

초고강도강판의 마찰특성에 관한 연구

김남진¹, 김상현², 정경환², 박성호², 금영탁[#]

Study on the Friction Characteristics of Advanced High Strength Steel Sheet

N. J. Kim, S. H. Kim, K.-H. Jung, S.-H. Park, Y. T. Keum

Abstract

In this study, the friction test was performed to find friction characteristics of advanced high strength steel (AHSS) sheets and the multiple regression method was employed to obtain friction models. The friction coefficients associated with the lubricant viscosity, drawing speed, and blank holding pressure are measured. Differently from GA steel sheets, the effects of the lubricant viscosity and pulling speed are a little, which are explained by a theory of adhesion and wear as well as a deformation of friction surface. In addition, the effects of friction parameters are numerically represented by friction regression models.

Key Words : Friction Coefficient, Friction Test, Blank Holding Pressure, Drawing Speed, Lubrication Viscosity, Friction Model, Adhesion, Wear

1. 서론

최근 자동차 차체의 주요소재 제작에 안정성과 연비효율을 목적으로 700MPa 이상의 초고강도강판(Advanced High Strength Steel Sheet)의 사용이 증가되고 있다.

하지만 초고강도강판에 대한 정량화된 마찰특성에 대한 연구가 부족하여 성형해석의 정확도가 떨어지면서 성형해석의 가장 큰 목적인 시간과 비용의 절약이 잘 이루어지지 않고 있다. 따라서 초고강도강판의 고정도 성형해석 및 성형 안전성 확보를 위하여 정량화된 마찰특성에 관한 연구를 통해 성형해석의 정확도를 향상시키는 것이 중요하다.

본 연구에서는 초고강도강판인 780DP, 780TRIP, 980DP, 1180CP를 대상으로 마찰인자(윤활유 점도, 인출속도, BHP)에 따른 마찰특성을 실험을 통해 알아보고 이들을 다중회귀분석하여 마찰모델을 제안한다.

2. 마찰 실험

2.1 실험 조건

마찰실험은 Table 1과 같이 4가지 종류의 초고강도강판에 대해 무윤활을 포함한 3종류의 윤활유 점도조건, 5종류의 인출속도 조건, 4종류의 블랭크 홀딩 압력조건으로 설계변수를 정하고, 마찰계수 측정을 위해 설계, 제작된 마찰실험장치로 마찰실험을 실시한 후, 마찰계수를 구한다[1].

Table 1 Friction test conditions

Material Grade	Lubricant Viscosity (cSt)	B H P (MPa)	Drawing Speed (mm/min)
780DP 780TRIP 980DP 1180CP	Dry 30 (Low Drawing Oil) 127 (High Drawing Oil)	1.11	300
		1.67	600
		2.22	900
		2.78	1200
			1500

1. 한양대학교 일반대학원, 자동차공학과

2. POSCO 기술연구소

교신저자: 한양대학교 기계공학부, E-mail: ytkeum@hanyang.ac.kr

2.2 실험결과

2.2.1 윤활유 점도의 영향

780DP 강판의 마찰실험을 통해 구해진 마찰계수 값을 3가지 윤활유 점도조건에서 인출속도의 변화에 따른 그래프로 나타내면 Fig. 1과 같다. 실험결과 윤활유 점도가 증가할수록 마찰계수는 감소한다.

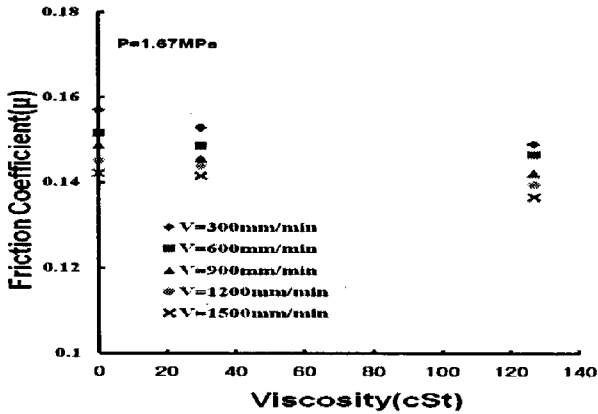


Fig. 1 Friction coefficients associated with lubricant viscosities in various drawing speeds. (780DP)

2.2.2 인출속도의 영향

780TRIP 강판의 마찰실험을 통해 구해진 마찰계수 값을 5가지 인출속도 조건에서 BHP의 변화에 따른 그래프로 나타내면 Fig. 2와 같다. 실험결과 인출속도가 증가할수록 마찰계수는 감소한다.

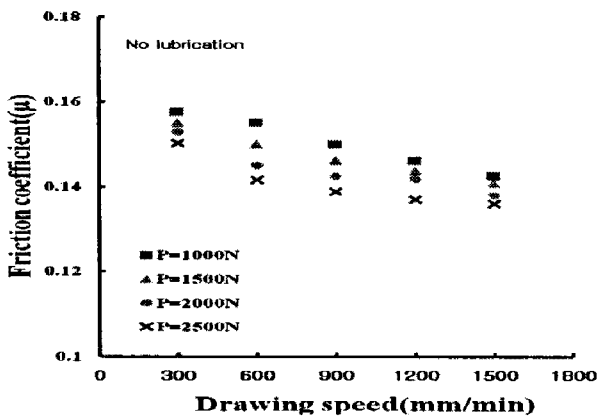


Fig. 2 Friction coefficients associated with drawing speeds in various blank holding pressures. (780TR)

2.2.3 BHP의 영향

1180CP 강판의 마찰실험을 통해 구해진 마찰계수 값을 4가지 BHP 조건에서 인출속도의 변화에 따른 그래프로 나타내면 Fig. 3과 같다. 실험결과 BHP가 증가할수록 마찰계수는 대체로 감소한다.

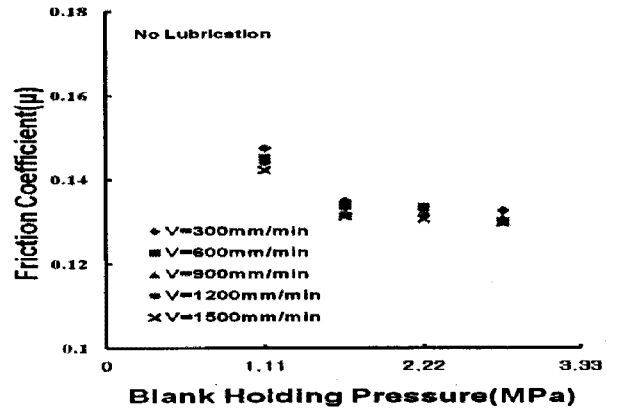


Fig. 3 Friction coefficients associated with blank holding pressures in various drawing speeds. (1180CP)

2.3 고찰

2.3.1 윤활유 점도의 영향

윤활유 점도의 증가에 따른 마찰특성은 Fig. 4와 같이, 인장강도 1GPa 이하의 강판은 GA강판에 비해 그 폭이 작지만 0.152~0.146 정도로 마찰계수가 감소한다. 그러나 1180CP는 0.132 ~ 0.1315 정도로 윤활유 점도의 변화에 따른 마찰계수의 감소가 매우 작다.

이처럼 1180CP 표면의 오일포켓은 점도와 상관 없이 마찰거동에 아무런 영향을 주지 못한다[1].

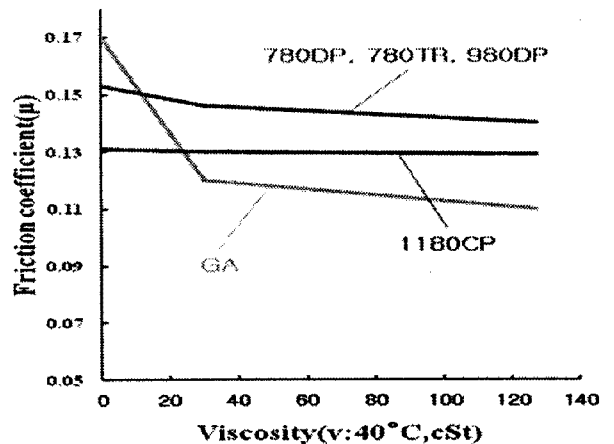


Fig. 4 Friction coefficient associated with lubricant viscosities.

2.3.2 인출속도의 영향

인출속도의 증가에 따른 마찰특성은 Fig. 5 와 같이, 인장강도 1GPa 이하의 강판은 0.153~0.139 정도로 마찰계수가 감소하며 인출속도의 영향을 많이 받는다. 그러나 1180CP는 0.133~0.130정도로 인출속도의 변화에 따른 마찰계수의 감소가 매우 작다.

이처럼 1180CP는 윤활유 점도의 영향과 함께 마찰열에 의한 소성변형의 영향도 받지 않는다[2].

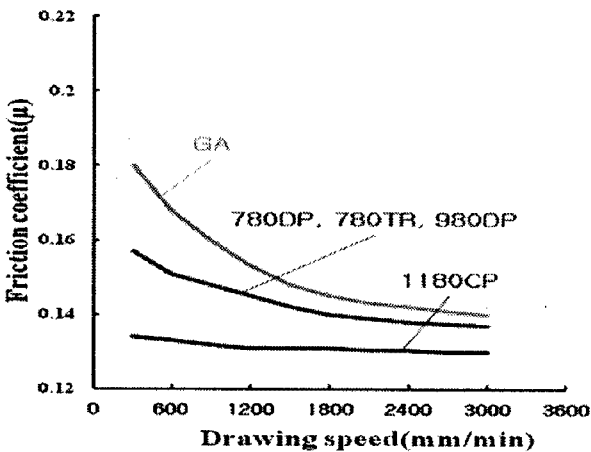


Fig. 5 Friction coefficient associated with drawing speeds.

2.3.3 BHP의 영향

BHP의 증가에 따른 마찰특성은 Fig. 6 과 같이, 모든 강판에서 마찰계수는 1.11MPa에서 1.67MPa 까지 큰 폭으로 감소한 뒤 감소하는 폭이 서서히 줄어든다. 특히 1180CP는 1.11MPa에서 1.67MPa까지 0.143~0.132정도의 큰 폭으로 감소하지만, 1.67MPa부터는 0.131~0.130정도로 일정하다.

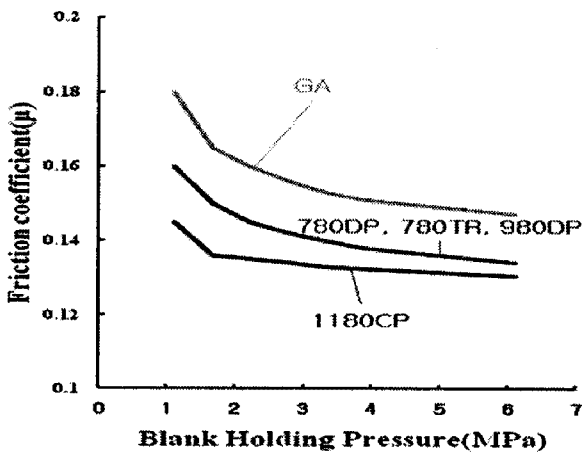


Fig. 6 Friction coefficient associated with blank holding pressures.

2.3.4 표면형상 변화의 영향

1180CP의 마찰특성을 설명할 때 통상적으로 사용되는 마찰인자인 윤활유 점도, 인출속도, BHP, 표면조도 외 다른 마찰인자에 대한 고찰이 필요하다. 실제 마찰이 일어나는 다이, 홀더와 시편의 표면 형상의 변화인 응착, 마멸 이론에 대해 살펴 보았다.

시편 표면상의 돌기의 항복응력이 낮아 마찰 전 단력을 견디지 못하게 되면, 표면돌기는 소성변형을 하게 되고, 마찰열에 의한 응착현상과 굽힘 현상이 일어나게 된다[3]. 하지만 고속, 고압조건이 되면 표면돌기들은 소성변형을 견디지 못하고 탈락하게 된다. 즉 마찰의 주 메커니즘이 소성변형에서 소성파괴로 바뀌어 지는 것이다[4].

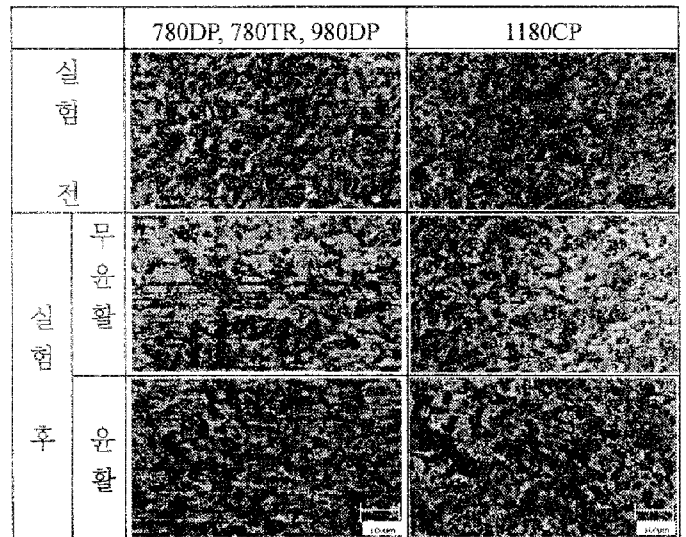


Fig. 7 Micro-morphology of the worn sheet surface.

Fig. 7에서 보이는 것과 같이 인장강도 1GPa 이하의 초고강도강판에서는 응착현상으로 인한 실제 표면면적 증가현상과, 응착과 마멸로 인한 표면 굽힘 현상이 보인다.

그러나 1180CP강판은 실제 마찰면적의 증가는 없고, 피크 점 붕괴 현상과 탈락으로 인한 국부적인 표면 굽힘 현상만 갖는다. 이것은 1180CP의 표면돌기의 항복강도가 높아 본 실험의 속도와 BHP 조건에서 소성변형은 일어나지 않고 소성파괴만 일어나기 때문이다. 인출속도와 윤활유점도의 변화에 따라 마찰계수가 변하지 않았던 이유도 표면돌기의 항복강도로 설명된다.

3. 마찰모델

본 연구에서 마찰실험을 통해 얻은 데이터를 기초로 윤활유 점도, 인출속도, BHP를 변수로 하여 다중회귀분석에 의해 제안할 마찰모델은 Table 2와 같다.

Table 2 Friction Model

Material Grade	Friction Model
780DP	$\mu = 0.167 - 4.9 \times 10^{-5} \nu - 1.0 \times 10^{-5} V - 6.12 \times 10^{-3} P$
780TR	$\mu = 0.166 - 6.2 \times 10^{-5} \nu - 0.9 \times 10^{-5} V - 6.58 \times 10^{-3} P$
980DP	$\mu = 0.146 - 2.9 \times 10^{-5} \nu - 0.4 \times 10^{-5} V - 2.32 \times 10^{-3} P$
1180CP	$\mu = 0.139 - 0.3 \times 10^{-5} \nu - 0.2 \times 10^{-5} V - 2.51 \times 10^{-3} P$

Table 2에서 μ 는 마찰계수, ν 는 윤활유 점도, V 는 인출속도, P 는 BHP를 나타낸다.

Table 2의 마찰모델에서 알 수 있듯이 다른 3종의 초고강도강판에 비하여 1180CP강판은 윤활유 점도와 인출속도, BHP의 영향을 거의 받지 않는다.

4. 결론

본 연구에서는 초고강도강판의 마찰인자들이 성형 중 마찰계수에 미치는 영향을 정량화하기 위하여 다양한 마찰 실험 조건을 적용하여 마찰 실험을 실시하였고, 실험을 통해 얻은 데이터를 바탕으로 다중회귀 분석하여 마찰모델을 제안하였다. 이러한 일련의 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 기존의 연구 결과와 같이 780DP, 780TRIP, 980DP 강판은 윤활유 점도, 인출속도, BHP가 증가하면 마찰계수가 감소하지만, 1180CP 강판은 변화가 매우 작다.

(2) 1180CP 강판은 소성파괴(마멸) 메커니즘으로 마찰표면이 변화하여 일정한 마찰특성을 갖는다.

(3) 초고강도강판의 마찰특성을 정량화 하기 위해 윤활유 점도, 인출속도, BHP를 인자로 하는 마찰모델을 제안한다.

후 기

이 연구는 POSCO기술연구소의 지원에 의하여 이루어졌으며, 관계자 제위께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] J. W. Shim, Y. T. Keum, R. H. Wagoner, 2008, Calculation of Friction Coefficient for Accurate Analysis of Sheet Metal Forming, ICTP, The 9th, pp. 279~280
- [2] 이홍철, 김대은, 2000, 경계윤활에서 접촉 저항과 트라이볼로지 특성의 상관 관계에 관한 연구, Journal of the KSTLE vol.16, No. 5, pp. 381~388
- [3] 김영석, 박기철, 조재역, 1991, Zn-Ni계 합금도금강판의 마찰특성에 관한 연구, 대한기계학회 논문집 제 15권 제 6호, pp. 1807~1818
- [4] 류종관, 이홍철, 김대은, 1999, 경계윤활 상태에서의 금속재료 마찰 및 마멸에 영향을 미치는 주요인자, Journal of the KSTLE vol.15, No. 2, pp. 171~177