

황동제 온간단조용 금형제작과 환경친화형 작업장 개선에 관한 연구

김세환*

¹공주대학교 기계자동차공학부

A Research on the improvement scheme for manufacturing bronze warm forging die through environment-friendly workshop

Sei-Hwan Kim^{1*}

¹School of Mechanical&Automotive Engineering, Kongju National Univ

요 약 온간단조(warm forging) 가공은 가공소재(Billet)를 800℃ 정도로 가열하여 금형의 다이블록 임프레션(impression) 상면(上面)에 위치결정 시켜 단조하고 있는데, 이 단조가공 과정에서 산화스케일의 비산에 따른 작업자의 화상에 대한 위험도와 산화스케일이 다이블록의 임프레션에 부착 되거나 열처리기술 미흡으로 금형수명(die life)을 단축시키며 다이블록 안에 분무하는 이형제는 유해먼지, 유해증기, 미스트, 폼, 악취 등을 발생시켜 작업장 환경을 오염시킴으로써 직무기피 직종으로 분리되기 때문에 생산량 목표 달성에 큰 문제점으로 대두 되고 있다. 더욱이 다이블록의 임프레션 마멸부위를 수리보수하기 위한 재생공법의 미흡으로 납기지연, 금형비 상승의 요인으로 나타나므로 이에 대한 재생공법 개선과 작업장의 공해물 제거장치의 개발이 요망되고 있다. 본 연구에서는 황동제 관 이음쇠의 온간단조 가공에서 도출된 빌릿가열시 문제점, 금형재생 보수시 문제점, 제조원가의 상승요인 등을 외국의 기술과 비교하여 온간단조 금형제작방법개선, 금형재생보수공법 개선, 유해가스 제거장치를 도입하여 환경친화형 작업장 개선 등으로 문제점을 해결 하고자 하였다.

Abstract In the process of warm forging, billet is heated up to 800℃ and located in the upper part of die block impression. The scattered oxidized scale may cause workers burn and shortening of die life sticking to the die block impression.

The separating materials sprayed in die block cause harmful dust, harmful mist, fume, and bad odor which contaminate workshop environment. The process is classified as one of the avoided jobs and make the planned output achievement difficult. Development of an elimination device to clear out the contaminating materials in the workshop and improvement of the unsatisfactory maintenance method to fix the abrasion of die block impression which delays the dead line, cost increases needs to be developed.

In this research, I tried to solve the problems caused in warm forging of bronze pipe joint such as the billet heating process, die maintenance, and manufacturing cost through improvement of warming forging manufacturing method and die maintenance method and eliminating harmful gas which will make the workshop more environment friendly.

Key Words : Warm forging, Pipe joint metal, Mist, Fume, Builup welding

1. 서론

수도용 및 공업용 냉온수 배관의 가교 역할을 하는

황동제 관 이음쇠(pipe joint metal. KSB 1546)로 이용되는 엘보(elbow), 어댑터(adapter), 티이음(T-joint), 유니언(union), 플레어소켓(flare socket), 링니플(ring nipple), 링

*교신저자 : 김세환(zxcv@kongju.ac.kr)

접수일 10년 01월 11일

수정일 10년 02월 22일

게재확정일 10년 02월 24일

유니언(ring union), 체크밸브(check valve), 니들밸브(needle valve)를 성형(forming)할 때는 온간단조(warm forging) 가공에 의하여 양산하고 있다(그림.1).

온간단조 가공은 가공소재(Billet)를 800℃ 정도로 가열하여 금형의 다이블록 임프레션(impression) 상면(上面)에 위치결정 시켜 단조하고 있는데,[1-3] 이 단조가공 과정에서 산화스케일의 비산에 따른 작업자의 화상에 대한 위험도와 산화스케일이 다이블록의 임프레션에 부착되거나 열처리기술 미흡으로 금형수명(die life)을 단축시키며 다이블록 안에 분무하는 이형제는 유해먼지, 유해증기, 미스트(mist), 폼(fume), 악취 등을 발생시켜 작업장 환경을 오염 시키므로 써 직무기피 직종으로 분리되기 때문에 생산량 목표 달성에 큰 문제점으로 대두 되고 있다.

더욱이 다이블록의 임프레션 마멸부위를 수리보수하기 위한 재생공법의 미흡으로 납기 지연, 금형비 상승의 요인으로 나타나므로 이에 대한 재생공법 개선과 작업장의 공해물 제거장치의 개발이 요망되고 있다. 본 연구에서는 황동제 관 이음쇠의 온간단조 가공에서 도출된 빌릿가열시 문제점, 금형재생 보수시 문제점, 제조원가의 상승요인 등을 외국의 기술과 비교하여 온간단조 금형제작방법 개선, 금형재생보수공법 개선, 유해가스 제거장치를 도입하여 환경친화형 작업장 개선 등으로 문제점을 해결 하고자 하였다.



[그림 1] 황동제 관 이음쇠 종류

2. 문제점 도출

황동제 관 이음쇠의 제조방법은, 제조설비로써 프레스 2대, 빌릿 가열용 수동식 가스 가열장치, 온간금형이며, 작업인원은 3~4명이다. 제조 공정으로는 소재절단, 소재가열(700~800℃), 이형제분무, 온간단조가공, 트리밍으로 작업이 완료 된다.

이 작업공정에서 도출되는 문제점은 다음과 같다.

(1) 온간단조가공시의 문제점

- ① 산화스케일의 비산
 - 작업자 화상 위험
- ② 산화스케일의 다이블록 임프레션 상면에 부착
 - 금형수명단축(그림.2)
- ③ 금형재의 열처리 기술 미흡
 - 금형수명단축
- ④ 이형제의 분무
 - 유해먼지, 유해증기, 미스트, 폼, 악취 등 발생



[그림 2] 다이블록의 임프레션 마멸현상

(2) 빌릿가열시의 문제점

- ① 빌릿가열 방법
 - 가스불로 수동가열(그림.3)
- ② 빌릿온도
 - 400℃ 이하의 온도
(목표 700℃~800℃)
- ③ 소음발생
 - 빌릿가열시 노즐에서의 소음발생
- ④ 고열발생
 - 작업장 온도 상승



[그림 3] 빌릿가열 방법

(3) 금형 재생보수시의 문제점

- ① 초기 신금형의 수명
→ 4,000~5,000 스트로크
- ② 재생보수 금형의 수명
→ 2,000 스트로크
- ③ 마멸부위 그라인딩
→ 철분진, 슛돌입자 비산
- ④ 덧살올림용접(buildup welding)
→ 가스발생(NO₂)
- ⑤ 방전가공
→ 임프레션 형상 및 치수 불균일
- ⑥ 재생보수 사이클
→ 불규칙적으로 빈번

(4) 작업장 환경오염

- ① 작업장 공간
→ 스케일, 먼지, 증기, 미스트, 폼, 악취 등으로 오염(그림.4)
- ② 작업장 바닥
→ 이형제 슬러지, 먼지, 스케일, 증기 등이 바닥에 침적되어 끈적거림(그림.5)
- ③ 작업장 실내온도
→ 36℃ 이상 육박



[그림 4] 오염된 공장 내부 공간



[그림 5] 오염된 공장바닥

(5) 제조원가 상승

- ① 금형수명 단축
→ 금형비 과다
- ② 금형 보수재생 공법 미흡
→ 납기지연, 매일 재생작업
- ③ 인력지원 난이
→ 직무기피로 인한 작업자 배치 난이로 인건비 상승

3. 국내의 제조기술 현황

(1) 일본현황

일본의 제조설비는 전용 프레스에 고주파 유도가열로를 연결하고 프레스 마다 제진장치를 설치하여 황동제관 이음쇠를 친환경적인 작업 환경에서 온간단조로 양산 작업을 하고 있으며, 이형제는 무해 윤활제를 사용하고 금형수명은 30,000스트로크 정도 이다.[4]

(2) 한국현황

우리나라는 제조설비를 범용프레스와 수동식 가스불에 의한 빌릿의 가열과 유해공기 배출장치로 덕트와 송풍기를 사용하고 있다. 이형제로는 흑색 그래파이트를 사용하고 있으며 금형의 수명도 4,000~ 5,000스트로크 정도 이다.

4. 다이블록 가공방법 연구개발

4.1 다이블록 재질과 가공방법

1) 다이블록 재질과 가공방법

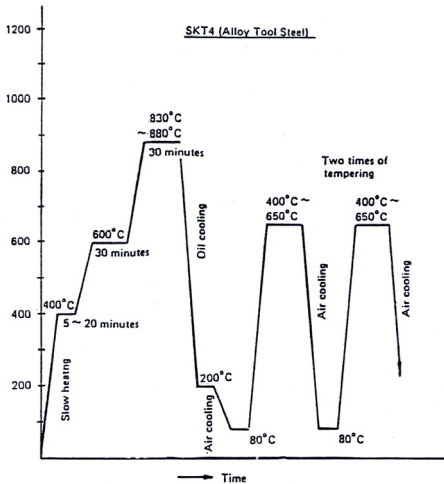
온간단조금형의 다이블록 재질로 합금공구강(STD 11, JIS SKD11)을 사용하고 있었다. 이 재질은 일반적인 프레스금형에 많이 사용되는 것으로 알려진 재료이다. 이 재료를 가공할 때의 작업 프로세스는, 연삭가공→ 연마가공→ 담금질→ 저온템퍼링→ 다듬질→ 마킹→ 방전가공→ 다듬질→ 조립의 순서로 가공하여 다이블록을 제작하고 있었다.

다이블록의 재질로써 STD11은 온간단조 가공용의 재료로 적합하지 않다. 일본에서는 JIS SKT4, 미국에서는 USA SAE 5F3를 사용하고 있으며,[5] 한국에서는 KSB STT4를 선호하고 있다. 가공방법에서의 문제점은 방전가공이 끝난 뒤 후처리를 생략하고 있는 것은 바람직하지 않는 것으로 판단된다.

따라서, 다이블록 재질을 STT4로 선정하고, 방전가공 후에는 후처리가공을 추가하기로 하였다.

2) 다이블록 열처리작업 사이클 연구

다이블록 재료의 열처리 과정으로 어닐링, 담금질, 템퍼링을 일반적으로 하고 있었으며 작업은 아웃소싱에 의하여 하고 있었는데 담금질과 템퍼링의 작업 사이클은 일반열처리 교과서에서 볼 수 있는 방법을 하고 있었다. 그렇기 때문에 담금질 작업 사이클의 시간별 온도와 유지시간과 냉각 조작뿐만 아니라 템퍼링은 저온템퍼링을 하고 있으므로 이의 방법을 그림.6과 같은 방법으로 개선하여 트라이얼 하기로 하였다. 연구의 특징은 담금질에서의 냉각방법이며, 냉각여열 80℃~100℃에서 템퍼링 조작으로 이어지는 것이다. 템퍼링은 고온템퍼링으로 조작하는 것이다.[4, 6-8]



[그림 6] 열처리작업 사이클

3) 방전가공후의 변질층, 잔류응력 제거 연구

기존의 다이블록 가공작업 프로세스는, 방전가공→ 다듬질→ 조립으로 가공을 완료하고 있는 바, 이 때 방전가공 부위에 발생되는 변질층과 잔류응력 제거에 대한 대책이 없었으므로 소르바이트(sorbite) 조작을 도입하여 제거하고자 하였다.[7] 이 경우 소르바이트 조작은 고온템퍼링 조작과 흡사하므로 그림.6과 같이 하였다. 따라서 방전가공전의 템퍼링 조작을 2회 하였으면 방전가공후의 고온템퍼링은 3회 이상 하기로 하고, 고온템퍼링이 완료되면 표면경화처리 조작으로 질화처리를 추가하기로 하였다.

다이블록의 구조는 솔리드타입(solide type)에서 섹션얼타입(sectional type)으로 교체시켜 다이블록에 버튼으

로 된 임프레션을 열박음하여 제작함으로써 재생보수하거나 교체시의 문제점을 모두 해결하고자 하였다.

4.2 금형 재생 보수공법 연구

1) 다이블록의 재생 보수

마멸된 솔리드타입의 다이블록을 재생 보수할 때는 덧살올림용접 방법을 이용하고 있었다. 마멸부위를 샌드페이퍼로 연삭하고 즉시 덧살올림용접 후 청산가리를 이용하여 표면경화처리와 사상(다듬질)가공으로 재생보수 작업을 완료하여 사용하고 있었다. 이렇게 재생보수된 다이블록을 사용할 때 또다시 마멸되는 곳은 덧살올림용접 부위에서 발생 되었다.

2) 덧살올림용접 연구

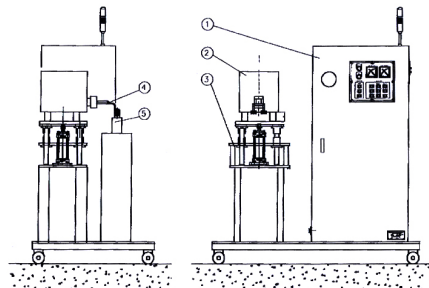
앞항 1)에 의한 방법으로 재생보수시 덧살올림용접 부위에서만 계속 마멸되므로 용접방법을 다음과 같이 개선하기로 하였다.

- ① 마멸부위를 가우징(gouging)하고,
- ② 250℃ 정도로 30분 이상 예열한 후,
- ③ 덧살올림용접 후 용접부위에 열처리 하지 않는 용접봉을 선정하며,
- ④ 용접후의 냉각은 석면포를 2~3겹으로 덮어서 서서히 냉각하는 공법을 택하기로 하였다.[9]

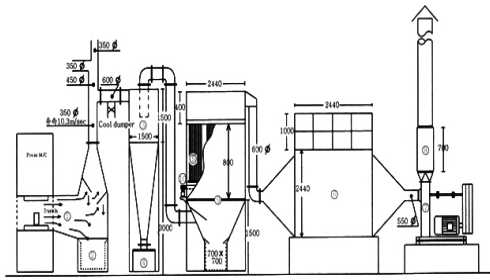
4.3 유해가스 제거장치 설치

빌릿을 가열할 때 발생하는 유해가스와 발열, 단조가공시 다이블록에 스프레이 되는 흑색 그래파이트 이형제의 유해가스의 배출장치로 지름250mm 정도의 파이프에 송풍기를 설치하여 배출 시키고 있는데 이는 거의 효과가 없는 것으로 판단된다. 따라서 프레스 용량에 적합한 이동식 고주파 유도가열로와 국소제진장치를 단조작업 규모에 적합 하도록 구조를 개선하여 설치하였다(그림.7, 그림.8).

이형제도 흑색그래파이트에서 백색그래파이트로 교체하여 데모하기로 하였다.[3]



[그림 7] 이동식 고주파유도 가열로



[그림 8] 국소제진장치

5. 트라이얼

종래의 방법에 의하여 제작하던 온간단조금형의 다이 블록 재질을 STT4로 교체하고, 연구결과에서 제시된 담금질 및 템퍼링 작업 사이클로 열처리한 후 방전가공 후에는 고온템퍼링을 3회 실시하였다. 열처리 후에는 표면경화처리 방법으로 질화처리를 하였다. 이렇게 제작된 금형을 이용하여 빌릿은 소형 이동식 고주파 유도가열로 800℃ 가열하였고, 이형제는 백색그래파이트를 사용하여 단조가공 2,000 스트로크 단위로 제품과 다이블록 상면을 관찰 하였다. 20,000 스트로크를 넘은 상태에서 제품의 형상이 변화되기 시작 하였다. 이 금형을 육성용접으로 보수하여 다시 트라이얼 한 결과 25,000 스트로크에서 임프레션 상면이 마멸되기 시작 하였다. 덧살올림용접시 사용된 용접봉의 성분은 Cr-Mo-Mn-Si 등을 함유하고 있는 것으로 H_RC는 48~50 이었다.[9]

6. 비교검토

개선된 제작방법에 의하여 만들어진 금형의 수명은 트라이얼 결과에서 20,000 스트로크 였으며, 재생보수된 금형의 수명은 25,000 스트로크인 바 높은 수명연장의 효과를 얻게 되었다. 이형제를 백색그래파이트를 사용하고 빌릿의 가열을 고주파유도가열로에 의하여 하였고, 작업장의 유해가스, 발열, 미세먼지, 분진 등을 제진장치로 배출 시킨 결과 실내 작업장의 환경상태와 실외의 환경상태와 거의 동일하게 깨끗한 작업장의 환경을 유지하게 되었다.

7. 결론

본 연구에서는 황동제 관 이음쇠의 온간단조 가공에서

의 금형제작방법개선, 금형재생보수공법 개선, 유해가스 제거장치를 도입하여 환경친화형 작업장으로 개선하여 문제점을 다음과 같이 해결 하였다.

- 1) 온간단조금형재의 선정과 선택된 재료의 담금질 및 고온템퍼링 작업 사이클 개발은 금형수명에 미치는 영향이 대단히 크므로 지속적인 연구개발이 요망된다.
- 2) 방전가공 후의 변질층과 잔류응력을 반드시 제거하고 금형을 조립하여야 한다.
- 3) 임프레션 마멸부위를 육성용접할 때는 가우징후 예열을 하여야 하며 용접 후 열처리 없이 H_RC 48~50 정도 유지할 수 있는 용접봉을 선택 하여야 한다.
- 4) 저탄소 녹색 작업환경 조성을 위하여 황동제 빌릿의 전용 가열로와 제진장비의 설치는 필수적 이어야 한다.
- 5) 이형제를 폴리에틸렌으로 대체시켜 지속적인 연구와 관찰이 요망된다.

참고문헌

- [1] 小松研究所, 冷(温)間鍛造の基礎技術, (株)小松製作所, Tokyo, PP.15-30, 1988.
- [2] Kurt Lange, Handbook of Metal Forming, McGraw-Hill Co, New York, PP.1-15, 93, 1985.
- [3] 이해영, 온간단조세미나, 만도기계(주), 경주공장, 1991.
- [4] 熱間用金型の壽命對策 型技術協會 日刊工業新聞社 PP.12~14, 50~53 2001.
- [5] ねかりやすじ鍛造加工 日本塑性加工學會分科會 日刊工業新聞社 PP.96~99, 2008.
- [6] 關口秀夫 etc., “加工熱處理による材質の改善と制御” 材料 38-435, PP.1458-1464, 1990.
- [7] 鈴木康末, ect., “溫間鍛造の現狀” 鐵と鋼 72-10, PP.1285-1291, 1992.
- [8] 金屬熱處理技術便覽編輯委員會編, 屬熱處理技術, 機電研究社, 서울, PP.1-6, PP.137-168, 1993.
- [9] Mr. Rosenblattl (독일 UTP) 금형 및 산업기계 육성용접기술 세미나, (주)케미코, 2002.

김 세 환(Sei-Hwan Kim)

[종신회원]



- 1971년 2월 : 수도공과대학 기계공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계학과 (공학박사)
- 1979년 2월 : (주) 삼아 공장장
- 1982년 3월 : 천안공업대학 금형설계과 교수
- 2010년 2월 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수

<관심분야>

프레스 금형, 단조가공, 금형열처리