

세로형 소형정미기의 벼 도정 특성†

Milling Characteristics of Vertical Type Small Scale Milling Machine for the Paddy

연광석*	조성찬*	한충수*
정회원	정회원	정회원
K. S. Youn	S. C. Cho	C. S. Han

I. 서론

과거에 생산된 벼의 대부분은 농가로부터 가까운 도정공장에서 가공하였으나, 1992년 농업구조개선사업으로 시작된 미곡종합처리장(Rice Processing Complex)의 보급확대는 곡물의 유통체계를 산물형태 및 대형화추세로 변화시키면서 기존 소형 도정공장의 경쟁력을 저하시켜 폐업을 촉진시켰다. 이에 산지 농가는 소형 도정공장의 폐업으로 소량 도정이 어려워짐에 따라 가정용 정미기를 구매하여 사용하기 시작하였고, 보급율이 매년 증가하고 있다.

정미기의 도정성능은 정백실 내에서의 형성되는 압력 및 정백시간과 밀접한 관계가 있고, 이것은 공급스크루의 피치에 의한 원료의 공급량과 주축 회전수, 롤러의 형태에 따른 곡물과 롤러의 마찰력, 배출구에 가해지는 압력 등에 좌우된다^{1, 2)}.

따라서 본 연구에서는 벼를 고품질 백미를 가공하기 위하여 주축 회전수, 공급스크루 피치, 정백롤러 세라믹 코팅 길이 등의 변화에 따른 시간당 가공능력, 소비전력량, 싸라기율, 배출력, 등의 도정 특성을 측정·분석하여 최적설계조건을 구명하였다.

II. 실험장치 및 방법

1. 실험재료

실험재료는 충청북도 증평에서 생산된 1998년산 추청벼를 사용하였고, 원료의 함수율은 $14.5 \pm 0.5\%w.b$ (이후 %로만 표시) 이었다.

2. 실험 장치

본 실험에 사용한 정미기(SCR-22, 신흥, 한국)의 개략도를 그림 1에 나타내었다.

정미기는 호퍼와 원료공급스크루, 중공의 정백롤러(milling roller), 금망, 배출스크루, 출구 저항장치, 거 흡입장치 등으로 이루어져 있다. 금망에는 슬롯(L:15mm, W: 1.5mm)과 안쪽면

† 이 연구는 1998년도 충북대학교 학술연구재단과 신흥기업사 연구비로 수행되었음.

* 충북대학교 농업기계공학과

에 작은 원형 돌기인 엠보싱($\phi 5$)이 되어 있다.

호퍼에 투입된 벼는 공급조절장치로 공급량을 조정하여 공급스크루로 이송되고, 마찰롤러와 금망으로 구성된 정백실에서 백도조절장치에 의해 저항 및 압력을 조정하여 정백과정을 거치게 된다. 정백된 백미는 정백실 상단에 연결된 배출스크루를 통해 배출된다.

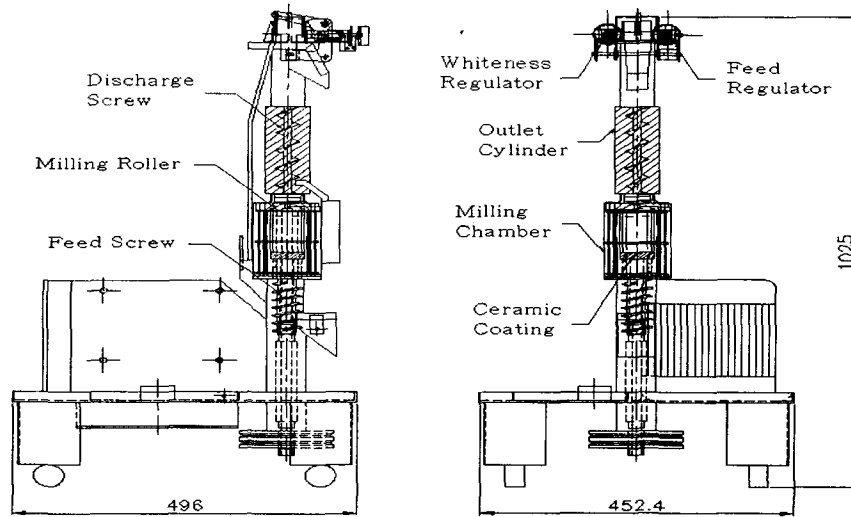


Fig 1. Schematic diagram of a milling machine

3. 실험조건

1) 정백롤러 세라믹코팅 길이의 변화

세라믹 코팅은 정백롤러($\phi 52.0$, L 130.5)의 내마모성 및 탈부와 연삭효율의 증대 등을 고려하여 벼가 가공되기 시작하는 정백롤러 앞부분에 플라즈마 용사법으로 아몰포스 세라믹 코팅을 하였다.

정백롤러의 세라믹코팅 길이는 0, 10, 20, 30mm로 하였고, 이에 따른 도정특성을 비교 분석하여 최적의 코팅길이를 검토하였다.

2) 공급스크루 피치의 변화

공급스크루의 피치는 기존 소형정미기의 피치를 조사하여 16mm와 19mm로 제작하여 사용하였고, 이에 따른 도정특성을 분석하였다.

3) 주축회전수의 변화

주축회전수는 기존 소형정미기의 회전수를 조사하고 예비실험 결과에 따라서 도정효율의 향상과 가공량 증대를 위해 주축 풀리의 크기를 조절하여 900rpm과 970rpm으로 변화시켜 이에 따른 도정특성을 비교·분석하였다.

4. 측정항목

각각의 측정항목은 정미기에 부착된 백도 및 공급량 조절장치를 조정하여 도정수율이 73

±0.5%가 되도록 가공한 후 측정하였다.

1) 시간당 백미 가공능력

백미 가공능력은 7kg의 원료(벼)를 도정한 후 백미무게와 도정 소요시간을 측정한 후, 다음 식을 이용하여 시간당 백미가공량으로 나타내었다.

$$\text{백미가공량 (kg}_f\text{/hr)} = \frac{\text{배출된 백미의 무게}}{\text{가공 총 소요시간 (sec)}} \times 3600$$

2) 소비전력량

소비전력량은 소비전력측정기(NANOVIP, ELCONTROL, ITALY)을 이용하여 벼 80kg_f를 가공할 때 소모되는 값으로 환산하여 나타내었다.

3) 백미 찌라기율

백미 찌라기율은 도정수율 73±0.5%로 가공된 백미 중 5kg_f을 체눈1.7mm 진동체선별기(25M, 大屋, 일본)를 5분간 작동하여 선별하고, 백미 5kg_f에 대한 무게비로 나타내었다.

4) 배출력

배출력 측정은 정미기 상단에 연결되어 있는 로터리식 백도 조절장치에서 도정수율 73±0.5%를 맞추기 위해 수직하향으로 걸어준 힘과 가공 중 미곡이 정백실에서 배출스크루로 이송되면서 밀어올리는 힘을 측정하여 그 차로 나타내었다.

측정장치는 로드셀(0~5kg, 측정간격:1g, CAS, S.N:64AN2006)을 정미기 상단에 고정시키고 강철선(Ø: 3mm)을 이용하여 로드셀과 백도조절장치 상판에 연결하였다.

백도조절장치를 수직 상하향으로 이동될 때 발생하는 수직력을 전기적인 신호로 측정하고, A/D컨버터를 통해 컴퓨터 시스템에 입력시켜 분석하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. 시간당 백미가공량

그림 2는 정백롤러 세라믹코팅 길이에 따른 주축 회전수와 공급스크루 피치별 시간당 백미가공량을 나타낸 것이다.

그림 2에서 보는 바와 같이 시간당 백미가공량은 공급스크루 피치가 클수록, 주축 회전수가 빨라수록 높게 나타났다. 세라믹 코팅 길이는 길수록 가공량이 감소하는 경향을 나타내었고, 6~10kg_f/hr의 차이를 나타내었다.

한편 백미가공량이 가장 높은 설계조건은 주축 회전수 970rpm, 공급스크루 피치 19mm로 정백롤러 세라믹 코팅길이에 따라서 142.6~136.8kg_f/hr로 변화되었고, 다음으로는 900rpm, 19mm의 경우로 135.4~129kg_f/hr, 970rpm, 16mm의 경우가 117.9~110.2kg_f/hr 순이었으며, 백미가공량이 가장 낮은 조건은 주축 회전수 900rpm, 공급스크루 피치 16mm로 세라믹 코팅길이에 따라 113.9~102.9kg_f/hr이었다.

시간당 백미가공량은 공급스크루 피치가 19mm인 경우 16mm보다 8.4~32.2% 증가하였다. 한편 공급스크루 피치가 19mm인 경우 주축회전수를 900rpm에서 970rpm으로 증가시켰

을 때 백미가공량은 5.4~7.5% 증가하였다.

이와 같이 공급스크루 피치가 클수록 가공량이 증가하는 것은 원료공급량이 증가하기 때문이고, 주축 회전수 증가에 따른 가공량의 증가는 정백롤러 회전수가 증가하여 정백실 내에서의 마찰력 증가 때문으로 판단된다.

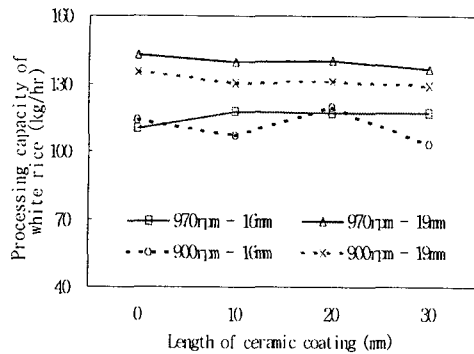


Fig. 2. Processing capacity of white rice with various main spindle speeds and feed screw pitches.

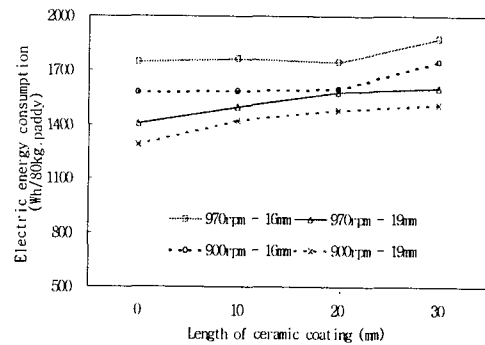


Fig. 3. Electric energy consumption with various main spindle speeds and feed screw pitches.

2. 소비전력량

그림 3에 정백롤러 세라믹코팅 길이에 따른 주축 회전수와 공급스크루 피치별 소비전력량을 나타내었다.

그림 3에서 알 수 있듯이 소비전력량은 공급스크루 피치가 작을수록 주축회전수가 빠를수록 증가하는 것으로 나타났다.

정백롤러 세라믹 코팅길이에 따른 소비전력량은 주축 회전수 900rpm, 공급스크루 피치 19mm인 경우 1287.6~1508.6Wh/80kg_f·paddy로 가장 낮게 나타났으며, 다음이 주축회전수 970rpm, 공급스크루 피치 19mm일 때 1405.7~1603.8Wh/80kg_f·paddy, 주축회전수 900rpm 공급스크루 피치 16mm일 때 1580.9~1748.6Wh/80kg_f·paddy의 순으로 나타났으며, 소비전력량이 가장 많은 경우는 주축 회전수 970rpm, 공급스크루 피치 16mm의 경우로 1748.6~1880.0Wh/80kg_f·paddy이었다.

소비전력량은 주축회전수가 같은 경우 공급스크루 피치 16mm가 19mm보다 5.5~22.5% 크게 나타났으며, 공급스크루 피치를 같게 하고 주축회전수를 900rpm에서 970rpm으로 증가시켰을 경우에도 소비전력량이 7.2~8.4% 증가하였다.

이와 같이 공급스크루 피치가 작을수록 소비전력량이 크게 나타나는 것은 원료 공급율이 작아 단위무게당 총가공시간이 증가하고 스크루면과 원료의 마찰면적이 증가하기 때문으로 판단되며, 공급스크루 피치가 같은 조건에서 주축 회전수가 증가할수록 소비전력량이 증가하는 것은 정백롤러 회전수가 증가하면 정백실 내에서의 마찰력과 부하가 증가하기 때문으

로 판단된다.

한편 정백롤러의 세라믹코팅 길이 변화에 따른 소비전력량 변화는 주축회전수 900rpm, 공급스크루 피치 19mm일 때 세라믹코팅 길이가 길어질수록 증가하였다.

3. 백미 싸라기율

그림 4는 정백롤러 세라믹 코팅길이에 따른 주축회전수와 공급스크루 피치 변화가 백미 싸라기율에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 본 실험에 사용한 정미기의 설계조건별 싸라기 발생율은 0.8~1.3% 범위로 비교적 낮은 값을 나타냈다. 설계조건에 따른 싸라기 발생율은 주축회전수가 동일한 경우 공급스크루 피치가 작은 16mm의 경우가 19mm의 경우 보다 약 0.2~0.4% 낮아지는 경향을 나타냈다.

백미 싸라기율이 가장 낮은 설계조건은 주축회전수 900rpm, 공급스크루 피치 16mm의 조건으로 세라믹 코팅 길이에 따라서 0.84~0.78%이었으며, 다음으로 낮은 조건은 970rpm, 16mm의 경우로 1.02~0.81%, 900rpm에 19mm가 1.21~0.98% 순으로 나타났다. 싸라기율이 가장 높은 조건은 974rpm, 19mm의 경우로 1.34~1.13% 이었다.

다변량 분산분석 결과 세라믹 코팅길이와 싸라기 발생율과의 유의성은 인정되지 않았다. 공급스크루 피치에 의한 분석 결과 p-값은 0.021을 나타냈고, 주축회전수에 의한 p-값은 0.0002로 유의수준 0.05보다 매우 작기 때문에 공급스크루 피치와 주축회전수는 싸라기 발생율과 높은 유의성이 있는 것으로 나타났다.

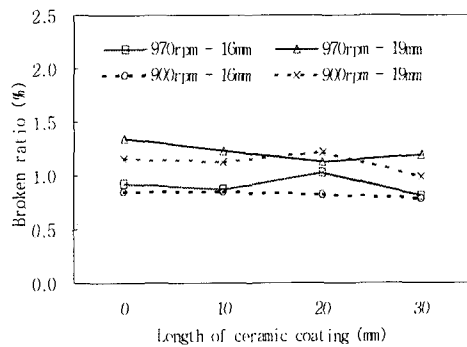


Fig. 4. Broken rice ratio with various main spindle speeds and feed screw pitches.

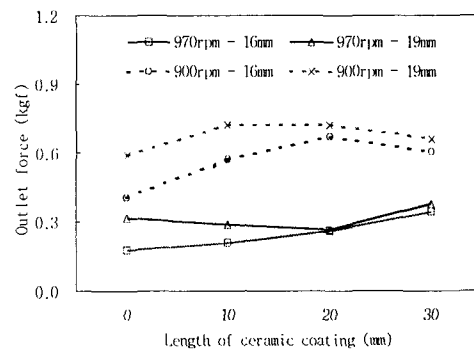


Fig. 5. Comparison of Outlet force with spindle speed and feed screw pitch.

4. 배출력

그림 5는 세라믹코팅 길이에 따른 주축 회전수와 공급스크루 피치별 정백실 배출력을 나타낸 것이다.

정백롤러 세라믹 코팅 길이별 배출력 변화 범위는 그림에 나타난 것과 같이 회전수가 작

을수록, 같은 회전수에서는 공급스크루 피치가 클수록 큰 값을 나타내었다. 세라믹 코팅 길이에 따라서는 무코팅(0mm)보다 10, 20, 30mm가 큰 것으로 나타났다.

배출력이 가장 큰 설계조건은 주축회전수 900rpm, 공급스크루 피치 19mm의 조건으로 0.59~0.72kg이었고, 다음으로 주축회전수 900rpm 공급스크루 피치 16mm가 0.41~0.67kg을 나타내었다. 그리고, 주축회전수 970rpm, 공급스크루 피치 19mm 조건은 0.27~0.38kg이며, 가장 낮은 배출력은 주축회전수 970rpm 공급스크루 피치 16mm로 0.18~0.34kg의 범위를 나타내었다.

설계조건에 따른 배출력은 주축회전수 970rpm이 900rpm 조건에 대해 22.2~70.8% 감소하였으며 같은 회전수에서 공급스크루 피치 16mm는 19mm보다 3.7~43.8% 감소하였다.

주축회전수가 느릴수록 미곡배출속도가 작아 정백실 내 미곡량이 많아지게 되어 배출력이 증가하는 것으로 판단되며, 공급스크루 피치가 크면 정백실 내로 공급되는 원료가 많아지게 되어 배출력이 크게 걸리는 것으로 판단된다.

세라믹 코팅 길이에 따라서는 코팅하지 않은 조건보다 코팅을 한 것이 마찰력 증대로 배출력이 약간 크게 나타나는 경향을 보였다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 탈부 장치가 따로 없이 벼를 백미로 직접 가공하는 세로형 소형정미기를 이용하여 정백작용의 주요 영향인자인 주축회전수, 공급스크루 피치, 정백롤러 세라믹 코팅 길이 등의 변화에 따른 도정특성을 실험 분석하여 정미기의 최적설계조건을 규명하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 시간당 백미가공량은 공급스크루 피치가 크고 주축 회전수가 빠른 것이 높게 나타났으며, 세라믹 코팅 길이가 길수록 가공량이 감소하는 경향을 나타내었다. 백미가공량이 가장 높은 조건은 주축 회전수 970rpm, 공급스크루 피치 19mm이었다.
2. 소비전력량은 공급스크루 피치가 작고 주축회전수가 빠를 수록 증가하며 세라믹코팅 길이가 길수록 증가하는 경향을 나타내었다. 소비전력량이 가장 낮은 조건은 주축 회전수 900rpm, 970rpm에 공급스크루 피치가 19mm이었다.
3. 각 조건별 싸래기 발생율은 0.8~1.3% 범위를 나타내었고, 싸래기 발생율이 낮은 조건은 주축회전수 900rpm, 공급스크루 피치 16mm, 다음으로 970rpm, 16mm가 낮은 것으로 나타났다.
4. 배출력이 가장 큰 조건은 주축회전수 900rpm, 공급스크루 피치 19mm이었고, 가장 작은 조건은 주축회전수 970rpm 공급스크루 피치 16mm이었다.

참고문헌

1. 박호석외 5인. 1994. 미곡종합처리장 이론과 실무. 농협전문대학.
2. 고희균외 12인. 1995. 미곡종합처리시설. 문운당.