

초미립자 살포기의 설계 및 구조개선

이종선^{1*}

¹대진대학교 컴퓨터응용기계설계공학과

Design and Structure Improvement of Ultra Low Volume Sprinkler

Jong-Sun Lee^{1*}

¹Computer Aided Mechanical Design Engineering, Daejin University

요 약 본 논문의 목적은 액체 살포시 사용되는 초미립자 살포기에 대하여 SolidWorks를 이용하여 설계하고 3차원 유한요소해석 코드인 ANSYS를 활용하여 해석하였다. 해석결과로서 응력, 변형률과 전체 변형량을 구하였고 이를 활용하여 초미립자 살포기의 구조를 개선하였으며 이러한 방법은 생산성 향상과 설계기간을 단축할 수 있다.

Abstract In this paper, structural analysis was conducted by designing a ultra low volume sprinkler applied to spray liquid and applying a ANSYS commercial code for three dimensional finite element method to the ultra low volume sprinkler. Based on this numerical structural analysis, stress, strain and total deformation were obtained and the structure improvement of the ultra low volume sprinkler was made along with improved productivity and shorten design period.

Key Words : Ultra low volume sprinkler, Structure improvement, Finite element method, Total deformation

1. 서론

액체 살포시 초미립자란 물을 최대한 적게 사용한다는 의미이며 사용되는 약제를 고농도의 분무용으로 만들어 살포하는 것을 말한다. 초미립자 살포기는 안개와 같은 원리를 이용하여 방제하는 형태로서 초미립자 형태의 입자는 동일한 크기로 쪼개지면서 분사되며, 분무 약액이 대상전체에 부착된다.

입자크기가 0.5 ~ 50미크론(micron)이면 안개와 같은 입자로 고른 살포능력과 높은 약제 효과를 보이지만 0.1 미크론 이하면 온도에 따라 입자가 증발하여 약효가 떨어지고, 100미크론 이하면 안개와 같이 공중에 떠있지 못하고 땅으로 떨어지게 된다. 그러므로 방제효과를 높이기 위해서는 분무 형태를 100미크론 이내의 직경을 가진 물방울 입자를 사용해야 한다.

현재 많이 사용되고 있는 동력분무기와 초미립자 살포기의 입자크기를 비교해보면 동력분무기의 일반적인 입자는 400미크론이며 초미립자 살포기의 일반적인 입자는

50미크론이므로 상대적으로 초미립자 살포기가 상당히 넓은 면적을 커버할 수 있다. 또한 분무되는 입자가 크면 살균대상 전체에 균일한 효과를 미치지 못하는데 초미립자 살포기는 입자가 작기 때문에 와류현상으로 인해 살충, 방충 대상의 뒷부분에도 약액이 골고루 흡착하게 된다.

이와 같은 현상으로 초미립자 살포기로 분무하면 효율성이 증가되고 분무량을 절감시키므로서 공해 및 토양 오염의 저감은 물론 수송시간과 비용을 절감한다. 현재 방역방제를 위한 약제 살포에 인력난, 인체에 미치는 악영향, 농약 잔류, 토양 오염문제 등 사회적으로 문제가 거론되고 있는 만큼 이 문제를 해소하기 위해서는 초미립자 살포기의 사용이 불가피하며, 선진국에서도 널리 사용하고 있는 추세이다. 초미립자 살포기를 생산하고 있는 회사에서는 가공 시 많은 시행착오를 거쳐 제품을 생산하므로 시간적 낭비가 크고 재료비의 부담이 크며, 생산성도 떨어진다. 특히 초미립자 살포기 케이스에 결합되는 송풍기는 분무에 있어 가장 중요한 역할을 수행하는데

이 논문은 2009년도 대진대학교 학술연구비 지원에 의한 것임.

*교신저자 : 이종선(jongsun@daejin.ac.kr)

접수일 09년 12월 02일

수정일 10년 01월 11일

재제확정일 10년 01월 20일

이 송풍기의 무게가 가볍지 않아 케이스의 변형이 일어날 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 초미립자 살포기를 3차원 설계 프로그램인 Solidworks[1]를 활용하여 설계하였다. 그리고 3차원 유한요소해석 코드인 ANSYS[2-3]를 활용하여 설계된 초미립자 살포기에 대하여 유한요소해석[4-6]을 수행하여 응력, 변형률, 전체 변형량 등을 구하였다.

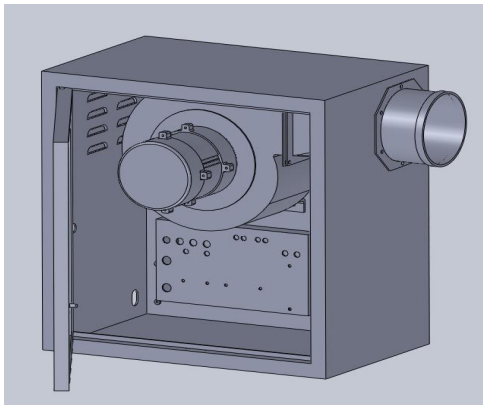
또한 현재 생산하고 있는 초미립자 살포기의 크기를 줄이기 위하여 ANSYS를 활용해 해석된 결과를 활용해 새롭게 설계하므로써 초미립자 살포기의 구조를 개선하였다.

2. 초미립자 살포기의 모델링

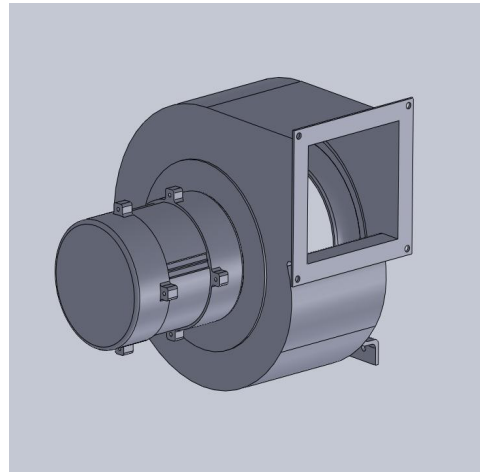
초미립자 살포기를 SolidWorks를 사용하여 모델링 하였다.

모델링은 먼저 전체의 형상을 볼 수 있도록 모든 파트를 모델링하였으며, 여기서 원활한 해석을 위하여 간략화 시키고, 불필요한 부분은 제거하였다.

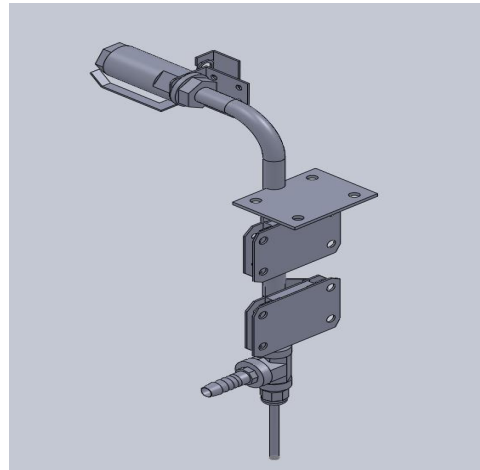
그림 1은 초미립자 살포기의 전체형상을 모델링한 결과이고 그림 2는 케이스에 결합되는 송풍기의 모델링, 그림 3은 분무액을 이송하는 노즐의 모델링이다. 그림 4는 초미립자 살포기의 전체적인 사진이다.



[그림 1] 초미립자 살포기의 전체형상



[그림 2] 송풍기의 형상



[그림 3] 노즐의 형상



[그림 4] 조립된 초미립자 살포기

3. 초미립자 살포기의 해석

3.1 재료 물성치

본 해석에 사용된 초미립자 살포기의 재질은 Structural Steel로서 물성치는 표 1과 같다.[7]

[표 1] 구조용 강의 물성치

Structural	
Young's Modulus	2.e+011 Pa
Poisson's Ratio	0.3
Density	7850. kg/m ³
Thermal Expansion	1.2e-005 1/°C
Tensile Yield Strength	2.5e+008 Pa
Compressive Yield Strength	2.5e+008 Pa
Tensile Ultimate Strength	4.6e+008 Pa
Compressive Ultimate Strength	0. Pa
Thermal	
Thermal Conductivity	60.5 W/m·°C
Specific Heat	434. J/kg·°C
Electromagnetics	
Relative Permeability	10000
Resistivity	1.7e-007 Ohm·m

3.2 메쉬(mesh)의 형성

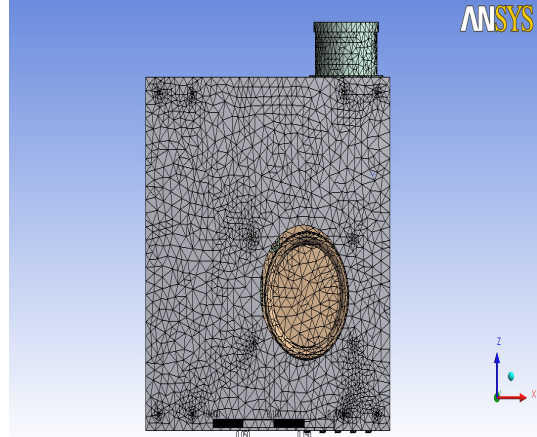
표 2는 해석 모델인 초미립자 살포기의 메쉬(mesh)에 대한 세부사항이다.

[표 2] 사용된 메쉬

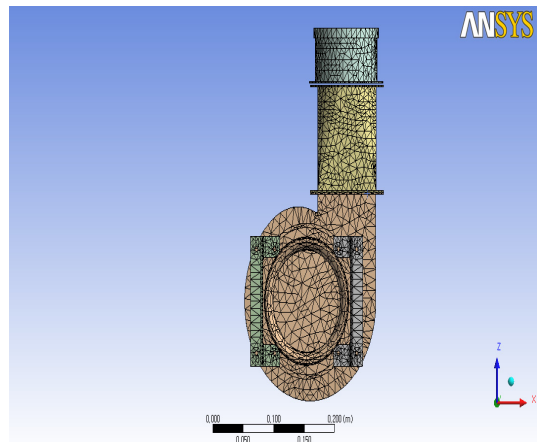
Object Name	Mesh
State	Solved
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
Advanced	
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Shape Checking	Standard Mechanical
Solid Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Low
Transition	Fast
Statistics	
Nodes	135962
Elements	66380

그림 5는 초미립자 살포기의 메쉬 형상을 나타내고 있으며 135,962개의 절점과 66,380개의 요소로 구성되어 있다. 그림 6은 송풍기의 메쉬 형상을 나타내고 있다.

케이스와 송풍기가 나사를 이용하여 결합하고 있으므로 케이스와 송풍기의 나사구멍부분은 세밀하게 메쉬를 분할하였다.



[그림 5] 초미립자 살포기의 메쉬 형상



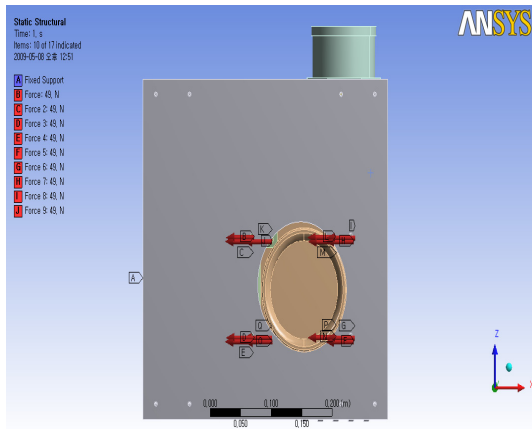
[그림 6] 송풍기의 메쉬 형상

3.3 하중조건

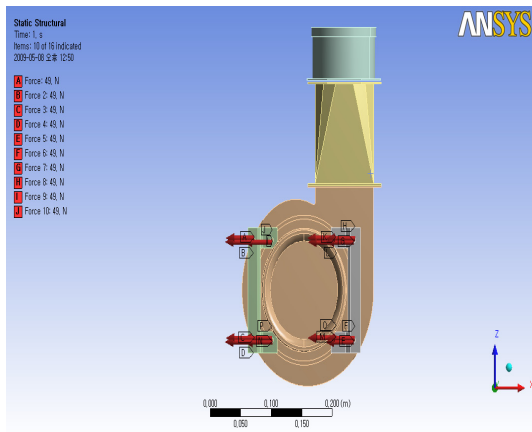
케이스와 송풍기가 나사를 이용하여 결합하고 있으므로 나사구멍에 Force를 주었다.

송풍기의 무게가 5kg이므로 48N의 하중을 주었으며 케이스의 밑면은 고정하였다.

그림 7과 8은 각각 케이스와 송풍기의 하중조건을 나타낸다.



[그림 7] 케이스의 하중조건



[그림 8] 송풍기의 하중조건

3.4 초미립자 살포기의 해석 결과

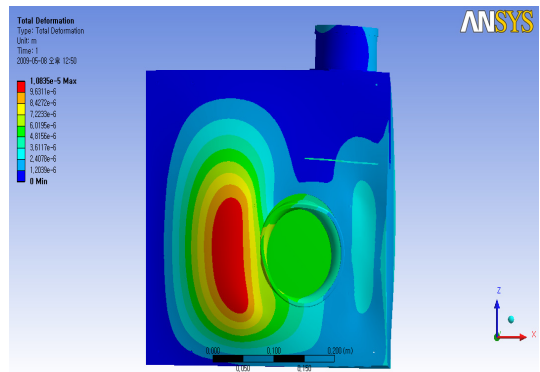
초미립자 살포기의 해석결과 전체 변형량, 변형률, 응력값은 표 3과 같다.

[표 3] 해석결과

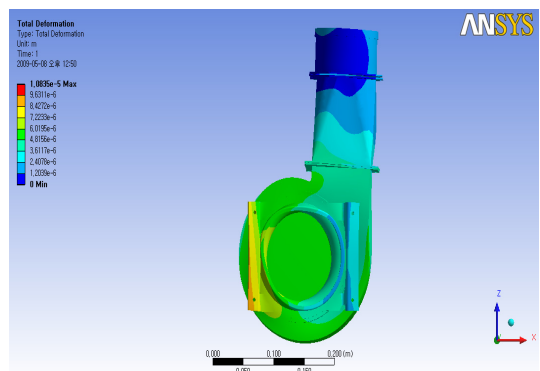
Object Name	Total Deformation	Equivalent Elastic Strain	Equivalent Stress
State	Solved		
Scope			
Geometry	All Bodies		
Definition			
Type	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Elastic Strain	Equivalent (von-Mises) Stress
Display Time	End Time		
Results			

Minimum	0 m	7.3693e-021 m/m	1.4739e-009 Pa
Maximum	1.0835e-005 m	3.2511e-005 m/m	6.5022e+006 Pa
Minimum Occurs On	Part 7		
Maximum Occurs On	Part 7	Part 3	
Information			
Time	1. s		
Load Step	1		
Substep	1		
Iteration Number	1		

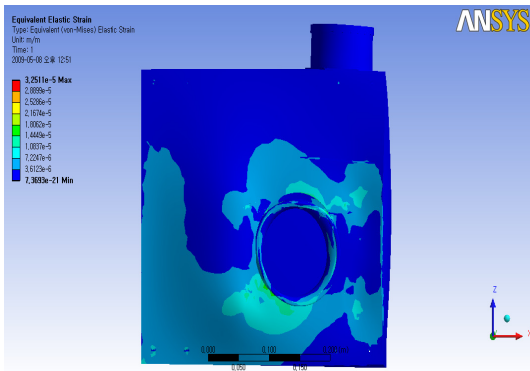
그림 9와 그림 10은 전체변형량을 나타낸 모습이고, 그림 11과 그림 12는 변형률, 그림 13과 그림 14는 응력의 결과이다.



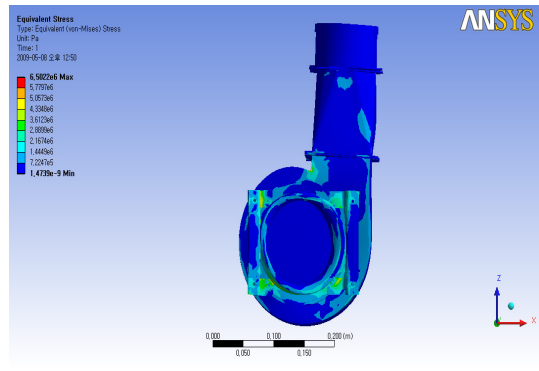
[그림 9] 케이스의 전체 변형량



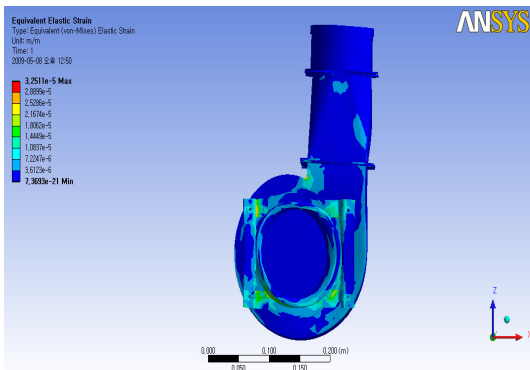
[그림 10] 송풍기의 전체 변형량



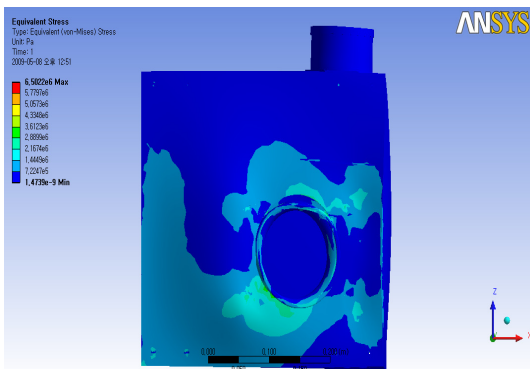
[그림 11] 케이스의 변형률



[그림 14] 송풍기의 응력



[그림 12] 송풍기의 변형률



[그림 13] 케이스의 응력

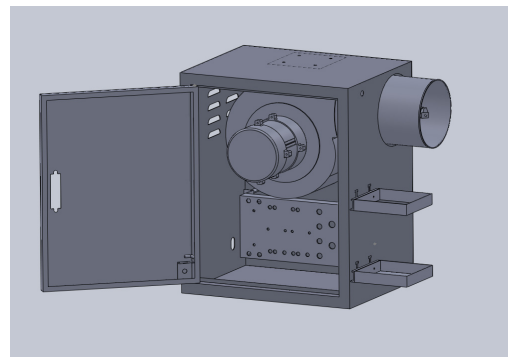
4. 수정설계

3차원 유한요소해석 코드인 ANSYS를 이용하여 해석한 결과를 바탕으로 수정설계를 하였다.

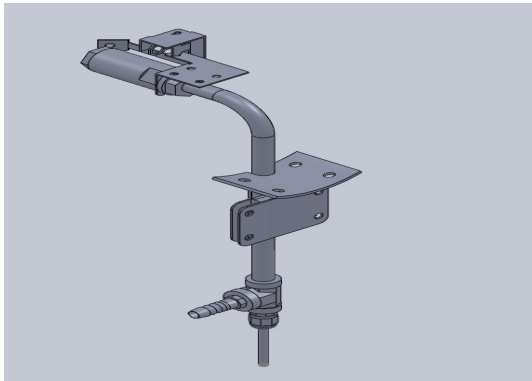
그림 15는 수정된 초미립자 살포기의 전체 형상이고 그림 16은 수정된 노즐의 형상이다.

4.1 기존모델과 수정모델의 차이점

- (1) 케이스의 크기가 줄어들었다. 이에 따라 door의 크기도 줄어들었다.
- (2) 노즐 분사구에서 분사되는 용액이 Cleaner를 닫았을 경우 밖으로 새지 않도록 Cleaner의 구조를 최적화 시켰다.
- (3) 케이스의 옆에 달리던 송풍기의 위치를 변경하므로써 케이스와 송풍기를 이어주는 Blower bracket이 새로 설계되었다.
- (4) 케이스에 부착되던 제어패널(control panel)을 Door 쪽으로 가깝게 설계함으로써 조작이 용이하게 되었다.



[그림 15] 수정된 초미립자 살포기



[그림 16] 수정된 노즐의 형상

5. 결론

초미립자 살포기의 기존 모델에서는 케이스에 부착되는 송풍기의 무게때문에 케이스가 변형되는 문제점을 해결하기 위하여 3차원 유한요소해석 코드인 ANSYS를 활용하여 해석을 실시하였다. 해석결과를 초미립자 살포기의 구조를 개선하기 위한 기초설계 자료로 활용하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 초미립자 살포기의 해석결과 응력, 전체 변형량, 변형률의 최대값은 각각 $6.5022e+006$ Pa, $1.0835e-005$ m, $3.2511e-005$, 최소값은 각각 $1.4739e-009$ Pa, 0 m, $7.3693e-021$ 이다.
- (2) 해석시 송풍기의 무게로 인하여 케이스의 옆면이 휘는 결과를 얻었고, 이때 전체 변형량은 송풍기가 달리는 케이스 옆면 아래에 집중되었다.
- (3) 응력과 변형률은 송풍기와 케이스 옆면이 부착되는 나사구멍부분에 집중되었다.
- (4) 기존모델의 문제점을 해결한 수정설계 데이터를 제시하여 구조를 개선하였다.

참고문헌

- [1] Solidworks User's Manual Revision 3.0, SolidWorks Co., 2006
- [2] ANSYS User's Manual Ver.11.0, ANSYS Inc., 2008.
- [3] 태성에스엔이 FEA사업부, "ANSYS Work brnch", 시그마프레스, 2007.
- [4] William Weaver, Jr. and R. Johnston, "Finite Elements for Structural Analysis". PRENTICE HALL, INC. 1993.

- [5] 이종선, "트레드밀 롤러의 구조/진동해석", 한국공작기계학회논문집, Vol.14, No.2, pp. 62-68, 2005.
- [6] 이종선, "노르딕 기구의 진동해석", 한국산학기술학회 논문지, Vol.7, No.5, pp.766-770, 2006.
- [7] James shakelford and William Alexander, "Material Science and Engineering Hand Book", CRC Press, 1994.

이 종 선(Jong-Sum Lee)

[종신회원]



- 1982년 2월 : 국민대학교 기계설계학과 (공학사)
- 1984년 2월 : 국민대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1996년 2월 : 국민대학교 기계설계학과(공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 대전대학교 컴퓨터응용기계설계공학과 교수

<관심분야>
최적설계, 생산공학