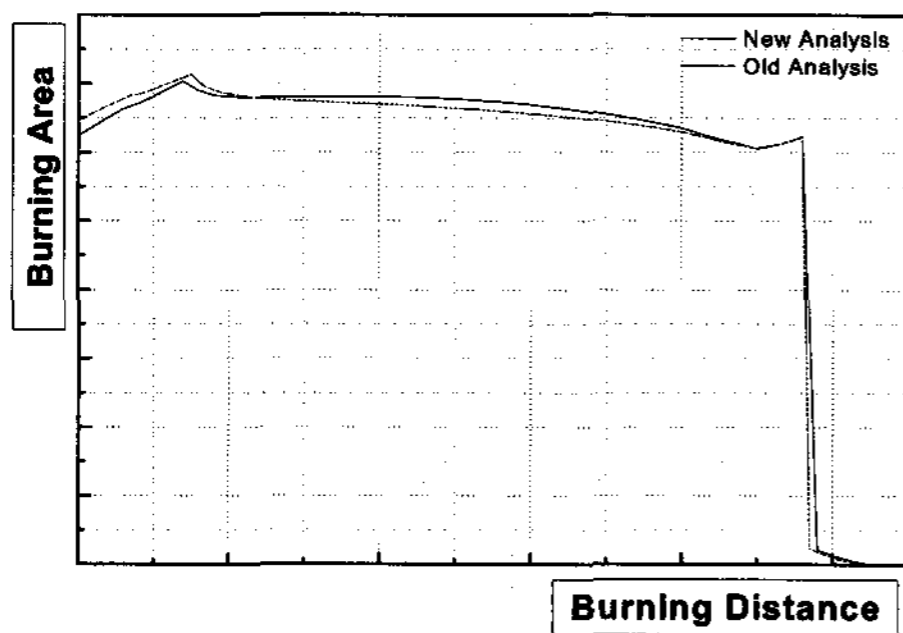


Fig. 10 result of 1st grain shape

두 번째 그레인 형상은 실린더와 7개의 slot이 조합되어 있고, 앞부분에 2개의 실린더포트가 위치한다. 이러한 형상은 앞부분에 있는 두개의 실린더포트 때문에 2차원적인 방법으로 계산이 불가능하다. 그러므로 I-DEAS를 이용하여 각각의 연소거리에 따른 그레인 형상을 약 140여개 모델링하여 연소면적을 계산하였다. Fig. 11에서

보는 바와 같이 거의 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 이번에 개발된 프로그램을 사용함으로써 설계시간을 약 1/20로 단축할 수 있었다.

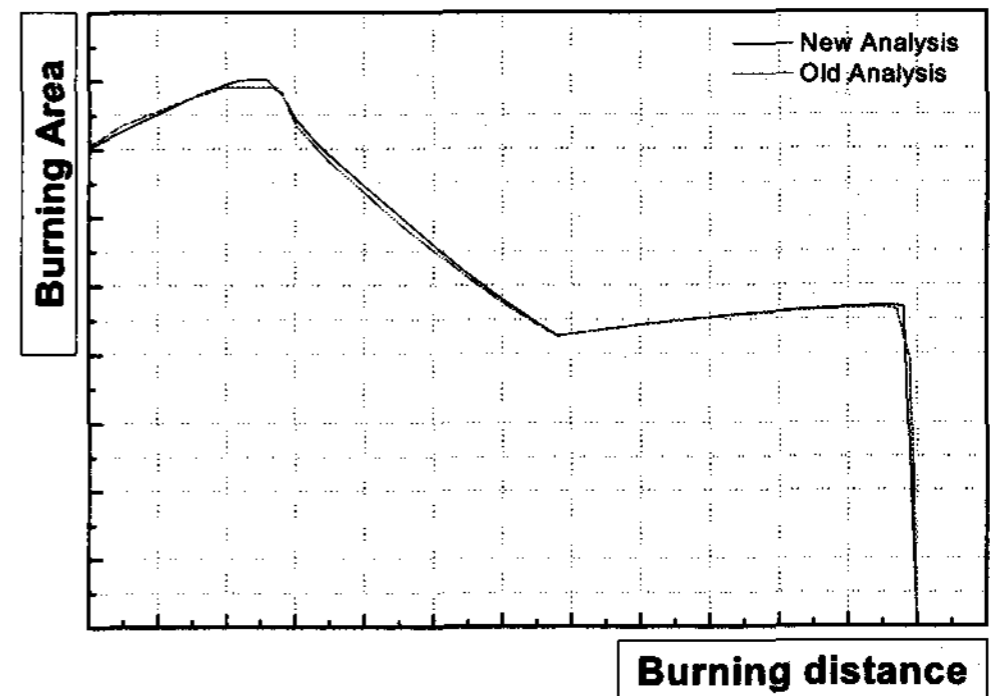


Fig. 11 Result of 2nd grain shape

5. 결 론

본 연구에서는 상용소프트웨어인 I-DEAS를 이용하여 추진제 그레인 설계 자동화 프로그램 개발을 수행하였다. 개발을 통하여 각 연소거리에 따른 3차원 그레인 형상과 연소면적, 추진제중량, 무게중심의 변화 등을 얻을 수 있었다. 또한 본 프로그램을 이용하면 다양한 그레인 형상을 조합하여 설계를 할 수 있기 때문에 체계요구조건을 만족할 수 있는 최적화된 그레인 형상을 빠른 시간 내에 결정할 수 있을 것이다.

참고 문헌

1. Carton, D., Maxwell, W. R. and Hurden, D., "Rocket Propulsion Technology", Plenum Press, 1961
2. Sutton, G. P., "Rocket Propulsion Elements", John Wiley & Sons, 1992
3. Michael A. Willcox and M. Quinn Brewster, "Solid propellant grain design and burnback simulation using a minimum distance function" AIAA 2005-4350