

에어모터 하우징 양산용 다이캐스팅 금형의 불량과 대책에 관한 연구

김세환 · 최계광[†]

공주대학교 금형설계공학과

A study on the defects of die casting mold for air-motor housings and on problem-solving measures

Sei-hwan Kim · Kye-kwang Choi[†]

Department of Metal Mold Design Engineering, Kongju National University

Abstract : HI-WORTH T-32, a non-powered plasma cutter, is a portable cutter that utilizes compressor-plasma inverter. With a special air-pressure piston, the cutter is semiautomatic. When they were produced by die casting dies, the bodies or housings of the cutter have defects about 100 percent of defect rate due to blisters and thermal deformation. Therefore, they are produced by mechanical machining, which leads to a hike in material and machining costs and to the loss of productivity. And companies are left with insignificant profit margins. Besides mechanical machining, this study proposes to modify defective mold and cut down defective rate and boost productivity.

Key Words : non-powered plasma cutter, plasma Inverter, die casting, loss of productivity

1. 서 론

'무전원 플라즈마 절단기(HI-WORTH T-32)'는 컴프레서-플라즈마 인버터를 이용한 이동 절단기로 압축공기압력에 의한 특수 공압 피스톤 반자동 방식이다. 또한, 고전류를 이용한 절단방식으로 어떤 절단대차보다 간편하고 전기쇼크가 없는 안전한 제품이며, 휴대가 용이하고 직선, 원형, 자유곡선, 각도절단 등 다양한 작업이 가능하다. 절단두께는 1~50 mm로 플라즈마 인버터 용량으로 결정된다. '무전원 가스 자동절단기(HI-WORTH T-31)'는 산소압력에 의한 특수 공압 피스톤 방식으로 플라즈마 절단기와 특징이 거의 동일하다. 이절단기의 바디는 다이캐스팅용 금형을 제작하여 양산하고 있던바 제

품(에어모터보다 또는 하우징)에 기포와 열 변형이 발생하는 불량현상이 100% 발생되었다. 그러므로 현재 다이캐스팅으로 제작하지 못하고 기계가공에 의하여 생산 되므로, 재료비상승, 생산성저하, 고가의 기계가공비에 따른 제조원가의 대폭 상승으로 기업 이윤이 거의 없으므로 기계가공에 의한 생산을 배제 시키고 불량으로 판정된 다이캐스팅금형을 머디파이하여 불량을 감소와 생산성을 높이고자 하였다. 따라서 우리 사업단의 다이캐스팅금형 기술지원을 제공하여 불량현상 100%를 5% 이내로 해소함으로써 품질향상, 원가 절감, 생산력증가 등의 목적을 달성 하고자 한다.

2. 본 론

2.1. 알루미늄 합금 다이캐스팅의 결함

[†]To whom correspondence should be addressed.
ckkwang@kongju.ac.kr
접수 : 2012. 01. 10. 채택 : 2012. 05. 11.

다이캐스팅법은 정밀한 금형에 용융합금(Al-Si계, Al-Mg계, Al-Cu-Si계)을 일반적으로 300~1,500Kg/cm² 정도의 고압, 20~80m/s의 고속으로 압입하여 주물을 얻어내기 때문에 결함의 발생이 적은 것처럼 보이지만, 실제로는 많은 결함이 발생되고 있다. 발생하는 다이캐스팅 결함의 종류는 다음과 같다.

- 치수상의 결함
 - (1) 치수불량 : 여러 종류의 원인에 따라 제품이 제품도의 치수에 적합하지 않은 경우
 - (2) 어긋남 : 금형의 센터링 어긋남 현상으로 제품이 어긋난 것
 - (3) 코어 빠짐 : 금형의 코어가 밀려나 여분의 살이 붙어 소정의 치수로 되지 않은 것
 - (4) 변형 : 제품이 변형되어 나타나는 불량
 - (5) 부서짐 : 게이트에 프레스할 때 발생하는 제품 일부의 파손현상
- 외관상의 결함
 - (1) 충전 불량 : 용탕이 캐비티 일부를 미충진된 상태에서 응고 되는 현상
 - (2) 탕주름 : 용탕이 융합하지 않아서 발생하는 거친 표면, 또는 얇은 주름, 탕호름 현상
 - (3) 웰드마크(Weld Mark) : 용탕이 합류하는 개소에서 완전히 융합하지 않고 남는 깊은 주름
 - (4) 균열 : 제품의 일부에 발생한 균열
 - (5) 수축(Shrink) : 용탕 응고 시 주물표면에 발생된凹면
 - (6) 부풀음 : 주물에 합류된 가스에 의하여 주물표면에 생긴 부풀음
 - (7) 굽힘 : 금형에서 압출될 때 주물표면에 생긴 상처
 - (8) 눌러붙음 : 금형표면에 용탕이 응착하여 제품에 나타나는 표면의 결속 및 거친 면
 - (9) 금형상처 및 히트체크(Heat Check)상처 : 캐비티면에 부딪힘, 히트체크가 생긴 금형을 사용한 경우에 주물표면에 그 흔적이 그대로 나타나는 흠
 - (10) 금형침식(侵食) 흠집 : 금형의 일부가 침식된 것을 사용함에 따라 주름이 생기는 흠
 - (11) 핀홀(Pin Hole) : 주물표면에 생긴 작은 구멍
 - (12) 타흔 : 제품취출 시, 운반 시 생기는 상처
 - (13) 게이트 기공 : 게이트 절단 시 게이트부에 나타나는 작은 구멍
- 내부결함

- (1) 수축기포 : 캐비티 충전 후 용탕의 수축에 의하여 주물내부에 발생하는 구멍
- (2) 블로홀(Blow Hole, Gas Hole) : 금형내의 공기, 용탕 및 이형제에 의해 생긴 가스
- (3) 기공(Porosity) : 주물의 일부에 생성된 스폰지(sponge)상의 조직
- (4) 육후(肉厚) 중심부의 편홀 : 육후의 중심부에 발생하는 구상(球狀)의 작은 구멍

- 재질상의 결함
 - (1) 하드 스폿(Hard Spot) : 주물 중에 나타나는 입자로서 온도가 높고 정상적인 질삭을 방해하는 입자
 - (2) 재질불량 : 제품재질이 소정의 화학성분을 갖지 않았거나 이종(異種) 재질인것
 - (3) 산화물 : 주물에 산화물이 혼입되어 있는 것
- 기타의 결함
 - (1) 물리적, 화학적 성상불량 : 강도, 내식성 등의 물리적, 화학적 성질이 규정치대로 되어 있지 않은 것
 - (2) 내압불량 : 주물에 압력을 걸었을 때 주물의 일부로부터 압력이 새는 것
 - (3) 매금(埋金)없음 : 매금을 잇고 그대로 주조한 제품
 - (4) 이품(異品) : 금형조립불량, 이종의 코어조립 등에 의한 다른 품목의 제품
 - (5) 후가공 불량 : 기계가공의 실패,

2.2. 결함의 원인

- 알루미늄합금의 다이캐스팅에 발생하는 결함의 원인은,
 - (1) 제품형상의 부적당
 - (2) 다이캐스팅머신 및 충전시의 조건 부적당
 - (3) 금형 및 주조방식의 부적당
 - (4) 주조조건, 주조 작업 등의 부적당
 - (5) 원재료 및 용해기술의 부적당
 - (6) 작업자의 부적당

다이캐스팅에 있어서는 금형에 압입되는 용탕은 급랭되어 응고하기 때문에 조직은 치밀 하지만, 부적당한 주조는 주물에 결함을 발생 시킨다. 살 두께가 얇은 것은 용탕의 급랭에 의하여 응고가 너무 빠른 결과를 낳고, 육부응력이 발생 된다. 특히 살 두께의 변화가 현저한 주물은 내부응력의 발생이 격

심하고 변형 등을 초래하며, 더욱이 수축응력에 견디기 어려울 때는 변형이나 균열 등을 낳는다. 또 급랭되어 응고가 빠르기 때문에 탕 흐름이 좋지 않아 주물 표면을 나쁘게 함으로서 다이캐스팅 특유의 주물표면을 나타내는 탕주름, 탕경, 탕흐름 등에서 불량을 발생 시키며, 압탕 효과를 적게 하고 수축기포 등의 결함을 발생 시킨다. 거기에다 주조시간이 상당히 짧기 때문에 주조방안 등이 부적당하면 캐비티내의 가스가 잔류하고, 포로시티(주물기공) 등의 결함을 일으킨다.

2.3. 불량률의 원인과 대책

● 치수불량의 원인과 대책

(1) 금형의 조립ミス

- ① 금형조립의 미스가 없는가 조사하여 수정한다.
- ② 조립볼트의 위치결정과 정상적인 조립 여부 파악
- ③ 인서트와 마스터 다이 사이의凹凸, 표면상태의 양부, 간격 등을 조사하여 수정

(2) 인서트 핀 및 코어 핀의 휘어짐

- ① 주조 중 검사기준에 따라 검사하여 수정 또는 교체한다. 정기적으로 핀을 교체 한다.
- ② 금형의 충분한 예열 및 주조 작업표준 준수
- ③ 게이트방향 변경, 인서트 핀 및 코어 핀의 냉각 고려 등 주조방안의 검토
- ④ 제품의 수축을 고려하여 형상변경
- ⑤ 핀의 재질 및 강도 검토

(3) 금형의 마모

- ① 마모부분 수정보완
- ② 게이트의 위치, 금형구조, 주조방안의 검토와 수정보완
- ③ 금형의 재질 및 열처리 검토와 강도 검토

(4) 온도(금형온도, 제품온도)변화에 따른 수축변화, 금형의 국부가열

- ① 주입온도, 주조 사이클, 형개(型開)시간, 금형 온도, 금형냉각 등 주조조건을 조사 확인하고 작업표준을 준수한다.
- ② 용탕의 성분을 확인한다.
- ③ 국부 가열하여 국부적으로 지나친 수축을 할 때는 그 부분의 냉각, 게이트 위치, 용탕의 성분 등을 수정 한다

(5) 금형의 강도 부족

- ① 금형의 강도 검토

- ② 금형설계 검토하여 수정 보완 한다(필수)
- ③ 제품형상을 검토하여 어레인지먼트(arrangement) 한다.

● 어긋남의 원인과 대책

(1) 가이드 핀의 마모

- ① 가이드 핀과 부시의 마모여부를 조사 교체

(2) 인서트와 마스터다이의 마모

- ① 인서트와 마스터다이의 간격을 조사 수정

(3) 코어와 코어 슬라이드면과의 마모

- ① 스톱퍼(Stopper)와 코어 사이의 끼워 맞춤 조사 수정
- ② 코어 슬라이드면의 끼워 맞춤 조사 수정
- ③ 가이드 핀과 부시, 코어 슬라이드면의 윤활방식이 부족하면 수정 보완
- ④ 슬라이드면의 재질 및 강도 검토

(4) 금형설치 조정불량

- ① 금형이 다이플레이트에 평행이 되도록 금형설치를 수정
- ② 고정, 가동 양다이가 작동 중에 미끄러지지 않도록 보조지주 추가 등 금형설치를 확실하게 한다.

(5) 가동 코어 배치의 언밸런스

- ① 코어가 없거나, 배치의 언밸런스에서는 금형설계를 변경한다.

● 형빠짐, 코어 빠짐의 원인과 대책

(1) 형체(型締)의 불량진

- ① 금형의 가이드 핀 접촉면 조사 수정
- ② 다이캐스팅기의 형체력이 부족하면 플러시(flash)가 새기므로 형체 조정하여 수정
- ③ 금형분할면, 코어분할면의 표면상태, 평면도, 평면조립도,凹凸, 슬라이드 등을 양호한 상태로 하고 플러시(플레시)가 발생하지 않도록 한다.
- ④ 코어 상하면과 금형과의 간격을 없앤다.
- ⑤ 금형분할면, 코어분할면을 청소하고 플러시, 먼지 등을 제거 한다
- ⑥ 코어와 스톱퍼와의 마모상태를 조사하여 그 슬라이드를 수정한다.

(2) 사출력의 부적당

- ① 주조압력이 형체력에 비하여 너무 클 때는 사출력을 적게 하던가 주입 실린더의 내경을 차별화 함으로서 주조압력을 떨어뜨린다.

- ② 플런저(Plunger) 속도를 줄이고 충격력을 완화 시킨다
- ③ 앞항 ①, ②의 대책은 탕흐름을 나쁘게 하기 때문에 주의할 필요가 있으며
결론적으로 볼 때 빠짐 방지에는 1단계 위의 다이캐스팅기 선택이 필요하다

● 변형의 원인과 대책

- (1) 제품 살 두께의 급격한 변화
 - ① 살 두께가 균일하게 되도록 하던가, 변화가 서서히 되도록 하는 형상으로 수정한다
- (2) 응력의 집중에 따른 수축의 언밸런스
 - ① 코너 등을 조사하여 적당한 것으로 한다.
 - ② 주물의 형상을 검토하고 변경한다.
 - ③ 리브(Rib)를 이용하여 응력의 분포가 적절이 되도록 형상을 변경한다.
- (3) 금형의 연마 불충분
 - ① 빠기 구배를 조사하여 적합하도록 하고 금형의 측벽을 연마 언더컷 등을 제거하여 제품이 금형에서 잘 빠지도록 한다.
- (4) 압출 핀의 강도 부족과 배치 부적당
 - ① 압출 핀의 강도가 부족하면 크게 하고 핀 수를 증가 한다.
 - ② 제품이 균일하게 금형에서 나오도록 압출 핀의 위치를 검토하여 압출 핀의 배치를 바꾸든가 부족한 곳에 증가한다.
- (5) 구조방안의 부적당
 - ① 작업표준을 엄수하여 구조한다.
 - ② 구조조건을 검토하고 구조압력이 너무 높을 때는 조정하고 과도하게 가열되는 곳에 냉각이 잘 되도록 하여 주물의 온도를 균일하게 한다.
 - ③ 구조방안을 검토하고 게이트의 두께, 위치, 오버플로(Overflow) 위치 및 수를 수정한다.
- (6) 제품 냉각의 불 균일
 - ① 이형제의 종류, 도포량, 도포방법을 검토하고 수정
 - ② 압출봉 리브, 보스 등을 적절이 배치한다.

● 여육(余肉), 결육(缺肉)의 원인과 대책

- (1) 캐비티내에 제품의 일부가 남아 점착하여 제품 일부 절손
 - ① 금형의 빠기 구배를 충분히 준다.
 - ② 금형의 흠 등을 없애고 연마를 충분히 한다.

- ③ 금형의 온도 분포를 충분히 하도록 냉각법, 오버플로, 게이트 등을 검토하여 수정한다.
 - ④ 제품에 리브를 설치하여 고온시의 제품강도를 충분하게 한다.
- (2) 제품의 응고, 냉각 불충분과 국부적인 두꺼운 살 두께 때문의 압출 핀의 뺄
 - ① 금형의 냉각을 충분하게 한다, 또 국부적으로 냉각 한다
 - ② 주조 사이클, 제품 취출시간을 길 게하고, 충분히 응고하여 압출한다.
 - ③ 국부적으로 두꺼운 살이 없도록 형상을 바꾸던가 압출 핀의 위치를 변경한다.
 - (3) 금형의 청소 미흡, 인서트의 맞춤, 코어슬라이드면의 끼워 맞춤 불충분, 금형표면의 언밸런스 때문의 플러시 발생과 결육
 - ① 금형표면, 코어 슬라이드면의 플러시가 잘 떨어지도록 구조한다.
 - ② 인서트의 맞춤 간격을 적게 하고, 표면조도를 좋게 하고, 표면의 뺄뺄을 적게 하여 플러시가 붙지 않도록 한다.
 - ③ 인서트 합침부, 캐비티 주위, 에어벤트와 캐비티와의 접합부에 모따기하여 플러시가 남지 않고 제품에 부착 되도록 한다.
 - ④ 코어 슬라이드면의 슬라이드를 좋게 하고 플러시가 생기지 않도록 한다.
 - (4) 소착(燒着)에 의한 금형의 뺄, 언더컷 때문의 결육, 파손
 - ① 금형의 결손부 언더컷을 수정한다.
 - ② 게이트의 위치, 냉각방법 등을 검토한다.
 - ③ 이형제, 구조방법 등을 검토한다.
 - (5) 금형의 결손, 코어핀 부러짐, 금형의 마모, 금형의 파먹음 때문의 여육
 - ① 금형수정
 - ② 코어핀 교환
 - ③ 금형보수
 - ④ 압출핀 교환

2.4. 기술지원내용

- 제품의 후육부가 두꺼웠으므로 코어를 추가 시켜 살빼기 하여 10% 정도 얇게 설계변경
- 금형설계에서 양측방향의 게이트 위치를 1방향으로 개조
- 금형부품에서 원형형상의 슬라이드 구조를 10% 정도 크게 상향조정

2.5. 보충기술지원 내용

- 사용 중인 다이캐스팅머신과 타사 장비의 성능 비교 검토
- 다이캐스팅 금형설계의 적합성과 제작 프로세스 검토
- 기포발생과 변형발생에 대한 불량원인과 대책 지원
- 현장기술지도 및 금형부품가공 지원, 트라이얼 지원

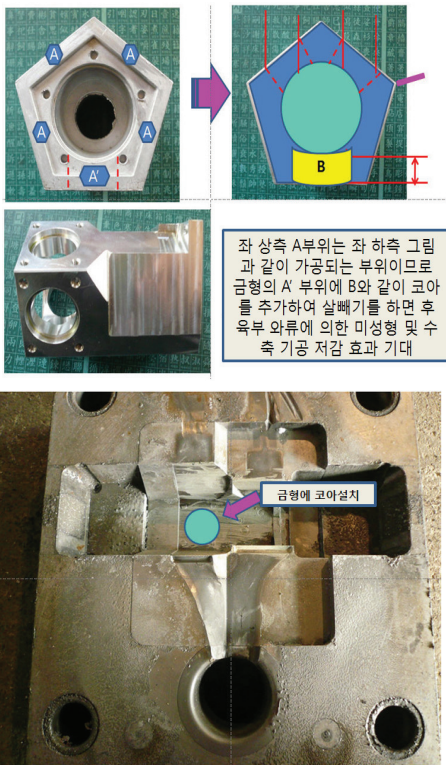


Fig. 1. The result produced by the technical Support

3. 지원성과

3.1. 기술적 성과

- 기계가공에 의한 부품생산을 다이캐스팅금형을 이용한 생산방법으로 전환
- 다이캐스팅금형기술에서 제품형상과 크기에 따른 금형의 구조와 작동을 연계시킨 금형설계 기법 터득
- 다이캐스팅 제품의 불량(결함)에 대한 현상, 원

인, 대책기술 습득

- 다이캐스팅 제품의 크기와 무게를 고려한 다이캐스팅 머신 선정방법 터득

3.2. 경제적 성과

- 생산성 향상 50%로 원가절감 15% 감소
- 매출증대 20% 상승 기대
- 수출증대 15%상승 기대(1백만달러)
- 제품의 정밀도, 가격 등에서 국제경쟁력 우위

3.3. 기타 성과

- 인도네시아와 수출체결 예정
- 모터보드의 재질을 Al-Cu-Si 계열로 교체시켜 트라이얼 진행 중이며 성공할 경우 불량률 0% 기대 됨.

4. 결론

에어모터 하우징 양산용 다이캐스팅 금형의 불량과 대책에 대하여 다음과 같은 결과를 얻게 되었다.

- 1) 다이캐스팅 금형을 제작하여 제품을 생산한 결과 변형, 기공(기포) 등의 결함이 발생되어 사용하지 못하였다.
- 2) 알루미늄 붓을 구입하여 기계가공으로 제작함으로써 생산량 저하, 제조원가 상승 등의 문제점을 해결하지 못하고 있었다.
- 3) 다이캐스팅 금형설계 기술을 지원 받아 100%의 불량률을 5% 이내로 감소시켜 기계가공을 배제시킨 결과를 얻게 되어 지도목표 달성을 완료하게 되었다.
- 4) 제품의 후육부가 두꺼웠으므로 코어를 추가 시켜 살빼기 하여 10% 정도 얇게 설계를 변경하였다.

후기

본 연구는 지식경제부 지원 광역경제권연계협력사업 공주대학교 금형 및 열처리기술 지원사업단의 지원에 의해 (주)하이위드에 기술지원한 것입니다

참고문헌

- 1) 에이빙뉴스, “하이위드, 직선·곡선 자유로운 ‘무전원 플라즈마 절단기’전시”, 에이빙뉴스,

2010. 11.
- 2) 에이빙뉴스 경제, “하이워드, ‘무전원 가스 자동 절단기’소개”, 에이빙뉴스, 2010. 10.
- 3) 하이워드, “www.hiworth.co.kr”
- 4) 공주대학교 산학협력단, “New IT부품과 부품산업용 금형 및 열처리기술지원 사업에 관한 보고서, 2011.