

냉간단조금형에서 다이블록의 수명연장에 관한 연구

김세환^{**}, 최계광^{*}

^{*}공주대학교, 기계자동차공학부

e-mail : zxcv@kongju.ac.kr

A Research on the Life Span extension of Die Block in Cold Forging Die

Sei-Hwan Kim^{**}, Kye-Kwang Choi^{*}

^{*}Kongju National University. Div. of Mechanical & Automotive
Engineering.

요 약

냉간단조금형(Cold Forging Die)의 다이블록(Dieblock)을 제작하는 방법 중의 하나로, 다이블록 제작용 재료를 면가공 하여 다이블록 상면(上面)을 마스터펀치(Master Punch)인 호브(Hob)로 압입(Indentation) 시켜 절삭가공(Cutting Work)이 아닌 다이호빙(Die Hobbing) 방법으로 임프레션(Impression)을 성형하여 제작하고 있다. 이 방법에 의하여 다이블록의 재료를 합금공구강(Alloy Tool Steel)인 SKD11을 사용하여 제작하고, 스테인리스판(Stainless Sheet Metal)을 제품 재료로 하여 냉간단조가공(Cold Forging Work)을 하였더니 6,000 스트로크(Stroke)에서 금형수명(Die Life)을 다 하였다. 본 논문에서는 다이블록 재료를 고속도 공구강(High Speed Tool Steel)인 SKH51로 교체 제작하고, 탄소강(Carbon Steel)인 S45C를 제품 재료로 하여 냉간단조가공을 수행 하였더니 21,000 스트로크에서 금형수명을 다하고 종료 되어 종래의 방법과 비교 검토 하였을 때 350%의 금형수명 연장 효과를 얻게 되었다.

1. 서론

냉간단조(Cold Forging) 가공에서 다이블록(Die Block)은 작업시 과혹(過酷)한 조건을 받아 마멸이나 균열 현상이 쉽게 발생되어 그 수명이 매우 짧다. 다이블록을 제작할때는 주로 밀링머신, 성형연삭기, 머시닝센터, 드릴머신, W-EDM 등을 사용하여 절삭, 연삭, 방전가공에 의하고 있다. 생산하고자 하는 제품이 곡선형상으로 정밀을 요하는, 이를테면 안경다리, 미용용 메탈가위, 시계케이스, 돌형의 성형 등은 양산도중 다이블록이 파손되면 폐기시키고 상기의 방법으로 재 제작하여 제품을 스탬핑(Stamping) 하였던 바, 불량처리 되었다. 그래서 다이블록의 임프레션면(Impression Face)을 3차원 측정기로 특정 부위를 지정하여 측정 하였더니 부위별 치수가 합격처리된 것과 일치하지 않았다. 그래서

다이블록 가공방법을 비절삭 방법으로 바꾸어야 된다는 문헌⁽¹⁾을 인용하여 호브(Hob)로 다이블록의 임프레션을 성형하는 기법을 선택 하기로 하였다.^(1,2,3) 그래서 이 방법을 이용하여 마스터펀치(Master Punch)라고 하는 호브를 기계가공과 열처리 및 다듬질로 제작 완료 하였다. 호브를 500톤급의 유압프레스에 설치하고 다이블록 소재를 볼스터에 고정시킨뒤 다이블록 상면을 냉간으로 압입(Indentation)시켜 임프레션을 성형(Die Hobbing)⁽¹⁾ 하였다. 이와 같이 호브를 사용하여 냉간단조용 다이블록을 합금공구강(SKD11)으로 제작하고, 냉간단조 할 제품 재료를 스테인리스 판재로 하여 단조작업 하였더니 6,000 스트로크(Stroke)에서 임프레션면이 마멸되었다.

본 논문에서는 제품소재를 스테인리스 판재에서 탄

소강(S45C), 선재(Wire Rod, Ø4.0mm)로 하고, 다이블록 재료를 합금공구강에서 고속도공구강(SKH51)으로 교체하여 금형강의 열처리 방법까지 개선하여 금형수명과 제품의 재료비 절감 등을 비교 검토하기로 하였다.

2. 트라이얼용 다이블록 제작

그림 1은 여성용 미용기구인데 소재로 스테인리스판(두께3.0mm)을 블랭킹(Blanking)하여 블랭크(Blank)를 만들었으며, 다이블록은 합금공구강을 이용하여 냉간단조용 금형을 제작한 후 양산작업을 하였던니 6,000 스트로크에서 금형수명이 끝이 났다.



그림 1. 샘플

그림 2는 트라이얼(Trial)용 호브인데 다이블록 상면에 임프레션 가공을 하려고 기계가공하여 열처리와 래핑가공으로 제작 하였다. 열처리 과정에서 템퍼링 온도를 종래의 저온템퍼링을 배제 시키고 고온템퍼링으로 바꾸었으며 임프레션 성형에 사용될 프레스는 콜드호빙(Cold Hobbing)용의 유압프레스(500톤)였다. 다이블록의 재질은 고속도공구강(SKH51)으로 하였으며 그림 2의 호브를 사용하여 임프레션을 성형 하였더니 깊이 2.0mm 정도에서 파단되어 실패하였다. 임프레션 성형 과정에서 다이블록의 장변(長辺) 상부 양측면에 벌징(Bulging)처럼 부풀어 오르는 현상이 있었다. 이것은, 오목(凹)형상으로 성형되는 과정 중에 압입을 받는 다이블록 상면 부근에서 소재의 유동과 응력 때문에 발생하는 것으로 추정되어 이를 해소 하려고 다이블록 상면에 도피홈(Relief Slot)을 파고 임프레션 성형가공을 하였더니 벌징현상도 50% 정도 감소되어 파손 되지 않고 그림 3과 같이 다이블록을 제작 하였다.



그림 2. 호브

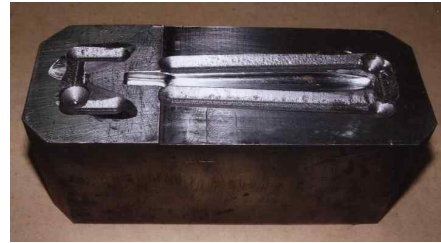


그림 3. 다이블록

제작 완료된 다이블록에 열처리 작업을 그림 4와 같이 실시 하였다. 이 열처리 작업 사이클은 담금질 과정에서 냉각시 유냉(Oil Cooling)과 공냉(Air Cooling)을 병행 하였으며 특히, 공냉 중 여열 80~100℃ 상태에서 템퍼링을 실시하였다. 템퍼링 과정도 종래의 저온 템퍼링 2회에서 고온 템퍼링 3회 실시 하였다.

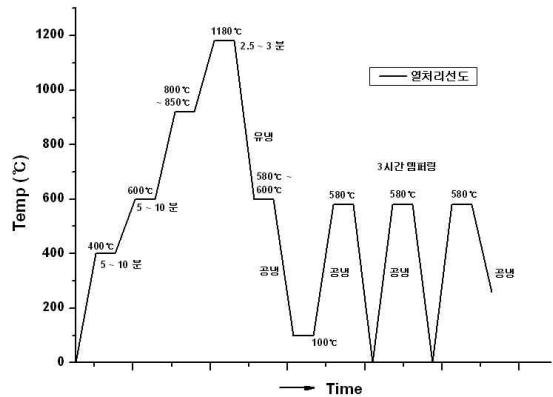


그림 4. 열처리작업선도(1)

그림 5는 담금질 온도와 템퍼링 온도를 약간 낮게하고 템퍼링 횟수를 2회로 하여 실시한 열처리 작업선도 이다.

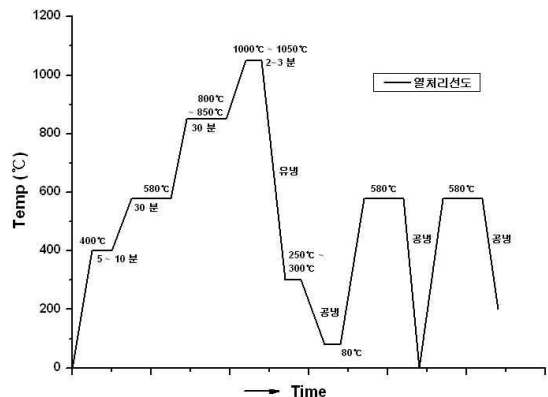


그림 5. 열처리작업선도(2)

트라이얼에 사용할 금형구조는 다이블록을 슈링키지 부싱(Shrinkage Bushing)으로 열박음하여 보강 하였다.

따라서, 슈링키지부싱(SKD61, HRC45)을 제작하여 500℃ 정도에서 약 3시간 가열 후 즉시 열박음으로 억지끼워 맞춤 하였다. 열박음시의 슈링키지 내측 구멍치수는 다이블록 외측 치수보다 작은 치수로 설계 제작 하였다.

3. 단조용소재의 전처리

금형의 수명을 연장 시키고 가공소재(Billet, Slug)⁽⁵⁾의 전연성(Maleability)과 유동성(Fluidity)을 증가시켜 스웨이징(Swaging)이나 측방압출(Lateral Extrusion)이 잘 되도록 단조가공 전 어닐링(Annealing)하여 냉간단조를 실시하고 있다.^(4,9) 공정이 많을 경우에는 단조 과정에서 발생된 가공경화를 제거하기 위하여 중간풀림(Process Annealing)을 하여야 한다.⁽¹⁰⁾ 이 경우, 고탄소강이나 고합금강은 구상화풀림(Spheroidizing)⁽¹⁰⁾을 하고 있으므로 온도상승에 따른 구상화조직을 파괴하지 않도록 온도조정을 잘 해야 한다. 냉간단조 전의 소재에 대한 어닐링은 공정수 단축과 다이블록의 균열과 마멸 방지에 큰 도움을 주고 있다.^(5,9) 단조가공 중 소재는 높은 압력을 받으며 다이블록 임프레션면과 접촉 하므로 과혹한 조건 하에서 스웨이징이나 측방압출 되므로 편치 하면(下面)이나 임프레션 상면(上面)에 시저(Seizure, 녹아붙음현상) 현상이 발생 되므로 이를 방지하고 측방압출이 잘 되게하기 위하여 윤활(Lubrication)처리를 하여야 한다.^(6,9,11,12) 액상의 윤활제는 유막강도가 부족하여 고압력에 견디지 못하므로 소재 표면에서 큰 변형에도 잘 견디고 피막을 항상 보호할 수 있어야 한다. 문헌이나 산업현장에서는 인산염으로 피막처리(Bonderite, Parkerizing)를 한뒤 반드시 금속비누막(Bonder lube)처리를 병행 실시 하여야 한다고 설명하고 있다.^(6,9,11,12) 탄소강일 경우 윤활처리 공정은 다음과 같다.^(6,8)

Alkali(Gildeon, 80~90℃, 3~4분)→Rinse(80~90℃, 1~2분)→Pickle(10% Sulphuric Acid, 5~6분)→Rinse(10%유산, 40~60℃, 4~5분)→Rinse(60~70℃, 2~3분)→Phosphate(Bonderight, 70~90℃, 4~6분)→Rinse(1~2분)→Neutralizing Rinse(Parcolene, 60~75℃, 1~2분)→Lubricant(Bondertube, 80~90℃, 3~5분)→Dry(2분이상).

편치와 다이블록은 그림 4에 의하여 열처리를 하였으며 소재는 인산염 피막처리와 금속 비누막 처리를 하였다.

4. 트라이얼

냉간단조 하고자 하는 제품의 재료는 S45C(∅ 4.0mm) 선재로 하고, 다이블록 재료는 고속도공구강(SKH51)을 그림 4와 그림 5에 의하여 2종류로 각각 열처리를 하여 금형제작을 완성 하였다. 트라이얼용의 프레스는 너클프레스(Knuckle Press) 250톤을 사용하기로 하였다. 적합한 냉간단조용 프레스는 프릭션마찰프레스(Friction Screw press)와 너클프레스가 있는데 그중에서 너클프레스를 트라이얼용으로 선택 하였다.^(1,5,12,17)

4.1 제1 트라이얼

냉간단조용 금형을 너클프레스에 설치하고 스템핑을 시작하여 5,000 스트로크에서 작업을 중지하고 다이블록의 임프레션면을 배울 10배의 확대경으로 관찰하였던 바 작업 초의 면과 동일 하였다. 계속 양산 작업을 수행 하다가 10,000 스트로크에서 다시 관찰하였을 때에도 임프레션면에 변화가 없었다. 그래서 10,000 스트로크 이후에는 매 2,000 스트로크 단위로 관찰하다가 18,000 스트로크 이후에는 1,000 단위로 관찰 하였다. 20,000스트로크 까지 임프레션면에 대한 조도 및 제품에 대한 변화는 없었으나 21,000을 초과 하였을 때 0.1mm 정도의 찰과 흠을 발견 하였다. 따라서 금형수명을 약 21,000 스트로크로 예측하고 제2의 트라이얼을 시도 하였다.

4.2 제2 트라이얼

제1트라이얼용 금형을 프레스에서 떼어내고 그림 5에 의하여 열처리 작업으로 완성된 금형을 프레스에 설치 하였다.

제1트라이얼 방법과 동일하게 5,000 스트로크부터 관찰하여 10,000스트로크 까지 추적 관찰 하였지만 다이블록의 임프레션 내면과 제품에서 아무런 문제점을 발견할 수 없었다. 계속 1,000 스트로크 단위별로 이상유무를 확인 하던 중 16,000 스트로크 이후의 생산품에서 표면의 조도와 찰과흠이 나타나고 있음을 확인하게 되었다. 이것은 금형 재료에 대한 열처리 작업 사이클의 중요성을 입증한 결과로 판단된다. 금형재료 선택도 중요 하지만 향후 담금질과 템퍼링의 작업 사이클 개발에 주력함이 더 중요하다고 생각 된다.

이것은 열처리 기술자가 할 숙제가 아니고 금형기술 전문가가 해야 할 일이라고 사료 된다.

5. 비교검토

연구전 평균 6,000스트로크의 금형수명을 유지하던 합금공구강재(SKD11)의 다이블록 재질과 제품재료인 스테인리스 판재를 본 연구에서는, 다이블록의 재료를 고속도공구강(SKH51)으로 하였고, 제품의 재료를 탄소강(S45C) 선재로 교체하여 전처리 공정으로 인산염 피막처리와 금속비누막처리로 윤활처리를 하였다. 다이블록의 열처리 작업 사이클은 그림 4와 같이 개발하여 수행한 결과, Table 1.과 같은 결과를 얻게 되었다.

표 1. 연구 전·후의 비교

항 목	연구 전	연구 후	비 고
제품재료	SUS, 판재3,0mm	S45C, 선재 Ø4.0mm	재료비80% 절감
다이블록재질	SKD11	SKH51	금형수명연장
담금질방법	담금질온도 1030℃	담금질온도 1180℃	담금질기법 개선
템퍼링방법	저온템퍼링. 2회	고온템퍼링 3회	인성증가. 응력해소. 조질균등. 솔바이트효 과연음
슈링키지	미설치	설치	다이블록 보강
금형수명	6,000 스트로크	21,000 스트로 크	금형수명연 장 350%

6. 결론

다이블록재질 교체, 제품재질 교체, 열처리 방법 개선, 윤활처리 도입 등으로 트라이얼 한 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

- 1) 제품재질을 SUS 판재에서 S45C 선재로 교체 하므로써 재료비절감과 충전불량 해소, 블랭킹공정 생략 등의 효과를 얻게 되었다.
- 2) 다이블록 수명을 350% 연장할 수 있었다.
- 3) 열처리 작업 사이클 개선효과를 얻게 되었다.
- 4) 선재 구입시 연질재로 하고 어닐링 처리품을 구입할 때 전처리 공정을 생략할 수 있을 것으로 예측할 수 있다고 판단된다.

- 5) 소형 제품들은 프로그레시브금형으로 교체할 수 있다고 판단된다.

참고문헌

- [1] 圖解金屬塑性加工 用語辭典編輯委員會, “圖解金屬塑性加工用語辭典”, 日刊工業新聞社, pp.124, pp.255, pp.373, 1985.
- [2] 板垣敏, “ドイツの型鍛造”, 新日本 鍛造協會, pp. 188~189, pp. 223~225, 1983.
- [3] 板垣敏, “鋼の型鍛造”, 新日本 鍛造協會, pp.17~20, 1983.
- [4] (주)기술정보 편집부, “프레스몰드”, (주)기술정보, pp.143, 1993.
- [5] komatsu 研究所, “Cold forging metals”, Komatsu Ltd, pp.9~10, pp. 16, 1988.
- [6] 小松研究所, “冷間鍛造の基礎技術”, (株)小松研究所, pp. 1~2, pp. 11~16, 1988.
- [7] komatsu 研究所, “Cold forging Process”, Komatsu Ltd, pp.1~4, pp. 7, 1988.
- [8] 小松研究所, “冷間鍛造の實務”, (株)小松研究所, pp. 1~2, pp. 11~16, 1988.
- [9] 大和久重雄, “金屬熱處理 用語辭典”, 日刊工業新聞社, pp. 69, pp. 77, 1985.
- [10] 田村清, “윤활(潤滑)”, 日本塑性加工學會誌, pp.555~556, 1988.
- [11] 前田, “塑性加工”, 誠文堂新光社, pp.39~40, 1972.
- [12] Louis Schuler, “Metal forming handbook”, Louis Schuler G ppingen, pp.91~95, pp. 285~286, 1966.
- [13] 이봉훈역, “단조기술 핸드북”, 도서출판 세화, pp.577~589, 1991.
- [14] AIDA PRESS 研究會, “Press 機械”, pp. 28, pp. 88~89, 1990.
- [15] 日刊金屬 Press 工業協會, “Press 成形技術用語”, 日刊工業新聞社, pp.398, 1991
- [16] 高木六彌 “金型工作法”, 日刊工業新聞社, pp. 277~292, 1988.
- [17] 대광서림 편집부, “최신금형제작기술”, 대광서림, pp.81~87, 1990.