

톱밥 제조기용 3차원 절삭 헬리컬형 드럼의 개발

오 상 엽*, 배 용 환†

Development of a Helical Type Drum with Oblique Cutting Condition for Sawdust Machine

S. Y. Oh*, Y. H. Bae†

Abstract

We developed a helical type drum with an oblique cutting condition for sawdust machine. The existing drum has an orthogonal cutting(2D) condition considering of saw cutter and wood cutting pattern. Additional disadvantage of this type include big cutting resistance, high cost of cutting power and extreme occurrence of vibrations. To improve this shortcoming, we developed a helical type drum with an oblique cutting(3D) condition, therefore, this type drum decreased the vibration and cutting resistance of sawdust machine, and also improved productivity and sawdust porosity.

Key Words : Helical drum(헬리컬 드럼), Sawdust machine(톱밥 제조기), Orthogonal cutting(2D 절삭), Oblique cutting(3D 절삭), Cutting resistance(절삭저항)

1. 서 론

최근 유기농법의 관심과 환경보존이라는 측면에서, 농가 축산 폐수의 효율적인 처리를 위해서는 고품질의 톱밥 생산이 요구된다. 톱밥 제조기는 드럼에 연속적으로 붙어 있는 톱날이 나무 재료를 긁어서 톱밥을 제조하는 전형적인 2D 절삭 과정이다. 이는 절삭 저항이 매우 크고, 나무 재료를 길이 방향이 아닌 단면 방향으로 절단하므로써 분말 형태의 톱밥이 생성된다. 이와 같은 톱밥은 통기도가 매우 낮아서 축산폐수 처리시 가축들의 분노에 포함된 수분

을 충분히 흡수하지 못하고, 또한 사료로 만들 때 통기도가 저하되어 비료로 사용하기에는 적합하지 않다.

이와 같은 단점을 보완하기 위해서는 드럼의 톱날구조 변경이 필요하다. 또한 농가에서 톱밥 제조기를 구입하여 오랫동안 사용할 때, 드럼의 톱날이 마모되거나 파손될 우 이것을 쉽게 교체할 수 있는 구조로 변경할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는, 현재 문제점 중의 하나인 저부하 톱밥 제조기의 톱날 및 헬리컬형 드럼을 설계 제작하여, 고품질의 톱밥 제조와 작업 환경에서 발생하는 소음을 최대한 줄이고자 한다. 또한, 제품개발 후 성능시험 및 진동

* 발표자, 가톨릭상지대학 자동차계열 (osyeob@unitel.co.kr)

주소: 760-711 경북 안동시 읍세동 393 번지

† 안동대학교 기계교육학과 (yhae@andong.ac.kr)

주소: 760-749 경북 안동시 송천동 388 번지

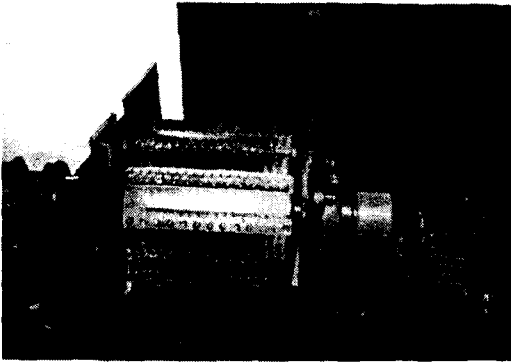


Fig. 1 Drum type of the existing sawdust machine



Fig. 2 Vibration measurement of sawdust machine

시험을 실시하여 기계의 성능 평가표를 작성하여 향후 기계의 품질보증에 도움이 되고자 한다.

최근에는 본 개발 제품을 국제 농기계 전시회에 출시하여 호평을 받았으며, 일본과 수출 상담이 진행되고 있어서 향후 국제적인 경쟁력 확보 및 국가 차원에서도 지속적인 기술 개발과 지원이 절실히 요구되는 실정이다.

2. 톱밥 제조기용 드럼 개발

2.1 연구개발 내용 및 범위

기존 제품 모델의 성능 파악을 위하여 모델별, 작업조건별 및 작업소재별 진동분석과 기존 톱날의 절삭저항 해석을 하였다. 이 해석을 바탕으로, 분할형, 디스크형 및 헬리컬형 드럼과 톱날을 설계하였다. 이어서 톱날 제작과 드럼 가공 및 조립, 장치 제작을 완료하여 협력회사에서 만든 신모델의 목재 파쇄기에 장착하여 목재 파쇄 시험을 하였다. 또한 현재 3개의 모델이 농업기계화 연구소에서 성능시험을 완

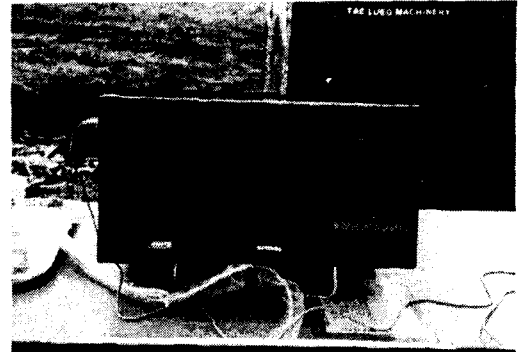
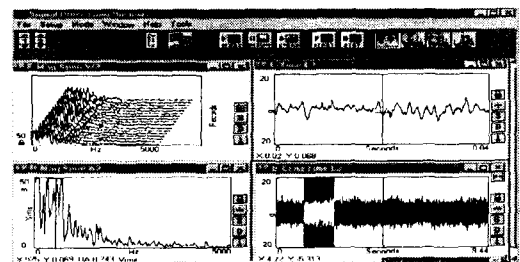
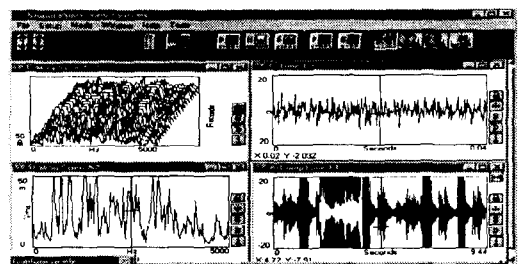


Fig. 3 Vibration tester



(a) Idling condition



(b) Working condition

Fig. 4 Shape of vibration for sawdust machine

료하였다. 그 결과 기존 제품에 비해 성능 향상 및 톱밥 통기도 향상, 진동저감, 부하감소 및 생산성 증대를 가져왔다.

2.2 기존 장치의 문제점 분석

Fig.1은 톱밥 제조기(Model:DLK1000)의 내부 구조를 나타낸 것이다. 여기서 주로 톱밥을 제조하는 부분은 드럼에 연속적으로 붙어 있는 톱날이 나무 재료를 긁어서 톱밥을 만드는 전형적인 2D 절삭이다. 절삭저항이 매우 크고, 나무 재료를 길이 방향이 아닌 단면 방향으로 절단하므로써 톱밥의 형태가 분말로 생성된다. 분말 형태의 톱밥은 통기

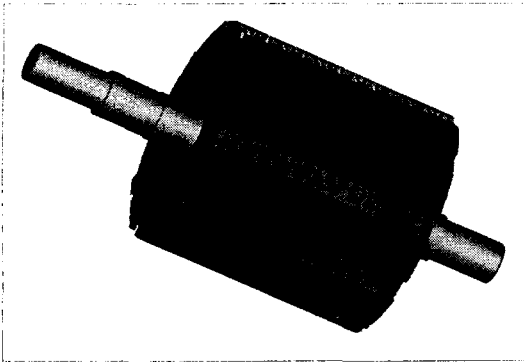


Fig. 5 Modeling of drum for sawdust machine

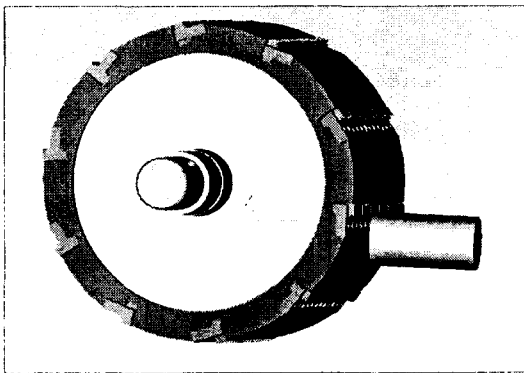


Fig. 6 Orthogonal cutting(2D) condition

도가 매우 좋지 않아서 축사에서 가축들의 분뇨에 포함된 수분을 잘 흡수하지 못하고, 또한 사료로 만들 때 통기도가 저하되어 비료로서는 적합하지 않다.

이와 같은 단점을 보완하기 위해서 드럼의 톱날구조 변경이 필수적이다. 또한 농가에서 톱밥 제조기를 구입하여 오랫동안 사용할 때 드럼의 톱날이 마모되거나 파손될 경우 쉽게 톱날을 교체할 수 있어야 한다. 그러나 기존 장치의 구조에서는 톱날을 교체하기 위해서 드럼을 분해해야만 하는 불편함이 있으므로 드럼을 분해하지 않는 상태에서 쉽게 교체할 수 있는 드럼과 톱날의 구조로 변경해야 한다.

2.3 기존 톱밥 제조기와 목재 파쇄기의 진동분석

톱밥 제조기와 목재 파쇄기 1종(Model:DLK500)과 톱밥 제조기 2종(Model:DLK100, DLK1000)에 대하여 현장에서 진동을 측정하였다.

Fig.2는 톱밥 제조기(DLK1000)의 진동측정 장면이다. 진동 측정시 사용한 계측기는 Fig.3에 나타난 동적신호 분

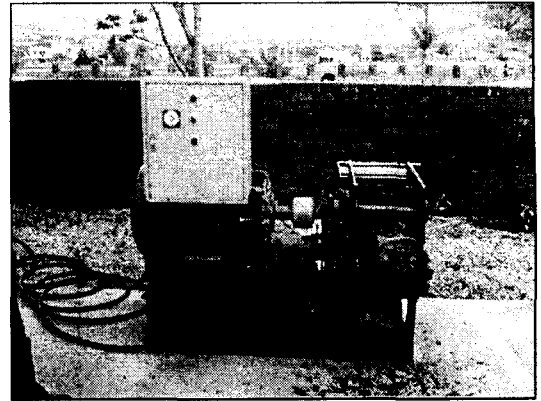


Fig. 7 Measurement of drum cutting resistance

석기(SPS-390 Dynamic Signal Analyzer)를 사용하였다. 진동센서 2개를 이용해 상하(Z방향), 좌우(X방향) 방향을 동시에 측정하였다. 측정지점은 톱밥 제조기와 목재 파쇄기에서 실제로 톱밥과 목재 파쇄가 생성되는 가장 가까운 지점을 선정하였다. 측정범위는 공회전부터 시작하여 톱밥이나 기타 파쇄가 형성되기까지를 측정하였다.

Fig.4는 진동 측정 및 주파수를 분석한 것이다. 측정 조건은 ① 엔진 공회전 상태에서 제조기에 동력이 전달되지 않을 때의 기계 진동, ② 작업기에 재료를 삽입하지 않은 상태에서 공회전시 진동, ③ 지름이 작은 소나무 재료를 초기에 삽입시 발생하는 진동을 각각 측정하였다.

2.4 드럼 구조 및 절삭 기구

Fig.5는 톱밥 제조기에 사용되는 드럼의 모델링 구조를 나타낸 것이다. 톱날의 구조는 초기에는 디스크형 톱날을 사용하였으나, 이것의 절삭동력은 현재 드럼형태보다는 매우 작았다. 또한 톱밥의 입도가 기존의 것에 비하여 매우 커서 톱밥의 통기도가 좋았다. 그러나 이것은 제품으로 출시될 때 한번 조립된 상태에서 오랜 작업시 톱날이 마모되거나 또는 무리한 작업시 톱날이 손상될 경우, 농가 자체에서 교환하기에 큰 문제점이 있었다. 따라서 농가 자체의 수리가 가능하도록 드럼 형태에 홈을 파고 우산 형태의 탄착식 양 4날 형태로 변경되었다. 지금까지 이와 같은 톱날을 사용하고 있지만 이것은 2D 절삭으로 절삭동력이 많이 소요된다.

Fig. 6에 보인 바와 같이, 절삭저항을 결정하는 요소 중의 하나가 경사각이다. 현재 드럼형의 경사각은 약 90°이어서 매우 높은 절삭동력이 요구된다. 따라서 절삭저항을 줄이기 위해서는 2D 절삭을 3D 절삭 형태로 바꾸고, 경사각을 크

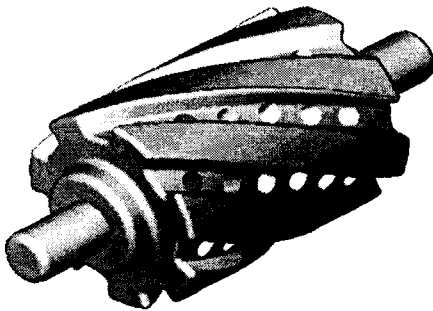


Fig. 8 Modelling of helical drum

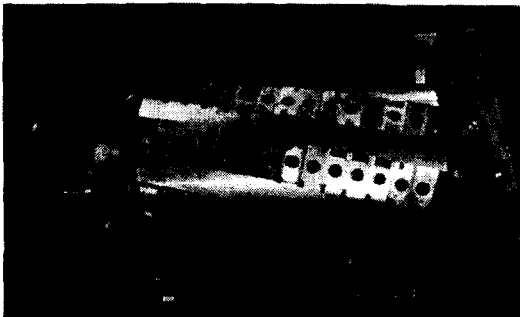


Fig. 9 Assembly of helical drum

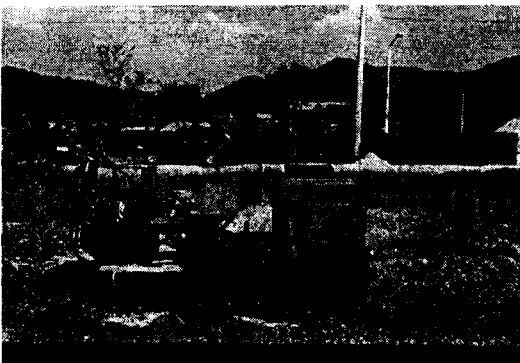


Fig. 10 Performance test of sawdust machine with new developed helical drum

게 할 필요가 있다.⁽¹⁾⁻⁽³⁾

또한, 드럼형은 마모된 톱날의 교체작업이 쉽지만 절삭저항이 크고, 디스크형 톱날은 절삭저항이 드럼에 비하여 작으나 톱날의 교환이 매우 어렵다. 따라서 이것의 양자를 만

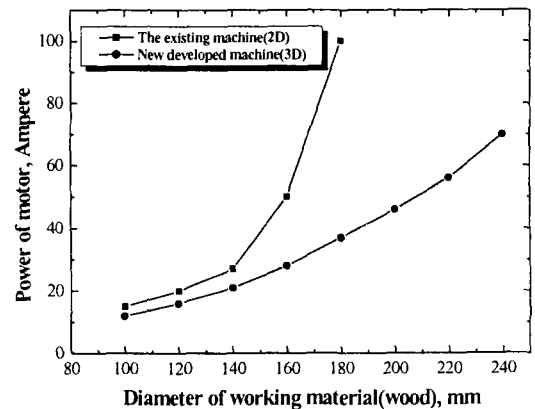


Fig. 11 Comparison of power of motor according to diameter of wood

족할 수 있는 최적설계가 이루어져야 한다.

2.5 부하저항 측정

톱밥 제조기(DLK100)의 부하를 측정하기 위하여 Fig. 7과 같은 측정장치를 제작하였다. 기존의 장치에는 각각 최소지름 100 mm와 최대지름 180 mm인 소나무에 대하여 부하를 측정하였다. 또한, 신규 개발한 장치에서는 지름 100 mm와 250 mm 내에서 측정하였다. 부하측정 방법은 톱날에 작용하는 힘은 최종 모터 동력의 부하로 나타나므로 암페어메터를 사용하여 모터 부하를 측정 하였다.

2.6 드럼 개조 방안 연구 및 설계

드럼형과 디스크형의 톱날은 각각 장단점을 가지고 있다. 절삭동력을 적게 하고 톱밥의 입도를 크게 유지하며, 또한 사용자가 마모된 톱날을 쉽게 교체할 수 있도록 설계되어야 한다. 따라서 절삭저항을 줄이기 위해서는 현재 2D 절삭기구를 3D 절삭기구로 바꾸고, 경사각을 줄여야 한다. 또한 톱밥의 입도를 크게 하기 위해서는 현재 굽은 형태에서 세로로 베는 형태로 톱날 타입이 변경되어야 한다. 따라서 절삭저항, 톱밥입도 및 쉬운 교체의 3가지를 조합하여 기존의 톱날 형태에서 최적 설계하고자 한다.

2D 절삭날을 3D 형태로 변화시키기 위한 개념으로, 실제 생활에서 사용하는 나무 절단 톱의 톱날 형태를 채택하는 것이다. 나무 절단 톱날은 톱날의 경사각이 예리할 뿐만 아니라, 날의 각도와 날의 형태가 나무소재를 파고들 때 절삭저항이 매우 작도록 설계되어 있다. 또한 기존의 드럼형은

마모된 톱날을 교체하기가 쉽다는 장점이 있다. 따라서 기존의 드럼형 2D 톱날 모듈에서 초경톱날 대신에 나무 절단 톱날을 장착하면 된다. 나무 톱날은 소재를 파고드는데 필요한 절삭저항이 매우 작다. 커진 나무의 버(burr) 부분을 2D 절삭날로 깨끗하게 자르는 데는 절삭저항이 크게 소요되지 않기 때문에 드럼의 동심원에서 4개 정도의 기존 2D 초경 톱날을 배치하는 것이 바람직하다.

2.7 헬리컬형 드럼과 톱날

설계시 앞에서 언급한 톱날들을 고려하였으나, 협력회사와의 제작 협의 과정에서 목재 파쇄기 및 톱밥 제조기의 겸용을 위한 새로운 톱밥 제조기를 개발하기로 하였다.

Fig.8은 새로 개발된 헬리컬형 톱밥 제조기 드럼 및 카트리지와 톱밥 제조용과 목재 파쇄용 톱날을 모델링한 것이다. 앞에서 발생된 여러 가지 문제점인 부하, 진동, 톱밥통 기도, 톱날 교체가 쉬운 신개념의 톱날 드럼을 제작하였다.

Fig.9은 톱날의 실제 제작 및 조립된 상태를 나타낸다.

2.8 연구개발 결과

Fig.10는 새로 개발한 헬리컬형 드럼 장착 톱밥 제조기의 성능시험 모습이다. 이중 헬리컬형 드럼 장착 톱밥 제조기 DLK800은 농업기계화 연구소에서 형식검사를 득한 상태이고, 현재 시제품이 개발되어 판매에 있다.

Fig.11은 나무 재료의 지름 증가에 따른 모터 동력을 나타낸 실험 결과이다. 여기서 기존의 장치(2D)인 경우에는 모터동력이 기하급수적으로 증가하는 반면, 헬리컬형 드럼 장치(3D)인 경우에는 거의 선형적으로 증가하였다. 따라서 새로 개발한 장치의 모터 동력이 기존 장치에 비해 평균 약 25% 감소하였다.

그리고 톱밥 제조기의 성능시험 결과, 기존의 장치에 비하여 톱밥 통기도가 약 20% 증대되었으며, 톱밥 크기의 조절이 가능하였다. 또한 기존에 비해 부하감소로 진동저감 효과가 20%정도이고, 연료비 20%의 저감효과를 얻었다.

기존의 톱밥 제조기가 지름 약 180 mm 정도까지만 작업이 가능하였으나, 새로 개발된 드럼으로 작업시험을 한 결과 지름 약 250 mm까지 가능하였다. 시간당 톱밥 생산능력도 30% 이상 증대하였다.

3. 결 론

신규 개발한 헬리컬형 드럼을 사용한 톱밥 제조기의 성능시험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 기존 장치에 비해 톱밥 통기도가 약 20% 증대되었으며, 톱밥의 크기 조절이 가능하고, 부하감소로 진동저감 효과가 약 20%정도, 연료비 약 20%의 저감효과를 얻었다.

2) 기존의 톱밥 제조기가 지름 약 180 mm 정도까지 작업이 가능하였으나 새로 개발된 드럼인 경우 지름 약 250 mm 까지 가능하였다. 또한 시간당 톱밥생산 능력도 30% 이상 증대하였다.

3) 또한 커터의 교체에 의한 톱밥 제조기, 목재 파쇄기의 겸용이 가능하고, 또한 톱날의 길이 조절에 따라 톱밥의 크기 변경이 가능하였다.

4) 최근 유기농법의 관심과 환경보존이라는 측면에서, 농가축산폐수의 효율적인 처리를 위해서는 양질의 톱밥과 고생산성의 목재 파쇄가 절실히 요구된다. 이것을 지속적으로 보완하기 위한 여러 가지 목재 파쇄기의 톱날구조 변경이 필수적이다.

참 고 문 헌

- (1) N. S. Suh, 1999, *New Precision Machine Method*, Daekwang press. co., p.38.
- (2) Y. H. Yum, 1995, *Cutting Theory of a Machine Tool*, Dongmyoung press. co., p.33.
- (3) B. J. Yun, H. Y. You, 1999, *Precision Manufacturing*, Wonchang press. co. p.25.