

냉간단조용 에너지 절감형 수용성 윤활제의 처리공정

*임우진¹, 이인수², 고대철³, 김병민[#]

¹ 부산대학교 정밀기계공학과, ² 부산대학교 정밀기계공학과, ³ 동남권부품소재산학협력혁신사업단, [#] 교신저자 부산대학교 정밀기계공학부, bmkim@pusan.ac.kr

Process of Low Energy Water-Soluble Lubricant for Cold Forging

*W. J. Lim¹, I. S. Lee², D. C. Ko³, B. M. Kim⁴

¹ Dept. of Mech. Eng., Pusan. Nat Univ., ² Dept. of Mech. Eng. Pusan. Nat Univ, ³ Industrial Liaison Innovation Cluster,

[#] Dept. of Mech. Eng. Pusan. Nat Univ. bmkim@pusan.ac.kr

Key words : Inline Lubricant Process, zinc phosphate coating

1. 서론

인산염피막(zinc phosphate coating)처리는 금속소재의 표면과 인산염과의 화학반응에 의한 피막을 생성시키고 피막에 윤활제를 반응시킨 금속비누로 강력한 윤활피막을 형성시키는 방법이다. 이 윤활처리는 냉간가공에서 발생하는 높은 압력과 온도로 인한 윤활제 소착을 방지하고 금속비누에 의한 윤활효과로 뛰어난 성형성을 가지게 한다.

하지만 인산염피막처리는 Table 1 과 같이 탈지, 수세, 산세, 수세, 탕세, 피막처리, 수세, 중화, 윤활 등의 많은 공정을 거쳐야 하기 때문에 이 과정에서 많은 에너지 소비가 발생하며 처리시간도 오래 걸뿐만 아니라 슬러지(Sludge) 및 오/폐기물의 부생성물 발생으로 인체에 유해한 환경적인 문제뿐만 아니라 부생성물의 처리비용도 많이 든다[1].

본 연구에서는 기존의 인산염 피막 공정이 가지는 공정수와 대처하기 위해 새롭게 개발된 친환경적인 수용성 윤활제와 윤활 처리 장치로 윤활제 성능 및 에너지 절감 효과에 대한 평가를 수행하였다. 윤활 성능테스트는 스파이크 포징 실험과 전후방 압출 실험으로 수행하였고 양호한 윤활 성능과 공정수 단축으로 인한 에너지 절감 효과를 얻을 수 있었다.

2.수용성 윤활제와 인산염 피막의 공정 비교

본 실험에서 사용된 친환경적인 수용성 윤활제는 철강, 스테인레스 및 비철금속의 냉간 단조에 사용되는 비반응형 윤활제로써 침적 처리하여 건조시 우수한 윤활 피막을 얻을 수 있으며, 폐수와 폐기물 발생이 없는 친환경적인 윤활제이다.

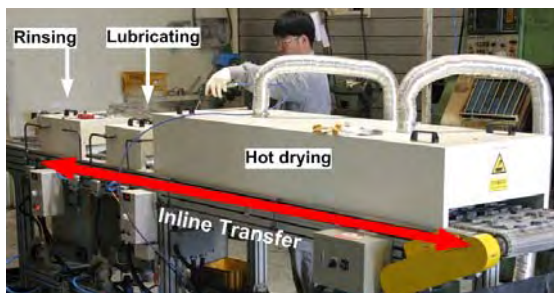


Fig. 1 Device for lubricating water-soluble lubricant

Inline 윤활처리 장치는 인산염 피막 처리 공정에서 나타나는 여러 공정을 Fig.2 과 같이 탕세, 윤활, 건조의 4 공정으로 간소화 하여 수용성 윤활제를 도포할 수 있는 윤활

처리 장치로 각 공정 별 조건을 Table 2 에서 나타내었다.

Table 1 Sheet of zinc phosphate coating process

No.	Process	Processing time [min]	Temperature [°C]
1	Degreasing	5~10	80~90
2	Rinsing	1~2	Room temp.
3	Pickling	5~8	Room temp.
4	Rinsing	1~2	Room temp.
5	Rinsing	1~2	70~80
6	Bonderite	5~8	80~90
7	Rinsing	5~8	80~90
8	Neutralizing	1~2	Room temp.
9	Bonderlube	2~3	70~80
10	Drying	5~10	80~90

Table 2 Process sheet of lubricating water-soluble lubricant

No.	Process	Processing time [min]	Temperature[°C]
1	Rinsing	1	80~90
2	Lubricating	0.1	40~55.
3	Drying	1~2	90~95

Table 1 과 Table 2 를 비교하여 수용성 윤활제를 사용하여 윤활 처리를 할 경우 기존의 인산염 피막 처리공정보다 처리 공정이 10 에서 3 공정으로 감소하고, 처리 시간뿐만 아니라 윤활 처리시 소비되는 에너지도 대폭 절감 할 수 있음을 알 수 있다.

3.윤활제의 성능 평가 및 결과

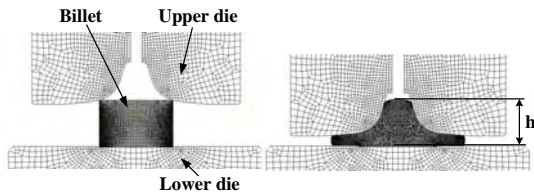
3-1 윤활제 성능 평가 방법

냉간단조용 윤활제의 성능평가는 마찰계수 (friction coefficient, μ) 및 마찰상수 (friction factor, m)를 평가하기 위한 실험으로 본 연구에서는 소재의 유동이 큰 전후방 압출 실험과 극압 조건에서 윤활 성능 평가가 가능한 스파이크 포징 실험을 수행하였다. 또한 각각의 실험에 대한 윤활제의 성능판단 기준인 마찰표(calibration curve)는 DEFORM-2D 에 의해서 얻어졌다.

실험은 L27(3¹³)형, L9(3⁴)형 직교 배열표를 이용한 실험계획법을 이용하여 계획, 수행하였다.

3-2 스파이크 포징 실험

스파이크 포징 실험은 상부 다이가 내려와 봉재 시험편을 가압하면서 업셋팅(upsetting)과 후방 압출(backward extrusion)이 동시에 일어나는 성형법으로 후방 압출되는 높이로 마찰 상수를 결정하는 방법이다. 실험 결과 값의 비교를 위해 먼저 calibration curve 를 얻기 위해서 FEM 해석을 Fig 2.과 같이 수행하였다. 이어서 실제 금형과 시험편을 이용하여 Fig.3 과같이 실험을 수행 하였다. 실험에 사용된 장비는 유압식 200Ton 프레스를 사용하였다.



(a) Before forming (b) After forming
Fig. 2 Spike forging test

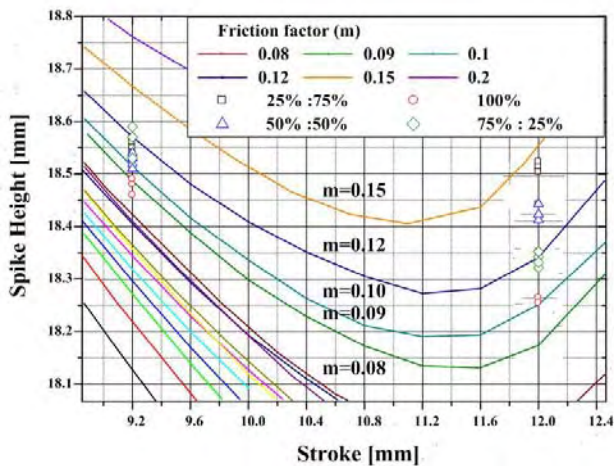
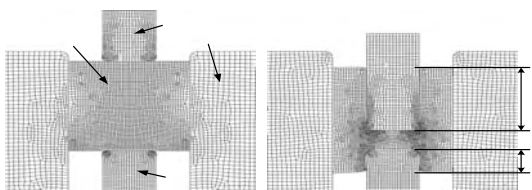


Fig. 6 Calibration curve of spike forging test

3-3 더블컵 포징 테스트

전후방 압축 실험은 봉재 시험편을 컨테이너 안에 넣은 뒤 동일한 형상의 펀치로 위, 아래에서 축 방향 하중을 가해여 소재가 전후방 압출될 때 각 방향의 압출된 높이로 마찰 상수를 평가하는 방법이다.. 스파이크 포징과 같이 calibration curve 를 얻기 위해서 FEM 해석을 Fig 4 와 같이 수행하였고 이를 바탕으로 실험 결과 데이터를 비교하여 윤활유의 성능을 테스트 하였다.



(a) Before forming (b) After forming
Fig. 3 Double cup extrusion test

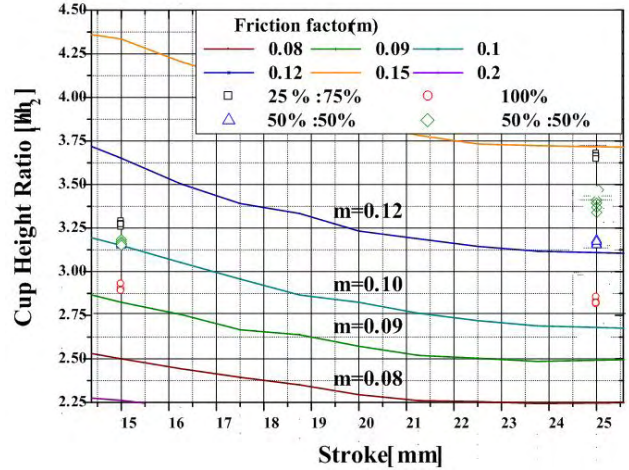


Fig. 4 Calibration curve of double cup extrusion test

본 실험에 사용된 장비는 600ton 의 기계식 프레스를 사용하였으며 윤활제의 도포량과 윤활처리 후 방치시간에 따른 경우의 수에 따라 상부 펀치 스트로크 6.65[mm], 16.7[mm]에 대해 각각 36case 에 대해 3 회씩 수행하였다.

4. 결론

실험에서 사용된 윤활처리는 인산염 피막처리공정보다 공정수가 대폭 감소되어 에너지 절감 및 공정시간 단축, 공정수 감소로 인한 설비공간의 최소화, 수용성이고 친환경적인 윤활제 특성으로 윤활제의 환경 오염 문제도 개선을 얻을 수 있었다.

실험계획법의 간이 분석법에 의해 분석된 결과 주된 기여도는 희석비 97%, 윤활 처리 온도 0.9%, 방치시간 0.5%의 순으로 희석비가 윤활 성능에 가장 큰 영향을 끼치는 것으로 분석 되었다.

이번 연구에서 비록 인산염 피막에 비해 마찰성능이 떨어졌지만 지속적인 윤활제의 진보와 윤활 처리 공정의 최적화에 대한 연구로 작은 에너지와 단순한 처리공정의 처리과정에서도 친 환경적이고 높은 윤활 성능을 가지는 윤활제 개발의 가능성을 확인했다.

후 기

실험을 할 수 있도록 실험 전반의 과정을 도와주신 포징 솔루션과 거양금속, 광호 정밀 관계자 여러분께 감사의 말씀을 드립니다.

참고문헌

1. T. Altan, 2004, Evaluation of new lubricants for cold forging without zinc phosphate coating, ICFG Annual Meeting, Turkey, September 13/15.
2. F. Fereshteh-Saniee, H. Bayateefar, 2002, Experimental comparison of different friction tests in bulk metal forming, Advanced technology of plasticity, Vol.1, pp. 91~96.