

아이스 콘 금형의 유동해석

이종선* · 원종진** · 홍석주*** · 윤희중****

Flow Analysis of Ice Cone Die

Jong Sun Lee*, Chong Jin Won**, Suck Ju Hong*** and Hee Joung Youn****

요약 본 논문에서는 아이스크림용 아이스 콘에서 콘 부분을 만들기 위한 금형의 제작시 필요한 구조적 안정성을 평가할 수 있는 유동해석을 수행하였다. 유동해석을 수행하기 위하여 상용 유한요소해석 코드인 ANSYS를 활용하였으며 내압 조건, 경계조건, 구속조건 등을 고려하여 아이스 콘 금형 내부의 유동 흐름을 압력조건의 변화에 따라 구하였다.

Abstract This study is object to flow analysis of ice cone die. The finite element model was developed to compute the flow, velocity and pressure for ice cone die. For flow analysis using result from FEM Code. This flow analysis results, many variables such as internal pressure, boundary condition, constraint condition and velocity condition are considered.

Key Words : Flow analysis, Ice cone, Die, Velocity, Pressure

1. 서론

우리가 지금까지 일상생활에서 흔하게 접해왔던 아이스크림용 아이스 콘의 형상은 둥근 원판의 형상을 원뿔형태로 말아서 사용하였다. 그로 인해서 생산 공정이 복잡해지고 불필요한 재료의 낭비로 인해서 생산 시간과 재료비의 많은 부분이 허비된다. 그 반대의 예로 패스트푸드점에서 사용되는 아이스 콘의 형태는 금형을 이용, 통합된 생산라인을 통해서 대량생산 할 수 있다. 이런 생산라인에서 주의할 부분은 금형에 의해서 만들어지는 아이스 콘의 최적 입자크기, 재료에 가해지는 최적 압력, 금형의 형태에 따라서 재료의 유동이 결정되어 질 수 있다. 본 논문에서는 아이스 콘을 생산하기 위한 금형 제작에 필요한 구조적 안정성을 평가할 수 있는 유동해석을 수행하였다. 유동해석을 수행하기 위해서 상용 유한요소해석 코드인 ANSYS를 활용하여 내압조건, 경계조건, 구속조건 등을 고려하여 아이스 콘의 유동 흐름을 압력조건의 변화에 따라 구하였다. 이를 토대로 아이스 콘을 생산하는 최적조건의 금형을 개발하기 위한 기초 설계자료로 활용하고자 한다.

2. 아이스 콘의 설계 및 해석

2.1. 아이스 콘의 모델링

아이스 콘의 유동해석시 Figure 2와 같은 모델을 사용하였으며 해석시간의 단축과 유동해석의 특성상 축대칭 모델과 직접 흐름이 이루어지는 부분을 MDT에서 설계한 후에 인터페이스(interface)하여 ANSYS에서 모델링하였다. 해석모델의 모델링은 상용 유한요소해석 코드인 ANSYS에서 FLOTRAN CFD의 Element Types인 FLUID141을 지정하였다. Figure 3에서는 면과 선을 30,099개의 요소와 28,855개의 절점으로 만든 아이스 콘의 구



Figure 1. Shape of traditional ice cone.

*대전대학교 기계설계공학과
**국민대학교 기계·자동차공학부
***조선대학교 기계공학과
****인천기공대학 자동화시스템과
Tel: 031-539-1975

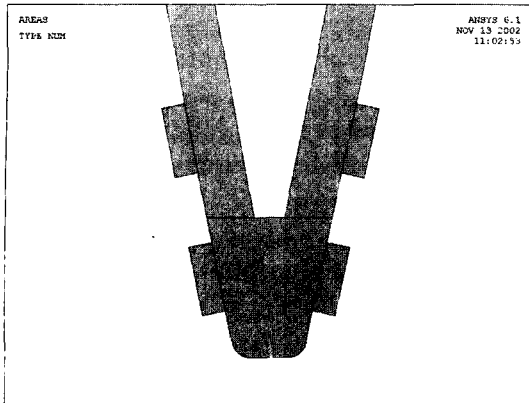


Figure 2. Model for ice cone.

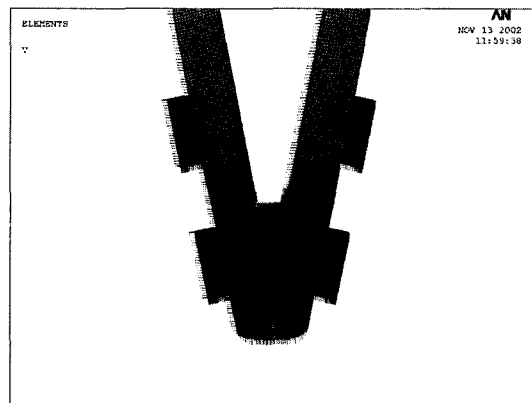


Figure 4. Boundary condition and velocity condition of ice cone.

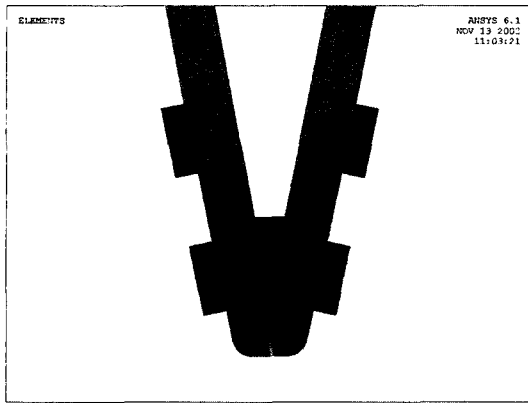


Figure 3. Element for ice cone.

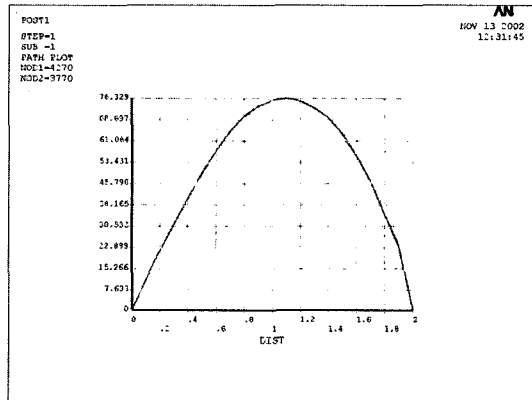


Figure 5. Path plot of the outlet velocity.

Table 1. Material properties for ice cone

Material	Viscosity (cP)	Density (g/cm ³)
Powder	2,060	1.151

조를 나타내고 있다.

2.2. 재료의 물성치

해석에 사용된 아이스 콘의 재료는 밀가루와 물이 혼합된 재료이며, 원심분리 등을 이용하여 점도와 밀도 등의 물성치를 구하였다. 고려된 물성치는 Table 1과 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 아이스 콘의 유동해석

본 논문에서는 아이스 콘 재료의 금형 내에서의 유동 흐름과 압력분포를 구하고자 유동해석을 실시하였다.

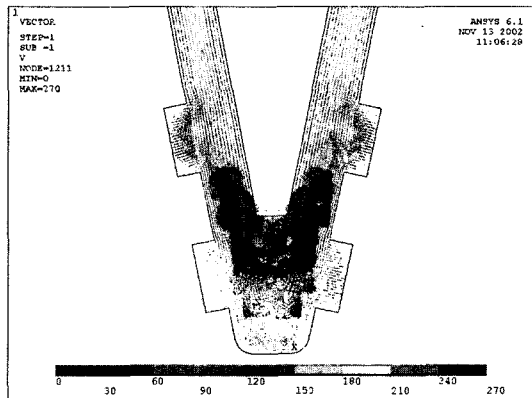


Figure 6. Velocity vectors of ice cone(100bar)

유동해석은 흐름이 직접 이루어지는 부분을 모델링하여 압력조건, 속도조건, 구속조건 등을 적용하여 유동흐름과 압력분포 등을 구하게 된다. 압력조건과 속도조건은 입구와 출구에 각각 주어지게 되며, 구속조건은 입구와

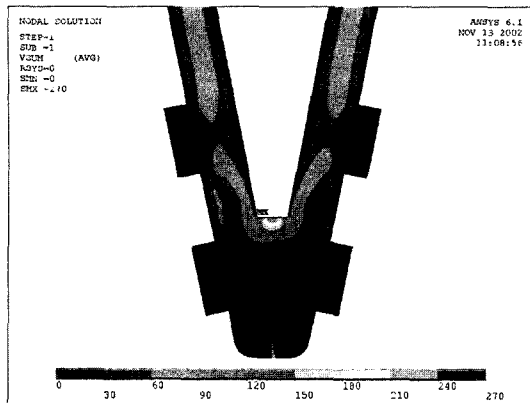


Figure 7. Velocity contour of ice cone (100 bar).

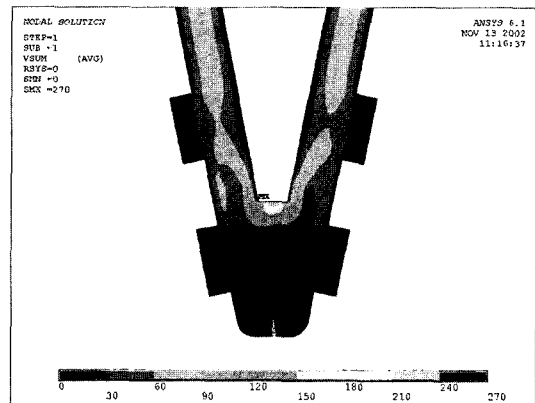


Figure 10. Velocity contour of ice cone (150 bar).

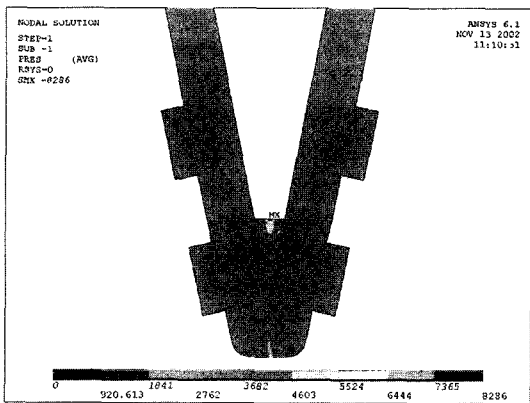


Figure 8. Pressure contour of ice cone (100 bar).

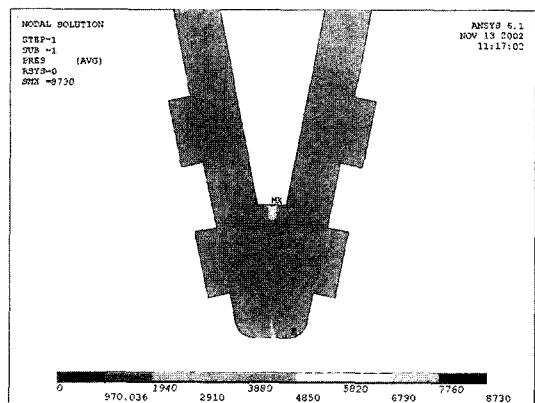


Figure 11. Pressure contour of ice cone (150 bar).

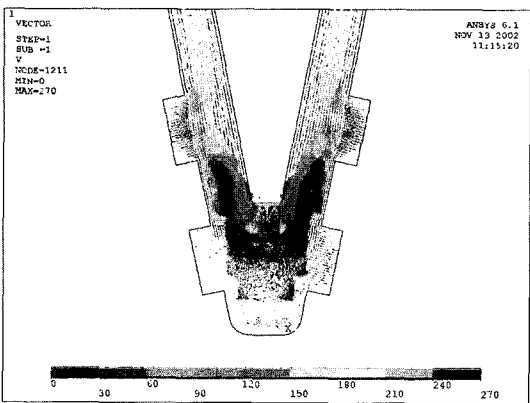


Figure 9. Velocity vectors of ice cone (150 bar).

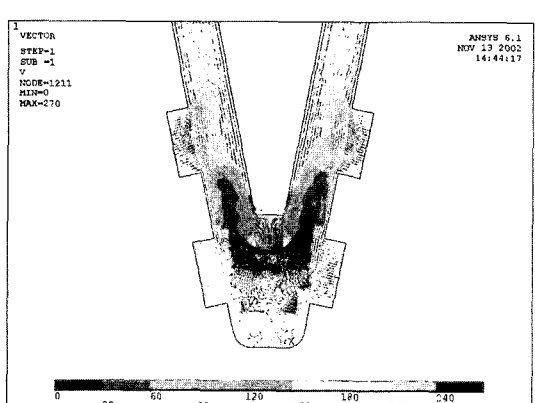


Figure 12. Velocity vectors of ice cone (200 bar).

출구부분을 제외한 모든 부분에 적용된다. Figure 4는 아이스 콘의 입구 및 출구의 압력조건과 속도조건, 그리고 구속조건을 표시한 것이다. 또한 해석 옵션으로서 난류모델을 적용하였다. 난류모델을 적용하여 해석한 경우, 해석의 타당성을 검증하기 위해 출구에서의 path

plot를 확인하였고, 이에 따라 압력을 각각 100, 150, 200bar로 하여 해석을 수행하였다. Figure 5는 출구에서의 path plot를 나타내었으며 Figure 6~Figure 8은 100bar에서의 속도벡터의 흐름과 속도분포, 압력분포를 나타내었다. Figure 9~Figure 11은 150bar, Figure

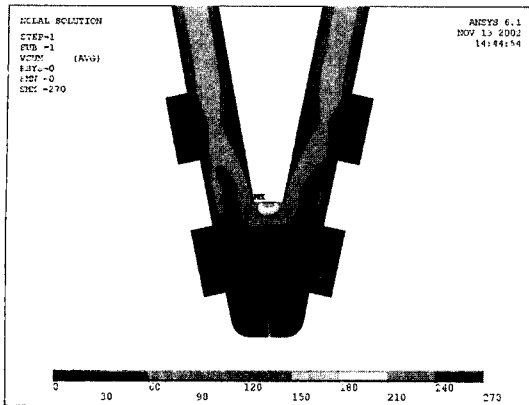


Figure 13. Velocity contour of ice cone (200 bar).

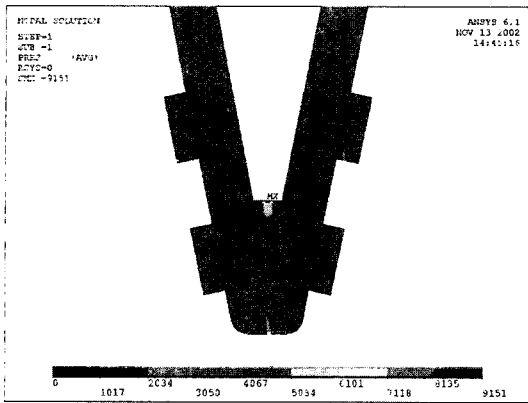


Figure 14. Pressure contour of ice cone (200 bar).

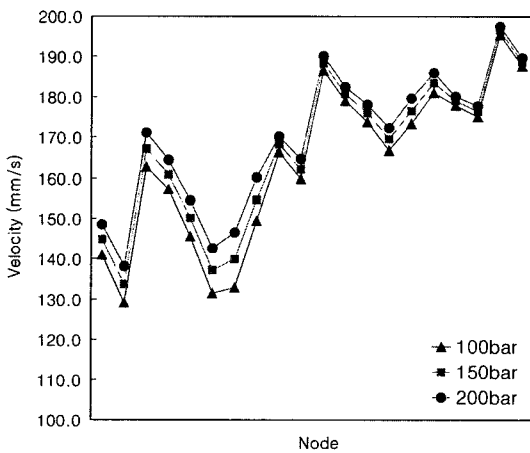


Figure 15. Distribution curve of velocity.

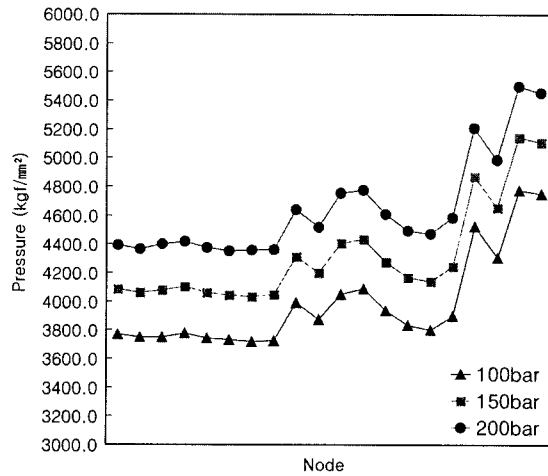


Figure 16. Distribution curve of pressure.

Table 2. Flow analysis results for ice cone (100bar)

Node	Velocity (mm/s)	Direction vector		Pressure (kg/mm ²)
		X (mm)	Y (mm)	
15041	141.0	0.55061	-0.83476	3770.0
15042	129.1	0.65205	-0.75817	3750.0
15043	162.8	0.39808	-0.91735	3748.5
15044	157.3	0.43058	-0.90255	3775.9
15045	145.6	0.51287	-0.85847	3743.7
15046	131.5	0.61182	-0.79099	3730.9
15047	132.9	0.56867	-0.82257	3717.4
15048	149.4	0.47351	-0.88079	3724.7
15049	166.3	0.32205	-0.94672	3980.3
15050	159.8	0.38791	-0.92170	3873.0
15051	186.5	0.22770	-0.97373	4049.3
15052	179.0	0.24449	-0.96965	4089.1
15053	173.8	0.29855	-0.95439	3937.1
15054	166.8	0.35936	-0.93320	3837.1
15055	173.3	0.33318	-0.94286	3802.7
15056	181.0	0.27714	-0.96083	3897.7
15057	177.9	0.15896	-0.98728	4525.5
15058	175.1	0.20921	-0.97787	4309.2
15059	195.4	0.09674	-0.99531	4774.7
15060	187.7	0.10355	-0.99462	4752.0

12-Figure 14는 200bar에서의 속도벡터의 흐름과 속도 분포, 압력분포를 각각 나타내었다. 아이스 콘 급형의 유동해석에서 입구의 속도조건은 일정하고 압력조건

변화를 주었을 경우, 전체적인 속도분포와 압력분포는 그 값이 증가함을 알 수 있다. 유동의 흐름이 크게 변하

Table 3. Flow analysis results for ice cone (150bar)

Node	Velocity (mm/s)	Direction vector		Pressure (kgf/mm ²)
		X (mm)	Y (mm)	
15041	144.9	0.54952	-0.83548	4085.6
15042	133.7	0.64941	-0.76044	4060.8
15043	167.1	0.39926	-0.91684	4078.3
15044	160.9	0.43088	-0.90241	4101.2
15045	150.1	0.51268	-0.85858	4062.7
15046	137.2	0.61030	-0.79217	4044.5
15047	139.9	0.56921	-0.82219	4034.2
15048	154.9	0.47482	-0.88009	4047.4
15049	168.3	0.32227	-0.94665	4314.5
15050	162.2	0.38797	-0.92167	4200.5
15051	188.4	0.22824	-0.97361	4406.6
15052	180.7	0.24491	-0.96955	4437.2
15053	176.0	0.29900	-0.95425	4277.9
15054	169.6	0.35980	-0.93303	4170.0
15055	176.5	0.33410	-0.94254	4141.2
15056	183.5	0.27784	-0.96063	4245.8
15057	179.0	0.15924	-0.98724	4872.2
15058	176.4	0.20950	-0.97781	4653.5
15059	196.5	0.09702	-0.99528	5142.0
15060	188.7	0.10382	-0.99460	5108.5

Table 4. Flow analysis results for ice cone (200bar)

Node	Velocity (mm/s)	Direction vector		Pressure (kgf/mm ²)
		X (mm)	Y (mm)	
15041	148.5	0.54835	-0.83625	4394.7
15042	138.2	0.64680	-0.76266	4365.3
15043	171.1	0.40001	-0.91651	4401.5
15044	164.4	0.43097	-0.90237	4419.8
15045	154.5	0.51222	-0.85886	4375.2
15046	142.6	0.60854	-0.79352	4352.0
15047	146.5	0.56898	-0.82235	4358.4
15048	160.2	0.47547	-0.87973	4363.8
15049	170.1	0.32242	-0.94660	4640.9
15050	164.6	0.38795	-0.92168	4520.8
15051	190.2	0.22865	-0.97351	4755.5
15052	182.4	0.24524	-0.96946	4777.0
15053	178.1	0.29934	-0.95415	4610.9
15054	172.2	0.36009	-0.93292	4495.8
15055	179.6	0.33474	-0.94231	4472.9
15056	185.9	0.27837	-0.96047	4586.5
15057	180.1	0.15948	-0.98720	5209.9
15058	177.7	0.20974	-0.97776	4989.0
15059	197.5	0.09725	-0.99526	5499.3
15060	189.7	0.10406	-0.99457	5455.5

는 부분의 절점과 요소를 선택하여 그 부분의 속도변화와 압력변화에 대한 값을 Figure 15~Figure 16과 Table 2~Table 4에 각각 나타내었다.

4. 결 론

아이스 콘에 대하여 유한요소해석 방법을 이용하여 유동해석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 해석대상에 대하여 유동해석을 수행하여 금형내부의 속도와 압력의 분포를 구하였다.
- (2) 해석결과 압력조건이 유동흐름에 중요한 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.
- (3) 향후 유동해석의 결과를 아이스 콘 금형의 최적 형상을 결정하는 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] ANSYS User's Manual Revision 5.3, Swanson Analysis System, Inc., 1996.
- [2] T. R. Chandrupatla and A. D. Belegundu, Introduction to Finite Elements in Engineering, PRENTICE HALL, INC., 1991.
- [3] William Weaver, Jr. and R. Johnston, Finite Elements for Structural Analysis, PRENTICE HALL, INC., 1993.
- [4] James Shackelford and William Alexander, Material Science & Engineering Hand Book, CRC Press, 1994.
- [5] Joseph A. Schetz and Allen E. Fuhs, "Handbook of fluid dynamics and fluid machinery", John Wiley & Sons, Inc., 1996.
- [6] Astarita G. and Marrucci G, "Principles of Non-Newtonian Fluid Mechanics", McGraw-Hill, New York, 1974.