

사형제품 기계가공을 위한 안전금형 개발에 관한 연구

최재훈* · 남승돈*

*유한대학교 금형설계과

A Study on Development of Safety Shell Molds for Precision Machining of Sand Mold Casting Product

Jae-Hoon Choi* · Seung-Don Nam*

*Department of Tool & Mold Engineering, Yuhan University

Abstract

An accident from machine work is often fatal to the worker. This accident is mostly preventable through perfect process jig. In case of this machine work, however, the disaster frequently occurred because of the design which is not considered the beginning of product design, post-process and mass process of production. As for sand casting method, this has the merits of the production; the product is easily produced by manual labor. On the other hand, this method has the demerits of a bigger dimensional error contrary to other mass process of production. When the sand casting product is in machine work, there are various problems such as unsafe fix and excessive cutting, product desorption and rapid life depreciation of equipment and tools. Considering the characteristics of sand casting method, it is accepted as difficulty to improve the problems. In this study, it suggests shell mold method for mold instead of the machine work after the sand casting of the circle shape container product. And the surface accomplishes the following average of surface roughness Ra9.94 μm of machine work with the casting of flask mold by shell mold method. In accordance with the simplification of processing process and reducing the average thickness variation by mass production of product with detailed appearance, it has a good influence on safety accident prevention caused by production and damaged product. It is confirmed that making higher degree of size precision of all machine work product is possible to increase the safety and productivity, reduce the processing process and improve environment.

Keywords : Safety mold design, Shell mold, Sand casting, Flask mold.

1. 서론

기계가공으로 인한 사고는 작업자의 인체에 영구장애를 남기는 등 강도율이 높은 치명적인 경우가 많다. 이러한 사고는 주로 일감의 고정방식의 구조결함이나, 기계가공의 불안정한 셋팅, 작업자의 부주의로 발생된다. 고정방식의 구조결함은 고가의 지그나 장비구입을 통하여 해결할 수 있으나 중소기업의 경우 현실적인 어려움이 있기에, 불안요소를 작업자의 주기적인 안전 교육을 통해 해결하는 경우가 일반적이다.

기계가공 소재를 크게 3가지 유형으로 분류하면, 판재의 절단 후의 기계가공, 금형을 통한 생산품가공, 기타공정으로 만들어진 제품 등으로 나눌 수 있다. 기계가공 사고는 원소재의 판재나, 금형으로 생산된 제품을 가공 할때는 사고가 거의 발생되지 않지만, 소재의 외형의 치수편차가 클 때 발생된다. 산업현장에서는 치수편차가 큰 경우 그라인더 등의 수공구를 이용하여 치수편차를 줄인 후 기계가공을 한다. 사형주조(Sand casting)를 보면 모래를 사용하여 목형이나 수지형의 금형으로 주형을 만들고 주조하여 제품을 생산한다[1].

† Corresponding Author : Prof. Jae-Hoon Choi, Department of tool & mold engineering, Yuhan University, 185-34 Goegan-dong, Sosa-gu, Bucheon-si, Gyeonggi-do, Korea.
M · P : 02-2610-0813, E-mail: vashi@naver.com

Received October 17, 2013; Revision Received November 1, 2013; Accepted November. 1, 2013.

대부분 수작업으로 제품을 만들기 때문에 치수편차가 크고 굵은 모래로 주형을 만들기 때문에 표면상태가 매우 거칠다. 사형주조품은 공정의 특성상 제품의 편차가 1~3mm의 편차를 가지고 있어 기계가공 시 공구의 파손이 자주 발생하고, 마모도 빠르게 진행된다[2, 3]. 이는 작업자의 안전에도 많은 위험을 주는 요인으로 작용한다. 본 연구에서는 제품을 선반으로 가공하는 공정에서 제품파손으로 인한 재해원인을 파악하였고 이를 예방하기 위한 제품편차와 표면조도를 향상시키기 위한 셸금형(Shell mold)을 제시하고 입자가 작은 모래로 주형을 만들기 위한 설계 및 제작 하고자 한다. 셸금형 제작을 통해 정밀한 셸주형(Flask mold)을 사용하여 안전성 확보, 생산성 향상과 기계가공 효율성 증대, 환경개선 등을 달성할 수 있는 안전금형(Safety mold)을 제작하는데 목적을 두었다.

2. 선행연구

2.1 가공공정 및 행동별 재해 현황

2010년도 산업재해원인을 보면 제조업이 33.4% 건설업 24.0% 그 외, 숙박 음식점업 8.5% 으로의 순서로 보고되었다. 그 중 주요 기인물은 설비기계 관련이 22.6%로 보고되었고, 주요작업공정으로 기계장비제조공정에서 13.4%로 나타난다. 규모별로 보면 소규모 사업장이 81.8%로 나타났고 발생형태별로 보면 협착-감김이 17.7% 부상자수가 1565명으로 보고되었다. 취급, 사용물체에 충돌-접촉 은 30.3%로 나타났다. 기계관련 재해는 2010년 8841명중 1047명으로 약12%를 차지하고 있으며 기계가공 시 발생하는 재해는 상당한 부분을 차지하고 있음을 나타낸다[4].

2.2 선행연구 분석 결과

기계가공의 재해를 분석한 결과 요약하면 다음과 같다. 첫째, 기계가공을 위한 제품의 제조방법에 따라 소재의 편차에 의한 재해가 발생하는 것으로 판단된다. 둘째, 기계가공 시 작업자의 부주의로 인한 재해사고로 이어지는데 이는 점점요소가 많을수록 어렵기 때문에 치공구 및 고가장비 대체가 유리하다. 셋째, 고가장비 및 치공구 제작은 중소기업의 어려움은 규모별 재해현황에서 보듯이 소규모 사업장이 높은 사고율이 발생됨을 알 수 있다. 분석결과를 근거로 기계가공 전 제품의 정밀도는 재해에 영향을 주며 사형주조법 보다 정밀도가 높은 금형 개발 및 저변 확대가 중요하다.

3. 안전을 고려한 금형모델 연구

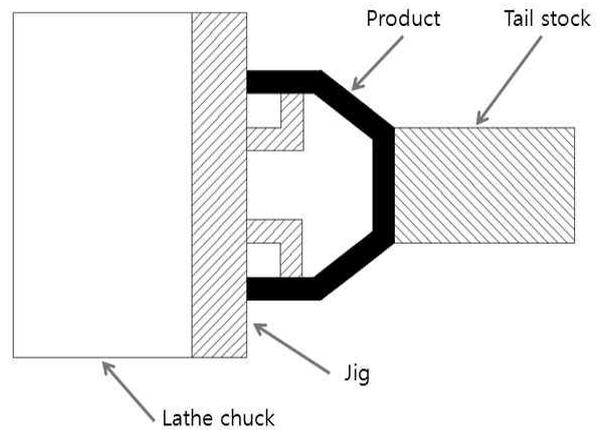
3.1 제품형상과 기계가공분석

사형주조는 소재의 재료에 따라 주조방법과 가공법에 차이가 생긴다. [Fig 1]은 현재 생산중인 용기제품으로 황동소재의 원형의 형태이며 사형주조로 만들어진 그릇형상의 제품이다. 표면은 육안으로 보기에 매우 거칠었으며 Ra 100um 이상, 제품의 두께편차도 1mm이상 육안으로 판별되었다.



[Figure 1] Send casting product.

[Fig 2]은 기계가공에 사용되는 지그의 모식도이다. 공정을 분석하면 선반으로 가공을 하기 위해 내측에 지그를 이용하여 고정하고 외측으로 제품이 지그에서 이탈되는 것을 방지 하고자 심압대를 용기 바닥에 밀착시키고 가공을 한다. 이러한 방법은 일반적으로 많이 사용하지만 제품의 두께가 다를 경우 공작물 이탈과 공구 파손 등의 문제점을 해결하기 어렵고 용기바닥을 가공하기 위해 추가적인 공정이 필요하다.

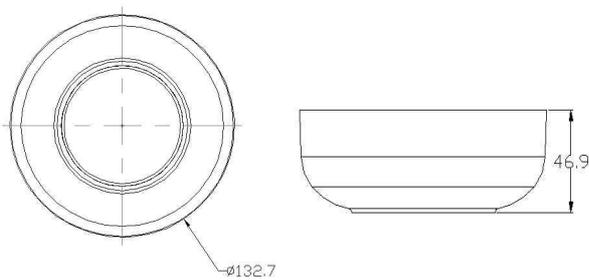


[Figure 2] Machining process schematic of product

이러한 가공방법은 제품의 외형편차가 발생하게 되면 공구의 파손과 급격한 마모가 발생되며, 과도한 절삭은 제품의 파손으로 이어져 산업재해 등의 안전사고 발생되며 제품의 이탈방지를 위한 심압대는 임시방편의 고정 방법으로 볼 수 있다. 하지만 외형의 치수정밀도가 높은 소재를 같은 방법으로 가공하게 되면 위험요소가 없는 형태의 안정적인 고정방법으로 판단된다.

3.2 제품 및 금형설계

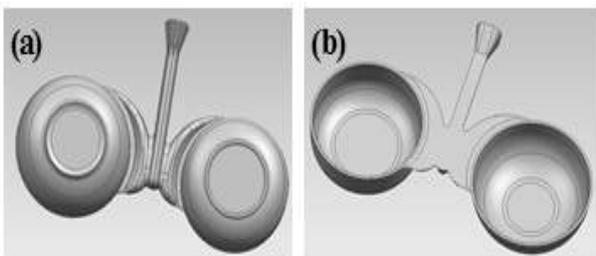
기존 제품을 실측하여 $\varnothing 132.7$ Height 46.9mm 용기형상의 제품을 2D 도면화 하였다. [Fig 3]는 제품의 2D 도면이다.



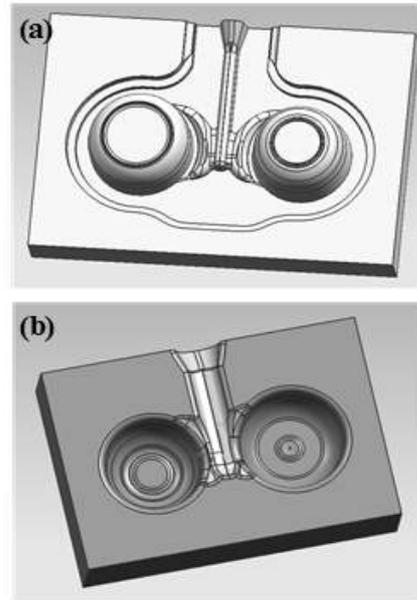
[Figure 3] 2D design of product

제품 게이트는 10mm 로 설계되어 있었으며, 용탕 주입구를 원형 형태로 설계되어 있었다. 그 결과 후가공의 어려움과 게이트 절단 시 안전을 고려한 금형설계를 제시하기 위하여 게이트를 5mm 이하로 설계변경하고 각도를 주었고, 용탕주입은 슬리브 형태로 하여 용탕의 용해손실을 고려한 설계를 하였다. 금형의 소재는 구상흑연주철(Ductile cast iron)로 하였다.

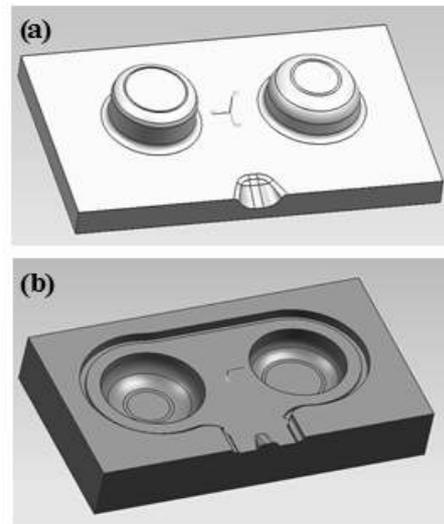
[Fig 4, 5, 6,]은 셸금형으로 생산될 주조용기 제품의 3차원 이미지와 1차 Shell core를 만들기 위한 금형의 이미지 그리고 2차 Shell cavity를 만들기 위한 금형 이미지이다. 금형은 총 2 set로 구성되어 있다.



[Figure 4] Shell mold product schematic



[Figure 5] Proposed safety mold design for cavity flask mold: (a) core and (b) cavity

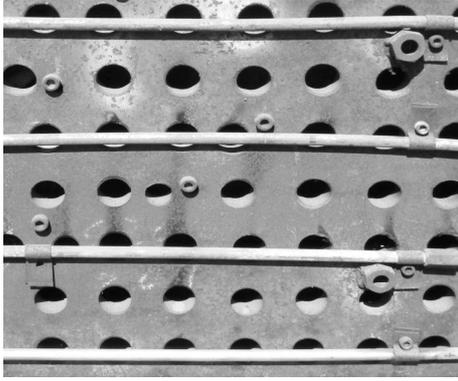


[Figure 6] Proposed safety mold design for core flask mold: (a) core and (b) cavity

4. 결과 및 고찰

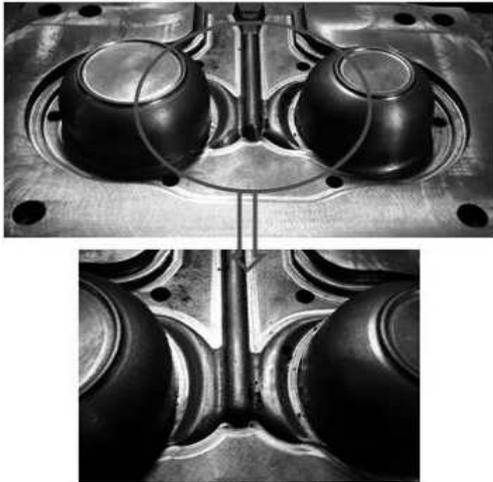
4.1 셸금형 제작 및 제품

셸주형의 취출을 위해 이젝터핀을 6개 설치하였고 머시닝센터를 사용하여 금형제작을 완성하였다. 제품성형을 위한 가열판은 별도 제작하였다. 금형 뒷면에 원형의 파이프를 부착하였고 필요한 위치에 미세 홀을 가공하여 가열시 Gas가 배출될 수 있도록 하였다. [Fig 7]은 금형 가열판의 이미지 이다.

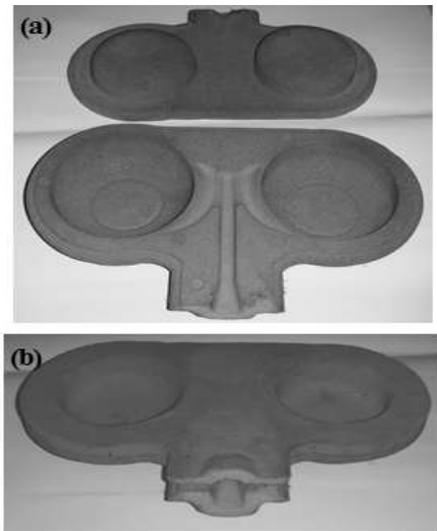


[Figure 7] A gas heating systems for shell mold

[Fig 8]은 금형을 기계가공한 이미지로 게이트부위를 매우 얇게 제작하여 절단 공정을 안전하고 신속하게 되도록 하였다.



[Figure 8] Gating design for shell mold

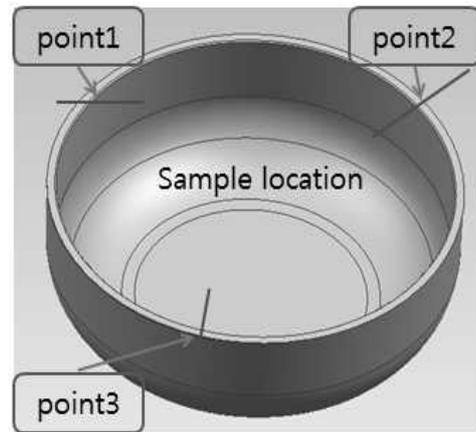


[Figure 9] Flask mold: (a) core cavity and (b) assembly flask mold

[Fig 9]는 셸금형으로 성형한 캐비티(Cavity)와 코어(core)의 셸주형이고 두 개의 셸주형을 결합하면 정밀하게 주조할 수 있는 한 벌의 셸주형이 된다. 금형으로 생산된 셸주형은 성형 시 제품표면에 영향을 주는 모래의 Mesh를 사용자가 결정하여 사출하기 때문에 표면조도와 정밀도를 있는 제품 양산에 효율적이다.

4.2 주조품 품질검증

주조품의 품질을 검증하기 위해 제품 5개를 절단하여 측정하였다. [Fig 10]는 제품절단의 위치를 나타내며 <Table 1>는 측정결과로 3.1mm~3.3mm의 분포를 나타내었고 기존의 제품두께 3.5mm 보다 얇게 제작되었음을 확인하였다.



[Figure 10] The location of cutting section for measuring of product

<Table 1> The data about 5 castings products obtained by measuring

	Point.1	Point.2	Point.3
Sample 1	3.25	3.15	3.15
Sample 2	3.30	3.20	3.25
Sample 3	3.15	3.25	3.30
Sample 4	3.25	3.20	3.35
Sample 5	3.15	3.20	3.35



[Figure 11] Surface roughness measuring instrument

3차원 조도측정기로 표면을 측정하였다. [Fig 11]는 장비이미지이며, 측정은 3 point를 하였고 <Table 2>은 측정결과로 Ra11.15μm~Ra8.16μm의 값을 얻었으며 이는 기계가공에 근접한 표면조도임을 알 수 있다.

<Table 2> Surface roughness measure data

Sample	Point 1	Point 2	Point 3
Ra	10.51 μm	11.15 μm	8.16 μm

[Figure 12]는 최종 기계가공이 완료된 제품으로 제품의 두께는 2mm로 가공하였다.



[Figure 12] Finish product with machining process using proposed safety shell mold

5. 결론

2010년도 산업재해 발생을 조사하여 제조업이 33.4% 그 중 주요 기인물은 설비기계 관련이 22.6%로 보고되었고, 주요작업공정으로 기계장비제조공정에서 13.4%로 나타난다. 발생형태별로 보면 협착-감김이 17.7% 부상자수가 1565명으로 보고되었다. 취급, 사용물체에 충돌-접촉은 30.3%로 나타났다. 기계관련 재해는 2010년 8841명중 1047명으로 약12%를 차지하고 있으며 이 중 기계가공 시 발생하는 재해는 상당한 부분을 차지하고 있음이 사료 된다. 이에 기계가공 시 발생하는 재해의 안전 확보와 품질 경영을 위하여 기계가공 전 제품의 정밀도의 중요함을 본 논문을 통해 알 수 있었고, 정밀도 향상을 위한 안전금형을 제시하여 설계, 제작, 주형양산을 통하여 다음과 같은 결과를 요약한다.

표면조도 평균 Ra9.94μm를 달성하였다 이는 기계가공에 준하는 표면조도를 얻음으로 기계가공 시 황삭과 정삭의 공정에 긍정적인 영향을 주는 결과로 사료된다. 또한 기계가공 시 파손은 1% 미만임을 확인하였고, 가공공구의 수명은 향상되었음을 확인하였다. 게이트를 각도와 얇은 두께로 변경하여 절단공정을 단축하였고 이는 작업환경개선 및 안전성 확보로 연결된다.

본 연구를 통해 사형주조 후 기계가공을 하는 용기형상의 제품과 치수정밀도 개선은 기계가공 시 안전 확보에 중요한 영향을 미치며 저변에 파급효과가 크다고 사료된다.

6. References

- [1] E. F. Boulton and G. A. Schofield (1981) : "Typical Microstructure of Cast Metals", The Inst. of British Foundry., p.174~177,
- [2] Chun-pyo Hong, (1997) "Castings Solidification", ITC book
- [3] Jong-Chan Lee, S. Kang "Modern manufacturing processes" (2001) Munwoo Book
- [4] Industrial Accidents Statistics, 2010

저자 소개

최재훈



연세대학교 재료공학 공학석사.
연세대학교 기계공학 박사과정중.
현재 유한대학교 금형설계과
산학협력중점 조교수
관심분야 : 사출금형 및 프레스
금형 Nano Fabrication, 초정밀
가공

주소: 경기도 부천시 소사구 괴안동 185-34 유한대학교 금형설계과

남승돈



명지대학교 산업공학과 공학사.
명지대학교 대학원 산업공학과 공학석사, 박사.
현재 유한대학교 금형설계과
산학협력교수.
관심분야 : 생산관리, ERP, ISP,
작업설계

주소: 경기도 부천시 소사구 괴안동 185-34 유한대학교 금형설계과