

# 현미기용 합성우레탄롤러 개발

## Development of polyurethane roller for huller

박희만\* · 정성근\* · 최희석\* · 홍성기\* · 박경규\*\*

정회원      정회원      정회원      정회원      정회원

H.M. Park\*, S.G. Jeong\*, H.S. Choi\*, S.G. Hong\*, K.G. Park\*\*

### 1. 서론

벼 도정에 사용하고 있는 현미기는 롤러식 현미기로 합성고무를 재질로하는 2개의 롤러가 1조가 되어 23% 정도의 회전차율을 갖고 회전되며 롤러 사이에 공급된 벼가 압축력과 전단력에 의하여 탈부되기 때문에 롤러의 마모가 심하다. 또한 왕겨에는 규소성분이 많이 포함되어 있어 표면이 매우 거칠고 질기기 때문에 고무롤러표면의 마모를 가중시키고 있는 실정이다. 고무롤러식 현미기의 합성고무롤러는 표면이 불규칙한 비정상마모와 균일하게 마모되는 정상마모로 나타나며 비정상적으로 마모된 경우 작업중에 떨림현상으로 현미기의 손상의 원인이 되고 불균일한 탈부력으로 현미의 품위에 나쁜 영향을 미칠 수 있어 발생즉시 새롤러로 교체 해야하고, 정상마모라 할지라도 수동식현미기인 경우 150톤 정도 탈부하면 롤러의 수명이 다한다. 이러한 빈번한 롤러 교체는 시간과 노력을 허비함은 물론 비용도 많이 소요되고 있는 실정이다.

그래서 작업정도에는 영향을 미치지 않으면서 내구수명이 긴 롤러의 개발이 요구되고 있다. 또한 합성고무롤러는 80년대 초까지만 해도 동남아에서 원료인 천연고무를 수입하여 각종 첨가제를 넣어 가공 생산하였지만 80년 중반이후 경제성이 맞지 않아 생산이 중단되고 완제품을 수입하여 사용하고 있어 현미기 롤러의 국산화 차원에서 새로운 롤러의 개발이 시급한 실정이다.

합성우레탄은 합성고무와 경도가 비슷하면서 항장력과 신장율은 2배 이상이고 내마모성이 우수한 장점이 있어 합성고무대용으로 많이 사용되고 있다.

따라서 본 연구에서 현미기 합성고무롤러의 단점을 보완하고 작업의 효율화를 위하여 내마모성이 높은 합성우레탄을 재질로 현미기용 롤러를 개발하고자 수행하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 합성우레탄의 마모량 측정

##### (1) 시편 제작

시편은 합성우레탄의 마모량을 측정하기 위한 시험방법인 테이버식(ASTM D4060) 조건에

\* 농업기계화연구소

\*\* 경북대학교 농과대학 농업기계공학과

맞추어 100×100×10mm(가로×세로×높이) 크기로 제작하였다. 시편은 일본 D사에서 생산된 원료와 경화제를 적정 비율로 혼합하여 경도별(쇼어(A)경도로 75°, 80°, 85°, 90°)로 제작하였다.

#### (2) 측정방법

마모도 측정은 한국화학시험연구원에 의뢰하여 합성우레탄 마모도 측정방법인 데이버식(ASTM D4060)으로 wheels(H-18형)를 1,000회 회전시키면서 시편에 1,000g의 하중을 가했을 때 마모되는 양을 측정하였다.

### 나. 비 탈부 요인시험

#### (1) 요인시험용 롤러제작

비의 탈부에 적합한 합성우레탄롤러의 적정경도를 구명하기 위하여 요인시험용 합성우레탄롤러를 시험용 현미기에 적용이 가능하도록 크기를 폭 25mm, 직경 90mm로 하고 경도별(75°, 80°, 85°, 90°)로 제작하였다.

#### (2) 공시재료

요인시험용 비는 수원에서 1998년에 생산된 추청비로 함수율이 15.1%(w.b.)인 것을 사용하였다.

#### (3) 시험방법

요인시험은 국내 S사의 시험용 현미기(모델 SYTH-88)를 사용하여 롤러 간격을 0.3mm, 0.5mm로 간격별 각각 3반복 실시하여 탈부율 및 동할율을 조사하고 통계분석 프로그램인 SAS를 사용하여 최소유의차검정(LSD)을 하였다.

### 다. 현장적용 성능시험

#### (1) 성능시험용 롤러제작

요인시험결과에 따라서 미곡종합처리장에서 사용하고 있는 실제 현미기에 적용할 수 있도록 크기를 직경 250mm, 폭 250mm, 코팅두께 25mm로 하였으며 롤러의 경도(쇼어 A)는 80°, 85°, 90°로 제작하였다.

#### (2) 공시재료

비는 미곡종합처리장에서 자체 구매하여 가공하는 일반비로 함수율이 14.8~16.2%(w.b.) 범위에 있는 것을 사용하였다.

#### (3) 시험방법

요인시험으로 구명된 재질로 대형롤러를 제작하여 미곡종합처리장의 자동식 현미기(일본 S사, 처리용량 3톤/시간)에 적용시켜 성능시험을 실시하였다. 시험조건은 미곡종합처리장의 단위기계장치들을 평상시 가동 상태로 유지하면서 기존 현미기에 고무롤러 대신에 합성우레탄롤러로 장착하여 시험하였으며 가공량 100톤마다 롤러의 마모율, 비의 탈부율 과 현

미의 동할을 증가량을 조사하였으며, 롤러의 마모율은 다음식으로 계산하였다.

$$\text{마모율(\%)} = \frac{\text{마모된 부피(고속롤러 + 저속롤러)}}{\text{초기부피(고속롤러 + 저속롤러)}} \times 100$$

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 합성우레탄의 마모량

합성우레탄의 경도별 마모량은 표 1에서와 같이 경도 80°, 85° 에서 각각 68, 72mg으로 낮게 나타났지만 경도 90°에서는 급격히 증가하는 경향을 보였다. 하지만 합성우레탄을 현미기롤러 재질로 적용하기 위해서는 적절한 탈부율과 현미품위를 확보하면서 내마모성이 높아야 하기 때문에 경도별로 탈부시험을 할 필요가 있을 것으로 사료되었다.

Table 1. Wear amount of polyurethane

Hardness( ° , Share A)	75	80	85	90
Wear amount (mg)	76	68	72	138

#### 나. 요인시험 결과

적정 경도의 합성우레탄 롤러를 선정하기 위하여 롤러의 모형을 경도별(75°, 80°, 85°, 90°)로 제작하여 시험용 현미기에 장착한 다음 롤러의 간격(0.3, 0.5mm)을 2수준으로 하여 탈부시험을 실시한 결과 롤러 경도 80°, 85°, 90°는 상호간에 유의차가 없는 것으로 나타났지만, 경도 75°와 대비구인 고무롤러에 대해서 유의차 있게 향상되는 것으로 나타났다. 또한 동할률은 합성우레탄롤러 경도간에는 유의차가 없었지만 고무롤러에 비해 경도 80°가 유의차 있게 감소하였다.

Table 2. Hulled ratio by hardness of polyurethane (unit : %)

Gap (mm)	Roller hardness of polyuerthane ( ° )				Synthetic rubber roller (Hardness85°)	LSD(5%)
	75	80	85	90		
0.3	98.6 (B)	99.5(A)	99.8(A)	99.6(A)	98.1(B)	0.53
0.5	98.5 (B)	99.3(A)	99.6(A)	99.5(A)	97.4(B)	0.76

Table 3. Cracked rice ratio by hardness of polyurethane roller for the fact test (unit : %)

Gap (mm)	Roller hardness of polyuerthane( ° )				Synthetic rubber roller (Hardness85°)	LSD(5%)
	75	80	85	90		
0.3	3.6(A,B)	3.1(B)	3.6(A,B)	3.7(A,B)	4.1(A)	0.86
0.5	2.9(B)	2.8(B)	3.4(A,B)	3.6(A,B)	3.9(A)	0.82

### 다. 현장적용 성능시험 결과

#### (1) 롤러 마모율

경도 80°, 85°, 90°로 제작된 대형 합성우레탄롤러와 대비구인 고무롤러를 경기도 화성에 있는 미곡종합처리장의 자동식 현미기(일제 S사)에 적용하여 벼 가공량에 따라서 롤러 마모율, 탈부율, 동할률을 조사하였다. 벼의 가공량은 롤러의 마모 상태가 탈부작업정도에 영향을 미치지 않고 최대한 가공할 수 있는 양으로 그림 1에서와 같이 대비구인 합성고무롤러의 경우 300톤이었으나 합성우레탄롤러 경도 80°, 85°, 90°에서 각각 515, 1,083, 905톤으로 합성우레탄롤러가 기존의 합성고무롤러에 비하여 내구성 증대에 큰 효과가 있었으며, 특히 경도 95°의 경우는 약 3.6배나 큰 것으로 나타났다. 요인시험결과에서 합성우레탄롤러 80°가 마모량이 가장 적어 내구성이 가장 클 것으로 기대되었으나 현장에 적용한 결과 경도 85°보다 내구성이 떨어진 것으로 나타났다. 이는 조직이 물러 적정 탈부율을 확보하기 위해 롤러의 가공압력을 3kg/cm<sup>2</sup>까지 높여야 했기 때문으로 판단된다. 또한 단위 100톤당 롤러의 마모율은 합성고무롤러의 경우 14.6%였으나 합성우레탄롤러의 경우 80°, 85°, 90°에서 각각 10.4, 5.7, 4.5로 나타나 경도 85°, 90°가 가장 마모율이 적었다. 하지만 경도 90°의 경우

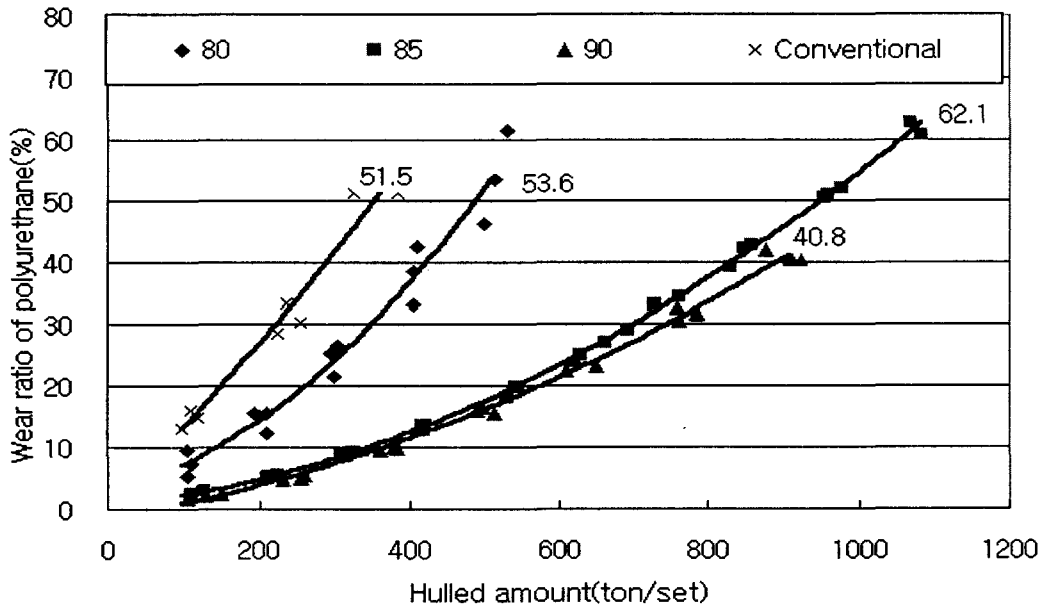


Fig. 1. Wear ratio by Hulled amount(%)

우에는 마모는 잘 되지 않았지만 불규칙 마모로 현미기 전체에 떨림 현상이 발생하는 문제가 있었다. 따라서 합성우레탄롤러 경도 85°가 가장 오래 사용 가능한 것으로 나타났다

Table 4. Wear ratio of roller by hardness

Item	Polyurethane roller ( ° )			Synthetic rubber roller (hardness85°)	LSD(5%)
	80	85	90		
Wear ratio (%/ton)	10.4(B)	5.7(C)	4.5(C)	14.6(A)	1.62
Hulled amount (ton/set)	515	1,083	905	300	

※ Hulling pressure of roller : roller of 80° hardness is 3kg/cm<sup>2</sup>, roller of 85°, 90° hardness are 1kg/cm<sup>2</sup>

(2) 탈부율

현지공장의 작업조건에 따라 적정탈부율을 확보하기 위해서 탈부율에 직접영향을 미치는 현미기 롤러의 압력을 조절한 결과 합성우레탄롤러 경도 80°의 경우는 압력 3kg/cm<sup>2</sup> 이상, 합성우레탄롤러 경도 85°·90°와 대비구는 압력 1kg/cm<sup>2</sup> 정도로 나타났다. 탈부율은 표 5에서와 같이 롤러의 탈부압력을 조절하였기 때문에 각 처리간에 차이가 없이 84.2~85.2% 범위에 있는 것으로 나타났으며, 합성우레탄롤러 경도 85°, 90°는 적정 탈부율이 확보된 것으로 판단되었다.

Table 5. Hulled ratio by roller hardness

Item	Polyurethane roller ( ° )			Synthetic rubber roller (hardness85°)
	80	85	90	
Hulled ratio (%)	84.8	84.5	84.2	85.2
Roller pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	3	1	1	1

(3) 동할율

동할율 증가량은 표 6에서 보는 것과 같이 고무롤러 0.43%인데 비해 합성우레탄롤러 경도 85°, 90°에서 각각 0.29, 0.35%로 나타났으며, 경도 85°, 90°는 경도 85°, 대비구와 5%의 유의수준에서 유의차가 있는 것으로 나타났다. 경도 85° 롤러가 동할율 증가량이 높은 것은 적정 탈부율 확보를 위해 롤러의 가공압력을 3kg/cm<sup>2</sup>으로 높였기 때문으로 판단된다.

Table 6. Cracked rice ratio by roller hardness

Item	Polyurethane roller ( ° )			Synthetic rubber roller (hardness85°)	LSD(5%)
	80	85	90		
Cracked rice ratio increase (%)	0.41(A)	0.29(B)	0.35(B)	0.43(A)	0.063

#### 4. 적 요

마모가 잘 되는 현미기 고무롤러의 단점을 보완하여 작업의 효율화를 위해 내마모성이 높은 재질인 합성우레탄으로 현미기용 롤러를 개발하여 시험하였다.

가. 경도별 합성우레탄의 마모량을 테이머식으로 측정한 결과 경도80°, 85°에서 각각 68, 72mg으로 낮게 나타났으나 현미기롤러 재질로 적용하기 위해서는 탈부 요인시험이 요구되었다.

나. 합성우레탄롤러의 적정경도 구명요인시험을 실시한 결과 탈부율 및 동할률이 경도 80° 이상에서 기존의 고무롤러에 비해 동등하거나 우수한 것으로 나타났다.

다. 현장 적용 성능시험결과 고무롤러의 경우 벼 가공량이 300톤/조 이었고, 합성우레탄롤러 경도 85°의 경우 1,083톤/조로 내구성이 3.6배 큰 것으로 나타났다.

라. 고무롤러의 동할율 증가량은 0.43%인데 비해 합성우레탄롤러는 경도 85°에서 0.29%로 나타나 현미품위가 향상되었다.

마. 위 결과를 종합하여볼 때 합성우레탄 현미기롤러의 경도는 85° 가장 적합한 것으로 나타났다.

#### 5. 참고문헌

1. 吉崎 외 1인. 1984. もみの脱ぶ特性に関する基礎的研究 (第1報). 日本農業機械學會誌 46(3) 309-315.
2. 小南 力. 1995.8. うまい米を賣る一肌ずれ米の防止(粃水分、ロール磨耗に注意). 機械化農業. 19-22.
3. 田村豊 외 1인. 1984. 玄米機のゴムロールの磨耗測定および高速回轉化による遠心膨脹性の研究. 日本農業機械學會誌 19(3) 113-116.
4. 고헌균 외 6인. 1993. 농산가공기계학. 향문사.
5. 고헌균 외 12인. 1996. 미곡종합처리시설 이론과 실제. 문운당.
6. 김홍재. 1995. 폴리우레탄 수지. 대광서림.
7. 농업기계화연구소. 1983. 도정기 성능위탁시험. 농업기계화시험연구보고서 325-327.
8. 농업기계화연구소. 1984. 소형도정기 성능시험. 농업기계화시험연구보고서 295-305.
9. 백풍기 외 2인. 1984. 현미기 고무롤러 경도와 간격이 제현성에 미치는 영향. 농시보고 26(2) 11-21.