

<技術論文>

# 스테인리스 강판(SUS420)의 냉간단조용 금형개발에 관한 연구

김엽래\* · 김세환\*\* · 유현일\*\*\*

(1994년 7월 18일 접수)

## A Study on the Development of Cold Forging Dies for Stainless Steel Sheet (SUS420)

Y. R. Kim, S. H. Kim and H. I. Yoo

**Key Words :** Female Die(암다이), Impression(공동), Main Die(양산용금형), Slug(가공용 소재), Stroke(편칭 행정), Bonderizing(인산염 피막처리, Bonderite), Lubrication(윤활, Bonderlube), Master Punch(호브), Trial(시험 편칭), Indenting(압입, Hobbing)

### Abstract

Cold forging die for metal scissor is made by electric discharge machine. The impression of female die is made by electric discharge machine, the heat treatment is applied, and the impression is polished. When we forge goods by using this kind of die, the abrasion is severe and the crack occurs after forging about 240 strokes. Because the die should be frequently produced in the case, the cost rises, the work is delayed, and the precession of goods is not good. Therefore, the electric discharge machine was not used in this study. Main die was produced by making hob, installing the hob to cold hobbing press, indenting the die material, and cold hobbing the impression. The die life was increased to 5,000~6,000 strokes in this case. In the future study, the die life will be increased to 10,000 strokes by changing the following ; (1) the pre-treatment of slug, (2) the structure of die block, (3) the heat treatment of die material

### 1. 서 론

금형을 제작할 때는 거의 모두 절삭가공에 의하여 제작하고 있다. 그런데 몇몇의 산업현장에서는 웅형(hob, master punch)을 제작하여 콜드호빙 프레스(cold hobbing press)의 램(ram)에 설치하고, Fig. 2(c)의 메인펀치(main punch)와 Fig. 3(c)의 메인다이블록(main die block)제작용 금형재료(Fig.

2(a), Fig. 3(a)) 표면을 압입(indenting)시켜 비절삭가공에 의한 성형작업(die hobbing)<sup>(1)</sup>으로 메인금형(main die)의 공동(impression, cavity)<sup>(2,3)</sup>을 성형하여 제작하고 있다. 이렇게 제작하므로써 금형제작 시간의 단축, 다수의 동일금형 제작의 용이, 공동내면의 래핑용이, 단조제품의 품질향상, 금형제작비 및 원가절감 등을 꾀하고 있다.

그런데 모 회사에서는 이렇게 하여 제작 완료된 금형으로 두께 2.5 mm의 스테인리스 강판을 사용하여 메탈가위(여성 손가위기용 미용가위)를 냉간단조작업(cold forging work)을 하게 되면 작업도중 금형의 공동내면에서 마멸이나 균열현상이 발생

\*정회원, 국민대학교 대학원 기계설계학과

\*\*정회원, 천안공업전문대학 금형과

\*\*\*정회원, 국민대학교 기계설계학과



(a) Before forging of slug



(b) Product after forging

Fig. 1 Product before and after cold forging

되고 있다. 균열현상이 가장 빠를 경우에는 240스트로크(stroke)에서도 빈번히 발생되고 있다. 평균 2,000스트로크 정도 작업을 하면 금형은 마멸이나 균열에 의하여 수명을 다하고 있는 실정이므로 작업지연과 금형이 제품의 생산원가를 너무 많이 차지하고 있다.

따라서 균열에 의한 작업지연을 방지하고 생산원가를 절감시키며 고품질의 제품을 양산할 수 있는 스테인리스 강판용 냉간단조 금형을 연구개발하여 5,000~6,000스트로크의 작업에도 잘 견디어 금형 수명을 연장하게 되었다.

본 연구에서는 Fig. 1의 가공용 소재(slug)에 대한 전처리 방법과 Fig. 7 금형의 하형에서 다이블록(die block)의 구조설계방법 및 열처리 방법 등을 반복되는 현장 트라이얼(trial)을 통하여 이 금형을 더욱 더 개선시켜 10,000스트로크까지 금형수명을 연장시키고자 하였다.

## 2. 냉간단조용 재료 및 처리

### 2.1 냉간단조용 재료

냉간단조에 사용되는 재료는 가혹한 조건 아래서 성형되므로 양호한 품질이 요구되는데 충분한 변형량, 양호한 표면상태, 치수정밀도, 균일성 등이다.

냉간단조용 재료<sup>(4)</sup>에는 탄소강류, 합금강류, 포피담금질 강류, 스테인리스강류 등이 있다.

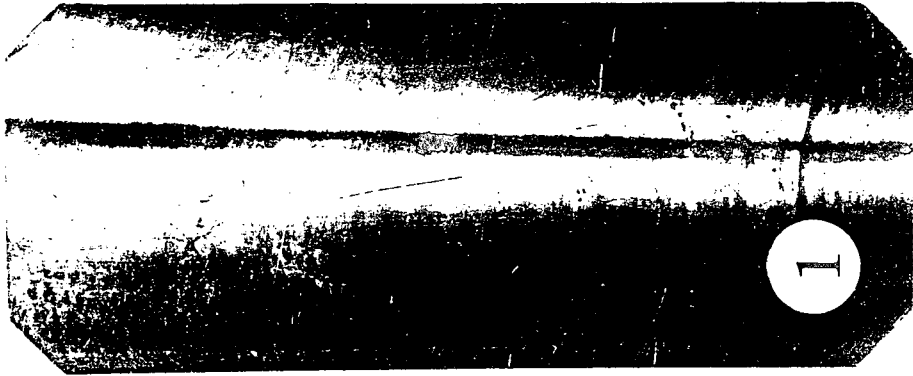
재료는 부품 또는 제품에서 요구되는 성질을 만족시키는 것을 선택하는 일은 당연하나 이와같은 조건을 만족시키는 것 중에는 가능한 한 값이 싸고 가공하기 쉬운 것을 선택하여야 한다. 성형할 때 연하고 열처리할 때는 충분히 경화되는 재료가 바람직하지만 담금질성을 좋게하는 합금성분이 많은 경우 변형저항을 상승시키게 한다.

### 2.2 가공재료의 전처리

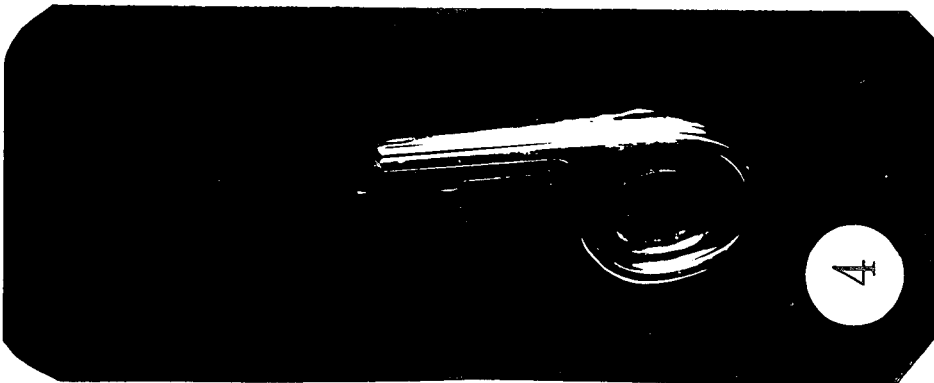
#### 2.2.1 가공소재의 어닐링

금속재료의 기계적 성질은 조직에 따라 변화한다. 금형의 수명을 향상시키고 가공소재<sup>(5)</sup>에서 큰 변형을 얻기위하여 문헌<sup>(6,9)</sup>이나 외국<sup>(5,7,8,12)</sup>에서는 단조전에 어닐링(annealing)한 후 냉간단조를 하고 있었다.<sup>(6~9)</sup>

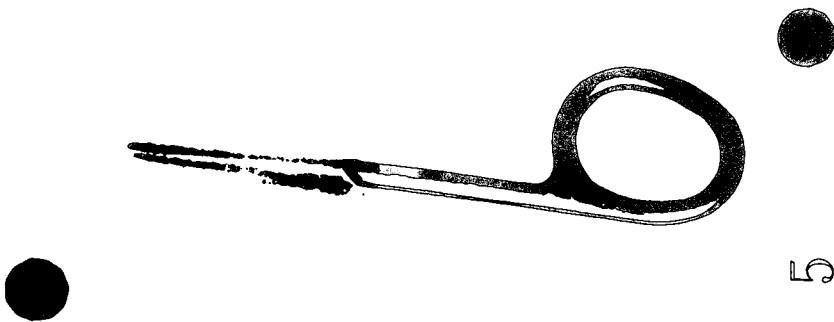
다공정가공의 경우는 필요에 따라 단조에서 생긴 가공경화를 제거하기 위하여 중간풀림(process annealing)을 하기도 한다.<sup>(10)</sup> 이 경우 고탄소강이나 고합금강은 구상화풀림(spheroidizing)<sup>(10)</sup>을 하고 있으므로 온도를 너무 올려서 구상화조직을 파괴하지 않도록 하여야 한다.



(a) Material of main punch(D2)



(b) Master punch for indenting main punch(hob)



(c) Main punch indented by master punch

Fig. 2 Master punch and main punch(material of product : SUS420)

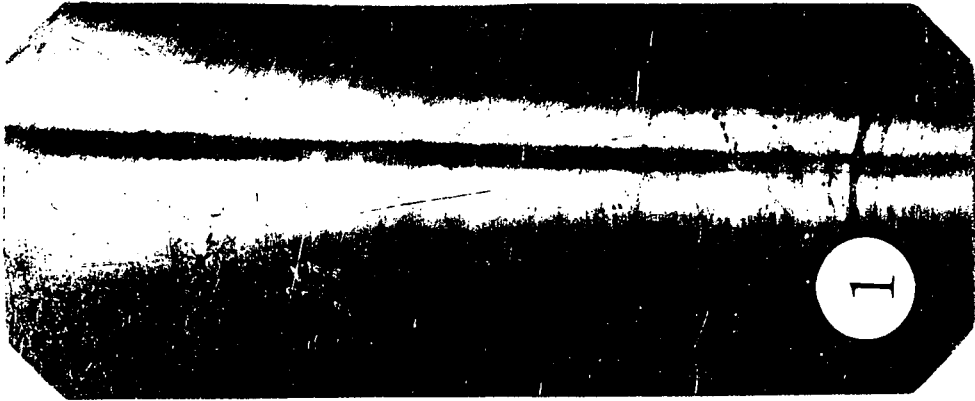
어닐링의 양부는 냉간단조의 성패를 좌우할 뿐 아니라 공정수에도 영향을 주고 있는 것으로 알려져 있었다.<sup>(5~9,12)</sup>

### 2.2.2 소재의 윤활처리

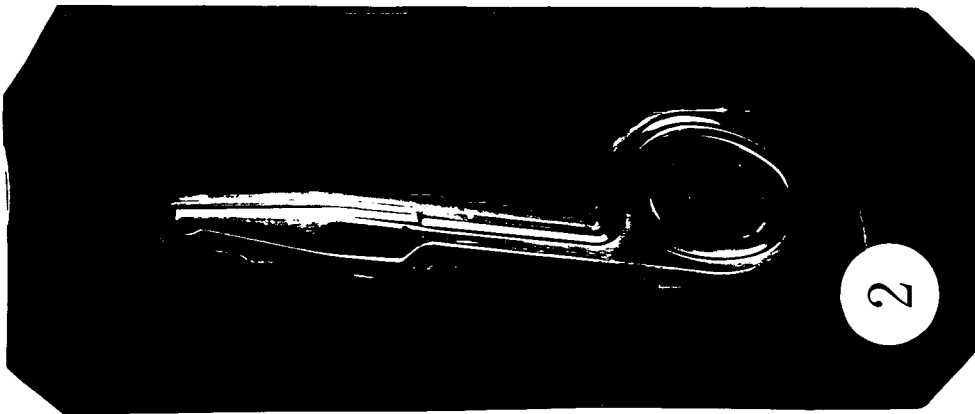
냉간단조 가공중의 소재는 높은 가압력이 필요하

고, 고압력으로 금형과 접촉하면서 유동하기 때문에 금형과의 접촉면에 녹아붙음(seizure) 현상이 생긴다. 이 녹아붙음을 방지하고 유동을 좋게하기 위하여 윤활(lubrication)이 필요하다.<sup>(6~9,11~12)</sup>

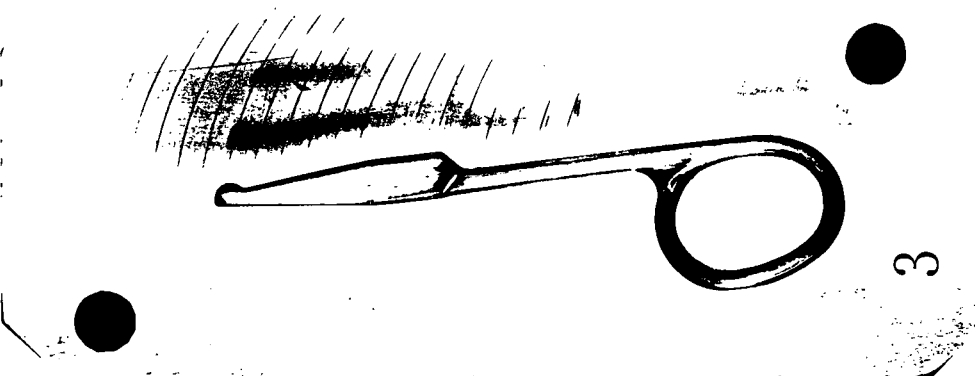
액상의 윤활제는 유막강도가 부족하여 압력에 견디지 못한다. 때문에 소재표면에서 큰 변형에도 견



(a) Material of main die block(D2)



(b) Master punch for indenting main die block(hob)



(c) Main die block indented by master punch

Fig. 3 Master punch and main die block

디고, 아울러 윤활제의 유지가 가능한 피막을 보지 하도록 해야 한다.

일반적으로 인산아연 등으로 피막처리(bonderite, parkerizing)를 한뒤 반드시 금속비누막처리(bonderlube)를 한다. (6~9,11~12)

### 2.3 금형재료의 열처리

금형재료 선정의 양부는 열처리에 의존하는 경우가 많다. 고속도강, 합금공구강들은 특히 열처리가 중요하다. 설계도면상에서 경도에 대한 최종적인 지정경도가 기재되어 있지만 간단하게 경도만을 주

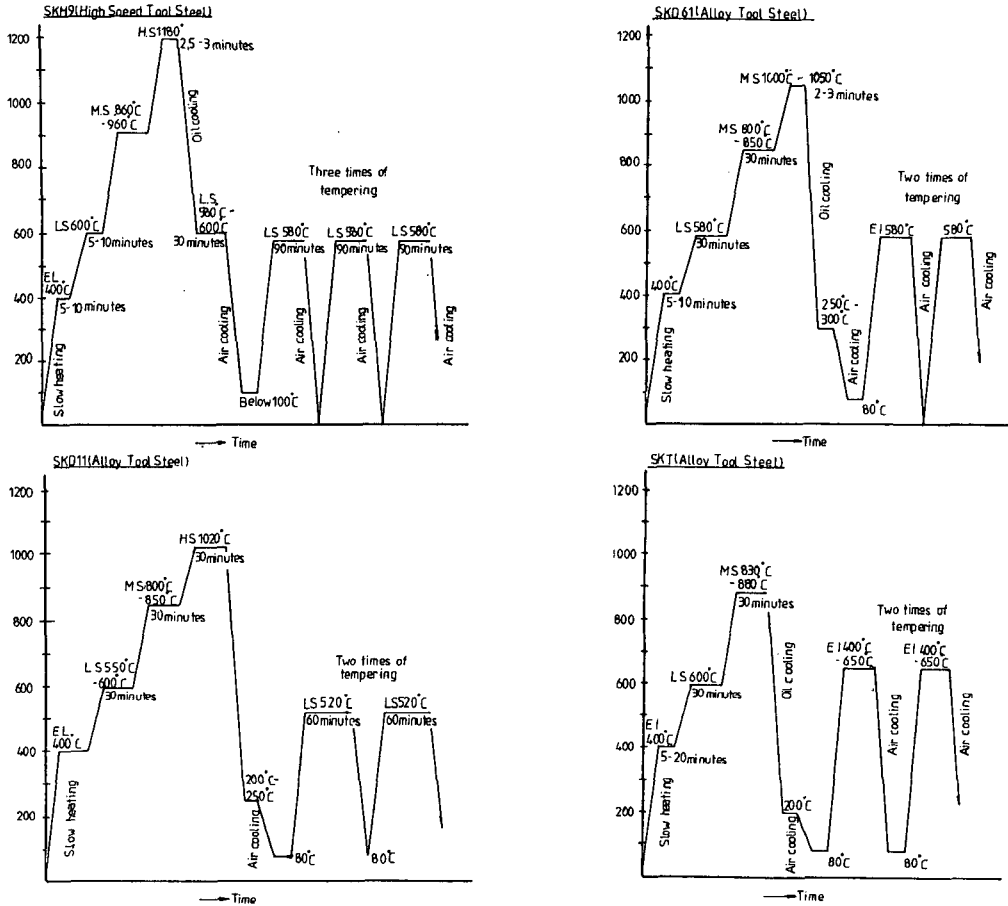


Fig. 4 Heat treatment condition of die material

목하여서는 의미가 없다. 내구성, 인성 등을 보정한 충분한 열처리를 하여 최종적으로 요구되는 경도가 나와야 한다.

Fig. 4에 냉간단조용 금형소재인 공구강, 고속도강의 열처리 조건을 표시하였다.<sup>(8)</sup>

### 3. 고찰 및 대책

#### 3.1 금형의 마멸과 균열현상에 대한 고찰

금형 1벌을 제작하여 계획한 생산수를 모두 단조한 뒤 금형을 폐기하면 금형이 차지하는 원가는 사전에 계산된대로 정확히 맞게되나, 제품양산 도중에 금형이 마멸되거나 균열되면 원가의 상승은 물론 제품생산 계획에 막대한 문제점을 초래하게 된다. 메탈가위용 냉간단조 금형은 동일금형을 많이 제작하여 사용하므로 원가의 상승과 작업의 지연 및 양산되는 제품의 정밀도를 유지하기 위하여 방천가

공과 절삭가공에 의하여 금형을 제작하는 방법보다는 Fig. 2(b)와 Fig. 3(b)의 호브(종형, 웅형, hob, master punch)를 절삭 및 연마가공에 의하여 제작한 뒤 콜드호빙 프레스(cold hobbing press)에 설치하여 금형재료를 열처리하지 않고 각면을 다듬질한 뒤 마스터 펀치인 호브로 표면을 압입(indenting)시켜 펀치와 다이블록의 공동을 성형(cold hobbing)<sup>(1,16)</sup>하여 양산용 금형을 제작한다. 이렇게 하여 제작한 금형을 열처리하여 조립한 뒤 단조작업을 하면 마멸이나 균열현상이 발생되어 메탈가위 제조원가를 상승시킨다. 서론에서도 언급한 바와 같이 빠르게는 240스트로크 정도의 생산에서 균열현상이 발생되고 있다. 이러한 마멸이나 균열현상을 방지할 수 있고, 금형수명을 연장시켜 10,000스트로크 이상의 생산에도 견디는 냉간단조용 금형 개발을 성공적으로 완료하는 것을 연구의 목적으로 하여 현재 사용하고 있는 금형과 제품의 재질(SUS420) 및 프레스

에 대하여 다음 사항을 고찰하였다.

- (1) 메탈가위 소재(SUS420으로 된 slug)에 대한 전처리의 실시여부에 관한 고찰
- (2) 금형재료와 열처리 방법의 적합성에 대한 고찰
- (3) 금형구조의 적합성에 대한 고찰
- (4) 사용 프레스의 적합성에 대한 고찰

3.2 고찰결과 및 대책

3.2.1 메탈가위 소재의 전처리에 대한 고찰 및 대책

스테인리스강판(SUS420, 두께2.5 mm)을 프로그레시브 금형(progressive dies)을 사용하여 소재를 블랭킹[Fig. 1(a)]한 뒤 냉간단조 작업을 하고 있다. 냉간단조 작업에서의 일반적인 작업공정은, 소재절단 → 어닐링 → 피막처리 → 윤활처리 → 냉간단조의 순서로 되어 있는데<sup>(6-9)</sup> 현재 실시하고 있는 작업공정에서는 어닐링과 피막처리 및 윤활처리를 하지 않고 있으므로 SUS420을 구입할 때 어닐링 효과가 있고 경도가 낮은 HRB가 90 이하인 것을 구매하여 트라이얼하기로 하였다.

3.2.2 금형재료와 열처리 적합성에 대한 고찰 및 대책

(1) 냉간단조용 금형재료의 종류<sup>(2,3,6-9)</sup> 중에서 SKD11과 SKH51(SKH9)을 사용하고 있으므로 금형재료 적합성에 대하여는 크게 문제될 것이 없다고 생각되나 최근 개발된 ACD56(일본히타치) 또는 하야미름(러시아 제품)을 구입하여 트라이얼 함이 요망된다.

(2) 인덴팅 할 다이블록[Fig. 3(a)]을 23개 만들었다.

재질별로는 SKH9(SKH51) 2개, D2(SKD11 계열) 15개, DC53(SKD11 계열) 6개를 모두 전문열처리 회사를 선정하여 Fig. 5와 같은 열처리를 수행하였다.

담금질은 Fig. 4와 비교할 때 특별한 차이는 없으나 템퍼링 온도에서는 시간차이가 많았다. 템퍼링 온도에서의 시간차이가 있어서 23개의 다이블록이 종전과 마찬가지로 마멸과 균열이 발생되어 다이블록 12개를 다시 준비하여 전문 열처리 업체에 의뢰하지 않고 회사 자체에서 여러조건으로 열처리한 뒤(이때 사용한 열처리로는 오븐 전기로 7.5

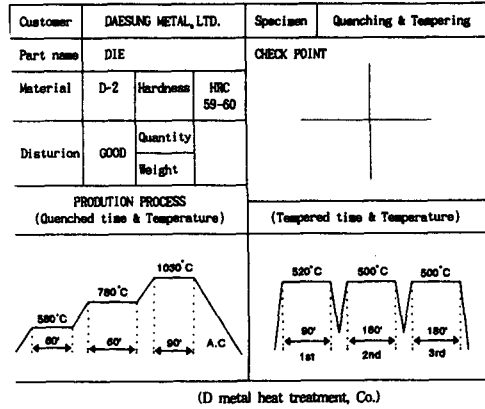


Fig. 5 Production diagram of heat treatment about die block(D2) sample

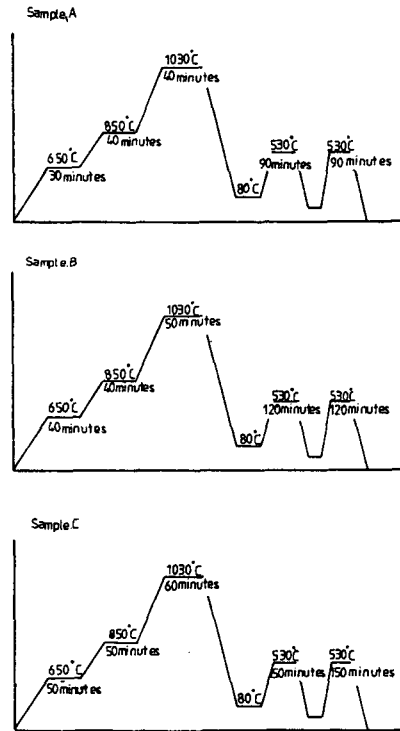


Fig. 6 Production diagram of heat treatment about die block(D2) sample

KW) 트라이얼한 결과 가장 성적이 좋은 샘플 3개를 Fig. 6과 같이 얻게 되었다.

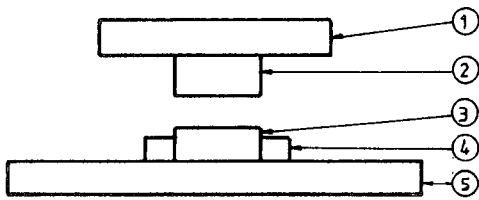
3.2.3 금형구조의 적합성에 대한 고찰 및 대책  
현재 사용하고 있는 금형은 마멸이나 균열발생으로 인하여 작업중단과 금형수리를 자주하는 금형으

로써 그 구조는 Fig. 7과 같다.

Fig. 7의 금형은 다이블록 ③의 임프레션 부분에서 균열이 시작되어 다이블록 전체로 확산되어 완전히 깨어진다.

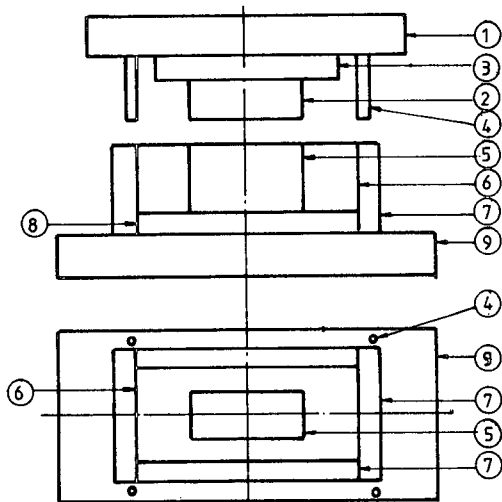
따라서 이를 보완하기 위하여 펀치플레이트(punch plate), 슈링키지링(shrinkage ring),<sup>(6-8)</sup> 스톱퍼(stopper), 배킹플레이트(backing plate)를 추가시켰다. 즉 스톱퍼(재질 SKS3)를 8개 만들어 열처리한 뒤 상형에 4개 하형에 4개씩 설치하고, 슈링키지링(재질 SKD61)을 만들어 H<sub>R</sub>C 40이 되도록 열처리한 뒤 450°C~500°C로 3시간 정도 가열하여 다이블록 ③에 열박음 하기로 하였다.

이렇게 보완하여 Fig. 7의 금형구조를 설계변경



- ① Punch holder      ④ Retainer
- ② Punch            ⑤ Die holder
- ③ Die block

Fig. 7 Recent cold forging die



- ① Punchholder      ⑥ Shrinkage ring
- ② Punch            ⑦ Retainer
- ③ Punch plate      ⑧ Backing plate
- ④ Stopper           ⑨ Die holder
- ⑤ Die block

Fig. 8 Cold forging die for supplementary metal scissor

하면 Fig. 8과 같다.

3.2.4 사용 프레스의 적합성에 대한 고찰 및 대책  
현재 사용하고 있는 프레스는 프리션프레스(friction press)였으며, 프레스의 용량에서 펀칭력은 200톤이었는데 그 용량을 그대로 사용하고 있었다.

프리션프레스가 냉간단조용 프레스로 적합한가를 확인하기 위하여 프레스 제조업체<sup>(5,7,12,14)</sup>와 문헌<sup>(1,6,8,15)</sup>을 통하여 조사하여 보니 냉간단조가공에 많이 사용되는 프레스는 프리션프레스가 아니고 너클프레스(knuckle press)로 되어 있었다.<sup>(1,5-8,12,14,15)</sup>

또한 프레스의 펀칭력 200톤을 그대로 사용하고 있으므로 냉간단조시의 가공제품이 받는 펀치 하중력을 산출하여 프레스의 펀칭력 200톤이 적합한가를 확인할 필요가 있으므로 가공제품에 대한 펀치 하중력  $P$ 는 다음의 관계식<sup>(4,14)</sup>을 사용하여 계산하였다.

$$P = f \cdot k \text{ (톤)}$$

여기에서,

$$f = \text{제품의 가공후의 면적(cm}^2\text{)}$$

$$k = \text{형상계수(5~7 ton/cm}^2\text{)}$$

따라서, Fig. 1 (B) 제품의 가공후 면적  $f$ 를 계산하니 18 cm<sup>2</sup>이고, 형상계수  $k$ 는 7 ton/cm<sup>2</sup>을 선택하여  $P$ 를 계산하였더니 126톤이었다.

아울러, 현재 사용하고 있는 펀칭력 200톤은 과대하므로 126톤으로 하강조정하였다.

#### 4. 트라이얼 및 비교검토

Fig. 8의 도면과 같이 재제작된 금형과 교체된 너클프레스를 사용하여 다음과 같이 트라이얼하였다.

##### 4.1 트라이얼

(1) 트라이얼(trial)용 프레스 : 너클 프레스 250톤

(2) 열처리로 : 오븐전기로 7.5 kW

(3) 트라이얼방법 : 샘플금형 12개를 제작하여 너클프레스에 설치한 뒤 균열이 발생될 때까지 단조작업을 시도하였다. 그중에서 5,000개 이상의 단조에 견디는 금형 3개를 선별하여 샘플 A, B, C라 하였다.

Table 1 Comparison examination

No	Content	Before study	After study
1	Pre-treatment of slug	not	Make use of under H <sub>R</sub> B 90 at that time purchas material
2	Die construction	① Punch holder ② Punch ③ Die block ④ Die holder ⑤ Retainer (Fig. 7)	① Punch holder ② Punch ③ Punch plate ④ Stopper ⑤ Die block ⑥ Shrinkage ring ⑦ Retainer ⑧ Backing plate ⑨ Die holder (Fig. 8)
3	Heat treatment work	Another company request	Consself development (Fig. 6 B)
4	Press	Friction press	Knuckle press
5	Forging pressure	200 Ton	126 Ton
6	Die life	2,000 Strokes	10,000 Strokes
7	Die cost/scissor IEA	200 Won	40 Won

#### (4) 트라이 결과

① 샘플 A방법(Fig. 6)으로 열처리한 다이블록(Fig. 8)에서는 5,000개 정도의 단조작업에서 균열 현상 발생

② 샘플 B방법(Fig. 6)으로 열처리한 다이블록(Fig. 8)에서는 10,000개 정도의 단조작업에서 균열 현상 발생

③ 샘플 C방법(Fig. 6)으로 열처리한 다이블록(Fig. 8)에서는 7,000개 정도의 단조작업에서 균열 현상 발생

#### 4.2 비교검토

균열이 자주 발생되던 연구전의 금형(Fig. 7)과 연구결과에 따라 다시 제작된 금형(Fig. 8)을 트라이얼 한후 비교검토하니 Table 1과 같은 결과를 얻게 되었다.

## 5. 결 론

이상의 연구 및 트라이얼결과 냉간단조용 금형개발에 관하여 다음과 같은 결과를 얻었으며 개발된

금형을 사용하여 메탈가위를 양산하게 되었다.

(1) 메탈가위, 소형니퍼, 스펀, 포크, 나이프, 안경다리 등과 같은 소형제품용 냉간단조 금형을 제작할 때는 콜드호빙에 의해 압입성형하여야 하며, 냉간단조용 프레스는 너클프레스를 사용해야 한다.

(2) SUS420은 냉간단조전에 어닐링과 윤활처리를 해야 한다고 되어 있으나, 본 연구에서는 생략해도 가능하였으며 어닐링과 윤활처리를 실시한다면 금형수명을 더 연장할 수 있으리라 생각된다.

(3) 금형구조에서는 균열방지를 위하여 보강링(shrinkage ring)이나 블록으로 다이블록을 반드시 보강하고, 다이블록과 보강링을 압입할 때는 열박음을 해야 한다.

(4) 열처리 작업에서 온도 및 시간보지 관계를 소재와 다이블록 재질에 따라 회사별로 생산현장에 적합하도록 자체개발해야 한다.

## 후 기

본 연구는 공업진흥청의 생산현장 기반기술 지원



사업의 일환으로 산업체의 애로기술 중에서 냉간단조용 금형분야의 기술지도를 성공적으로 수행 완료하게 되어 그것을 바탕으로 하여 작성된 논문입니다. 아울러, 기술지도를 성공적으로 완료하도록 지원하여준 충남지방공업기술원의 담당연구원 및 대성금속공업주식회사의 개발부 임직원 여러분께 감사 드립니다.

### 참고문헌

- (1) 圖解金屬塑性加工 用語辭典編輯委員會, 1985, 圖解金屬塑性加工用語辭典, 日刊工業新聞社, 東京都, pp. 124, pp. 255, pp. 373.
- (2) 板垣敏, 1983, ドイツの型鍛造, 新日本 鍛造協會, 大阪市, pp. 188~189, pp. 223~225.
- (3) 板垣敏, 1983, 鋼の型鍛造, 新日本 鍛造協會, 大阪市, pp. 17~20.
- (4) 편집부, 1993, 프레스몰드, (주)기술정보, 서울, pp. 143.
- (5) Komatsu 研究所, 1988, Cold forging metals, Komatsu Ltd, Tokyo, pp. 9~10, pp. 16.
- (6) 小松研究所, 1988, 冷間鍛造の基礎技術, (株)小松製作所, Tokyo, pp. 1~2, pp. 11~16.
- (7) Komatsu 研究所, 1988, Cold forging Process, Komatsu Ltd, Tokyo, pp. 1~4, pp. 7.
- (8) 小松研究所, 1988, 冷間鍛造の實務, (株)小松製作所, Tokyo, pp. 15~17.
- (9) 大和久重雄, 1985, 金屬熱處理 用語辭典, 日刊工業新聞社, 東京都, pp. 69, pp. 77.
- (10) 田村清, 1988, 潤滑, 日本塑性加工學會誌, 東京都, pp. 555~556.
- (11) 前田, 1972, 塑性加工, 誠文堂新光社, 東京都, pp. 39~40.
- (12) Louis Schuler, 1966, Metal forming handbook, Louis Schuler G ppingen, Hamburg, pp. 91~95, pp. 285~286.
- (13) 이봉훈, 1991, 단조기술 핸드북, 도서출판 세화, 서울, pp. 325~326.
- (14) AIDA PRESS 研究會, 1990, Press 機械, 東京都, pp. 28, pp. 88~89.
- (15) 日本金屬 Press 工業協會, 1991, Press 成形技術用語, Handbook, 日刊工業新聞社, 東京都, pp. 398.
- (16) 高本六稱, 1983, 金型工作法, 日刊工業新聞社, 東京都, pp. 277~292.