

<기술논문>

콜드호빙에 의한 냉간단조용 금형제작에 관한 연구

유헌일* · 김세환** · 서희강***

(1995년 9월 27일 접수)

A Study on the Manufacturing Cold Forging Dies by Cold Hobbing

Heonil Yoo, Sei-Hwan Kim and Hee-Kang Seo

Key Words : Cold Hobbing(냉간 다이호빙), Cold Hobbing Press(냉간 호빙프레스), Elcetrical Discharge Machining(방전가공), Cold Forging Dies(냉조용 금형), Impression(공동, 凹형상)

Abstract

It has been known that the life time of cold forging dies is shorten by the cracks and wear produced during the operation. Thus it is required to make the same new one too often. At this time of making new one the cutting work and electical discharge machining were normally used. But the precision of product is declined in every times of making the new dies due to the difference in dimensional accuracy arised from the electical discharge machining. Especially it can't meet the delivery date because the production was delayed for making another die. Furthemore it has the problem of increasing the production cost. Therefore in this study we tried to solve these problems using the cold hobbing method instead of electical discharge machining.

1. 서 론

산업현장의 금형기술은 최근 몇년 동안 눈부시게 발전하여 왔고, 이로 인한 제품 생산의 신속성, 정밀성과 대량 생산성의 필요성 때문에 금형분야의 연구개발은 지속적으로 진행되고 있다.

이렇게 사용되고 있는 금형의 종류는 프레스금형, 단조금형, 플라스틱 금형, 요업금형 등으로 분류되며, 대부분의 금형제작 방법은 주로 절삭가공과 연마가공에 의하여 이루어져 왔다. 그러나 이들 금형의 제작방법은 절삭가공에 못지 않게 비절삭가공에 의해서도 이루어 지고 있다.

비절삭가공에는 방전가공(electrical discharge

machining) 및 와이어 컷 방전가공(wire cutting E. D. M)과 마찰 및 전자빔의 열적 에너지를 사용하는 방법이 있고, 빛과 광선 초음파를 사용하여 가공하는 레이저(laser) 가공법과 초음파 가공법(ultrasonic machining)이 있는가 하면 소성가공에 의한 가공방법도 있다. 소성가공에 의한 가공방법은 포징캐스트(forging cast), 액압성형(hydro forming), 분말야금(powder metallurgy), 폭발성형(explosive forming), 전자력성형(magnetic pulse forming), 콜드호빙(cold hobbing) 등으로 분류할 수 있다.

그 중에서 콜드 호빙(cold hobbing)은 경질의 성형용 펀치(hob)로 연질의 소성이 풍부한 소재를 냉간에서 강압력으로 압입시켜서 금형의 凹부분인 임프레션(impression)을 성형제작하는 방법을 말하며, 이 방법을 사용하게 된 시기는 19세기말 영국에서 처음으로 시작하였다고 한다. 현재 일본과 독

*회원, 국민대학교 기계공학·기계설계학과

**회원, 천안공업전문대학 금형과

***한국기술교육대학

일은 상당한 수준에 이르렀다고 한다.^(1,2)

어느 회사에서는 냉간단조용 금형을 제작하여 제품을 생산할 때 금형이 자주 파손되어 동일금형을 수시로 제작하고 있다. 동일금형을 다시 제작할 때는 거의 절삭가공과 방전가공에 의하고 있다. 그런데 방전가공에 의하여 동일금형을 다시 제작하면 제작할 때마다 금형의 치수정도에 차이가 있으므로 제품의 정밀도가 떨어지고 있다. 특히, 동일금형을 수시로 제작하게 되어 이로 인한 제품생산이 지연되므로 납기를 맞출 수 없고, 생산원가가 높아지고 있음이 문제점이다.

그러나 콜드호빙은 1개의 호브 제작으로 단시간에 동일 금형을 여러개 제작할 수 있는 가공방법이므로, 본 연구에서는 방전가공에 의한 금형제작 방법 대신에 콜드호빙에 의하여 합금공구강(D2, SKD61)으로 냉간단조용 금형의 펀치와 다이블록에 임프레션을 성형 제작하여 상기의 문제점을 해결하고자 하였다.

2. 호빙가공 이론

2.1 호빙가공의 변형요인

호빙가공은 호브를 사용하여 비절삭가공으로 소재에 변형을 주어 성형하는 가공방법이며, 소재의 용적변화는 미소하고 압축 및 인장응력에 의한 소성유동에 의해 가공면에 임프레션 형상을 성형하게 된다.

Fig. 1과 같이 공구를 재료에 압입하였을 때 재료내에 확대된 소성변형 영역에서 응력과 변형이 일어난다. 그러므로 최초에 소재표면에 호브를 강하게 압입함으로써 접촉면에는 압축응력이 생긴다.

그러나 압축응력에 의해 변형되는 곳은 중심선상에서는 호브면보다 아래 방향에 있으며, 호브 바로 밑의 압축에 의한 전단응력은 최대라 할 수 없고 호브면의 미끄럼선에서 보는 바와 같이 내부원 가까이에서는 접촉부에 변형이 일어난다.^(3,4)

또 초기에 있어서의 소재(펀치, 다이블록)의 상 표면은 원주방향으로 인장응력, 반경방향에 압축응력이 작용하므로, Fig. 2에 미끄럼선을 표시한 대로 2축 응력(biaxial stress) 때문에 호브 주변에 있어서의 재료의 미끄럼선은 스파이럴상(spiral profile)이 되고, 재료가 항복유동하게 된다. 그에 따라 호브의 압입으로 인하여 소재는 내부에서 외부로 향해 점차 변형해 가는 것을 알 수 있다.

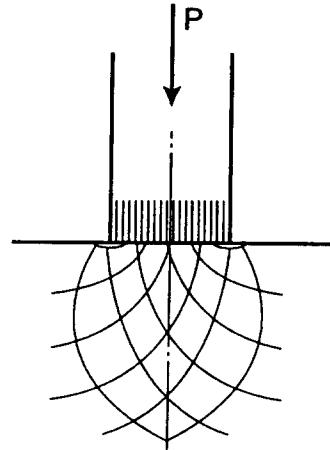


Fig. 1 Slip line of hob and work material

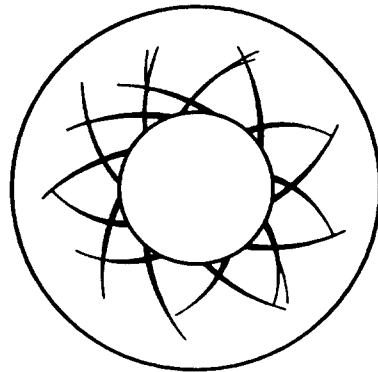


Fig. 2 Slip line of work material surface

2.2 호빙가공 이론

금속에 소성변형을 이용한 가공으로 열처리를 하여 단단해진 호브를 호빙성이 좋은 가공소재에 상온에서 서서히 밀어 넣어 임프레션부를 가공하는 방법으로, 1개의 호브에 의해 여러개의 같은 모양의 제품(금형에서는 펀치와 다이블록)을 단시간에 성형할 수 있다.⁽⁵⁻⁷⁾

호브 재질의 열처리는 가공 소재에 적합한 것을 선정하여 가공경화를 최소한으로 막고 호브의 응력을 조금이라도 저하시킬 수 있어야 한다.

호브와 가공 소재와의 마찰을 가급적 적게하여 압축하중이 적게 작용하도록 국부적인 응력집중을 피하고, 소재 내부의 변형저항을 고르게 하여 하중에 대해서 가급적 큰 변형을 얻어야 한다. 그중 중요한 몇 가지 요인에 대하여 살펴 본다.

2.2.1 호빙 가압력과 속도 및 윤활

호브를 소재에 압입하려면 선정된 가공 소재의 강도, 재질과 치수, 임프레션 면적, 호브와 소재간의 마찰, 소재의 가공 경화도, 호브의 구조, 호브와 소재간의 가공깊이(임프레션 깊이) 등에 대한 하중이 필요하다.

프레스의 용량은 호빙에 필요한 하중으로 결정하여 호브에 가해지는 힘에 대한 식은 다음과 같다.^(6,7)

$$P = A \times Up$$

여기서, P =호브에 가해지는 힘 (ton), A =호브의 투영면적 (mm^2) 이고, Up =소재의 인장강도에 대한 비하중 (ton/mm^2) (소재의 인장강도 $70\sim 85\text{kg}/\text{mm}^2$ 일때 $0.3\sim 0.35 \text{ ton}/\text{mm}^2$)

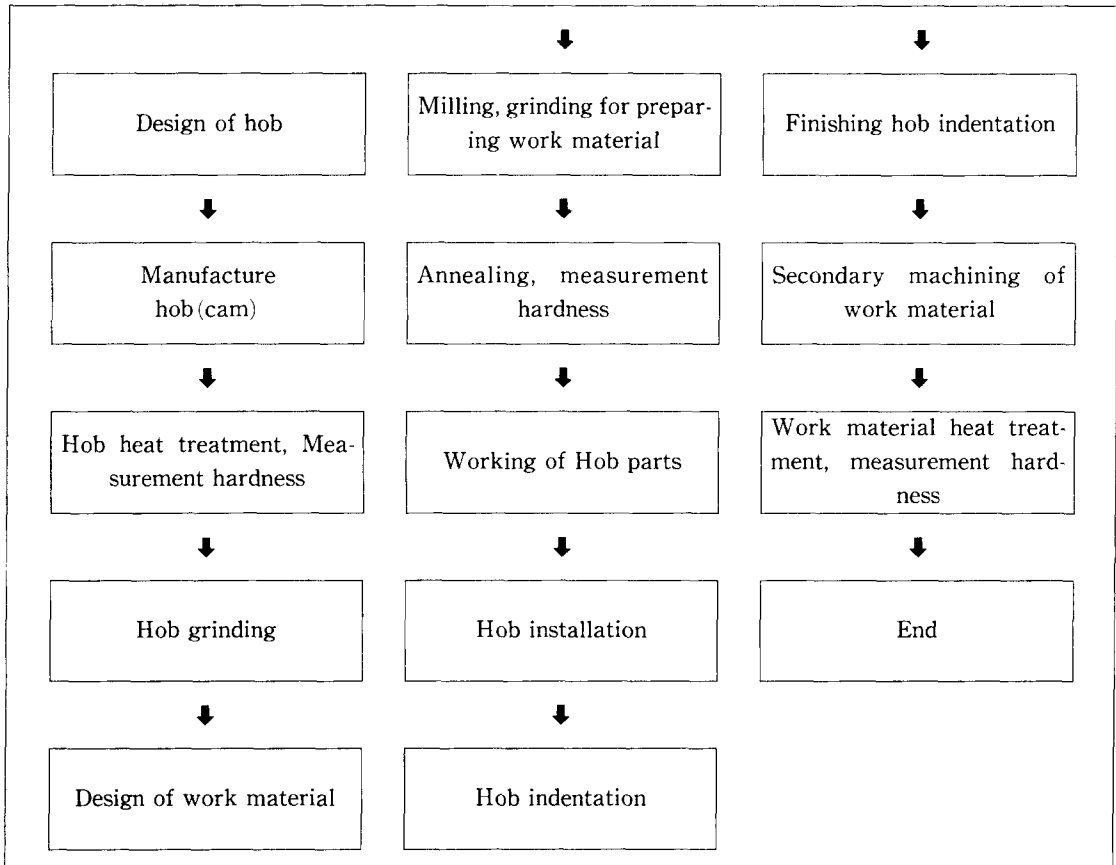
이 호빙력의 값은 복잡한 형의 제작에 사용되는 최대값이며 보통은 이들의 값보다 다소 낮게 잡아도 사용할 수 있다.

일반적으로 호브에 가해지는 힘이 극히 작으면 호브압입이 곤란하며 호브압력이 극도로 높으면 호브의 파괴 및 소재형상에 변형이나 파괴를 가져올 수 있다.

호빙에 가해지는 힘은 가공경화성에 의해 가공속도의 증가에 따라 함께 증가한다.

호브는 내압하중이 충분히 높고 금형재료는 피막 처리를 한 연질소재일 때 호브의 가공속도는 $0.15\sim 0.2 \text{ mm}/\text{sec}$ 까지 충분히 가능하며 일반적으로는 $0.001\sim 0.15 \text{ mm}/\text{sec}$ 정도의 느린속도로 밀어 넣어 소재를 소성변형 시킨다.^(6,8) 호브의 축방향에서는 소재와의 면사이에 압축응력이 강하게 작용하므로 큰 마찰력이 작용하며 이 때문에 압하방향에 인장응력이 작용한다. 가공이 진행됨에 따라 가공경화 현상과 함께 그 마찰력은 커지고 부착마찰 (sticking friction) 상태가 되며 따라서 국부적인 미소한 용착에 의해 소재표면에 국부적 인장응력이

Table 1 Process of hob and work material indentation



작용하며 파단이 생긴다. 이로 인하여 소재에서는 국부적인 녹아붙음(seizure)이나 갇아먹음(galling)의 과정이 확대되고 가공 불능상태가 되거나, 또는 미세한 균열이 생기는 원인이 되며⁽⁶⁾ 이를 방지하기 위해서는 소재에 인산염 피막처리 혹은 호브에 황산구리 피막처리를 한다. 또 다른 방법으로는 가공 소재와 호브 사이에 고체 윤활제나 극압유, 실리콘유, 동식물유를 사용하기도 한다. 이때 호브 정상부의 조각부분 혹은 내면 코너부는 윤활제가 이 부분에 들어가 호브성이 나빠질 수도 있으므로 주의해야 한다.

2.2.2 호빙작업 공정

콜드호빙에 의한 금형제작에 관한 제조공정은 호브제작, 소재제작 및 압입작업으로 크게 나눌 수 있으며, 그 과정은 Table 1과 같다.

콜드호빙으로 금형의 임프레션을 성형하기 위해서는 호브를 설계하여야 하며, 설계시 호브의 형상, 압입길이, 호브의 응력분포, 호빙압력을 고려한 재질의 선정 등을 해야 한다.

호브의 제작은 형상에 따라 일반 공작기계를 사용하고, 복잡한 형상의 호브는 3차원 가공기 및 특수가공으로 제작한다.

호브에는 고압이 작용하므로 호브의 열처리 및 경도의 측면에서 파손 및 마모를 가능한 피하기 위해 호브표면은 열처리후 래핑하여야 한다.⁽⁹⁾

소재설계는 호브압입시 소재의 변형을 고려한 설계와 프레스에 설치하는 방법, 금형에 대한 제품생산량 등도 상당한 인자가 되며 소재의 형상, 재질 선정 또한 중요하다. 또 재질에 따라 경도가 높은 재질은 어닐링(annealing) 처리하여 사용해야 호빙성을 향상시킬 수 있다. 소재제작은 공작기계를 활용하고 압입되는 표면은 가급적 정밀하게 다듬질되어야 한다.

호브설치는 호빙 프레스램에 설치하며 호브와 소재가 평행하도록 하여야 한다. 이 때 평행이 불안정하면 호브의 파손 및 소재에 손상을 가져온다. 설치작업이 끝나면 호브와 소재 사이에 윤활제를 주입하여 압입시 발생하는 마찰을 최소한으로 줄이도록 한다.

호빙작업이 완료되면 소재에서 호브를 빼내야 하며 이 때 호브의 파손을 조심해야 한다. 소재는 호브로 인하여 소성변형이 생기므로 별도의 후가공이 필요하다. 후가공이 완료된 소재는 열처리하여 금

형의 펀치와 다이블록으로 사용한다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 호브제작

모 회사에서는 메탈가위(여성용 미용가위) 제작용 냉간단조용 금형의 펀치와 다이블록의 임프레션을 절삭가공과 방전가공에 의하여 제작하고 있었다. 이렇게 제작된 금형을 사용하여 양산작업을 할 때 펀치나 다이블록에 균열과 마모현상이 자주 발생되므로 수시로 금형제작을 해야 하고, 이로 인한 작업지연이 초래되므로, 이 방법을 바꾸어 콜드호빙에 의한 방법으로 펀치와 다이블록을 제작하고자 호브를 Fig. 3과 같이 제작하였다.

호브 재질은 우수한 기계적 성질과 내마모성 및 열처리에 의한 최소의 치수변형, 높은강도 등의 이점을 가지고 있는 합금공구강(D2)이며⁽⁹⁾ 제작방법은 호브형상의 복잡성 때문에 CAM에 의하여 제작하였다.⁽¹⁰⁾ 이 때의 사용된 프로그램은 KAPT III (Cubictek Co. Ltd.)를 사용했으며, 기계는 머시닝센터(TNV-80A, Korea)로 컨트롤러(controller)는 FANUC 0-M을 부착하였다.

호브의 외형을 $\phi 5\text{ mm}$ 볼랜드밀을 사용하여 1차(황삭) 가공후 초경 로터리버(solid carbide rotary burr)를 사용하여 2차(정삭) 가공작업을 하였으며, 다듬질(래핑) 작업은 몰드스톤(mold stone) #400,

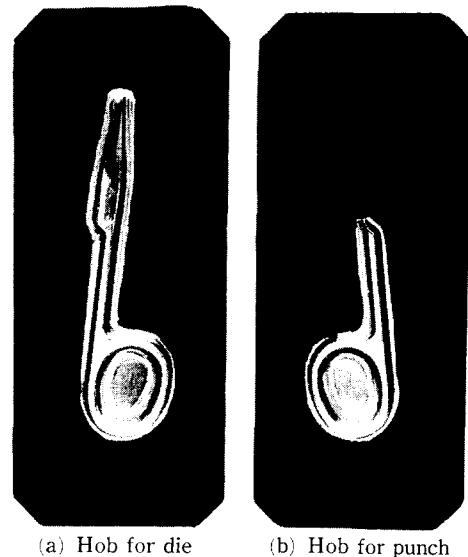


Fig. 3 Profile of hob

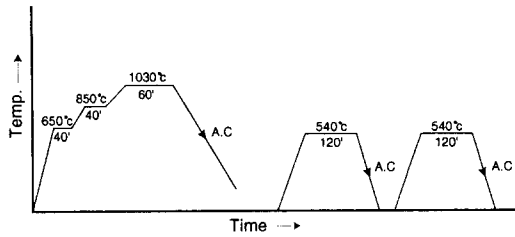


Fig. 4 Quenching and tempering of tool alloy steel (D2)

#800, #1000을 사용하여 가공하였다. 호브의 기계적 가공을 마친후 담금질(quenching)과 템퍼링(tempering)을 행하고, 몰드스톤 #1000, #1200을 사용하여 완성하였다.

호브는 높은 압축강도에 의한 변형, 파손을 방지하기 위해서는 열처리를 하여 높은 강도를 얻어야 한다. 즉, 호브의 표면 및 중심부도 충분한 강인성을 발휘하도록 열처리를 하여 호브의 수명을 연장시켜야 한다.

Fig. 4는 호브의 열처리 작업에 관한 공정도를 나타낸 것이다.⁽¹¹⁾ 공정도에서 보는 바와 같이 담금질(quenching)을 하고자 하는 호브의 열응력을 감소시키고 균일한 가열을 위해 650°C에서 40분간 1차 예열한 다음 850°C에서 40분간 2차 예열한 후 오스테나이트(austenite)화 온도(1030°C)에서 호브의 내부가 균일한 온도가 되도록 60분을 유지시킨 후 공냉(air cooling A. C) 시켰다. 담금질 응력(quenching stress) 제거 및 변형방지의 목적으로 540°C에서 120분씩 1차, 2차에 걸쳐 템퍼링(tempering)하였다.

3.2 소재(편치와 다이블록용) 제작

실험에 사용되는 편치와 다이블록을 제작하였다. 편치 및 다이블록 소재는 어닐링하지 않은 합금공구강 D2(SKD11종과 동일)와 SKD61, 그리고 어닐링한 D2와 SKD61을 사용하였다.

호빙되는 소재의 표면은 밀링가공후 연마가공 하였으며 밀링가공에 사용된 기계는 수직형 밀링머신(vertical milling machine, HWA-CHEON HMV-F-1100)으로 가공속도는 520 rpm, 이송속도 127 mm/min, 이송길이 0.05 mm로 가공하였다.

연마가공에 사용된 기계는 평면연삭기(YOUIL, YGS-63A)로 연삭속도 1800 rpm, 이송속도 0.5 m/min, 이송길이 0.05mm, 0.2 mm로 각각 가공

하였으며 연삭숫돌은 WA46 H7 V W35를 사용하였으며, 경도는 브리넬 경도계(KYEONG DO MFG. LTD.)를 사용하여 측정하였다.

호빙작업은 깊이가 증가하면 소재의 시효경화현상이 발생하게 되므로 어닐링(annealing)을 하므로써 호빙성을 좋게 하며 입입압력을 적게 하여 준다.⁽⁹⁾

합금공구강의 표면에 산화막 형성을 줄이기 위하여 스테인리스판(0.2 mm)으로 포장한 다음 전기가열로(Ah Jeon Industrial Co. LTD. operating temperature 1500°C, Korea)를 사용하여 다음과 같이 어닐링하였다.⁽⁹⁾

D2(SKD11 동일)강은 900°C로 가열하여 240분 동안 유지하고 480°C까지 시간당 20°C로 냉각하여 480°C에서 노냉하였다. SKD61강은 870°C로 가열하여 이 온도에서 180분 동안 유지한 후 480°C까지 시간당 15°C로 냉각하여 480°C에서 노냉하였다.

3.3 실험장치

실험에 사용된 프레스는 Fig. 5의 국내산 냉간호빙 프레스(cold hobbing press, 500 ton)이다.

호빙작업시 호빙압력과 호브의 깊이를 알기 위하여 압력게이지 및 다이얼게이지를 설치하였고, 안전장치로 리밋스위치를 설치하여 가공 깊이 이상으로 작업이 진행되면 자동으로 정지하게 설치하였다.

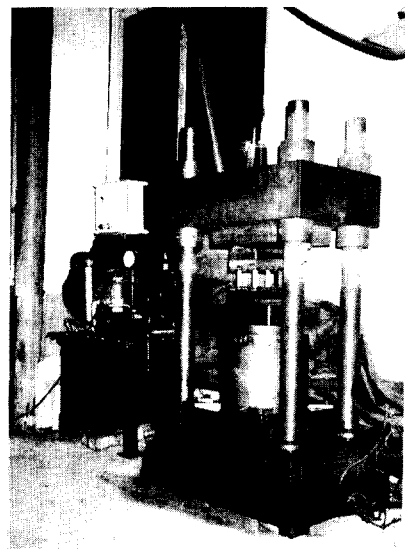


Fig. 5 Cold hobbing press

Table 2 Specification of die and punch condition of die

Content Specimen	Tensile strength (kgf/mm ²)	Hobbing pressure (kgf/cm ²)	Hobbing area (mm ²)	Hobbing depth (mm)	Hobbing time (sec)	Hobbing speed (mm/sec)
D2	86	360	633	2	120	0.017
D2 (Annealing)	72	300	633	2	120	0.017
SKD61	78	330	633	2	120	0.017
SKD61 (Annealing)	70	290	633	2	120	0.017
D2	86	270	483	2	120	0.017
D2 (Annealing)	72	230	483	2	120	0.017
SKD61	78	250	483	2	120	0.017
SKD61 (Annealing)	70	220	483	2	120	0.017

호브 및 소재와 작업의 용이성을 위하여 상형 압입판과 하형 압입판에 가이드핀을 설치하고 호브작업시 호브의 파손방지 및 정확한 작업이 이루어 지도록 설치하였다.

3.4 실험방법

편치와 다이블록의 소재표면을 절삭 및 연마가공으로 만든 편치의 소재를 냉간호빙 프레스(cold hobbing press)의 볼스터에 고정시키고 호브를 호브플레이트에 설치한 뒤 Table 2의 조건으로 서서히 압입시켰다. 이 때의 압입속도는 0.017 mm/sec로 하였으며, 압입 작업시 발생하는 마찰력을 감소시키고 호브의 마모를 방지하기 위해 윤활유는 극압유를 사용하였다.

편치의 임프레션 성형이 끝난뒤 같은 방법으로 다이블록의 임프레션도 성형하였다. (Fig. 6) 아울러 성형 과정에서 소재가 호브에 의해 압입되기전의 섬유조직과 호빙작업후 소재의 표면거칠기를 측정하여 비교하기로 하였다. 그리고 성형이 완성된 편치와 다이블록을 조립한 후 시험단조된 제품을 종래의 방법에 의한 제품과 비교 검토하기로 하였다.

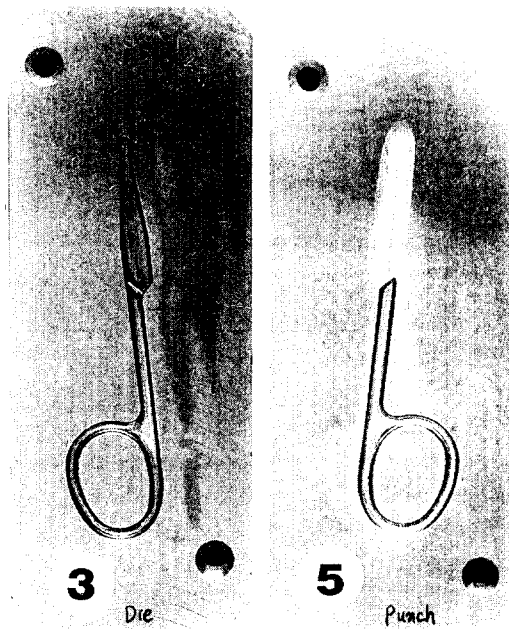


Fig. 6 Finished Die and Punch

4. 실험결과 및 고찰

4.1 소재의 조직 고찰과 결과

Fig. 7은 호빙압력에 따른 가공 소재별 임프레션 압입깊이를 측정된 것이다. D2보다는 SKD61이 호빙력이 작았으며, 특히 어닐링(annealing)된 소재

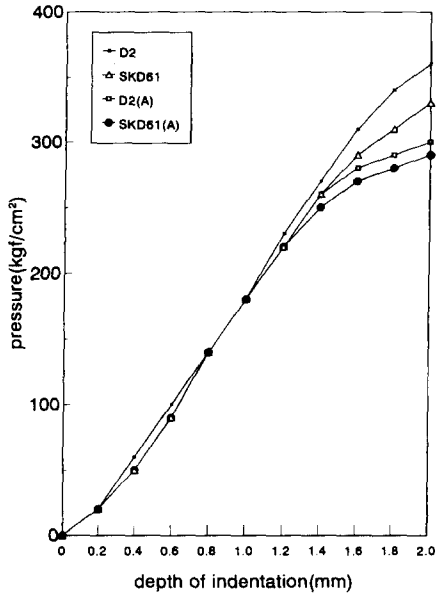


Fig. 7 (a) Relationships between hobbing pressure and depth of indentation (hob vs die block)

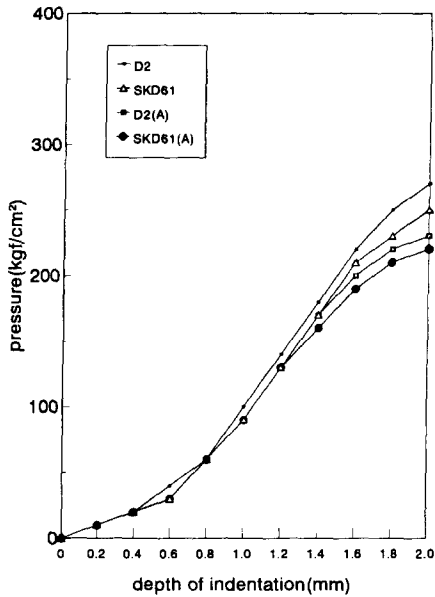


Fig. 7 (b) Relationships between hobbing pressure and depth of indentation (hob vs punch)

에서의 호빙력은 압입깊이가 1.2 mm 이상 될 때 낮게 됨을 알 수 있었다.

Fig. 8은 호빙작업 전후의 소재의 섬유상 조직을 나타낸 것이다. (a)는 압입전 소재의 섬유조직으로 섬유방향의 흐름이 일정하나, (b)는 흐름이 일

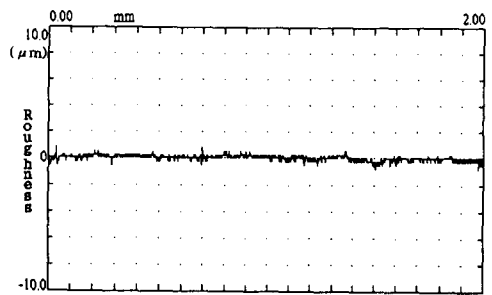


(a) Before hobbing

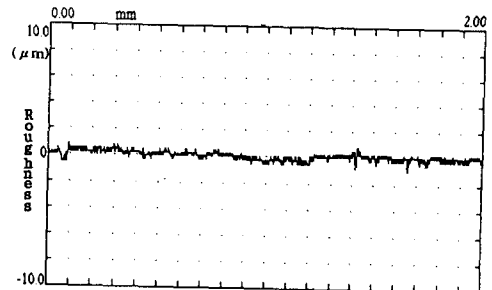


(b) After hobbing

Fig. 8 Plastic flow in hobbing



(a) Hob for punch indentation



(b) Hob for die indentation

Fig. 9 Surface roughness of hob

정한 섬유방향에 호브를 압입했을 때의 조직으로 호브형상으로의 흐름이 변해 있는 것을 알 수 있다. 따라서 소재의 섬유조직에 손상 없이 작업이 진행되었으며 가공전과 같이 섬유상 조직이 그대로 남아 있기 때문에 열처리 후의 경도나 강도에 크게 영향하지 않으므로 내구성의 면에서도 문제가 없음을 알 수 있었다.

4.2 표면거칠기 결과

호빙작업 면은 호브를 소재에 압입하므로 소재의 표면은 변형이 되고 이로 인하여 임프레션 형상이 형성된다.

Fig. 9는 호브의 표면거칠기를 나타낸 것이다. 여기에서 (a)는 펀치 압입용 호브인데, 측정길이는 2 mm를 측정하였고, 표면거칠기 Ra 0.2 μm ,

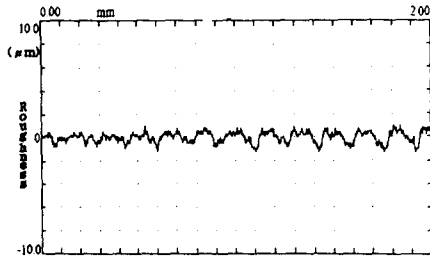
Table 3 Surface roughness of hob (μm)

Measurement value Indentation	Roughness		Waviness	
	Ra	Rmax	Wa	Wq
Hob of punch indentation	0.2	2.8	0.4	0.4
Hob of die indentation	0.2	1.6	0.4	0.6

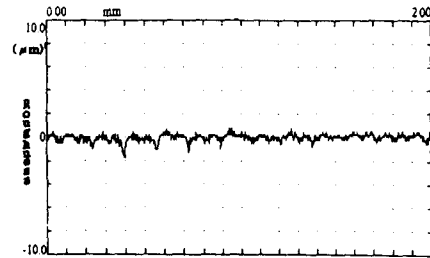
Rmax 2.8 μm 를 나타냈으며, (b)는 다이블록 압입용 호브로서 측정길이는 위와 동일하고 표면거칠기 Ra 0.2 μm , Rmax 1.6 μm 를 나타냈다.

Table 3은 호브의 측정 결과의 값을 나타낸 것이다.

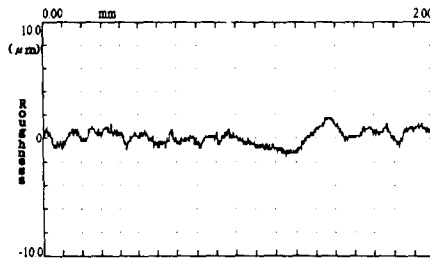
Fig. 10은 호빙가공에 따른 소재의 압입전과 압입후의 표면거칠기의 관계를 나타낸 것이다.



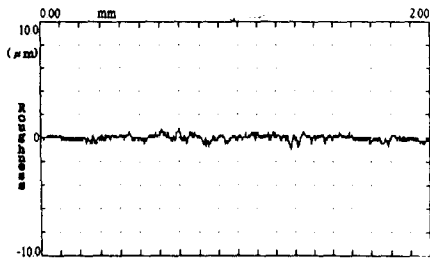
(a) Finished surface in milling



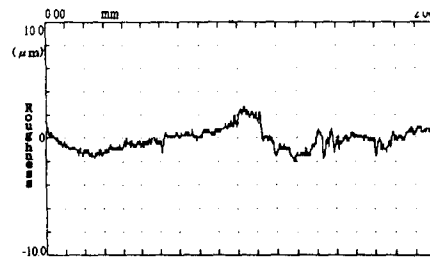
(b) Finished surface in hobbing



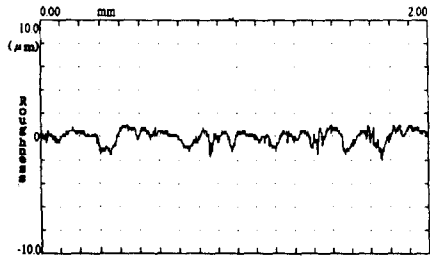
(c) Finished surface in grinding



(d) Finished surface in hobbing



(e) Finished surface in grinding



(f) Finished surface in hobbing

Fig. 10 Surface roughness of work material

Table 4 Surface roughness of work material (μm)

Content	Roughness		Waviness	
	Ra	Rmax	Wa	Wq
Hob for die indentation	0.2	1.6	0.4	0.6
Work material for milling	0.6	3.8	0.2	0.3
Work material for milling (After hobbing)	0.2	3.0	0.3	0.3
Work material for grinding	0.5	4.0	0.6	0.8
Work material for grinding (After hobbing)	0.2	1.8	0.2	0.3
Work material for grinding	0.8	6.8	1.5	1.8
Work material for grinding (After hobbing)	0.5	4.8	0.7	0.9

각 소재의 표면은 호빙 가공전의 표면거칠기 값에 비하여 호빙가공후 표면거칠기 값이 적게 나타남을 알 수 있으며, 또 호빙가공전 소재의 가공면 거칠기에 따라서 호빙가공 후의 표면거칠기 값은 가공전 보다 상당한 차이를 보이고 있다. 그러므로 호빙 가공시 소재의 표면을 정밀하게 가공 하므로써 압입후 금형의 표면거칠기 값을 좋게 얻을 수 있음을 알게되었다. 따라서 방전가공에서는 임프레션면에 래핑작업을 3~4시간 하였으나 콜드호빙에서는 생략할 수 있었으며 특히 래핑하기 곤란한 구석부위의 표면조도도 만족스럽게 나타났음을 Fig. 10과 Table 4에서 볼 수 있다.

4.3 시작품 단조후 비교검토

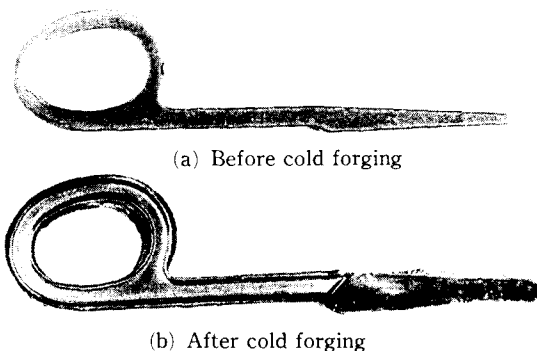
콜드호빙에 의하여 성형된 펀치와 다이블록을 금

형의 부품들과 연계시켜 조립하여 냉간단조 금형을 완성하였다. Fig. 11은 이 금형을 사용하여 시작품으로 메탈가위를 단조한 것이다.

즉, 시험용으로 사용할 소재(slug)인 블랭크(Fig. 11(a))를 20개 블랭킹하여 냉간단조된 제품(Fig. 11(b))을 관찰하여 보았다.

중전에 방전가공에 의하여 제작한 금형으로 단조된 제품과 비교할 때 플래시(flash)도 적고, 소재가 임프레션 공간을 완전히 충만시켜 주었고, 표면상태도 매끈한 양질의 제품을 얻을 수 있었다. 시작품에서 훌륭한 결과를 얻었으므로 금형수명이 다할 때까지 제품을 양산한 뒤 펀치와 다이블록을 교체시켜 다시 조립된 금형으로 단조된 제품을 비교 검토하였을 때 역시 똑같은 제품을 얻을 수 있었다.

금형수명을 다하였을때 금형을 방전가공으로 제작하여 제품을 단조하였을때는 금형별로 제품의 치수정도에 약간의 차이가 있었으나 콜드 호빙에 의하여 제작한 금형으로 단조된 제품은 똑같았음을 알 수 있었고, 아울러 금형제작 시간이 8시간에서 1시간 정도로 단축하게 되어 금형이 차지하는 원가도 매우 절약하는 효과를 얻을 수 있었다.

**Fig. 11** Forged metal products

5. 결 론

본 연구에서는 냉간단조 금형의 펀치와 다이블록 임프레션을 콜드호빙에 의한 방법으로 성형제작하

여 메탈가위를 시험단조한 결과 호브와 소재의 압입에 따른 소재의 섬유조직 변화관계, 임프레션면의 표면조도, 제품의 정밀도, 금형제작 시간 등에 대하여 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

(1) 소재의 섬유조직은 콜드호빙 전후 거의 일정하게 나타나므로 강도나 경도에서 문제점이 없음을 알게 되어 냉간단조용 펀치와 다이블록의 임프레션 가공은 콜드호빙에 의한 방법이 바람직함을 알 수 있었다.

(2) 콜드호빙후 임프레션면의 표면조도는 방전가공에 의한 것보다 깨끗하고 정밀하게 나타남을 알 수 있었다.

(3) 방전가공에 의한 금형 제작에서는 임프레션형상의 동일치수 가공이 곤란하고, 방전면 구성부 래핑작업이 불가능하였으나 콜드호빙으로 바꾸므로써 동일치수 가공이 용이해졌으며 래핑가공도 생략할 수 있었다.

(4) 균열과 마모가 극심한 냉간단조금형의 임프레션 가공은 콜드호빙에 의한 방법이 유리함을 알 수 있었다.

(5) 콜드호빙에 의한 금형제작은 동일형상의 임프레션을 단시간에 여러개 제작할 수 있으므로 금형제작 시간을 단축하게되어 생산성 향상 및 제조원가를 절감할 수 있었다.

서울, pp. 407~417.

- (2) 최재찬, 김병민, 1994, 소성가공에 있어서의 금형수명, 월간금형저널, 서울. pp. 122~125.
- (3) 이동령, 1992, 塑性加工學, 문운당 서울, pp. 213~228.
- (4) 유승원, 이종국, 이중기, 1993, 소성가공, 원창출판사, 인천, pp. 86~93.
- (5) 공업교육연구원, 1983, 금형제작법, 학연사, 서울, pp. 208~290.
- (6) 高木六彌, 1974, 금형공작법, 기전연구소, 서울, pp. 273~290.
- (7) 稿本明, 1989, 프레스작업과 형공작업, 세화출판사, 서울, pp. 407~417.
- (8) 김남훈, 최종순, 1988, 알기쉬운 금형, 기전연구소, 서울, pp. 146~193.
- (9) 편집부, 1978, 특수강, 한국 종합 특수강(주), 서울, pp. 333~366.
- (10) 이철수, 1990, NC프로그램과 커스텀 매크로, 한국금형정보센터, 서울, pp. 107~152.
- (11) 이병권, 1986, "냉간금형용강 SKD11의 열처리 조건에 따른 기계적 성질에 관한 연구," 석사학위논문, 한양대학교, 서울.

참고문헌

- (1) 최태규, 1987, 최신금형공작법, 기전연구소,