

가정용 냉장고의 얼음 완전 취출 메커니즘의 설계

우민수¹, 정용호^{1,2*}

¹부산대학교 기계공학부, ²정밀정형및금형가공연구소

Design of Ice Dispenser Mechanism of Household Refrigerator for Full Discharging

Minsu Woo¹, Yoongho Jung^{1,2*}

¹School of Mechanical Engineering, Pusan National University

²ERC/NSDM

요약 얼음을 제공하는 기능이 구비된 냉장고는 대부분 냉장고 내부의 얼음 저장소에 미리 얼음을 채워 두고 사용자가 필요할 때 많은 양의 얼음을 취출할 수 있도록 하고 있다. 그러나 냉장고의 얼음 저장소에 얼음이 채워진 상태로 냉장고가 장기간 사용되지 않거나 정상적인 동작 중에도 시간이 경과하면 얼음이 서로 엉기는 현상이 발생한다. 이렇게 엉긴 얼음 덩어리를 분리시키는 메커니즘이 구비되어 있으나 얼음 엉김 현상이 심할 경우 얼음이 완전히 취출되지 못하는 문제가 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 얼음이 엉기는 과정과 얼음의 분리력에 관한 기존의 연구를 조사하였고, 인위적으로 얼음을 엉기게 하여 다양한 조건에서 얼음의 취출 정도를 실험하였다. 이 과정에서 얼음의 취출을 방해하는 기존 얼음 저장소 형상의 문제점에 착안하여 이를 개선하기 위한 형상과, 완전 취출을 위해 얼음 분쇄 메커니즘의 작동 반경을 넓히는 새로운 메커니즘을 제안하였다. 제안된 메커니즘의 시제품을 제작하고 실제 냉장고에 적용하여 얼음이 완전 취출됨을 검증하였다. 그 결과 기존 얼음 저장소의 형상과 분쇄 메커니즘에서 얼음 취출률이 65%정도이었으나, 제안된 형상과 메커니즘에서는 완전히 추출되었다.

Abstract A refrigerator equipped with an ice dispenser has ice cubes in its ice bucket to discharge the required amount of ice. On the other hand, the ice cubes in the bucket may clump together if the refrigerator is filled with ice and is not used for a long time or during normal operation. Although a mechanism for separating the ice mass is provided, the ice mass cannot be removed completely if the ice blocking is severe. To solve this problem, after investigating the existing research on the process of ice entanglement and the separation force, this study tested ice extraction under a range of conditions of artificially entangled ices. In this process, new mechanisms are proposed to resolve the problem of existing ice storage features that prevent the extraction of ice and to expand the working radius of the icebreaking mechanism for full extraction. The prototype of the proposed mechanism was also fabricated in an actual refrigerator. As a result, the proposed shape and mechanism could extract the ice cubes in the bucket completely, while the existing ice dispenser could extract only 65%.

Keywords : Refrigerator, Dispenser, Ice Blocks, Discharging, Gear

본 연구는 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

*Corresponding Author : Yoongho Jung(Pusan National Univ.)

email: yhj@pusan.ac.kr

Received January 13, 2020

Revised February 14, 2020

Accepted March 6, 2020

Published March 31, 2020

1. 서론

냉장고는 냉장, 냉동 기능을 통하여 음식물의 변질을 막아 장기간 보관이 가능하게 하는 전자제품이다. 최근에는 이러한 기본적인 기능 외에 사용자 편의성을 위해 얼음을 제공하는 기능도 구비한다[1]. 얼음은 순간적으로 생성할 수 없기 때문에, 대부분의 냉장고는 얼음을 미리 생성하고 저장소에 저장해 두고 필요한 양의 얼음을 제공할 수 있도록 하고 있다.

그런데 만들어진 얼음을 저장해두는 얼음 저장소 내에서 장기간 보관되어 있거나, 냉장고가 정상적인 사용 중에도 도어의 개폐 등으로 냉장고 내의 온도 변화가 많은 경우 얼음의 표면이 녹았다가 다시 얼기를 반복하여 얼음들이 엉기는 현상이 발생한다. 이렇게 덩어리진 얼음은 원활히 추출되지 못하여 소비자의 불만을 야기하는 원인이 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해 국내외 냉장고 회사에서는 얼음 저장소 내에 엉긴 얼음 덩어리를 분리시키는 장치[2-3]를 구비하기 시작하였다. 또한 그 성능을 개선하기 위해 분리 장치의 작동 반경을 늘이거나[4] 분리 장치를 추가하는 방법[5] 외에도 원통형 방식의 얼음 교반 장치[6-7], 경사진 얼음 저장소[8], 회전운동이 아닌 상하운동으로 얼음 덩어리를 분리시키는 장치[9] 등을 시도하였으나 엉긴 얼음 덩어리가 완전히 추출되지 못하는 경우가 있다.

본 연구에서는 얼음 덩어리를 분리시키기 위한 갈고리 형상의 부품이 구비된 기존의 메커니즘[4, 10]에 대해 얼음이 완전히 추출되지 못하는 원인을 분석하고 이를 개선하기 위한 실용적인 구조를 개발하고자 한다.

2. 얼음의 엉김 및 분리

2.1 얼음의 엉김

고리 모양의 얼음 분리 장치를 사용하는 냉장고는 대부분 Fig. 1과 같이 얼음 저장소 위쪽에서 얼음이 만들어지고 생성된 얼음이 저장소 내부로 떨어지는 구조로 이루어져 있다. 그런데 사용자가 냉장고 문을 열고 닫는 동작과 에너지 절감을 위한 간헐적 냉동 등 여러 가지 이유로 냉장고 내부 온도가 일정하게 유지되지 않고 변동하게 된다. 이러한 온도의 변화는 얼음 저장소 내의 얼음 표면이 녹고 다시 어는 과정이 반복하게 되어 얼음끼리 서로 엉겨 붙는 현상을 야기한다. 특히 사용자가 장기간

냉장고를 사용하지 않는 경우 이러한 엉김은 더욱 심해지게 된다.

얼음 엉김 현상은 온도 변화와 같은 특정 조건에 의해서 서로 접촉한 얼음 입자들이 서로 달라붙는 현상을 말한다. 얼음의 엉김은 크게 얼음의 복빙(되얼음)과 재결정 현상으로 설명될 수 있다. 얼음의 복빙 현상은 얼음에 압력이 가해져서 얼음 표면이 녹았다가 압력이 제거되면 다시 얼음 표면이 어는 현상으로 1860년에 Faraday의 실험에 의해 최초로 밝혀졌다[11]. 한편, 얼음의 재결정 현상은 얼음 보다 높은 온도에서 얼음 표면이 녹으면서 Liquid-like layer의 형성과 저온에서 다시 얼게 되는 현상으로 1967년 Jelinek에 의해 밝혀졌다[12]. 그 외에도 Fukazawa 등은 얼음 표면에서 분자 간 결합이 약한 특성을 시뮬레이션을 통해 시각화하여 얼음 표면이 쉽게 녹는다고 설명하였고[13], Kingery는 얼음의 엉김 현상을 ‘neck’이라고 명명하고 온도 변화와 얼음 입자의 크기에 따른 neck의 성장 메커니즘을 설명하였다[14-15]. 본 연구에서 해결하고자 하는 얼음 저장소 내의 얼음 엉김 현상은 재결정 현상에 의한 것이다.



Fig. 1. Ice dispenser of refrigerator

2.2 얼음의 분리

얼음 분리 장치는 얼음 저장소내의 엉긴 얼음 덩어리를 분리시키는 것이 목적이다. 엉긴 얼음 덩어리를 분리시키기 위해서는 얼음의 응집력(부착력)을 계산해야 하는데, L. E. Raraty 등[16]은 원추 구조물에서 얼음의 빙부착력을 계산하는 실험식을 제안하였으나 본 연구의 대상인 갈고리 모양의 분리 장치에 적용하기에는 적절하지 않다. J. Y. Park[17]은 본 연구의 경우와 유사한 환경인 보관 상태에 따른 얼음 엉김에 관한 연구를 수행하였는데, Fig. 2와 같이 수조에 다섯 층의 얼음을 쌓아 두고 공기의 온도 변화 및 풍량에 따른 얼음의 응집력을 측정하였다. 응집력 즉, 분리력은 Fig. 3과 같이 엉긴 얼음에 형

방향의 힘을 가하여 분리될 때의 최대 힘을 측정하였다. 실험 결과 공기의 유입과 풍량에 영향을 가장 많이 받는 다섯 번째 층(5F)에서 가장 강한 영김이 나타났고, 이때의 분리력은 최소 0.7N에서 최대 6.2N이었다.

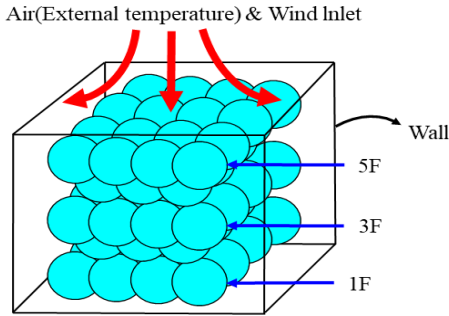


Fig. 2. Stacked ice in 5 layers (J. Y. Park[17])

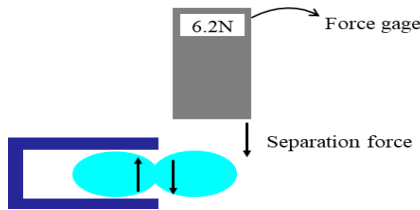


Fig. 3. Separation force of two ice pieces (J. Y. Park[17])

한편, 본 연구의 대상인 냉장고 얼음 저장소 내에 영김 얼음 덩어리의 경우, 하나의 얼음 주위에 다수의 얼음들이 붙어 있어 두 개의 얼음을 분리하는 J. Y. Park[17]의 측정값보다 수배의 큰 분리력이 필요할 것으로 예상된다.

3. 취출 동작 후의 잔여 얼음

본 연구의 대상인 얼음 저장소는 Fig. 4와 같은 영김 얼음을 분리하는 장치를 장착하고 있다. 이러한 장치는 모터로부터 동력을 전달 받아 얼음을 분쇄하는 블레이드의 기어와, 맞물려 돌아가는 분리 기어에 부착된 갈고리 모양의 분리 장치(Ice breaker)로 이루어져 있다. 그런데 저장소 내의 얼음이 영겨 있는 경우에는 이러한 분리 장치를 작동 시켜도 Fig. 5의 점선으로 표시된 바와 같이 양쪽의 얼음 덩어리는 분리되지 않아 얼음이 완전히 취출되지 않는 경우가 있다.

양쪽의 얼음 덩어리가 취출되지 않는 이유는 첫째 분리 장치의 작동 반경이 작기 때문일 수 있고, 둘째 분리 장치를 구동하기 위한 기어들이 장착되어 있는 돌출된 구조(Fig. 5 참조)로 인해 얼음 덩어리가 분리 장치의 동작 범위 이내로 자유롭게 이동되지 않기 때문일 수 있다.

본 연구에서는 먼저 두 번째 이유를 검증하기 위해 기존 저장소와 분리 장치의 돌출 부분이 없는 저장소 두 가지 경우에 대해 비교 실험을 하였다. 비교 실험을 위해선 얼음이 영긴 상태를 조성해야 하는데, 본 연구에서는 얼음 저장소 내의 얼음들이 비교적 균일하게 영기도록 하기 위해 일정량의 물을 얼음에 골고루 뿌린 후 1시간 냉동하는 방법을 사용 하였다. 이때 얼음이 재결정되는 면적을 다르게 하여 다양한 영김 상태를 만들기 위해 Fig. 1의 얼음 저장소에 각각 50ml, 80ml, 120ml, 140ml의 물을 분사하고 냉동시킨 다음 얼음의 취출량을 측정하였다. 실험 결과, Table 1과 같이 네 번의 실험 모두 영김 얼음이 완전히 취출되지 않았다.

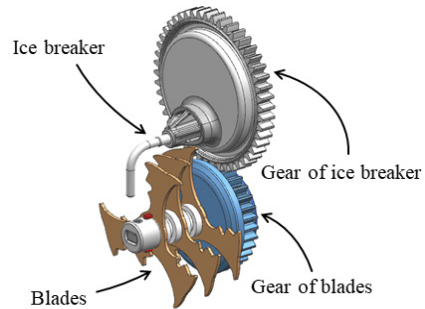


Fig. 4. Ice breaker and crushing blades

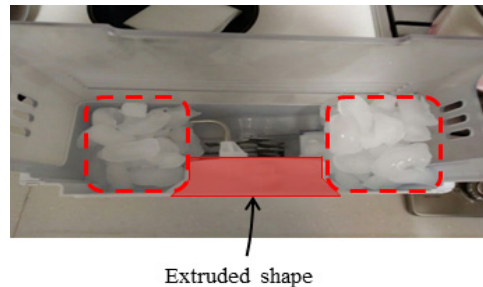


Fig. 5. Undischarged ice blocks

Table 1. Ice discharging of existing ice dispenser

| Sprayed water | Discharging rate (Number of ice pieces) |
|---------------|--|
| 50ml | 65% (≅ 115 / 175) |
| 80ml | 65% (≅ 115 / 175) |
| 120ml | 65% (≅ 115 / 175) |
| 140ml | 65% (≅ 115 / 175) |

다음으로 얼음 저장소 내의 돌출부 형상을 제거하기 위하여 Fig. 6과 같이 돌출부 주변에 노란색의 부품을 추가로 제작하여 체결 하였다. 그 다음, 기존의 얼음 저장소에 대한 실험과 동일한 조건으로 물을 분사하고 냉동시킨 다음 얼음 취출량을 측정하였다. 실험 결과, Table 2와 같이 네 번의 실험 모두 취출 동작 후 얼음의 완전 취출이 이루어졌다. 따라서 얼음 저장소의 돌출부가 영긴 얼음이 모두 취출되지 못하게 하는 직접적인 원인임을 파악할 수 있었다.

그러나 돌출부를 평평하게 만들기 위한 추가 부품을 체결한 경우, 추가 부품으로 인해 얼음 저장 공간이 약 23% (얼음 약 40개) 좁아지게 된다. 이는 소비자의 또 다른 불만을 야기할 수 있으므로, 돌출부를 제거함과 동시에 얼음 저장소의 저장 공간이 줄지 않는 설계가 요구된다.

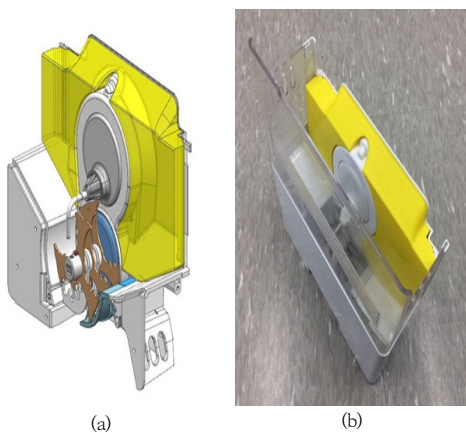


Fig. 6. Modified ice dispenser
(a) Model of modified ice dispenser
(b) Assembly of modified ice dispenser

Table 2. Ice discharging of modified ice dispenser

| Sprayed water | Discharging rate (Number of ice pieces) |
|---------------|--|
| 50ml | 100% (≅ 135 / 135) |
| 80ml | 100% (≅ 135 / 135) |
| 120ml | 100% (≅ 135 / 135) |
| 140ml | 100% (≅ 135 / 135) |

4. 얼음 분리 장치의 설계

4.1 분리 장치의 후퇴 메커니즘

본 연구에서는 기존 얼음 저장소의 분리 장치로 인한 돌출부를 제거하고 얼음 저장 공간을 줄이지 않기 위해, Fig. 7과 같이 분리 기어의 후면에 존재하는 미사용 공간을 활용하였다. 기존의 얼음 저장소의 경우 블레이드 기어와 분리 기어가 맞물려서 동력이 전달되지만, 돌출부의 분리 기어를 후퇴시킬 경우 블레이드 기어로부터 후퇴되는 분리 기어까지 동력을 전달 할 기어가 추가로 필요하다. 따라서 본 연구에서는 Fig. 8과 같은 동력 전달 기어를 설계하고 분리 기어를 최대한 후퇴시켜 돌출부의 높이를 절반 이하로 줄이는 메커니즘을 설계하였다[18].



Fig. 7. Unused space of ice dispenser

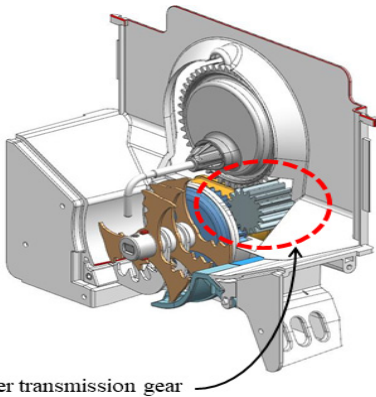


Fig. 8. Power transmission gear for ice breaker

설계된 메커니즘으로 얼음 저장소를 제작한 후, 앞 절에서와 같은 조건으로 얼음 취출 실험을 수행한 결과를 Table 3에 정리하였다. 실험 결과, 네 번의 실험 모두 얼음 취출률이 90%를 초과하여 기존의 얼음 저장소에 비해 얼음 취출률이 현저히 향상되었지만, Fig. 9의 점선으로 표시된 바와 같이 추가된 동력 전달 기어로 인한 돌출 부분 때문에 일부 얼음이 여전히 취출되지 못하는 문제가 있었다.

Table 3. Ice discharging of ice dispenser with retracted ice breaker

| Sprayed water | Discharging rate (Number of ice pieces) |
|---------------|--|
| 50ml | 94% (≅ 185 / 195) |
| 80ml | 94% (≅ 185 / 195) |
| 120ml | 94% (≅ 185 / 195) |
| 140ml | 94% (≅ 185 / 195) |



Fig. 9. Undischarged ice cubes

4.2 분리 반경 증대 메커니즘

앞의 소절에서 분리 기어를 후퇴시킨 메커니즘은 추가된 동력 전달 기어로 인해 얼음이 완전히 취출되지 못하였다. 이를 해결하기 위해 두 가지 방법을 고려할 수 있다. 첫째는 동력 전달 기어의 위치를 분리 반경 이내로 이동시키는 것이다. 이 경우 잔존하는 얼음 덩어리가 분리 장치의 작동 범위까지 자유롭게 이동할 수 있어 잔존 얼음 덩어리가 제거될 수 있다. 그런데 기존의 얼음 저장소의 모터와 기어 등의 간섭으로 인해 추가되는 동력 전달 기어의 위치를 변경하는 것이 불가하였다. 두 번째는 분리 장치의 작동 범위를 넓히는 방법이다. 본 연구에서는 얼음을 분쇄하는 블레이드와 간섭을 야기하지 않고 얼음 분리 동작의 작동 범위를 넓히기 위해 두 개의 분리 장치를 구비하도록 하였다. 이 때 분리 동작의 영역이 비슷해지도록 두 분리 장치의 위치를 Fig. 10과 같이 설계하였다. 이때의 동력 전달 기어는 분리 장치를 후퇴시키고 두 개의 분리 장치를 구동하기 위한 기어와 맞물린다. 또한, 회전력의 이득을 위해 Fig. 11과 같이 2단 기어로 설계하였다. Fig. 11에서 피치경이 큰 쪽이 블레이드 기어와 맞물리고 작은 쪽이 두 개의 분리 장치를 회전시키는 기어와 맞물려 회전한다.

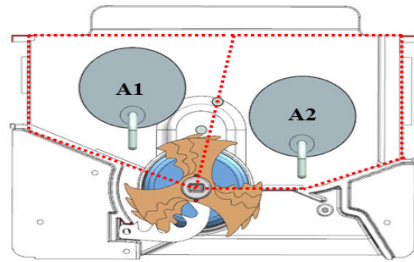


Fig. 10. Locations of the two ice breakers

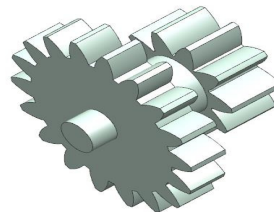


Fig. 11. 2-stage gear

두 개의 분리 장치로 얼음의 분리 동작의 범위를 넓히고 2단의 동력 전달 기어를 장착한 얼음 저장소 모델을 Fig. 12에 나타내었다[19]. 또한 모터로부터의 회전력이 분리 장치까지 전달되는 기어들의 배치를 Fig. 13에 나타내었고, 각 기어의 재원과 회전력을 Table 4에 나타내었다. 여기에 사용된 기어의 재질은 모두 엔지니어링 플라스틱인 POM K300[20]이다. 기존의 얼음 저장소에 사용된 것과 동일한 모터(약 200kgf·mm의 회전력)를 사용하였을 때 최종의 분리 기어 G5에는 약 250kgf·mm의 회전력이 전달되어 분리 고리의 끝단에 작용하는 힘은 약 46.1N을 가진다. 이는 기존 얼음 저장소의 분리력(37.3N)보다 큰 값을 가지며, 앞의 2장에서 기술한 얼음의 최대 분리력(6.2N)의 7배 이상으로서 하나의 얼음 주위에 다수의 얼음들이 영긴 경우에도 얼음을 분리하기에 충분할 것으로 사료된다.

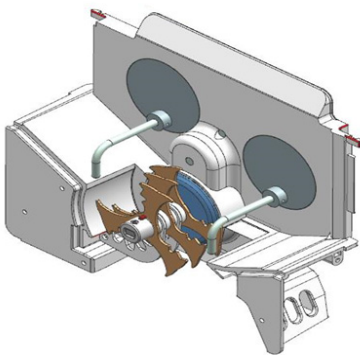


Fig. 12. Ice dispenser with two retracted ice breakers

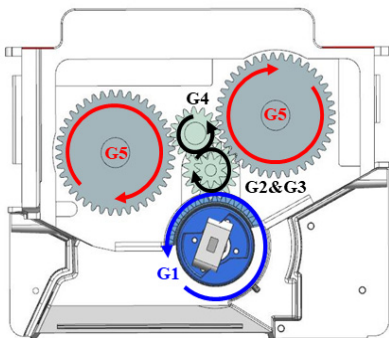


Fig. 13. Gear chain of the ice dispenser with two ice breakers

Table 4. Gear specification

| Gear | Torque | Radius of pitch circle |
|------|-------------|------------------------|
| G1 | 200kgf·mm | 32mm |
| G2 | 112.5kgf·mm | 18mm |
| G3 | 112.5kgf·mm | 9mm |
| G4 | 80kgf·mm | 16mm |
| G5 | 250kgf·mm | 40mm |

두 개의 분리 장치를 구비한 메커니즘의 얼음 취출 성능을 평가하기 위해 얼음 저장소를 제작한 후, 앞 절에서와 같은 조건으로 얼음 취출 실험을 수행한 결과를 Table 5에 정리하였다. 실험 결과, 네 번의 실험 모두 영긴 얼음이 완전히 취출되었다.

한편 지금까지 얼음의 취출량을 평가하는 실험에서, 얼음에 물을 분사하는 양을 달리하여 다양한 얼음 영긴 상태를 만들었다. 그러나 모든 취출 실험 결과에서 알 수 있듯이 얼음의 취출량은 분사하는 물의 양에 무관하였다. 이는 분리 장치의 분리력이 충분할 경우, 얼음의 취출량은 분리 메커니즘에 좌우됨을 알 수 있었다.

Table 5. Ice discharging of ice dispenser with retracted two ice breakers

| Sprayed water | Discharging rate (Number of ice pieces) |
|---------------|--|
| 50ml | 100% (≅ 195 / 195) |
| 80ml | 100% (≅ 195 / 195) |
| 120ml | 100% (≅ 195 / 195) |
| 140ml | 100% (≅ 195 / 195) |

5. 제작 및 평가

앞 장에서 제안한 두 개의 분리 장치가 후퇴된 메커니즘의 제작성을 검증하기 위해 모든 부품을 상용 CAD 소프트웨어를 사용하여 모델링 하였고 분리 장치의 작동 반경을 Fig. 14에 나타내었는데, 기존의 얼음 저장소가 분리하지 못했던 양쪽 공간까지 분리 반경 안으로 포함하여 잔여 얼음이 존재하지 않고 완전히 취출될 수 있도록 하였다.

6. 결론

본 연구에서는 기존의 얼음 저장소에서 얼음이 완전히 취출되지 못하는 문제를 해결하기 위해 그 원인을 분석하고 이를 개선한 실용적인 구조를 설계하고 제작하였다. 이를 위해 먼저 냉장고 내에서 얼음이 엉기는 현상을 분석하였고, 기존의 얼음 저장소에서 엉긴 얼음이 완전히 취출되지 못하는 근본적인 원인을 파악하였다. 그 다음, 이를 해결하기 위해 분리 장치를 후퇴시키고 2개의 분리 장치로 작동 범위를 증가시키는 메커니즘을 고안하여 설계하였고, 완성된 상세 설계를 바탕으로 실물을 제작하여 제작성과 기존 냉장고에 장착성까지 검증하였다.

본 연구에서 제안된 메커니즘은 기존의 얼음 저장소에서 엉긴 얼음이 완전히 취출되지 못하는 문제를 해결하였을 뿐만 아니라 분리 장치를 후퇴시킴으로써 기존 얼음 저장소의 얼음 저장량보다 약 10% 증대된 저장량을 가질 수 있었다.

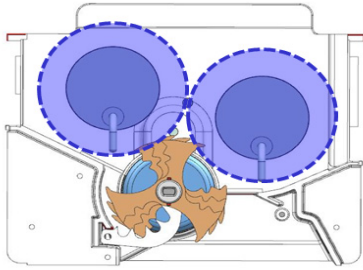


Fig. 14. Radius of ice breaking operation by retracted two ice breakers

그 다음, 설계한 모델을 근거로 모든 부품을 Fig. 15와 같이 3D 프린트와 기계가공으로 제작하였다. 기어는 POM K300으로 설계하였으나, 제작성을 위해 알루미늄으로 제작하였고, 분리 고리는 실제 제품의 재질과 동일한 재질인 SUS304를 사용하였다. 제작된 얼음 저장소는 Fig. 16과 같이 실제 냉장고에 간섭 없이 장착 가능하였다.

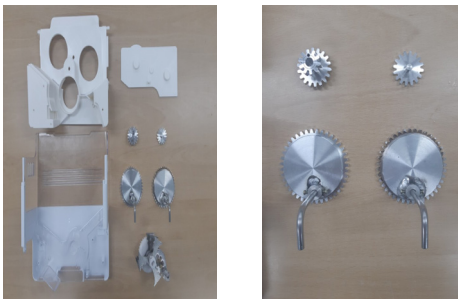


Fig. 15. Fabrication of parts



Fig. 16. The ice dispenser equipped into refrigerator

References

- [1] Y. C. Choi, "Ice Discharging of Refrigerator", Korea patent, KR-10-2003-0069283, 2003.
DOI : <https://doi.org/10.8080/1020030069283>
- [2] H. K. An, H. G. Bae "Ice Dispenser and Refrigerator Comprising the Same", United States patent, US 2006/0248911 A1, 2006.
- [3] W. G. Lee, "Ice Bin and Refrigerator Having the Ice Bin", Korea patent, KR-10-2016-0045094, 2016.
DOI : <https://doi.org/10.8080/1020160045094>
- [4] S. S. Kang, S. Y. Kang, "Refrigerator", Korea patent, KR-10-2015-0010395, 2015.
DOI : <https://doi.org/10.8080/1020150010395>
- [5] Y. H. Kim, C. W. Lee, "An Ice Bucket having an Ice Discharging Function and a Refrigerator having the Ice Bucket", Korea patent, KR-10-2011-0106133, 2011.
DOI : <https://doi.org/10.8080/1020110106133>
- [6] Robert B. Brooks, Louisville, Ky, "Ice Dispenser for a Household Refrigerator", United States patent, 4,627,556, 1984.
- [7] Robert Katz, Virgil R. Thompson, "Ice Dispenser for the Automatic Ice Maker of a Refrigerator", United States patent, 5,037,004, 1990.
- [8] Michael A. Bowen, Lawrence J. Ertz, Bruce A. Kopf, Dean A. Martin, Scott W. Leimkuehler, Chad J. Rotter, "Refrigerator with a Water and Ice Dispenser Having a Sloped Dispensing Cavity", United States patent, US

2006/0201191 A1, 2006.

- [9] Y. H. Kim, S. Y. An, S. K. Kim, "Ice Bucket of Refrigerator", Korea patent, KR-10-2009-0044609, 2009.
DOI : <https://doi.org/10.8080/1020090044609>
- [10] B. J. Kim, S. Y. An, "Ice Supplying Apparatus and Refrigerator Having the Same", Korea patent, KR-10-2014-0161037, 2014.
DOI : <https://doi.org/10.8080/1020140161037>
- [11] Michael Faraday, "Note on Regelation", *Journal of Proceedings of The Royal Society of London*, Vol.10, pp.440-450, Jan. 1860.
DOI : <https://doi.org/10.1098/rspl.1859.0082>
- [12] H. H. G. Jellinek, "Liquid-Like (Transition) Layer on Ice", *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol.25, pp.192-205, Oct. 1967.
DOI : [https://doi.org/10.1016/0021-9797\(67\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0021-9797(67)90022-7)
- [13] Fukazawa Tomoko Ikeda-F, Katsuyuki Kawamura, "Molecular-dynamics studies of surface of ice Ih", *Journal of Chemical Physics*, Vol.120, No.3, pp. 1395-1401, Jan. 2004.
DOI : <https://doi.org/10.1063/1.1634250>
- [14] W. D. Kingery, "Densification during Sintering in the Presence of a Liquid Phase. I. Theory", *Journal of Applied Physics*, Vol.30, No.3, pp.301-306, Jul. 1958.
DOI : <https://doi.org/10.1063/1.1735155>
- [15] W. D. Kingery, "Densification during Sintering in the Presence of a Liquid Phase. II. Experimental", *Journal of Applied Physics*, Vol.30, No.3, pp.307-310, Jul. 1958.
DOI : <https://doi.org/10.1063/1.1735156>
- [16] L. E. Raraty, D. Tabor, "The adhesion and strength properties of ice", *Journal of Proceedings of the Royal Society a Mathematics, Physical and engineering sciences*, Vol.245, pp.184-201, June. 1958.
DOI : <https://doi.org/10.1098/rspa.1958.0076>
- [17] J. Y. Park, *A Study on Aggregation of Ice Spheres by Ice Storage Conditions*, Master's thesis, Pusan National Univ, Korea, pp.15-25, 2012.
- [18] Y. H. Kim, S. G. Lee, S. J. Choi, S. J. Kim, Y. H. Jung, "Refrigerator", Korea patent, KR-10-2019-0055937, 2019.
- [19] Y. H. Kim, S. G. Lee, S. J. Choi, S. J. Kim, Y. H. Jung, "Refrigerator", Korea patent, KR-10-2019-0055945, 2019.
- [20] J. Y. Lee, K. J. Kim, "Overview of Polyamide Resins and Composites : A Review", *Elastomers and Composites*, Vol.51, pp.317-341, Dec. 2016.
DOI : <https://doi.org/10.7473/EC.2016.51.4.317>

우 민 수(Minsu Woo)

[정회원]



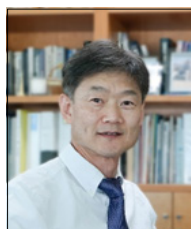
- 2018년 2월 : 한국해양대학교 조선해양시스템공학 전공 (공학 학사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 대학원 기계공학부 석사과정

<관심분야>

Computational geometry, Computer aided design

정 용 호(Yoongho Jung)

[정회원]



- 1983년 2월 : 부산대학교 기계공학 전공 (공학 학사)
- 1990년 2월 : 서울대학교 기계설계 전공 (공학 석사)
- 1993년 2월 : 서울대학교 CAD/CAM 전공 (공학 박사)

- 1993년 ~ 1996년 : 삼성항공(주) 수석연구원
- 1996년 ~ 현재 : 부산대학교 기계공학부 교수

<관심분야>

Geometric modeling, 5-axis high-speed machining, Filament winding, Finite element generation