

# 스크래치 방지를 위한 테이퍼 롤링형 판재 누름키의 개발

김태완\*

<sup>1</sup>부경대학교 기계공학과

## Development of Tapered Rolling Type Strip Pressure Key for the Prevention of Scratch

Tae-Wan Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Pukong National University

**요약** 본 논문은 판재 성형을 위한 제관 라인의 판재 이송부에 장착되는 판재 누름키의 설계 개선에 관한 연구이다. 기존의 블록형 누름키가 판재의 종 방향 및 횡 방향 이송 과정에서 깊은 스크래치가 유발되는 것을 방지하기 위해 테이퍼진 롤러가 누름키 내부에 장착되어 가이드하도록 하는 테이퍼 롤러 누름키를 개발하였다. 이를 통해 판재의 종 방향 이송시 테이퍼 형상의 효과로 접촉부의 압력 스파이크를 저감시켜 판재의 스크래치 발생을 최소화하고 횡 방향 이송시 미끄럼 접촉이 아닌 구름 접촉으로 유도하여 표면 스크래치를 원천적으로 방지할 수 있음을 스크래치 실험을 통해 그 효과를 확인하였다.

**Abstract** In this study, we developed new tapered rolling type strip pressure key for the prevention of scratch in sheet metal forming line. The developed pressure key is equipped with two tapered rollers inside a conventional block pressure key. Through the scratch test, for the case of transversal movement the tapered rolling type pressure key reduces both friction and depth of scratch by the effect of tapered shape which decreases the pressure spike on edge, and for longitudinal movement the scratch on the sheet metal surface is certainly removed by the rolling contact.

**Key Words** : Pressure Key, Scratch, Tapered Roller

### 1. 서론

일반적으로 금속 판재의 프레스 가공 시 사용되는 판재 이송장치에는 판재를 눌러 프레스 장치까지 가이드 해주기 위한 누름키(pressure key)가 장착되어 있다. 이 중에서 제관용 판재 이송장치의 경우 누름키에 대해 종 방향 및 횡 방향으로 판재가 미끄럼이 발생하는 형태이다. 지금까지 사용되어온 판재 누름키의 형상은 블록 일체형으로 판재와의 미끄럼 접촉 시 많은 스크래치(scratch)가 발생하고 있으나 일반적으로 산업계에서는 표면 코팅 및 면취 가공 또는 장시간의 길들이기(running-in) 운전을 통해 경험적으로 해결해 오고 있다.

일반적으로 표면 스크래치는 연삭 마멸(abrasive wear)

의 한 형태로 다루어지고 있는데[1], 연삭 마멸은 두 개의 접촉하는 표면상에서 단단하고 거친 표면이 상대적으로 무른 표면을 긁어내어 표면에 흠이 발생하는 두 물체 연삭마멸(two-body abrasive wear)과 단단하고 연삭성이 있는 입자가 미끄럼 표면 사이에 유입되어 양쪽의 재질 표면을 연삭하는 세 물체 연삭마멸(three-body abrasive wear)로 나누어지는데, 이는 근본적으로 접촉계면에서 발생하는 미끄럼에 의해 야기되는 현상이다. 따라서 표면 스크래치를 방지하기 위해서는 원천적으로 미끄럼 접촉 상황을 제거하거나 또는 미끄럼을 피할 수 없는 접촉구조에서는 스크래치를 유발할 수 있는 접촉면을 줄이면서 접촉부의 형상을 모서리 효과를 유발하지 않도록 적절한 면취 가공을 하는 것이 중요한 것으로 알려져 있다[2,3].

본 논문은 중소기업청 산학공동기술개발지원사업으로 수행되었음.

\*교신저자 : 김태완(tw0826@pknu.ac.kr)

접수일 10년 10월 15일

수정일 (1차 10년 11월 26일, 2차 10년 12월 01일)

게재확정일 10년 12월 17일

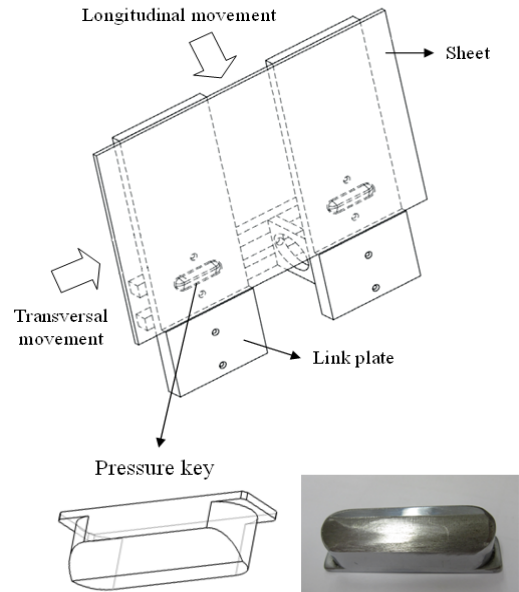
따라서 본 연구에서는 우선 누름키와 판재의 접촉 시 발생하는 스크래치의 원인을 분석하고 이를 개선하기 위해 프레스 라인 판재의 종 방향 및 횡 방향 이송 과정에서 누름키 내부의 테이퍼진 롤러가 눌러서 가이드함으로써, 끝단 접촉부에 모서리 효과 발생을 저감하고 구름 접촉에 의해 판재에 스크래치 발생을 최소화하여 판재 가공 제품의 표면 불량을 방지할 수 있는 스크래치 방지용 테이퍼 롤링형 판재 누름키를 개발하고자 하였다.

## 2. 스크래치 방지 누름키 설계

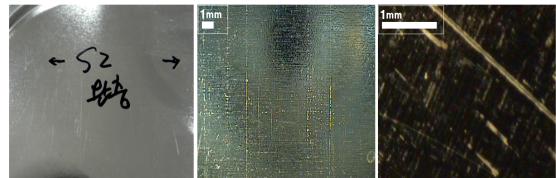
그림 1은 18L급 캔을 제작하는 프레스 가공 라인에서 절단된 판재를 눌러서 이송시키는 누름키의 형상을 보여주고 있다. 그림에서 판재는 외부로부터 종 방향(longitudinal movement) 아래로 공급된 후 다시 프레스 가공 장치가 있는 횡 방향(transversal movement)으로 이송된다. 이 때 링크 플레이트에 장착된 누름키가 후면의 스프링으로 가압되어 판재의 이송시 판재의 과도한 이송이나 위치 이탈을 방지하여 주는 역할을 수행한다. 지금까지 일반적으로 사용되어 온 누름키는 그림에서 보는 바와 같은 블록 일체형이다. 그러나 이와 같은 형상의 누름키는 판재가 종 방향으로 이송할 때 넓은 접촉면적으로 인해 스크래치가 유발될 가능성이 많고 끝단부에는 모서리 효과(edge effect)에 의한 압력 스파이크를 유발할 수 있는 설계 형상이다[1]. 또 판재가 누름키에 대해 횡 방향으로 이송할 때는 슬라이딩 접촉이 좁은 접촉 폭에서 지속적으로 발생하는 구조로 그림 2에서 보인 바와 같은 깊은 스크래치를 발생시킨다. 그림 3은 판재에 발생한 스크래치에 대해 3차원 표면 조도 측정결과와 3차원 데이터에서 스크래치 방향의 수직 방향으로 임의의 한 위치에서 추출된 2D 표면 형상을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 스크래치의 형상은 연속적이면서 스크래치 경계면의 표면이 상당한 융기가 발생되는 형태로 연속 마멸의 플라우잉(plowing)형태와 유사함을 알 수 있다[4]. 스크래치 자국의 대부분은 최대 표면 거칠기(Rmax, Rt) 기준으로 대략 깊이가 3-7 $\mu$ m 정도의 연속된 마멸흔적을 가진 형태로 나타났다.

본 연구에서는 이상과 같이 판재 이송시 누름키에서 발생하는 스크래치를 방지하기 위해 새로운 형태의 누름키를 고안하였다. 그림 4와 같이 종 방향으로의 접촉면적을 줄이면서 횡 방향으로 슬라이딩 접촉을 피할 수 있도록 누름키 내부에 두 개의 테이퍼 진 롤러를 설치하는 구조로 설계하였다. 이는 스크래치 방지를 위해 종 방향 이송시 확률적인 측면에서 접촉폭을 줄여 스크래치가 발생

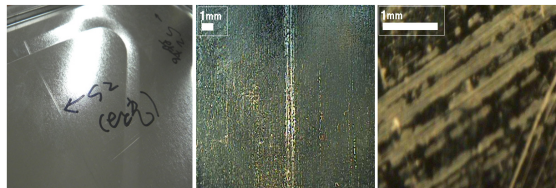
할 확률을 줄이려고 한 것이고 횡 방향 이송시 구름 접촉을 통해 원천적으로 스크래치를 방지하려고 하였다. 설계시 롤러 부에 대한 구조 및 치수 결정이 주된 설계 포인트라고 할 수 있는데, 롤러 구조에 대해서는 실제적으로 2가지 방안을 검토하였다. 첫 번째는 원통 롤러에 축을 단순히 삽입하는 경우인데 이는 축과 롤러간의 마찰로 인해 안정적인 구동을 보장할 수 없는 단점이 있어 선정하지 않았고 두 번째로 그림 4(b)와 같이 축과 롤러 사이에 니들 베어링을 장착하여 안정성과 내구성을 확보하도록 한 방안을 선정하여 제작하였다.



[그림 1] 블록형 누름키

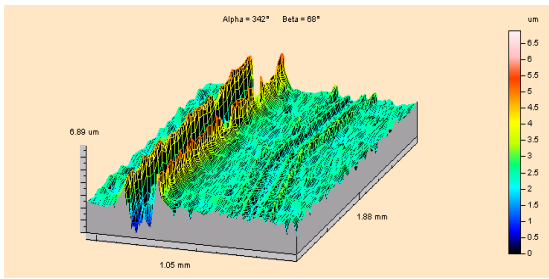


(a) 종 방향 이송으로 발생된 표면 스크래치

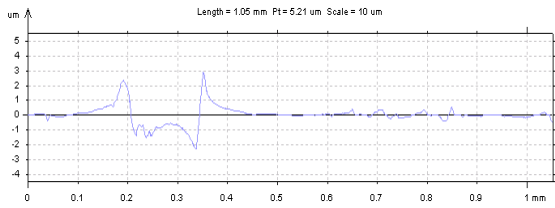


(b) 횡 방향 이송으로 발생된 표면 스크래치

[그림 2] Can 표면에 발생한 스크래치



(a) 3차원 스크래치 형상



(b) 2차원 표면 거칠기 형상

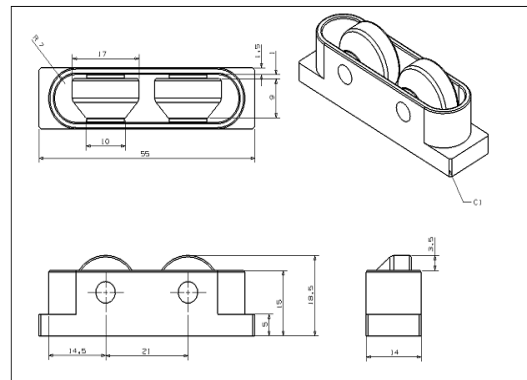
[그림 3] 판재의 스크래치 형상

### 3. 스크래치 실험방법

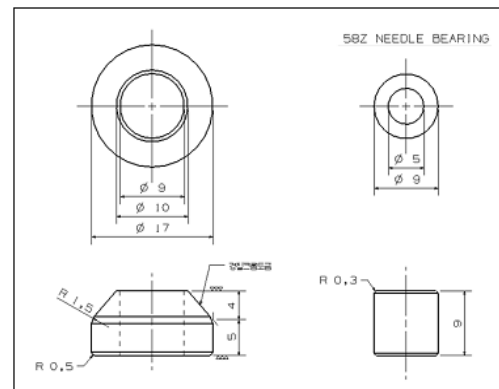
누름키의 스크래치 시험을 위해 마멸 시험기를 사용하였고 접촉 형태는 그림 5와 같이 핀에 고정된 누름키가 판재 위를 슬라이딩 될 때의 마찰력을 측정하고 광학현미경 및 표면조도기를 활용하여 표면 손상을 분석하였다. 마멸 시험기의 수직력과 마찰력은 로드셀로 측정되고 측정된 신호는 동적 신호 증폭기(dynamic strain amplifier)에 의해 증폭되어 증폭기에 내장된 저역 통과 필터(low pass filter)를 통하여 고주파 성분의 노이즈를 제거한 후 A/D 변환기를 통해 디지털 신호로 변환되어 PC에 저장됨으로 실시간 측정이 이루어지도록 구성되어 있다. 주석 판의 슬라이딩 시 접촉시간은 매우 짧기 때문에 측정신호의 샘플링 타임을 0.01초로 설정하였다.

판재의 재료는 실제 시뮬용기용 캔에 사용되는 0.25mm 두께의 주석 도금판으로 HR30T의 표면 경도치를 가진 시편이다.

기존의 블록형 누름키와 새롭게 제작된 테이퍼 롤링형 누름키에 대하여 각각 종 방향과 횡 방향으로 스크래치 실험을 수행하였다. 판재의 슬라이딩 속도는 100EPM급 Can End 제조 시스템에서 적용될 판재의 이송 속도를 적용하여 1.6 m/s로 설정하였으며 누름키에 가해지는 하중은 10N으로 실험을 실시하였다.



(a) 누름키 설계도

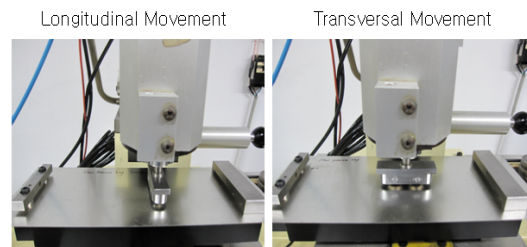


(b) 롤러 설계도

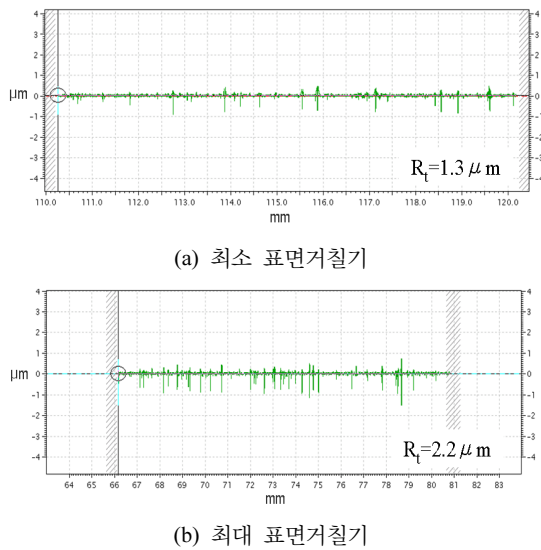


(c) 제작형상

[그림 4] 개발된 테이퍼 롤링타입 누름키



[그림 5] 스크래치 실험 장치



[그림 6] 실험전 시편의 표면거칠기 측정결과

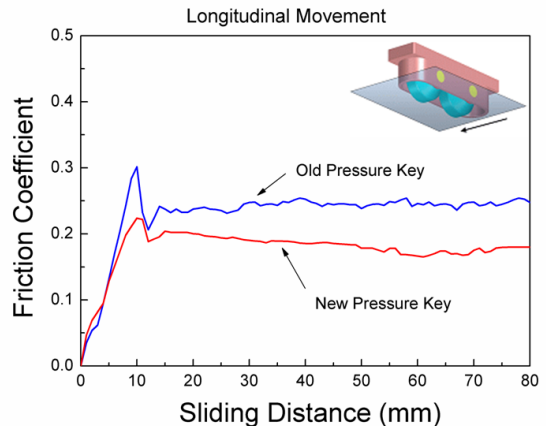
스크래치 실험에 있어 고려되어야 하는 것으로서 스크래치 발생의 기준을 설정할 필요가 있다. 판재에 존재하는 스크래치는 육안으로 확연히 발견할 수 있는 것에서부터 빛의 밝기 및 조사 각도에 따라 관찰이 될 수 있는 미세한 것까지 매우 다양하게 나타난다. 따라서 스크래치의 발생 여부를 평가하기 위해서는 우선 스크래치 발생의 정상적인 기준을 설정할 필요가 있다. 본 연구에서는 정상적인 스크래치 측정방법으로서 표면 조도를 측정하였고 스크래치의 손상 형태가 플라우잉을 동반한 형태이기 때문에 최대 표면 거칠기를 기준으로 평가하고자 하였다. 그리고 명확한 스크래치 판별을 위해 스크래치가 없는 깨끗한 판재 시편의 최대 표면 거칠기 값을 파악할 필요가 있다. 따라서 스크래치가 없는 총 10군데의 위치를 임의로 선정해 표면 거칠기를 측정하였고 그 결과 최소 1.3  $\mu\text{m}$ 에서 최대 2.2  $\mu\text{m}$ 의 최대 표면 거칠기 값이 존재함을 알 수 있었다. 그림 6은 스크래치가 없는 시편 표면의 측정 결과 중 최소 및 최대값이 관찰된 결과를 도시한 것이다. 따라서 본 연구에서는 실험전의 깨끗한 시편의 최대 표면 거칠기 값 2.2  $\mu\text{m}$ 의 허용 공차를 고려하여 스크래치가 발생 기준의 최대 표면 거칠기 값을 2.5  $\mu\text{m}$  이상인 것으로 설정하였다.

#### 4. 실험결과

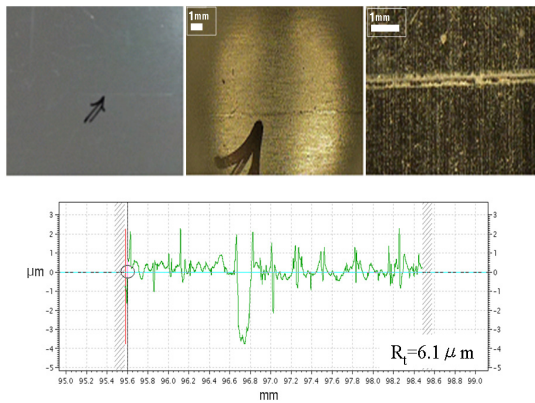
그림 7은 기존의 블록형 누름키와 새롭게 제작된 테이퍼 롤링형 누름키에 대해 판재와 종 방향으로 이송될 때

를 모사한 스크래치 실험 시 마찰계수를 측정한 결과이다. 슬라이딩 초기에 정지 상태의 마찰을 극복하기 위한 높은 마찰계수가 관찰되며 이후 안정적인 마찰계수가 나타남을 확인할 수 있다. 기존의 블록형 누름키는 약 0.3 정도의 정지마찰계수 이후 0.25 정도의 마찰계수가 나타났으나 테이퍼 롤링형 누름키에 대해서는 0.2 이하로 상대적으로 낮은 마찰계수가 나타남을 알 수 있다. 그림 8에는 설계 변경 전후의 누름키에 대한 스크래치 실험 후의 판재의 표면 마멸 형상 및 표면 거칠기 측정 결과를 도시한 것이다. 블록형 누름키에 의한 종 방향 이송시 판재의 마멸형상은 상당히 깊은 스크래치가 발생하였고 최대 표면 거칠기 값이 약 6.1  $\mu\text{m}$  정도로 나타남에 비해, 테이퍼 롤링형 누름키의 경우 육안으로 미세한 스크래치가 확인되었으나 최대 표면 거칠기 값이 약 2.3  $\mu\text{m}$  정도로 스크래치 발생 기준에는 약간 못 미치는 것으로 확인되었다. 이는 기존의 블록형 누름키에 비해 개선된 테이퍼 롤링형 누름키가 종 방향 이송시 판재와의 접촉면적을 줄여 스크래치가 발생할 가능성을 줄이면서 테이퍼 설계 형상으로 압력 스파이크를 저감시키는 효과로 인해 스크래치가 상당히 완화되는 것으로 사료된다.

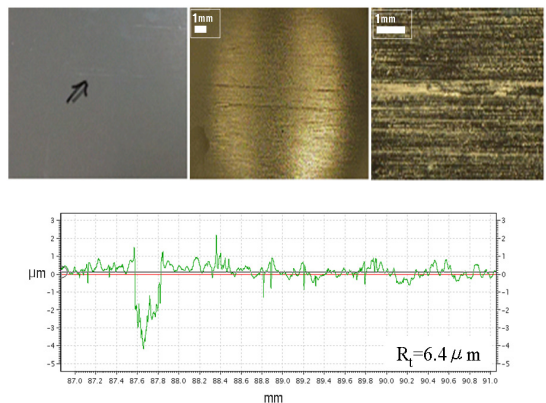
그림 9와 그림 10에는 두 종류의 누름키에 대한 판재의 횡 방향 이송시의 마찰계수 및 판재의 마멸 형상과 표면 거칠기 측정 결과를 도시한 것이다. 기존의 블록형 누름키에 비해 니들 베어링을 장착한 테이퍼 롤링형 누름키는 마찰계수가 0.2정도로 매우 낮게 나타남을 확인할 수 있으며 스크래치 마멸 형상 역시 육안으로 구분이 거의 안 될 정도의 매우 미세한 스크래치만이 관찰되었다. 이는 테이퍼 롤링형 누름키의 횡 방향 이송시에는 판재와 구름 접촉을 하도록 설계되어 매우 낮은 마찰계수가 나타나는 것이다.



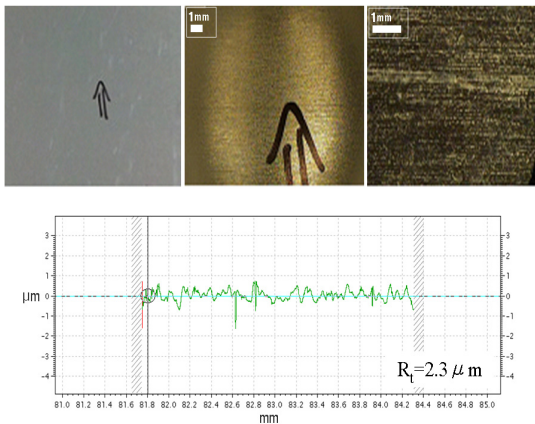
[그림 7] 종 방향 이송시 마찰계수



(a) 블록형 누름키

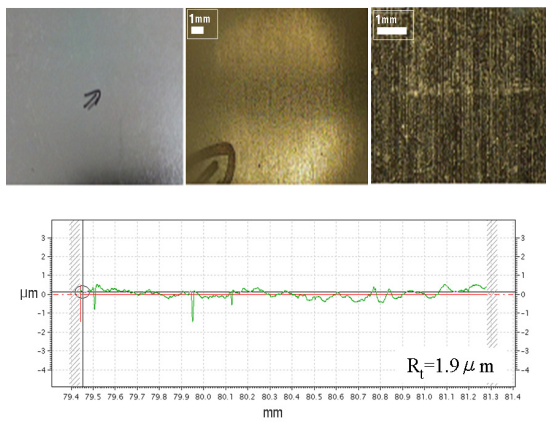


(a) 블록형 누름키



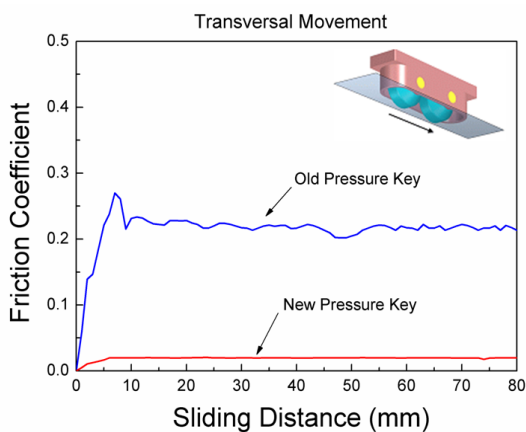
(b) 테이퍼 롤링형 누름키

[그림 8] 종 방향 이송시 마멸형상 및 표면 거칠기



(b) 테이퍼 롤링형 누름키

[그림 10] 횡 방향 이송시 마멸형상 및 표면 거칠기



[그림 9] 횡 방향 이송시 마찰계수

이상의 결과를 종합하면, 기존의 블록형 누름키에 비해 종 방향으로의 접촉면적을 줄이면서 횡 방향으로 슬라이딩 접촉을 피할 수 있도록 누름키 내부에 두 개의 테이퍼 진 롤러를 설치하는 구조로 설계된 테이퍼 롤링형 누름키가 스크래치를 확연히 줄일 수 있음을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 연구에서는 캔 제조와 같은 제관라인의 판재 이송시 누름키에서 발생하는 스크래치를 방지하기 위해 새로운 형태의 누름키를 고안하였다. 기존의 블록형 누름키에 비해 판재와의 종 방향 이송시 접촉면적을 줄이면서 횡 방향으로 슬라이딩 접촉이 아닌 구름 접촉을 유도할 수 있도록 누름키 내부에 두 개의 테이퍼 진 롤러를 설치하는 구조로 설계하였다. 스크래치 실험 결과, 기존의 블록형 누름키에 비해 개선된 테이퍼 롤링형 누름키가 종 방

향 이송시에는 판재와의 접촉면적을 줄여 스크래치가 발생할 가능성을 줄이면서 테이퍼 설계 형상으로 모서리 효과에 의한 압력 스파이크를 저감하여 스크래치가 상당히 완화되는 것으로 나타났다. 특히 횡 방향 이송시에는 판재와 구름 접촉을 하도록 설계되어 매우 낮은 마찰계수 및 판재 표면에 거의 스크래치가 관찰되지 않는 것을 확인하였다. 따라서 판재 성형 이송 라인에 개발된 테이퍼 롤링형 누름기의 적용 시 뛰어난 스크래치 저감 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] R. G. Bayer, Mechanical Wear Prediction and Prevention, Marcel Dekker, New York, 1994.
- [2] G. Subbash and W. Zang, Investigation of the overall friction coefficient in single-pass scratch test, Wear 252, pp. 123-134, 2002
- [3] H. Pelletier, C. Gauthier, R. Schirrer, "Influence of the friction coefficient on the contact geometry during scratch onto amorphous polymers," Wear, 268, pp. 1157-1169 2010.
- [4] K. Ludema, Friction, Lubrication and Wear Technology, ASM handbook 18, ASM International, Materials Parks, OH. 1992

---

김 태 완(Tae-Wan Kim)

[정회원]



- 1999년 2월 : 부산대학교 정밀기계공학과 (공학석사)
- 2003년 8월 : 부산대학교 정밀기계공학과 (공학박사)
- 2003년 8월 ~ 2004년 12월 : 부산대학교 기계기술연구소 전임 연구원

- 2005년 1월 ~ 2006년 12월 : 오하이오 주립대학교 방문연구원
- 2007년 1월 ~ 2008년 2월 : 현대자동차 연구소 선임 연구원
- 2008년 3월 ~ 현재 : 부경대학교 기계공학과 교수

<관심분야>

트라이볼로지, 자연모사공학