

톱밥제조기 저부하 드럼개발

배용환*(안동대 기계교육과), 반갑수(상주대 기계공학부)

Development of Low Cutting Resistance Drum for Sawdust Machine

Y. H. Bae(Mech. Edu. Eng. Dept., ANU), G. S. Ban(Mech. Eng. Dept., SNU)

ABSTRACT

We developed low resistance drum that is used in sawdust machine in this research. The existent drum have two dimensional cutting form(orthogonal cutting) when see cutting pattern of saw cutter and wood, cutting resistance is big and cutting power is cost much, and also, vibration happens extremely.

To improve this shortcoming ,we developed helical type low cutting resistance drum for three dimensional cutting possible, decreased vibration and cutting resistance of sawdust machine, and improve productivity and sawdust ventilation. Also, a developed drum is mounting in sawdust machine, it is sold by product.

Key Words : Sawdust machine(톱밥제조기), Cutting force (절삭력), Orthogonal cutting(2 차원절삭), Three dimensional cutting(3 차원절삭), Cutting resistance(절삭저항), Helical drum(헬리컬드럼)

1. 서론

최근 유기농법의 관심과 환경보존이라는 측면에서, 농가축산폐수의 효율적인 처리를 위해서는 질 좋은 톱밥생산이 절실히 요구된다. 톱밥제조기에서 주로 톱밥을 제조하는 부분은 드럼에 연속적으로 붙어있는 톱날이 나무재료를 끊어서 톱밥을 제조하는 전형적인 2 차원 절삭현상으로 절삭저항이 엄청나게 크고, 대신에 나무재료를 길이방향이 아닌 단면방향으로 절단함으로써 톱밥의 형태가 분말로 생성된다. 분말로 생성되는 톱밥은 통기도가 매우 좋지 않아서 축사에서 가축들의 분노에 포함된 수분을 잘 흡수하지 못하고 또한 사료로 만들 때 통기도가 저하되어 비료로써는 매우 좋지 않다.

이것을 보완하기 위해서 드럼의 톱날구조 변경이 필수적이다. 또한 농가에서 톱밥제조기를 구입하여 오랫동안 사용할 때 드럼의 톱날이 마모되거나 파손될 경우 쉽게 톱날을 교체할 수 있도록 해야 한다.

본 연구를 통하여 현재 문제점중의 하나인 저부하 톱밥제조기의 톱날 및 드럼을 설계보완하고, 제작하여 고품질의 톱밥제조와 작업환경에서 나오는 소음을 줄이고, 또한 제품개발후 성능테스트와

진동측정을 통하여 기계의 성능평가표를 만들어 향후 기계의 품질보증에 기여코자한다. 최근에는 국제농기계 전시회에 제품을 출시하여 호평을 받았으며, 일본과 수출상담이 진행되고 있어서 향후 국제적인 경쟁력 제고 차원에서 지속적인 기술개발과 지원이 절실히 요구되는 실정이다.

2. 본론

2.1 연구개발 내용 및 범위

먼저, 현재 제품모델의 성능파악을 위하여 모델별 작업조건별 진동분석 및 작업소재별 진동분석과 기존 톱날의 절삭저항 해석을 실시하였다. 다음 이러한 기초위에 분활형 톱날설계 및 드럼설계, 디스크 타입 톱날 및 드럼설계, 헬리컬 타입드럼 및 톱날설계를 행하였다. 다음으로 톱날제작 및 드럼가공, 톱날, 드럼 조립, 장치제작완료하여 회사에서 만든 신모델의 목재파쇄기에 장착하여 목재파쇄시험을 실시하고 현재 3 개의 모델이 농업기계화연구소에서 시험완료 되었다. 그 결과 현 제품 대비 성능향상 및 톱밥통기도향상, 진동저감 및 부하감소, 생산성증대를 가져왔다.

2.1.1 톱밥제조기와 목재파쇄기 문제점 분석

다음 Fig.1 는 톱밥제조기 (Model : DLK1000) 의 내부구조를 나타낸 것이다. 여기서 톱밥제조기 에서 주로 톱밥을 제조하는 부분은 드럼에 연속적으로 붙어있는 톱날이 나무재료를 곱아서 톱밥을 제조하는 전형적인 2 차원 절삭현상으로 절삭저항이 엄청나게 크고, 대신에 나무재료를 길이방향이 아닌 단면방향으로 절단함으로써 톱밥의 형태가 분말로 생성된다. 분말로 생성되는 톱밥은 통기도가 매우 좋지 않아서 축사에서 가축들의 분노에 포함된 수분을 잘 흡수하지 못하고 또한 사료로 만들 때 통기도가 저하되어 비료로써는 매우 좋지 않다.

이것을 보완하기 위해서 드럼의 톱날구조 변경이 필수적이다. 또한 농가에서 톱밥제조기를 구입하여 오랫동안 사용할 때 드럼의 톱날이 마모되거나 파손될 경우 쉽게 톱날을 교체할 수 있도록 해야 한다. 그러나 현재의 구조는 톱날을 교체하기 위해서는 드럼을 분해해야 하는 불편함이 있으므로 드럼을 해체하지 않는 상태에서 쉽게 교체하여 드럼과 톱날의 구조를 변경하여야 한다.

2.1.2 톱밥제조기 및 목재파쇄기 진동분석

톱밥제조기와 목재파쇄기 1 종(Model:DLK500)과 톱밥제조기 2 종(Model:DLK100, DLK1000)에 대하여 현장에서 진동을 측정하였다. 진동측정장비로는 SPS-390 Dynamic Signal Analyzer 를 사용하였으며, 진동센서 2 개를 이용해 상하방향(Z 방향), 좌우방향(X 방향)을 동시에 측정하였으며, 측정지점은 목재파쇄기나 톱밥제조기에서 실제적으로 톱밥과 목재파쇄가 만들어지는 가장 가까운 지점에서 측정을 하였고, 측정은 공회전시부터 시작하여 톱밥이나 기타 파쇄가 이루어지기 까지를 측정하였다. Fig.2 는 톱밥제조기 DLK1000 의 진동측정 모습을 나타낸 것이고 표 1 은 DLK100 의 사양을 나타낸 것이고, Fig.3 은 진동을 측정한 것과 주파수 분석을 실시한 것이다. 먼저 작업조건은 a)엔진공회전시키고 작업기에 동력이 전달되지 않을 때 기계의 진동, b)작업기에 소재를 삽입하지 않은 상태에서 공회전시 진동, c)비교적 지름이 작은 소나무 재질을 초기 삽입시 생기는 진동을 측정하였다.

2.1.3 드럼구조 및 절삭메카니즘

Fig.4 는 톱밥제조기에 사용되는 드럼의 구조를 나타낸 것이다. 톱밥제조기의 톱날의 구조는 형태는 초기에는 디스크형 톱날을 사용하였으나, 이것의 절삭동력은 현재 드럼 타입보다는 매우 작았고 또한 톱날의 입도가 기존에 것에 비하여 매우 커서 톱밥의 통기도가 좋았다 하지만 이것은 제품으로 출시될 때 한번 조립된 상태에서 오랜 작업시

톱날이 마모되거나 혹은 무리한 작업시 톱날이 손상될 경우 농가에서 교환하기에 상당히 문제점이 있었다. 따라서 농가 자체의 수리가 가능하도록 드럼형태에 홈을 파고 우산형태의 탄착식 양 4 날 형태로 변경되었다. 그리고 현재까지 이와같은 톱날을 사용하고 있지만 이것은 앞에서도 언급했듯이 2 차원 절삭으로 매우 절삭동력이 많이 소요된다. 즉 이것을 쉽게 해석하면 우리가 대패질을 할 때 대패의 날을 깎으려고 하는 방향에 직각으로 세워서 작업을 하면 대패에 엄청난 힘이 걸린다. 그러나 대패의 날을 비스듬하게 놓은 뒤 대패질할 때 힘이 작게 소요된다. 또한 절삭저항을 결정하는 요소중의 하나가 경사각이며 현재 드럼타입의 경사각은 90° 에 가까워서 매우 높은 절삭동력을 초래한다. (Fig.5) 따라서 절삭저항을 줄이기 위해서는 첫째 현재 2 차원 절삭형태를 3 차원 절삭형태로 바꾸고, 경사각을 크게해야 한다.

또한 드럼타입은 마모된 절삭날을 갈아끼우기는 쉽지만 절삭저항이 심하고, 디스크형 톱날은 절삭저항이 드럼에 비하여 작으나 톱날의 교환이 매우 어려우므로 이것의 양자를 만족하는 최적설계가 이루어져야 한다.

2.1.4 부하저항 측정사진

톱밥제조기(DLK100)의 부하를 측정하기 위하여 장치를 제작하였다.(Fig.6) 지름 각각 $\phi 100\text{mm}$ 와 $\phi 180\text{mm}$ 소나무 2 종에 대하여 부하를 측정하였다. 부하측정 방법은 톱날에 작용하는 힘은 결과적으로 모터동력의 부하로 연결되므로 모터부하를 암페어 메타를 부착하여 측정하였다. 측정결과 $\phi 100\text{mm}$ 는 15A 정도의 부하가 걸리는데 비하여 $\phi 180\text{mm}$ 100A 정도로 지름이 비례하여 단순한 비례가 아니라 기하급수적으로 증대됨을 알 수 있다.

2.1.5 드럼개조 방안 연구 및 설계

드럼타입과 디스크 타입의 톱날은 각각 나름대로 장단점을 가지고 있다. 절삭동력을 적게하고 톱밥의 입도를 크게 유지하며, 또한 사용자가 마모된 톱날을 쉽게 교체할 수 있도록 설계되어야 한다. 따라서 절삭저항을 줄이기 위해서는 첫째 현재 2 차원 절삭형태를 3 차원 절삭형태로 바꾸고, 경사각을 줄여야 한다. 또한 톱밥의 입도를 크게 하기 위하여는 현재 굵는 형태에서 세로로 베는 형태로 톱날 타입이 변경되어야 한다. 따라서 절삭저항, 톱밥입도, 교체용이 3 가지를 조합한 최적설계를 기존의 톱날형태에서 종합하여 설계하고자 한다. 먼저 2 차원 절삭날을 3 차원 형태로 변화시키기 위한 아이디어로 첫째, 실제 생활에서 사용하는 나무자르는 톱의 톱날형태를 채택하는 것이다. 나무자르는 톱날은 일단 톱날의 경사각이 예리할 뿐만아니라, 날의 각도와 날의 형태가 나무소재를 파고들 때 절삭저항이 매우 작아질 수 있도록 설계되어 있다. 또

한 기존의 드럼타입은 마모된 톱날을 교체하기가 쉽다는 잇점이 있다. 따라서 기존의 드럼타입 2 차원 톱날모듈에서 초경톱날 대신에 이 부분에 나무자를 때 쓰는 톱날을 만들면 된다. 또한 나무 톱날은 소재를 파고 드는데 걸리는 저항이 매우 작다. 켜진 나무의 버(burr)부분을 2 차원 절삭날이 깨끗하게 자르는데는 절삭저항이 크게 소요되지 않기 때문에 드럼의 동심원에서 4 개 정도의 기존 2 차원 초경 톱날을 배치하는 것이 좋다.

2.1.6 헬리컬 타입드럼과 톱날

최종협의를 거쳐 앞의 날들을 고려하였으나 제작상 및 회사의 목재파쇄기 및 톱날제조기 겸용을 위한 새로운 톱발제조기를 개발하기로 하였고, 앞에서 생기는 여러 가지 문제점, 부하, 진동, 톱발동기도, 톱발교체가 용이한 신개념의 톱발드럼을 제작하였다. Fig.7은 새롭게 개발된 헬리컬 타입 톱발제조기 드럼 및 카타리지와 톱발제조용 톱발과 목재파쇄용 톱발을 모델링한 것이다.

2.2. 연구개발 결과

Fig.8은 헬리컬 타입 드럼장착 톱발제조기의 성능 시험모습을 나타낸 것이다.

이중 헬리컬 타입드럼 장착 톱발제조기 DLK800은 농업기계화 연구소에서 형식검사를 득한 상태이고, 현재 시제품이 개발되어 판매중이다. 톱발기 성능시험결과 기존에 비하여 톱발동기도가 약 20% 증대되었으며, 또한 톱발사이즈의 조절이 가능하고, 또한 기존대비 부하감소로 진동저감효과 20%정도이고, 연료비 20%의 저감효과를 얻었으며 기존의 톱발제조기가 $\phi 180\text{mm}$ 정도까지 작업이 가능하였으나 새롭게 개발된 드럼으로 작업시험을 한 결과 $\phi 250\text{mm}$ 까지 가능하였다. 또한 시간당 톱발생산능력도 30% 이상 증대하였다.

3. 결론

톱발기 성능시험결과 기존에 비하여 톱발동기도가 약 20% 증대되었으며, 또한 톱발사이즈의 조절이 가능하고, 또한 기존대비 부하감소로 진동저감효과 20%정도이고, 연료비 20%의 저감효과를 얻었으며 기존의 톱발제조기가 $\phi 180\text{mm}$ 정도까지 작업이 가능하였으나 새롭게 개발된 드럼으로 작업시험을 한 결과 $\phi 250\text{mm}$ 까지 가능하였다. 또한 시간당 톱발생산능력도 30% 이상증대하였다. 또한 이것 이외에도 커터의 교체에 의한 톱발제조기, 목재파쇄

기 겸용이 가능하고, 또한 날의 길이 조절에 따라 톱발의 사이즈 변경이 가능하다.

최근 유기농법의 관심과 환경보존이라는 측면에서, 농가축산폐수의 효율적인 처리를 위해서는 질 좋은 톱발과 고생산성의 목재파쇄가 절실히 요구된다. 이것을 보완하기 위해서 여러 가지 목재파쇄기 톱날구조 변경이 필수적이다.

참고문헌

1. 서남섭, 신판정밀공작법, 대광서림, pp.38, 1999.
2. 염영하, 공작기계의 절삭이론, 동명사, pp.33, 1995
3. 윤병주, 유호영, 정밀가공학, pp.25, 1999

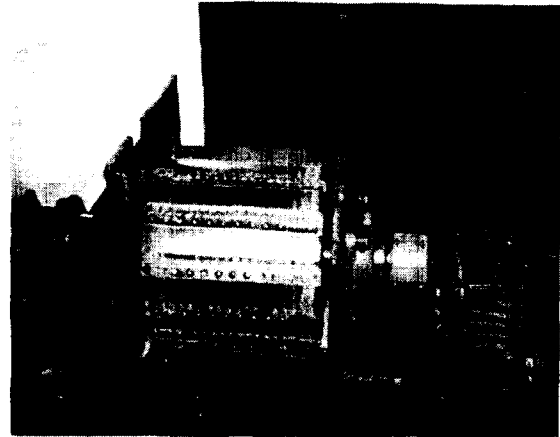


Fig.1 기존 톱발제조기의 드럼형태



Fig.2 톱발제조기 진동측정모습

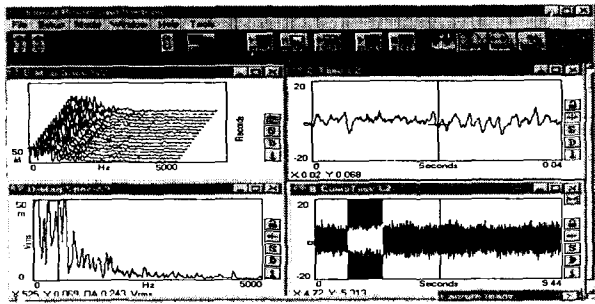


Fig.3 기존 톱밥제조기 진동형태
(위)공회전,(아래)작업시

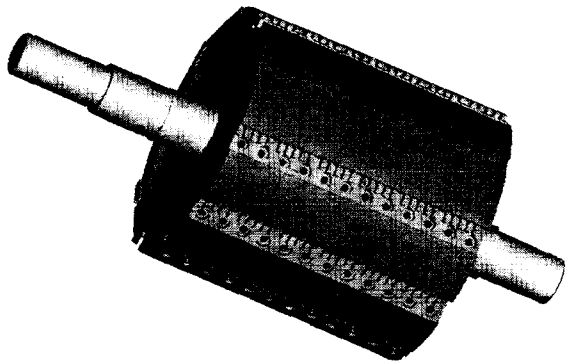


Fig.4 기존 톱밥제조기 드럼모델링

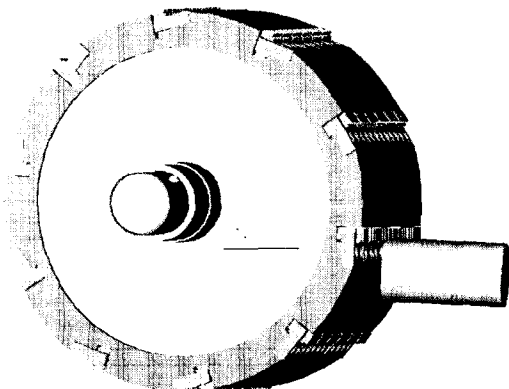


Fig.5 기존 드럼의 2차원 절삭

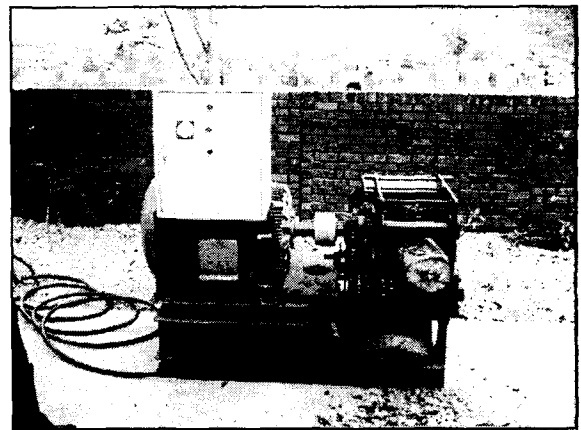


Fig.6 드럼 절삭저항 측정기

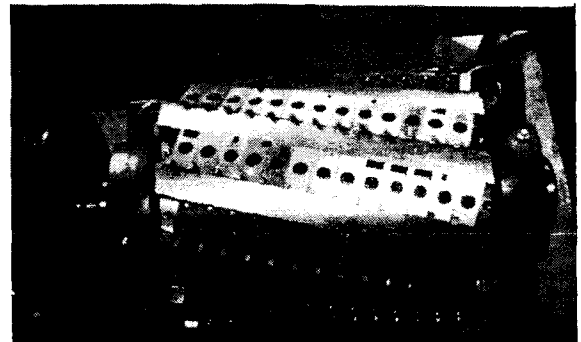
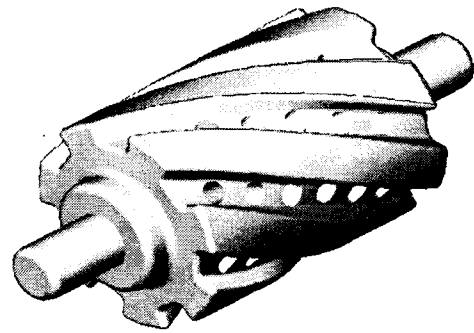


Fig.7 헬리컬 드럼형태

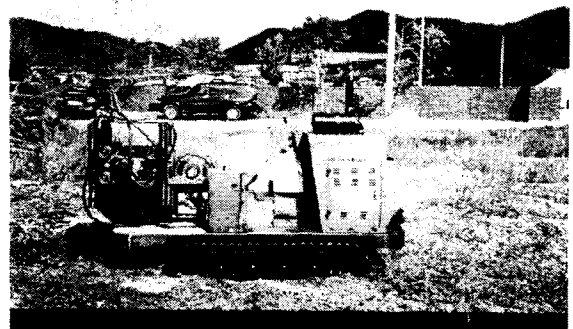


Fig.8 헬리컬 드럼장착 톱밥제조기 성능시험