

일반과제 106052-3

TMR 플랜트용 국내산 원형베일 전처리
가공시스템의 모델 개발

Modeling of round bale pre-processing system for
TMR plants for the domestic produced roughages

경북대학교

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “TMR 플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 모델 개발”에 관한 연구과제의 보고서로 제출합니다.

2009년 4월 24일

주관연구기관명 : 경북대학교

주관연구책임자 : 박 경 규

세부연구책임자 : 김 태 한

세부연구책임자 : 구 영 모

연 구 원 : 하 유 신

연 구 원 : 홍 동 혁

연 구 원 : 김 정 구

연 구 원 : 김 혁 주

요 약 문

I. 제 목

TMR 플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 모델 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구의 필요성

국내산 조사료(마른벚짚, 생벚짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지)의 효율적인 이용을 위해서는 우리나라 축산 농가에서 가장 많이 이용을 하는 TMR플랜트에서 국내산 조사료를 주원료로 사용하도록 해야 한다. 문제는 국내의 TMR플랜트 대부분이 이러한 국내 조사료를 잘 배합이 될 수 있도록 처리하는 가공시스템에 없다는 것이다. 원형 베일로 된 벚짚은 매우 단단할 뿐 아니라 흡과 같은 많은 이물질이 함유되어있다.

경제성이 있는 배합비율과 배합효율을 높이기 위하여 300kg 정도 되는 원형베일 벚짚을 세절하여 배합기에 투입을 하는데 벚짚만으로도 배합기를 넘쳐난다. 이럴 경우 타 원료를 투입하기가 곤란하게 되고, 부피가 큰 벚짚을 배합기에 정량 투입하는데 소요되는 시간이 매우 길다. 따라서 작업 소요시간이 길어 생산성이 저하되므로 세절된 벚짚을 부피가 작은 일정 무게와 크기의 형태로 가공하여 배합기에 쉽게 투입을 할 수 있어야 한다.

이를 위해서는 원형베일로 반입된 조사료를 반입→연화하고 적절한 길이로 세절→벚짚에 섞인 흡 및 이물질의 제거→정량 투입을 할 수 있는 일련의 조사료 전처리 가공을 위한 일관공정시스템의 모델개발이 매우 중요하다. 따라서 우리나라 낙농 및 육우용 조사료를 대부분 생산하고 있는 TMR플랜트에 조사료를 쉽게 반입·세절·흡면지 및 이물질 제거·규격화 가공이 가능한 기능을 가진 즉, TMR플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델에 관한 연구는 우리나라 축산업에 매우 중요한 연구 과제라고 생각이 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 기존의 상업용 또는 조합원공동 TMR플랜트에 국내산 원형베일로 가공된 마른 볏짚, 생볏짚 곤포 사일리지 또는 맥류 곤포사일리지를 ①배합시간이 짧고, 배합이 용이하도록 세절할 수 있는 기능이 있고, ②볏짚에 섞인 흙먼지 및 이물질을 제거하는 기능이 있으며, ③정량으로 배합기에 투입이 가능하도록 부피 큰 조사료를 일정량의 무게 및 부피로 규격화 가공이 가능한 TMR 배합 전처리 공정인 TMR플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델 개발에 대한 연구가 필수적으로 수행되어야 한다.

2. 연구의 목적

본 연구는 기존의 상업용 또는 조합공동 TMR플랜트에 국내산 원형베일로 가공된 마른 볏짚, 생볏짚 곤포 사일리지 또는 맥류 곤포사일리지를 포함한 조사료를 TMR플랜트 생산성에 맞게 연속적으로 반입→연화하고 적절한 길이로 세절→흙먼지 및 이물질 제거 공정을 거친 후에 정량으로 배합기에 쉽게 투입이 가능하도록 일정 무게 및 사이즈로 규격화 가공의 기능을 가진 TMR플랜트용 원형 베일 조사료 전처리 가공시스템의 모델을 개발하기 위한 것으로 세부적으로는,

- ① 반입된 원형 베일을 TMR 플랜트의 생산성에 맞게 연속적으로 적재 가능하고, 또한
- ② 배합 시간, 동력 및 배합 효율을 높일 수 있도록 적절한 길이로 세절 할 수 있는 기능을 가지며,
- ③ 볏짚에 섞인 흙먼지 등 이물질을 제거하는 기능이 있고,
- ④ 정량으로 배합기에 투입이 가능하도록 부피 큰 조사료를 압축을 하여 소형의 일정무게 및 크기로 규격화 가공의 기능을 가지고 있으며,
- ⑤ 일정 규격으로 가공된 조사료는 필요에 따라 자가 배합TMR 농가 또는 다른 TMR 플랜트로 판매가 가능한 모델을 개발함에 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

- 국내에서 생산 가공된 원형 베일을 효율적으로 이용하기 위하여 본 연구에서는
1. 원형베일 전처리 가공시스템의 모델 개발 및 적정규모 설계,
 2. TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응시험,
 3. 원형베일 전처리 가공시스템의 경제성 분석, 최종시작품 제작 및 안정성 향상 등

의 3개의 소과제로 연구를 수행하였다.

(1)의 “원형베일 전처리 가공시스템의 모델 개발 및 적정규모 설계에서는 TMR플랜트”에 조사료를 쉽게 반입·세절·흙먼지 및 이물질 제거·규격화 가공이 가능한 기능을 가진 TMR플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델의 개발에 필요한

①적정기계의 선정, ②적정위치에 배치, ③ 가공기계와 기계를 연결하여 주는 적정 반송기의 선정, ④ TMR플랜트 생산규모에 따르는 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기를 결정하였다.

(2)의 “TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장 적응시험”에서는 ①조사료 반입 및 이송부의 설계 및 제작, ②TMR플랜트용 원형베일 세절기의 설계 및 제작, ③세절된 조사료 중 흙먼지제거용 집진 시스템의 설계 및 제작, ④세절된 조사료의 규격화 가공시스템을 설계·제작하였고, 앞에서 제작된 부분 시스템들을 연결하여 하나의 ⑤전체 시스템으로 완성하였다.

(3)의 “원형베일 전처리 가공시스템의 경제성 분석, 최종시작품 제작 및 안정성 향상”에서는 기존의 관행 시스템과 비교를 하여 경제성을 가질 수 있는 최소규모의 생산량(손익분기점)을 찾아내었다. 이러한 자료는 향후에 본 시설이 타 TMR플랜트에 설치 될 경우에 대비하여 정책적으로 경제성이 있는 위치를 결정할 수 있는 참고 자료가 될 수가 있다. 아울러 최종적으로 최종시작품을 제작하여 지속적으로 시스템의 안정성을 향상시키도록 수정보완 하였다.

IV. 연구개발결과

국내에서 생산 가공된 원형 베일을 효율적으로 이용하기 위하여 조사료를 쉽게 반입·세절·흙먼지 및 이물질 제거·규격화 가공이 가능하도록 하기 위하여, ①원형베일 전처리 가공시스템의 모델 개발 및 적정규모 설계를 하였고, 이를 토대로 ②TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계를 개발하였으며, 전북 정읍시 보리마을의 농가형 TMR 플랜트에 본 모델을 설치하여 ③현장적응시험 및 성능시험을 수행하여 최종적으로 수정 및 보완을 하였고, 여기에서 수집된 자료를 분석하여 ④원형베일 전처리 가공시스템의 경제성을 분석하여 우리나라의 축산농가에 적용성 여부를 검토하였다.

본 연구의 최종결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 원형베일 전처리 가공시스템의 모델은 크게 ①조사료 적재 및 반입부, ②원형베

일 세절부, ③흙먼지 및 이물질 제거를 위한 집진부, ④세절과정에서 부풀려진 조사료를 규격화 가공공정부, ⑤규격화로 가공된 조사료를 TMR 배합기 또는 저장시설로 운송하는 반송부로 개발하였다.

2. 소요기계로는 원형베일 반입적재 컨베이어, 원형베일 절단기, 세절조사료 규격화 가공기, 집진장치, 세절조사료와 규격화베일 이송 컨베이어를 설계 및 제작하였으며, 총 소요동력은 31 kW로 나타났다.
3. 모델의 작업소요시간은 평균 약 8분 30초이면 1 bale의 작업을 완료할 수 있고, 작업능률은 조사료에 함유된 수분값에 따라서 많이 차이가 나지만 건물량 기준으로 평균 1440 kg-d.b./h으로 나타났다.
4. 15~20kg으로 규격화하기 위한 베일은 단면이 350×460 mm일 경우, 베일의 길이는 수분이 60%이상인 조사료는 400mm, 수분이 20%이하인 조사료는 800mm가 양호한 것으로 나타났다.
5. 규격화베일의 결속정도와 결속상태를 종합하여 볼 때 결속밀도는 건물량 기준으로 평균 114 kg-d.b./m³으로 나타났다.
6. 규격화 베일 후의 조사료의 평균길이는 15cm 이하의 길이가 30 %-weight, 15cm 이상의 길이가 70 %-weight 로 나타났다.
7. 모델 시스템의 연간 고정비는 약 47,873 천원/년으로 나타났으며, 연간 이용비용은 1일 8 batch 생산의 경우 12,710 원/톤으로 생산량이 증가할수록 이용비용은 절감되고 있는 것으로 나타났다.
8. 시판되는 TMR 사료 구입비용과의 손익분기점은 젖소의 경우 97두, 한우는 137두이며, 이때 생산비용은 젖소의 경우 9,505 원/두·일, 한우는 3,386 원/두·일로 나타났다.
9. 모델 시스템의 효율적인 사료생산은 1일 4시간 작업시 약 8 batch를 생산하는 경우에 해당한다. 이때, 젖소와 한우의 사육가능두수는 640두와 1,231두로 나타났으며, 이용비용과 생산비용은 각각 젖소는 318 원/두·일과 8,318 원/두·일, 한우는 165 원/두·일과 2,505 원/두·일로 나타났다.
10. 절감효과는 한우는 1,230두 규모에서 392,662 천원/년, 젖소는 640두 규모에서 276,318 천원/년이 절감되는 것으로 나타났다.

종합적인 결론으로 본 연구에서 개발된 시스템은 우리나라의 한우 및 낙농가에 적용 가능한 것으로 판단되며, 본 시스템의 이용 시 생산비용의 절감효과는 매우 클 것으로 기대된다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 연구성과

가. 특허 등록

- 등록번호 : 특허 제10-0834707호(출원번호 제2007-0006972호)
- 등록일자 : 2008년 5월 27일(출원일자 2007년 1월 23일)
- 발명명칭 : TMR 배합용 원형베일 조사료의 전처리 가공시스템 및 이를 이용한 원형베일 전처리 가공방법
- 특허권자 : 경북대학교 산학협력단
- 발명자 : 박 경 규

나. 전시회 참가

- 행사명 : 한우관련 산업화기술 발표회 및 전시회
- 기간 : 2007년 4월 12일(목)
- 장소 : 한경대학교 축산기술지원센터
- 주최 : 농 립 부
- 주관 : 농림기술관리센터(ARPC), 한경대학교

다. 학술회의 발표

- 회의명 : 한우관련 산업화기술 발표회
- 일시 : 2007년 4월 12일(목)
- 장소 : 한경대학교 축산기술지원센터 305호
- 발표제목 : 국내산 조사료 원형베일 소비촉진을 위한 한우용 TMR 플랜트 발전방향

- 회의명 : 한국농업기계학회 2007년 하계학술대회
- 일시 : 2007년 7월 6일(금)
- 장소 : 지리산가족호텔(전남 구례군)
- 발표제목 : TMR 플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템 개발(I) -모델 개발-

- 회 의 명 : 신기술과 한국농업의 비전
- 일 시 : 2008년 6월 16일(금)
- 장 소 : 대한상공회의소 국제회의장
- 발표제목 : 청보리 랩-사일리지 TMR 연계기술

- 회 의 명 : 조사료 생산과 이용에 의한 곡류사료 대체방안 심포지엄
- 일 시 : 2008년 10월 29일(금)
- 장 소 : 대구대학교 생명환경대학
- 발표제목 : 농가형 TMR 플랜트를 이용한 청보리 랩-사일리지 이용 확대 방안

라. 홍보실적

- 홍보유형 : Internet/PC통신
- 매 체 명 : AFFIS i-농업방송(국내)
- 홍보일자 : 2007년 3월 1일
- 제 목 : 국내산 조사료 원형배일 소비촉진을 위한 한우육 TMR 플랜트

- 홍보유형 : 월간잡지
- 매 체 명 : 월간축산 9월호(국내)
- 홍보일자 : 2008년 9월 1일
- 제 목 : 원형배일 전처리 가공시스템 모델 개발

마. 기타활용실적

- 활용유형 : 단행본 발간
- 발 행 처 : 한국농촌경제연구원
- 발행일자 : 2008년 6월 1일
- 제 목 : 신기술과 농업경영의 비전-청보리 랩사일리지 TMR 연계 기술

2. 활용계획

가. 기술이전

본 연구팀은 선행 연구된 농가형 소형 TMR 플랜트가 설치된 전라북도 정읍의 보리마을에 원형베일 전처리 가공시스템을 설치하였으며, 10~20농가가 공동으로 한우 1,000~2,000두 규모의 TMR 사료 일관 조제를 할 수 있도록 하였다. 본 연구가 종료되는 시점에 정읍의 보리마을에 기술이전을 실시할 계획에 있다.

나. 자체 사업화

본 연구팀은 연구과제와 관련하여 2009년도 중소기업청 실험실창업지원사업의 대상자로 선정되었으며, 금년에 창업을 하여 본격적으로 자체 사업화를 실시할 계획에 있다. 개발된 시스템은 참여업체인 (주)은성플랜트에서 제작하여 납품할 계획에 있다. 사업화 형태는 다음과 같다.

- 한우용 및 젓소용의 농가형 TMR 플랜트 사업화
- 원형베일 세절-규격화 공정이 구비된 표준형 TMR 플랜트 사업화
- 기존 TMR 플랜트에 원형베일 세절·규격화·배합 공정이 구비된 리엔지니어링 사업화
- 원형베일 세절-규격화를 위한 독립된 플랜트 사업화
- 각 플랜트에 소요되는 단위기계의 사업화

다. 관련 인증 획득

원형베일 전처리 가공시스템은 “신기술”, “신규특허”, “EM” 마크를 획득하여 기술의 신뢰성을 높일 예정이다.

라. 연사회 개최 및 학술대회 발표

축산농가 및 축산관련단체 등에게 연사회를 개최하고 한국농업기계학회 및 TMR 연구회에 연구내용을 발표할 예정에 있다. 금년에 영주한우조합, 군위한우조합에서 정읍 보리마을에 설치된 시스템을 견학하였고 호평을 받은 바 있다.

마. 시책건의

국내산 조사료 원형베일 소비촉진을 위한 정부시책을 살펴보면 조사료 생산확대를 위한 사업내용은 초지조성·보완에 소요되는 비용 지원, 종자대, 조사료용 비닐

지원, 조사료 생산기계·장비 및 기반시설 지원, 국내산 조사료의 장거리 운송비 지원 등이 있다. 조사료 이용확대를 위한 지원은 국내산 이용시 TMR사료공장의 자금 우선지원, 조사료 가공시설 지원 등이 있는데, 소비촉진을 위한 이용확대 지원책은 생산확대를 위한 지원책과 비교하여 볼 때 미약하다고 할 수 있다. 또한 앞서 제시된 모델을 참고하여 새로운 한우용 TMR 플랜트의 표준화가 선결과제이며, 이러한 국내산 조사료 원형배일 소비촉진을 위한 정부의 지원방향도 ①원형배일 세절-규격화 공정이 구비된 표준형 한우용 TMR 플랜트의 지원이 필요하며, ②기존 TMR 플랜트에 원형배일 세절-규격화-배합 공정이 구비되도록 리엔지니어링을 유도하고 ③원형배일 세절-규격화를 위한 독립된 플랜트의 지원이 될 수 있도록 시책 건의할 예정이다.

바. 후속연구

개발된 원형배일 전처리시스템의 활성화를 위해서는 현재 청보리 수확작업시 문제점을 해결해야 한다. 청보리 수확작업 기간이 벼의 이앙작업 때문에 약 15일 정도가 최장이며 짧은 수확기간에 따르는 노동력의 확보, 작업기계의 대형화와 집중화 현상이 심하고, 일기 불순에 따른 품질 저하 문제가 발생된다. 이를 위해서는 경종 농가와 연계한 윤작 작부 체계를 연구하여 조사료 생산과 연계한 윤작작부 조사료 생산 모델 개발, 기계화에 의한 윤작 재배 및 생산기술 개발(조사료 생산과 연계한 윤작 작물의 선정, 윤작작물의 이앙시기, 파종방법 등의 개선 등), 국내 실정에 적합한 윤작 작부 체계에 소요되는 생산·수확 관련 기계 및 장비의 개발에 대한 추가연구가 필요하다고 판단된다.

SUMMARY

I. Title

Modeling of round bale pre-processing system for TMR plants for the domestic produced roughages

II. Objectives and Necessity

Major sources of roughage in dairy and beef cattle in Korea are rice straw and winter barley. Rice straw is harvested and processed as round bale type and winter barley and rye are processed as round baled wrap-silages. In the process of mixing with other ingredients in a TMR plant, round baled roughages have to be cut to small size in order to be well mixed.

Currently TMR feed manufactured in commercial plant are the one of the major source to feed cattle for both beef and dairy farm. However, because of lack of cutting and mixing system for utilizing firmly baled round roughage in commercial TMR plant, these commercially processed TMR feed is not satisfied to farmers both in quality and price point of view.

However, round baled wrap-silage could not be used properly in the TMR plant because there is not proper facilities to cut rice strew or barley wrap-silage in the TMR plant properly. There are two major obstructing factors to mix roughage in the TMR plant. Those are; ①these small sized cut roughage are too bulky and light to measure its weight and ②round bale is too firmly baled to be untied and to be cut.

Also, an unsuitable mixing system for a roughage has been another factor to utilize the baled roughage in the TMR plant. Traditionally, an auger type mixer has been a major type of the feeder in Korea. However, this type of feeder was suitable only for mixing dry ground grain ingredients, but not for forage and wet paste ingredients. Dairy feeds should be well mixed not only for dried ground grain but also for wet paste and fibrous forage.

In order to solve these problems and increase the consumption of the domestic produced roughages, development of round baled roughage pre-processing system for TMR plants was prime objectives in this studies

which having the following functions;

- ① having a receiving and cutting system enable to receive round bale without any difficulties and to cut by proper size for mixing operation in a TMR mixer.
- ② having a conveying system to transport roughages from cutter to pre-process system.
- ③ having a function for standardized article by compacting of small sized cut roughage in order to easy for handling and weighing in the TMR plant.

III. Methods of studies

The research have been performed for 3 years and executed as following steps;

- 1) Round bale pre-processing system for TMR plants was developed.
- 2) Pilot system was installed at the beef cattle farm based on the model plant developed.
- 3) The pilot system was tested and modified in order to applicate Korean dairy·beef cattle farm without any problem in the future.
- 4) Also, a series of test were performed and a lots of data were collected and analyzed to develop the mechanized operation model, mechanical technology, coverage area, optimum size of the farm(break-even point) for application to the farm.
- 5) Also, the economic feasibility analysis has been done for the developed round bale pre-process system by comparing with commercial TMR plant.

IV. Results and conclusion of the research

The results of the research were summarized as follow;

- 1) Round bale pre-processing system for TMR plants was developed in order to increase the consumption of the domestic produced roughages. The model system was consist of following subsystems;
 - ① Round bale receiving and cutting system.
 - ② Mechanical conveying system for transfer the roughage which was cut at the cutter to round bale pre-process system.

- ③ Facility having a function for standardized article by compacting small sized cut roughage in order to easy for handling and weighing in the TMR plant.
- 2) The pilot plant was installed combined with farm size TMR plant at the beef cattle farm in Bori-maeul, Jungeup-si.
- 3) Weight of a standardized article of roughage is 20 kg and it is very efficient roughage measuring the weight, easy to put into mixer and to be mixed as a TMR feed.
- 4) After series of mixing test, the average CV value of the feed is 13.02% at the gate of the mixer. This digit is far low compare with standards base of 30.0% which is provided by Institute of Agriculture Engineers, ORD.
- 5) Processing cycle for produce one batch is less than 30 minutes. Thus, it will take less than two hours for producing 8 ton per day.
- 6) The production costs of the feed at the farm size TMR plant when this developed round bale pre-process system is installed was analyzed by comparing with traditional system. According to the results, production cost of the TMR feed decreases rapidly with an increase of production rate. Production cost when it produce 8 batch a day is estimated as 12,170won/ton.
- 7) Model system become more profitable than purchasing of commercial TMR feed at the larger than 97 head of dairy cattle and 137 head of beef cattle.
- 8) Thus, the effect of cost reduction produced by model plant is 276.318 million won/year for 640 head dairy cattle farm and 392.662 million won/year for 1,230 head beef cattle farm compare with commercial TMR feed respectively.

As an overall conclusion, the farm size TMR feed mill which installed round baled roughage preprocess system will be very useful model. Also it is expected

that the effect of cost reduction will be very large for the dairy and beef cattle farm.

CONTENTS

Chapter I. Introduction	0
Section 1. Necessity and Objectives	0
1. Necessity	0
2. Objectives	3
Section 2. Objectives and Contents	3
1. Objectives	3
2. Contents	3
3. Appraisal	3
4. Methods	3
 Chapter II. Present conditions and points	 4
Section 1. World level	4
Section 2. Domestic level	4
Section 3. Present conditions and points	4
 Chapter III. Results of the research	 7
Section 1. Development of roughage round baled pre-process system	7
1. Machinery selection	7
2. Working process	6
3. Layout of prototype model	6
4. Decision of machinery size and capacity	3
Section 2. Design and manufacture of model system	3
1. Design and manufacture roughage receiving and loading system	7
2. Design and manufacture of round bale cutter	7
3. Design and manufacture of dust control system	10
4. Design and manufacture of roughage standardized article	11
5. Design and manufacture of total system and test operation	11
Section 3. Long term application test at the field	10
1. Summary of production system	15
2. Trouble investigation and re-engineering	15

Section 4. Performance test	157
1. Test of uniformity of TMR feed	158
2. Results of the performance test	159
Section 5. Feasibility analysis	162
1. Introduction	162
2. Methods	163
3. Result and Discussion	167
4. Summary and Conclusion	172
Chapter IV. Achievement and Contribution	174
Section 1. Achievement	174
Section 2. Contribution	177
Chapter V. Plan of application use	179
Section 1. Outcome of research	179
Section 2. Plan of application use	185
Chapter VI. Overall Conclusion	187
Chapter VII. References	197

목 차

제 출 문	1
요 약 문	3
SUMMARY	11
CONTENTS	15
목 차	17
제 1 장 연구개발과제의 개요	20
제1절 연구개발 목적 및 필요성	20
1. 연구의 배경	20
2. 연구의 필요성	30
3. 연구의 목적	31
제2절 연구개발 목표 및 내용	33
1. 연구개발의 목표 및 내용	33
2. 평가의 착안점 및 기준	38
3. 연구개발의 방법	39
제 2 장 국내외 기술개발 현황	43
제1절 세계적 수준	43
제2절 국내수준	43
제3절 국내·외의 연구현황	44
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	47
제1절 모델 개발	47
1. 모델의 기계형식 선정	47
가. 원형베일 적재 및 반입장치의 선정	47
나. 원형베일 세절기의 선정	51
다. 규격화 가공기의 선정	55
라. 반송기의 선정	59
2. 모델의 작업공정 설계	60

가. 원형베일 조사료의 적재 및 반입작업	62
나. 원형베일 조사료의 세절작업	62
다. 세절 조사료의 규격화가공 작업	63
라. 규격화 조사료의 반출작업	64
마. 모델의 작업 사이클	64
바. 가공 공정도	65
3. 모델의 Layout 설계	66
4. 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기 결정	70
가. 원형베일 세절기의 용량 및 크기	71
나. 규격화 가공기기의 용량 및 크기	71
다. 기타 소요기기의 용량 및 크기	72
제2절 공정별 소요기계의 개발	73
1. 조사료 적재 및 반입장치의 설계 및 제작	73
가. 적재부의 설계	74
나. 반입부의 설계	74
다. 유압장치부의 설계	75
라. 조사료 적재 및 반입부의 전체 설계	76
2. TMR플랜트용 원형베일 세절기의 설계 및 제작	77
가. 작두식 세절기	77
나. 회전식 세절기	100
3. 세절 조사료의 흡면지제거용 집진 시스템의 설계 및 제작	109
가. 사이클론식 집진장치 설계 및 제작	109
나. 세절 조사료의 반송장치 설계 및 제작	111
4. 세절된 조사료의 규격화 가공시스템의 설계·제작	113
가. 설계 요인시험	113
나. 규격화 가공시스템의 설계·제작	117
5. 통합공정 시스템의 완성 및 시운전	141
가. 전체 컨트롤시스템의 설계 및 제작	141
나. 통합시스템 완성	143
다. 시운전 및 문제점	146
제3절 현장적응시험	150
1. 생산작업 요약	150

가. 원형베일 반입 및 적재작업	150
나. 원형베일 세절작업	151
다. 세절조사료의 반송작업	152
라. 규격화 가공작업	154
마. 규격화 베일의 저장 및 반출작업	154
2. 수정 및 보완	155
제4절 성능시험	157
1. 재료 및 방법	158
가. 작업능률(kg/h)	158
나. 베일의 개수, 체적(m^3) 및 중량(kg)	158
다. 베일결속밀도(kg/m^3)	159
라. 조사료 세절길이 분포도 시험	159
마. 소요동력	159
바. 기타 작업 상태	159
2. 성능시험 결과	159
가. 각 공정별 작업소요시간	159
나. 작업능률	160
다. 베일의 개수, 체적, 중량, 결속밀도	160
라. 조사료 세절길이 분포도 시험	161
마. 소요동력	161
바. 기타 작업상태	162
제5절 경제성분석	162
1. 서론	162
2. 연구의 방법	163
가. 투자비용	163
나. 이용비용	165
3. 결과 및 고찰	167
가. 연간 이용비용	167
나. TMR 사료 생산비용	168
4. 요약 및 결론	172
제6절 운영사례	172

제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도	174
제1절 목표달성도	174
제2절 관련분야의 기여도	176
1. 기술적 측면	176
2. 경제적·산업적 측면	177
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	179
제1절 연구성과	179
1. 특허 등록	179
2. 전시회 참가	180
3. 학술회의 발표	181
4. 홍보실적	183
5. 기타활용실적	184
제2절 활용계획	185
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	187
제 7 장 참고문헌	197

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발 목적 및 필요성

1. 연구의 배경

가. 한우의 사육현황 및 노동투하시간

한우의 사육은 97년 외환위기 이후 급격히 감소하다가 최근 다시 증가하고 있는 추세이다. 표 1에서와 같이 한우는 국내에서 사육하는 초식가축 중 사육두수 뿐만 아니라 농가호당 사육두수도 제일 많아 축산업에 차지하는 비중이 매우 높은 편이다. 호당 사육두수도 1995년에 5.0두였으나 2008년에는 13.4두로 많이 증가되고 있다. 사육규모별 분포를 보면 20두미만을 사육하고 있는 분포가 1990년에 86.1%였으나 2008년에는 33.3%로 감소된 반면 20~49두 24.4%, 50~99두 18.6%, 100두이상 23.6%로 점차 영농이 규모화 되어 가고 있으나 아직도 규모의 영세함을 면하지 못하고 있는 실정이다. 이에 대한 주요인 중 하나가 사료급여에 많은 노동력을 투입시키고 있어 규모화에 많은 어려움을 주고 있기 때문이다.

표 1 연도별 한우 사육현황

년도	총사육두수(천두)	사육농가수(천호)	호당사육규모(두/호)
1980	1,427	948	1.4
1985	2,553	1,048	2.4
1990	1,622	620	2.6
1995	2,594	519	5.0
2000	1,590	290	5.5
2005	1,818	192	9.5
2008	2,430	181	13.4

* 자료 : 농림수산물부(2009)

표 2는 한우의 사육규모별 노동투하시간을 보여 주고 있는데, 10두 미만에서는 연간 두당 조사료 생산과 사료조제·급여의 시간이 76.8시간이고 총 노동투하비율은 55.1%로 나타났으며, 30~49두에서는 25.0시간에 54.8%, 100두이상에서는 12.4시

간, 63.0%으로 나타났다. 사육규모가 커질수록 두당 소요 노동시간은 줄어들지만 반면 전체 노동작업에 대한 사료급여에 소요되는 노동 비율은 점차적으로 증가를 하고 있는데, 이는 바로 규모화에 제약이 되는 주요인 중에 하나가 된다. 바꾸어 말하면 이러한 작업에 대한 시설의 자동화 및 기계화가 이루어지면 더욱더 규모화할 수 있고 이에 수반되는 소요노동시간도 감소시킬 수 있을 것이다. 따라서 축산의 규모화를 위해서는 조사료 생산-사료조제·급여에 대한 기계화 내지는 노동력을 절감시킬 수 있는 정책이 수반되어야겠다.

표 2 한우 사육규모별 노동투하시간 (단위: 시간/두/연, %)

구분	10두미만		10~29		30~49		50~99		100두이상		평균	
	시간	비율	시간	비율	시간	비율	시간	비율	시간	비율	시간	비율
조사료 생산	21.5	15.4	11.9	16.3	6.6	14.4	1.6	5.4	2.5	12.7	4.1	11.7
사료조제, 급여	55.3	39.7	25.6	35.0	18.5	40.4	14.6	49.5	9.9	50.3	15.5	44.2
분뇨처리	58.0	41.7	27.2	37.2	15.5	33.8	9.2	31.2	3.5	17.8	10.8	30.8
방역치료, 손질	2.8	2.0	6.5	8.9	3.1	6.8	2.6	8.8	2.1	10.7	2.9	8.2
구입 및 판매	1.5	1.1	1.7	2.3	1.9	4.1	1.4	4.7	1.6	8.1	1.6	4.5
기 타	0.6	0.4	0.3	0.4	0.2	0.4	0.1	0.3	0.1	0.5	0.2	0.6
계	139.2	100.0	73.2	100.0	45.8	100.0	29.5	100.0	19.7	100.0	35.1	100.0

* 자료 : 농촌진흥청 농업경영관실(2004)

나. 한우의 사료조제 및 급여 현황

젖소에 주로 적용되는 TMR 사료 급여 시스템은 한우에도 매우 유용하게 적용이 되고 있다. 조사료와 배합사료가 한데 섞여 있기 때문에 사육사내의 소들 간의 채식 다툼을 막을 수 있고, 영양성분이 균형을 이뤄 대사성 질병을 막고 번식성장을 향상시킬 수 있으며 일당증체량 증가, 사료비 절감 등의 효과가 있어 대부분의 한우농가도 최근 TMR 급여로 방향 전환을 하고 있다.

TMR 급여에서 중요한 것이 바로 조사료 비율인데, 양질의 조사료 급여는 번식장애를 방지하고 번식률을 향상시키고 내용연수를 통한 생산성 증대를 준다. 축산기술연구소가 외국과 한국에 있어서 한우의 번식우와 비육우에 대한 농후사료와 조사료급여비율을 조사한 연구결과에 의하면 표 3과 같은데, 한우번식우의 조사료 급여 비율은 외국의 80%에 비해 35%나 낮은 45%를 급여하고 있는 것으로 나타났다. 비육우의 경우도 40%나 낮은 20%를 급여하고 있는 것으로 나타났다. 이는 아직도 조

사료 급여가 정상적으로 이루어지지 못하고 있는 실정이며 조사료 급여비율을 60%로 점진적으로 확대하여 경제수명 및 번식률 향상을 도모할 필요성이 있다.

표 3 한우의 조사료 급여비율 (단위: %)

	번식우		비육우	
	조사료	농후사료	조사료	농후사료
국 외	80	20	60	40
국 내	45	55	20	80

* 자료 : 축산기술연구소(2004)

다. TMR 사료의 이용형태

한우의 경우는 아직 TMR이 일반화가 되어 있지 않기 때문에 젖소의 경우에 대한 TMR 사료의 이용형태를 예를 들면 다음의 표 4와 같다. TMR 사료 이용 형태는 개별 목장에서 TMR 배합기를 이용하여 자가 배합을 하는 형태와 조합원 공동으로 배합하는 공동 TMR, 그리고 상업적으로 운영을 하는 상업용 TMR 등이 있는데, 서울우유 납유 2,251 TMR 실시 목장 중에서 TMR 사료의 이용형태는 자가 배합 TMR 형태가 28.9%, 조합원 공동 TMR 또는 일반 TMR 플랜트에서 구입하는 형태가 71.1%로 보고되고 있다. 공동 또는 상업용 TMR 플랜트는 1992년 정부의 장려정책 이래 매년 증가하여 2002년 현재 126개소가 운영되고 있으며, 서울우유 조합원 중에 TMR 사료를 이용하는 목장은 2004년 현재 81.9%로 전년도 75.5%보다 6.2%가 증가하고 있는데, 이러한 추세는 점차 증가할 것으로 보인다.

표 4 TMR 이용형태 (단위: %)

이용형태	자가TMR	공동TMR	상업용TMR	기타	합계
이용비율	28.9	28.2	40.6	2.3	100.0

* 자료 : 서울우유협동조합(2005)

라. 국내산 조사료 생산현황

표 5의 국내산 조사료 수급상황을 보면 2005년도 총공급량은 4,131톤이었으며 이중 국내산은 3,432천톤으로 자급율이 83.2%인 것으로 나타났다. 그러나 국내산 자급

조사료 중 볏짚에 55%(2004년의 경우)나 의존하고 있어 한우의 생산능력 향상에 많은 제약이 되고 있는 실정이다. 또한 조사료 국내생산량의 증가에도 불구하고 한우사육두수의 증가로 조사료 수입물량도 동반하여 증가하는 것으로 나타났다.

표 5 조사료 수급현황 (단위: 천톤, %)

구분	국내생산			수입	계	자급율
	목건초	볏짚등	소계			
2000	992	1,801	2,793	599	3,392	82.3
2001	1,138	2,146	3,284	597	3,881	84.6
2002	1,202	2,000	3,202	643	3,845	83.3
2003	1,249	2,150	3,399	649	4,048	84.0
2004	1,153	2,240	3,393	691	4,084	83.1
2005	1,298	2,134	3,432	699	4,131	83.2

* 자료 : 농림부(2006)

한우농가의 경영비 중 사료비의 비중이 74%로 이중 조사료는 약 23%를 차지하고 있는데, 이는 사료작물의 재배면적 확대를 통한 양질의 값싼 국내산 조사료의 확대공급이 경영비 감소에 기여할 수 있는 것은 물론, 한우농가에서 문제가 되고 있는 낮은 조사료 급여 비율도 끌어올릴 수도 있을 것으로 사료된다.

정부에서도 이러한 점을 인식하여 논을 이용한 조사료 생산 확대를 위해 조사료 생산 기계화지원 사업, 대규모 사료작물 재배단지 조성사업, 조사료 생산기반시설사업 등 여러 시책을 지원하고 있으며, 중장기 정책방향으로 2010년에 조사료 재배면적을 현행 144ha에서 174ha로 확대할 예정이며, 조사료 급여비율도 47%에서 50%로 향상시키고, 조사료 자급율도 83%에서 86%로 상승을 목표로 하고 있다.

최근 조사료 여건을 살펴보면 2000년부터 추진한 생볏짚 곤포사일리지 비닐대 지원과 2002년부터 추진한 총체보리 곤포사일리지 제조지원을 통해 원형 곤포사일리지 제조기술이 일반화되었으며 총체보리 수확을 위한 기계·장비 지원(보조 60%)을 통해 조사료 생산의 기계화가 급격히 진전되었다. 또한 보리수매량 감소 및 쌀 소비 감소 등으로 휴경지가 증가하고 이를 이용한 사료작물 재배가 확산되고 있다. 따라서 그림 1과 같이 원형배일 조사료는 우리나라 농촌에서 흔히 볼 수 있는 광경이 되었지만 답리작 조사료 생산은 생볏짚 생산에 비하여 매우 저조한 실정인데 조사료 증산 정책도 사료의 품질이 우수하고 환경에 도움이 되는 답리작 조사료 생산에 보다 많은 지원을 하였으면 한다.



그림 1 우리나라 농촌에 생산되고 있는 수확-가공된 원형베일 조사료 전경

마. 국내산 조사료 이용의 문제점

(1) 국내산 조사료 생산방법

국내산 조사료 원형베일은 ①볏짚을 이용하는 방법 이외에, ②논에서 겨울철에 재배 가능한 맥류(호맥 또는 대맥)를 4월 말부터 5월 중순 사이에 생초로 예취 후 사일리지로 가공하는 담리작 곤포사일리지와 ③최근에는 생볏짚 곤포사일리지도 많이 생산되고 있다. 이러한 국내산 조사료 원형베일 생산 시스템은 아래의 그림 2와 같이 예취 → 압축·결속 → 기밀포장·사일리지 가공 → 운반 → 저장의 작업공정을 거치는데 본 연구실에서 1997년에서 1999년에 걸쳐 농림기술관리센터의 지원으로 연구개발한 바 있다.



그림 2 국내산 조사료 원형베일 생산시스템

(2) 원형베일 조사료 이용의 문제점

일반화된 원형베일 생산기술에 비해서 양축농가 및 TMR 플랜트에서는 국내에서 생산·가공된 값싼 원형베일의 이용을 기피하는데 그 주요인은 다음의 몇 가지로

요약할 수 있다.

원형베일러를 이용하여 생산된 원형베일의 크기는 1.2m×1.2m이고 무게는 500kg 이상이 되며 압축강도는 300kg/cm²로서 매우 단단하게 감겨져 있고, 가공된 벧짚 또는 맥류 사일리지는 매우 질기고 거칠기 때문에 세절에 어려움이 많으며 배합시에도 많은 시간과 동력이 소요된다.

아래의 그림 3과 같이 원형베일을 그대로 급여하거나 베일을 다시 풀어내어 범용의 소형 커터기로 세절하여 급여하는 방법이 있는데, 전자의 경우 조사료를 뜯어내고 밟아서 발생하는 허실이 20%이상 되는 것으로 알려져 있고, 후자의 경우 수작업으로 풀어헤친 후 2명의 인원이 2시간 이상 절단하므로 베일 절단 작업에 지나치게 많은 노력과 시간이 허비되는 문제점이 있는 것으로 나타났다.



그림 3 관행의 원형베일 급여방법

이러한 문제점을 해결하기 위하여 최근에 원형베일을 세절하거나 절단할 수 있는 전용의 트랙터견인형 세절기가 많이 보급되었는데, 그림 4와 같이 5~10분 정도이면 1베일을 세절할 수 있으며 약 6개 업체에서 공급하고 있는 것으로 조사되었다.



그림 4 트랙터 견인형 원형베일 세절기 형태
(좌:작두식, 우:회전식)

논바닥에 깔려있는 벧짚 등의 조사료를 원형베일러로 수거하기 때문에 상당량의 흙과 같은 이물질이 혼입되어진 경우가 대부분이다. 이는 조사료의 품질을 떨어뜨

릴 뿐만 아니라 사료로 급여시 소의 위점막 용털 사이에 흙먼지가 침적되어 반추위의 역할을 저하시켜 대사성 질병 발생 및 생산성 저하 등의 문제점을 일으킬 수 있다. 본 연구실에서도 그림 4의 회전식 세절기를 개발하였는데, 원형베일 벧짚을 세절하였을 경우 흙먼지 발생이 많았고, 사일리지의 경우는 자체의 수분 때문에 흙먼지의 발생은 없었지만 흙먼지의 혼입은 있는 것으로 나타났다. 또한, 벧짚의 경우 세절 후 조사료의 부피도 매우 커서 TMR 배합기 투입에 문제가 있는 것으로 나타났다.

현재 농가에 가장 많이 보급된 세절기의 모델은 그림 4의 작두식과 같이 작두의 원리를 이용한 방식이 많이 이용되고 있다. 작업성능은 비교적 양호하지만 잘려진 부분이 날카롭게 되어 있고 베일 작업 중에 혼입된 흙먼지 등 이물질이 그대로 소가 섭취할 수 있어 장기 손상의 우려가 있는 것으로 나타났다.

원형베일 세절기의 구입가격이 비싸서 세절날이 장착된 TMR 배합기에서 배합겸 세절하는 농가도 있는 것으로 조사되었다. 이는 원형베일을 통째로 투입시켜 약 30분 이상 세절 및 배합 작업을 해야 되기 때문에 세절날의 잦은 마모와 교체, 세절날의 파손으로 쇧조각을 선별해야하는 것으로 나타났다. 또한, 원형베일 생산작업시 레이크 봉 또는 돌 등이 혼입될 수 있고 이는 세절기나 배합기에 투입시 기계에 큰 손상을 줄 우려가 많은 것으로 나타났다.

(3) TMR 플랜트에서 원형베일 이용시 문제점

우리나라에 설치된 대부분의 TMR 플랜트는 1990년대 초에 본 연구실에서 한국 학술진흥재단의 지원으로 개발된 모델을 서울우유협동조합에서 보급한 것으로 조사료의 급여는 수입된 알팔파 건초와 같은 사각베일 형태의 조사료를 투입할 수 있는 시스템으로 개발이 된 것이다. 주로 일정량(15~20kg)의 무게를 가진 수입된 사각베일은 배합기에 정량으로 투입하면 배합기 내에서 잘게 부스러져서 배합이 매우 용이하게 된다. 반면 수입 조사료는 잘게 부스러져 있는 상태로 육안으로는 조사료의 양이 그리 많아 보이지 않는데, 실제로도 기존의 상업용 TMR 배합소에서 제조·판매되는 TMR 사료의 경우는 실제로 조사료의 비율이 낮아 TMR 사료로 간주하기 어려운 정도이다. 따라서 양축 농가에서는 TMR 플랜트에서 구입한 TMR 사료에 국내산 조사료를 추가 공급해야하는 경우가 대부분이다.

문제는 기존의 국내 TMR 플랜트에서 저렴한 국내산 원형베일을 이용하여 TMR 사료를 생산하고 싶어도 원형베일을 가공하는 시설이 없을 뿐만 아니라 원형베일을 세절하더라도 TMR 플랜트의 생산공정에 추가적으로 인력을 투입해야 하는

등 불편함을 감수해야 한다. 특히 국내산 벧짚 또는 보리는 수입산 조사료에 비하여 매우 질기기 때문에 세절작업에 어려움이 많다.

또한 300kg정도 되는 원형베일 벧짚을 세절하여 2톤 배합기에 투입을 하면 조사료의 함량은 15% 정도가 되는데 벧짚만으로도 배합기를 넘쳐나게 된다. 이럴 경우 타 원료를 투입하기가 곤란하게 될 뿐 아니라 부피가 큰 벧짚을 배합기에 투입시 소요되는 시간이 매우 길기 때문에 작업사이클이 길어 생산성이 저하되는 문제점이 있다.

바. 한우용 TMR 플랜트의 문제점

(1) TMR 플랜트의 주요공정

TMR 플랜트는 전국에 약 126개소가 운영되고 있는데 주로 젖소용으로 이용되고 있다. 최근 한우용 TMR의 보급에 따라 한우용 TMR 플랜트(섬유질사료공장)도 증가추세에 있다. 일반적으로 TMR 플랜트의 TMR 사료 생산공정을 살펴보면 다음과 같다. 그림 5와 같이 TMR 플랜트의 주요시설은 원료저장시설, 배합장치, 계량 및 포장장치, 반송장치 등으로 구성된다.



그림 5 TMR 플랜트의 TMR 사료 생산공정

곡물사료 등을 저장빈에 저장하였다가 TMR 배합비에 따라 일정량의 원료가 배합기에 투입됨과 동시에 사각베일 형태의 베일을 투입시켜 배합한다. 일반적으로 원료의 투입 → 배합 → 배출공정이 보통 30분을 기준으로 한 번의 생산 사이클이 이루어지고 있으며 배출이 완료되면 타이콘백에 정량으로 계량·포장한 후 주위 공간에 저장하였다가 사용농가로 반출되는 시스템이다. 가공물량이 많은 공장은 2개의 배합기를 설치하여 한 배합기가 배합 및 배출 공정을 거치는 사이에 다른 배합기에 원료를 투입하는 방법으로 작업 사이클을 15분정도로 단축시키고 있다.

(2) 기존의 TMR 플랜트의 문제점

국내 대부분의 TMR 플랜트에서는 TMR 사료 속에 충분한 조사료를 넣지 못하는 이유는 여러 가지가 있는데, 수입 조사료의 가격이 비싸기 때문이기도 하고, 국내 TMR 배합기 자체가 국내산 조사료를 30%이상 혼합하여 가동하면 부하가 걸려 TMR 배합기가 제대로 작동되지 않는 것도 원인이며, 원형베일을 가공할 시설이 없는 것이 큰 이유이다.

따라서 국내산 조사료 원형베일(마른벧짚, 생벧짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지 등)의 효율적인 이용을 위해서는 우리나라 축산 농가에서 가장 많이 이용하는 TMR 플랜트에서 국내산 조사료를 주원료로 사용하도록 해야 한다. 이를 위해서는 기존의 상업용 또는 조합원공동 TMR 플랜트에 국내산 원형베일을 ①배합 시간이 짧고, 배합이 용이하도록 부드럽게 세절할 수 있는 기능이 있고, ②조사료에 섞인 흙먼지 및 이물질을 제거하는 기능이 있으며, ③정량으로 배합기에 투입이 가능하도록 부피 큰 조사료를 일정량의 무게 및 크기로 규격화 가공이 가능한 TMR 배합 전처리 공정인 TMR 플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델 개발이 필수적으로 수행되어야 한다.

특히 기존의 TMR 플랜트는 타 공장들과 같이 생산성을 매우 중요히 여긴다. 이에 따라 개발이 되어야 할 TMR 플랜트용 원형베일 전처리 가공시스템도 같은 성능을 가진 작업속도로 이루어질 수 있어야 한다.

사. 국내의 관련분야 환경변화

세계적인 바이오디젤 생산 확대 영향 등으로 국내 배합사료 가격이 계속 올라 축산농가의 경영부담이 가중되고 있는 가운데, 2007년 11월 농림부에서 이를 돌파할 수 있는 방안으로 “양질 조사료 생산확대 대책”을 발표하였다.

농림부는 “양질 조사료 생산확대 대책”을 통해 ‘15년까지 청보리 재배면적 100천 ha를 조성하는 등 조사료 자급률을 90%까지 끌어 올린다는 계획이다. 이와 관련한 대책의 주요내용을 살펴보면

(1) 국내산 조사료(청보리)의 우수성 홍보 및 수입조사료 할당관세 물량축소 등을 통해 수요확대 붐(Boom)을 조성한다.

- 청보리의 경우 수입산 조사료에 비해 가격이 저렴하면서도 영양적인 면에서도 대등해 한우고기 육질개선 및 우유 품질향상 효과가 있는 점을 대대적으로 홍보하고,

- 제품에 대한 생산실명제 도입하여 품질을 개선하고, 소포장 제품(25kg) 보급을 확대하는 등 축산농가의 이용 편의성을 높이는 한편,

- 수입조사료 할당관세 물량을 ‘15년까지 ’07년 물량의 절반수준으로 축소하여 국내산 조사료의 수요확대를 유도해 나간다는 계획이다.

* 수입조사료 할당관세 물량 감축계획 : (‘07) 840천톤 → (15) 420

(2) 청보리 재배농가의 소득향상을 위해 수확량이 많은 전용품종 보급을 확대하는 등 각종 지원시책을 강화한다.

- ‘08년부터 청보리 전용품종 보급을 확대하여 ’14년까지 수요량의 100%를 공급할 계획이다.

- 지자체, 종자관리소 및 농협중앙회에서 자체 채종포 확보 및 보급중 증식을 통해 종자생산을 늘려나가고, 원활한 종자 공급을 위해 정선시설(‘08 : 1,600백만원)을 추가 설치한다.

- 재배농가의 경영비 부담완화를 위해 청보리·귀리 등 종자 구입비(40% 보조)를 지원하고, 농협중앙회에서는 조사료 생산에 참여하는 지역 조합에 자체 무이자 자금(재배농가 보조지원 효과)을 지원한다.

* 농협 자금지원 계획 : (‘08) 165억원 → (‘10) 825 → (‘15) 910

(3) 지역별 특성에 맞는 사료작물 재배를 육성한다.

- 청보리·귀리·호밀 등 우수 맥류품종 시범포를 운영(200개소)하여 전국적인 조사료 생산확대 분위기를 조성해 나가고, 조사료 사업 신청요건을 완화하여 대규모 사료작물 재배단지를 확충할 계획이다.

- 간척지내에 사료작물을 시험 재배하여 생산기반을 확충해 나가고, 칩닝쿨·갈대 등에 사일리지 제조용 비닐대(보조 40%)를 지원하여 부존자원 이용을 활성화한

다.

- 조사료용 기계·장비의 이용 효율성을 높일 수 있는 작부체계 개발·보급 등을 통해 지역별 기후여건에 맞는 생산기반을 조성할 계획이다.

(4) 브랜드경영체 및 지역 농·축협을 조사료 생산 선도조직으로 중점 육성한다.

- 농협중앙회에 “조사료 보급사업단”을 설치토록 하여 수급관리 및 교육·홍보 등에 중추적인 역할을 담당하도록 하고,

- 브랜드경영체 및 지역 농·축·낙협이 조사료 생산에 참여할 경우 조사료가공 시설 자금과 가축분뇨처리 자금을 우선 지원하는 등 인센티브를 제공할 예정이다.

(5) 청보리 등 국내산 조사료의 유통활성화를 위해 관련 제도가 개선되고, 각종 지원이 강화된다.

- 청보리 등 사료작물 사일리지에 미강 등 수분조절제를 첨가할 수 있도록 사료 공정서를 개정하고,

- 국내산 조사료 사용실적이 우수한 TMR 제조업체에 조사료 원료구매자금을 지원하며, 연중 공급체계 구축을 위해 소포장 제조시설 및 트랜치사일로 설치를 지원할 계획이다.

농림부에서는 국산 조사료 생산·이용이 확대될 경우 ‘15년에는 4,700억원(5억 달러) 정도의 조사료 수입비용이 절감되는 등 ①축산물 품질고급화·생산비 절감 등 경쟁력 강화, ②경종농가 소득보전, ③유희 농경지의 효율적인 활용, ④겨울철 경관 보존 등 농촌환경 개선, ⑤수입조사료 대체에 따른 외화절감의 1석 5조의 효과가 기대된다고 하였다.

2. 연구의 필요성

국내산 조사료(마른볏짚, 생볏짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지)의 효율적인 이용을 위해서는 우리나라 축산 농가에서 가장 많이 이용을 하는 TMR플랜트에서 국내산 조사료를 주원료로 사용하도록 해야 한다. 이를 위해서는 원형베일로 반입된 조사료를 반입→적절한 길이로 세절→볏짚에 섞인 흙 및 이물질의 제거→정량 투입을 할 수 있는 일련의 조사료 전처리 가공을 위한 일관공정시스템의 모델개발이 매우 중요하다 하겠다.

특히 기존의 TMR 플랜트는 타 공장들과 같이 생산성을 매우 중요히 여긴다. 따

라서 보통 2개의 배합기를 설치하여 한 배합기가 배합 및 배출 공정을 거치는 사이에 다른 배합기에 원료를 투입하는 방법으로 작업 사이클을 단축시키고 있는데 주로 원료의 투입→배합→배출공정이 보통 15분 이내로 생산되고 있다. 이에 따라 개발이 되어야 할 TMR용 원형베일 조사료의 반입→세절→벗짚에 섞인 흙 및 이물질의 제거→정량투입의 일관공정도 같은 성능을 가진 작업속도로 이루어질 수 있어야 한다.

일반적으로 흙 등과 같은 이물질을 제거한 부드럽게 세절된 벗짚은 매우 부피가 크다. 300kg 정도되는 원형베일 벗짚을 세절하여 2톤 배합기에 투입하면 벗짚만으로도 배합기를 넘쳐나는데 이럴 경우 타 원료를 투입하기가 곤란하게 된다. 또한 부피가 큰 벗짚을 배합기에 투입에 소요되는 시간이 매우 길기 때문에 작업 소요시간이 길어 생산성이 저하된다. 따라서 세절된 벗짚을 부피가 작은 일정 무게와 크기의 형태로 가공하여 배합기에 쉽게 투입을 할 수 있어야 한다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 기존의 상업용 또는 조합원공동 TMR플랜트에 국내산 원형베일로 가공된 마른 벗짚, 생벗짚 곤포 사일리지 또는 맥류 곤포사일리지를 ①배합시간이 짧고, 배합이 용이하도록 부드럽게 세절할 수 있는 기능이 있고, ②벗짚에 섞인 흙먼지 및 이물질을 제거하는 기능이 있으며, ③정량으로 배합기에 투입이 가능하도록 부피 큰 조사료를 일정량의 무게 및 부피로 규격화 가공이 가능한 TMR 배합 전처리 공정인 TMR플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델 개발에 대한 연구가 필수적으로 수행되어야 한다.

3. 연구의 목적

수도작의 대체 작물, 벼의 수확 후에 생산되는 생벗짚 곤포사일리지 또는 마른벗짚 베일, 답리작으로 재배되는 맥류 곤포사일리지 등은 우리축산 농가에는 좋은 조사료 자원이다. 그러나 이들은 매우 길고 질기며 거칠기 때문에 국내 대부분의 TMR플랜트에서는 거의 사용하고 있지 않다. 더구나 수확 중에 혼입되는 흙과 같은 이물질은 등은 조사료의 품질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 사료로 급여시 소의 위점막 용탈 사이에 흙먼지가 침적되어 반추위의 역할을 저하시켜 대사성 질병 발생 및 생산성 저하 등의 문제점을 일으키기도 한다.

반면에 조사료의 생육조건이 좋은 유럽에서는 목초 재배용 초지에서 알팔파, 오차드그래스, 이탈리아라이그래스, 알팔파 등은 부드럽고 영양이 풍부하다. 또한 이들 조사료는 주로 곤포사일리지로 가공되는데 길이도 짧고, 목초 자체가 연하여 쉽

게 TMR플랜트의 배합기에서 타 사료원료와 잘 배합되기 때문에 국내의 대부분 TMR플랜트에서는 외국산 조사료를 더욱더 선호한다.

문제는 국내의 TMR플랜트 대부분이 이러한 국내 조사료를 잘 배합이 될 수 있도록 전처리 가공을 할 수 있는 시스템에 없다는 것이다. 따라서 우리나라 낙농 및 육우용 조사료를 대부분 생산하고 있는 TMR플랜트에 조사료를 쉽게 반입·세절·흙먼지 및 이물질 제거·규격화 가공이 가능한 기능을 가진 즉, TMR플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델에 관한 연구는 우리나라 축산업에 매우 중요한 연구 과제라고 생각이 된다.

따라서 본 연구는 기존의 상업용 또는 조합공동 TMR플랜트에 국내산 원형베일로 가공된 마른 볏짚, 생볏짚 곤포 사일리지 또는 맥류 곤포사일리지를 포함한 조사료를 TMR플랜트 생산성에 맞게 연속적으로 반입→적절한 길이로 세절→흙먼지 및 이물질 제거 공정을 거친 후에 정량으로 배합기에 쉽게 투입이 가능하도록 일정 무게 및 사이즈로 규격화 가공의 기능을 가진 TMR플랜트용 원형 베일 조사료 전처리 가공시스템의 모델을 개발하기 위한 것으로 세부적으로는,

- ① 반입된 원형 베일을 TMR 플랜트의 생산성에 맞게 연속적으로 적재 가능하고, 또한
- ② 배합 시간, 동력 및 배합 효율을 높일 수 있도록 적절한 길이로 세절 할 수 있는 기능을 가지며,
- ③ 볏짚에 섞인 흙먼지 등 이물질을 제거하는 기능이 있고,
- ④ 정량으로 배합기에 투입이 가능하도록 부피 큰 조사료를 압축을 하여 소형의 일정무게 및 크기로 규격화 가공의 기능을 가지고 있으며,
- ⑤ 일정 규격으로 가공된 조사료는 필요에 따라 자가 배합TMR 농가 또는 다른 TMR 플랜트로 판매가 가능한 모델을 개발함에 있다.

제2절 연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발의 목표 및 내용

연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
2006	1. 원형베일 전처리 가공시스템의 모델개발 및 적정규모 설계(I) <모델시스템 Layout, 적정소요기계 및 용량 결정>	1) 적정기계의 선정 2) 적정위치에 배치 3) 적정 반송기의 선정 4) 생산규모에 따르는 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기를 결정	o 모델시스템 개발 o 시스템 Layout o 소요기계 선정 및 적정규모 설계
2007	2. TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응 시험(I) <공정별 소요기계의 설계 및 제작(1)>	1) 원형베일 자동적재 및 반송시스템의 설계·제작 2) 원형베일 세절장치 설계·제작 3) 조사료의 흙먼지·집진 시스템의 설계·제작	o 반입부 및 이송기 설계·제작 o 세절부 설계·제작 o 집진부 설계·제작
2007 - 2008	1. TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응 시험(II) <공정별 소요기계의 설계 및 제작(2)>	1) TMR 플랜트용 세절된 조사료의 규격화 가공시스템의 설계·제작 ① 조사료 픽업장치 설계·제작 ② 조사료 이송부 설계·제작 ③ 조사료 압축실 설계·제작 ④ 조사료 자동결속부 설계·제작 ⑤ 동력 전달시스템 설계·제작 ⑥ 제품 이송용 컨베이어 설계·제작	o 규격화 가공부 설계 및 제작
	2. 원형베일 전처리 가공시스템의 모델개발 및 적정규모 설계(II) <통합 공정 시스템의 완성 및 시운전>	1) 전체 콘트롤시스템 설계 및 제작 2) 전기 시설 3) 통합시스템 완성 4) 시운전 및 수정 보완	o 전체 시스템 조립 o 시운전

2008	1. TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응시험(III) <현장적응시험>	1) TMR 플랜트에 설치 및 실수요자들의 반응조사 2) 성능 검사 3) 시설 및 기계의 내구성 4) 문제점 분석 및 수정 보완	o 현장 적응시험 o 운전 자료수집 o 모델 시스템 수정 및 보완
2009	2. 원형베일 전처리 가공시스템의 경제성 분석, 최종시작품 제작 및 안정성 향상 <경제성분석, 최종시작품 제작 및 안정성 향상>	1) 경영규모에 따르는 이용비용 변화 분석 2) 관행 비용 분석 3) 손익 분기점 분석 4) 최종시작품 제작 및 안정성 향상	o 경제성분석 o 최종시작품 제작 및 안정성 향상

가. 원형베일 전처리 가공시스템의 모델 개발 및 적정규모 설계(I)

이 과제는 2년간에 수행된 과제이다. 1차년도에는 국내의 TMR플랜트 현실에 부합하며 경제적으로도 이익을 남길 수 있는 즉, 국내에서 생산 가공된 원형 베일을 효율적으로 이용하기 위하여 TMR플랜트에 조사료를 쉽게 반입·세절·흙먼지 및 이물질 제거·규격화 가공이 가능한 기능을 가진 TMR플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델의 개발에 필요한 연구를 수행한다.

- ①적정기계의 선정,
- ②적정위치에 배치,
- ③가공기계와 기계를 연결하여 주는 적정 반송기의 선정을 한다.
- ④아울러 TMR플랜트 생산규모에 따르는 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기를 결정한다.

나. TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응시험(I) <공정별 소요기계의 설계 및 제작(1)>

본 연구에서 TMR 플랜트용으로 개발될 조사료 가공시스템의 모델은 크게 ①조사료 반입 및 이송부, ②원형베일 세절부, ③흙먼지 및 이물질 제거를 위한 집진부, ④세절과정에서 부풀려진 조사료를 규격화 가공공정부, ⑤규격화로 가공된 조사료를 TMR 배합기 또는 저장시설로 운송하는 반송부가 있다. 1차년도에는 ①조사료

반입 및 이송부의 설계 및 제작, ②TMR플랜트용 원형베일 세절기의 설계 및 제작, ③세절된 조사료중 흡먼지제거용 집진 시스템의 설계 및 제작을 다음의 방법으로 수행한다.

① 조사료 반입 및 이송부의 설계 및 제작

본 연구실에서는 “트랙터 견인형 조사료 원형베일 세절·급여기”를 개발 한바 있다. 이 연구에서는 트랙터를 동력으로 하는 300kg에서 500kg이 되는 원형베일 1개를 약 10여분에 세절을 하도록 개발되었다(발명 특허등록 제0480326호). 문제점으로는 ①세절 작업중에 벧짚에 건조된 상태로 섞여 있는 흡이 먼지상태로 비산이 되면서 실내에서는 도저히 작업을 할 수가 없을 정도가 되었으며, ②적재부에는 1개의 베일만이 탑재되어 연속적인 베일의 세절 작업이 불가능하여 작업성능이 기존의 TMR 플랜트에 비하여 현저히 낮았다. 따라서 본 연구에서는 적재부에 5에서 6개의 원형 베일을 적재 가능하고, 연속적으로 세절 작업을 가능케 하는 반입 및 이송부를 설계·제작한다.

또한 동력은 트랙터 견인형이 아닌 전기 동력에 의한 정치식으로, 유압시스템은 에어실린더 시스템으로 설계를 개조하고, 다음 공정인 원형베일 세절시스템과 관련하여 원형베일이 원만하게, 세절기에 과부하가 걸리지 않도록 이송부를 설계를 할 예정이다. 경우에 따라 조사료가 한번에 몰려서 투입이 되는 경우에 대비하여 반송부의 속도를 조절 할 수 있도록 센서를 설치한다.

② TMR플랜트용 원형베일 세절기의 설계 및 제작

본 연구에서 수행할 “TMR플랜트용 원형베일 세절기의 연구 개발”에서는 크게는 세절부에서 베일을 풀고 세절을 하고, 배출부에서 원심력으로 배출하는 시스템으로 구성이 되어 있다. 장치의 구성은 크게 세절 및 급여 장치부와 동력전달부로 구분하여 연구개발이 되었는데 원형 베일의 세절 및 급여장치부는 일련의 기능들을 수행하기 위하여 ①베일 이송 공급부, ②세절부, ③배출부 등으로 세부 분류하여 분석하여 기계를 개발하였고, 또한, 동력전달 장치는 ①커터 구동장치부, ②배출 드로워 구동장치부, ③에어장치부 ④ 전기장치부 등으로 세부 분류하여 기계를 개발할 예정이다.

③ 세절된 조사료 중 흡먼지제거용 집진 시스템의 설계 및 제작

일반적으로 세절부에서 이송된 조사료에는 건조된 흡을 다량 포함하고 있어 엄청

난 먼지를 비산시키고 있다. 따라서 본 연구에서는 세절공정 → 조사료 배출용 블로워 → 뉴메틱 컨베이어 → 사이클론 → 흙먼지 배출 및 규격화 공정을 위한 컨베이어의 공정을 수행할 수 있는 시스템의 설계 및 제작을 할 예정이다.

2차년도 연구 개발 목표와 내용은 1차년도의 “TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응시험(I)”에서 수행된 ①조사료 반입 및 이송부의 설계 및 제작과 ②원형베일 세절기의 설계 및 제작, ③세절된 조사료의 흙먼지 집진 시스템의 개발에 이어 2차년도에는 “TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응시험(II)의 일환으로 ④세절된 조사료의 규격화 가공시스템을 설계·제작을 하고, 앞에서 제작된 부분 시스템들을 연결하여 하나의 ⑤전체 시스템으로 완성한다.

다. TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응시험(II) <공정별 소요기계의 설계 및 제작(2)>

④ 세절된 조사료의 규격화 가공시스템의 설계·제작

조사료 세절기로부터 흙먼지 제거 사이클론을 거쳐 나온 조사료는 매우 부피가 크다. 따라서 배합기에 투입에도 많은 시간과 노력이 소요될 뿐 아니라 배합기를 넘쳐나도록 공간을 차지하여 타 원료를 투입을 불가능하게 하고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 부피가 큰 조사료를 일정 규격과 무게(15-20 kg 정도)로 압축·가공을 할 예정이다. 이렇게 할 경우 배합기에 투입하는 시간을 단축할 뿐 아니라 정량 투입도 용이하게 되고, 공간도 적게 차지하게 된다. 설계의 기본 원리는 현재 농가에 많이 보급되고 있는 사각베일러의 기본 원리와 유사하다. 흙먼지가 제거된 세절된 조사료를 벨트컨베이어로부터 이송을 받게 되면 타인식 또는 스크류식의 압축실로 이송을 하고, 압축실에서는 조사료를 왕복 플런저로 압축을 하게 되는데, 압축의 밀도 조절장치, 베일의 길이 조절장치, 자동결속 장치들도 모두 개발한다.

라. 원형베일 전처리 가공시스템의 모델개발 및 적정규모 설계(II) <통합공정 시스템의 완성 및 시운전>

⑤ 통합 공정시스템의 완성 및 시운전

1년차와 2년차 초반에 완성된 개발될 ①조사료 반입 및 이송부, ②원형베일 세

절부, ③흙먼지 제거를 위한 집진부, ④세절과정에서 부풀려진 조사료를 규격화 가공시스템, 이들 각각의 공정을 연결하여 주는 반송시설의 제작 및 설계가 완성이 되면, 이들 각각의 공정을 연결하여 시스템의 하중 및 위치를 지지하여 주고, 동력을 전달하여주는 전체시스템을 완성한다.

일종의 TMR플랜트의 전처리 공정이라고 할 수 있는데, 정읍 보리마을의 농가형 TMR플랜트에 직접 설치하였다. 본 연구는 2년 차에 종결할 예정이다.

3차년도인 최종년도에 수행이 될 연구 개발 목표와 내용은 지난 2년 간 완성된 결과를 가지고 실제로 TMR플랜트에 설치하여 ①현장적응 시험과 ②경제성분석, 최종시작품 제작 및 안정성 향상에 관한 것이다.

마. TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응시험(III) <현장 적응 시험>

이론적으로 연구 개발 된 시스템은 실제로 현장에 적응을 할 경우에는 여러 문제가 발생을 한다. 특히 ①한 공정과 다른 공정으로 연결을 하여 주는 시스템의 적합성, ②조사료의 종류 및 사용량에 따르는 반송부의 흐름의 유연성, ③벗짚을 장기간 사용함에 따르는 기계 부품의 내구성, ④규격화된 조사료의 배합효율 등은 실제로 보급하기 전에 반드시 문제점을 밝혀내고, 이를 수정 및 보완을 할 예정으로 이 연구는 3년차에 수행된다.

바. TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템모델의 경제성 분석, 최종시작품 제작 및 안정성 향상 <경제성 분석, 최종시작품 제작 및 안정성 향상>

아무리 좋은 시설이라도 기존의 관행시스템에 비하여 경제성이 떨어지면 아무 소용이 없다. 기존의 TMR플랜트에 비해 본 연구에서 개발되는 시스템은 추가로 설치되는 전처리 공정시설이다. 따라서 기존의 TMR플랜트에 비해서 사용량이 많아서 고정비를 줄일 수 있어야한다. 따라서 본 연구는 기존의 관행 시스템과 비교를 하여 경제성을 가질 수 있는 최소규모의 생산량(손익분기점)을 찾아내기 위함이다. 이러한 자료는 향후에 본 시설이 타 TMR플랜트에 설치 될 경우에 대비하여 정책적으로 경제성이 있는 위치를 결정할 수 있는 참고 자료가 될 수가 있다.

최종적으로 최종시작품을 제작하고 지속적으로 시스템의 안정성을 향상시키도록 하였으며, 연구 3년 차에 수행된다.

2. 평가의 착안점 및 기준

구분	세부연구개발 목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
1차 년도	원형베일 전처리 가공시스템의 모델개발 및 적정규모 설계(I) <모델시스템 Layout, 적정소요기계 및 용량결정>	20 %	○ 개발모델은 우리나라 농촌 현실에 적합한가?
	TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응시험(I) <공정별 소요기계의 설계 및 제작 (1)>	80 %	○ 컨베이어에 의한 원형베일 적재 및 이송능력이 충분한가? ○ 원형베일의 세절작업은 원활한가? ○ 조사료의 흡면지 제거정도는 우수한가 ?
2차 년도	TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응시험(II) <공정별 소요기계의 설계 및 제작 (2)>	80 %	○ 세절 조사료의 배출작업은 정확히 이루어지는가? ○ 세절 조사료의 규격화가 가능한가?
	원형베일 전처리 가공시스템의 모델개발 및 적정규모 설계(II) <통합 공정 시스템의 완성 및 시운전>	20 %	○ 통합시스템의 흐름공정이 막힘이 없는가 ? ○ 각 시스템의 연결은 원활한가?
최종 평가	TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응시험(III) <현장적응시험>	80 %	○ 작업 성능은 우수한가? ○ 시스템은 견고한가?
	원형베일 전처리 가공시스템 모델의 경제성 분석, 최종시작품 제작 및 안정성 향상 <경제성분석, 최종시작품 제작 및 안정성 향상>	20 %	○ 모델의 적합성? ○ 경제성? ○ 축산농가에 기여도? ○ 시스템은 안정한가?

3. 연구개발의 방법

본 연구는 ①모델시스템의 Layout 설계, ②부분 공정 별 설계 및 제작, ③주요 공정을 연결하는 반송 시스템의 설계 및 제작 ④전체 통합시스템의 설계 및 제작, ⑤ 성능시험, 분석 및 수정 보완, ⑥현장 테스트, ⑦경제성 분석, 최종시작품 제작 및 안정성 향상의 7단계로 추진되었다.

가. 모델시스템의 Layout 설계

우리나라의 젓소 및 한우 사육용 TMR플랜트에 모두 적용할 수 있는 원형베일을 비롯한 조사료의 반입 → 조사료의 이송 → 조사료를 연화하고 적절한 길이로 세절 → 흡 또는 이물질 제거 후에 규격화 가공이 가능한 기능을 가진 TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 모델에 소요되는 다음과 같은 연구를 하였다.

- ① 적정기계의 선정,
- ② 적정위치에 배치,
- ③ 가공기계와 기계를 연결하여 주는 적정 반송기의 선정을 한다.
- ④ 아울러 TMR플랜트 생산규모에 따르는 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기를 결정하였다.

나. 부분 공정 별 설계 및 제작

본 모델 시스템의 3대 주요공정인 ①조사료 반입·세절 공정, ② 흡면지 등 이물질 제거, ③ 부피가 큰 조사료를 일정 규격과 무게로 압축·가공공정 등을 부분별로 설계 및 제작을 하였다.

①특히 조사료 세절 공정은 현재 본 연구팀이 이미 수행을 한 바 있는 “트랙터 견인형 조사료 원형베일 세절·급여기”를 “정치형”으로 수정을 하여 설계를 할 것이며, 완성된 세부설계를 바탕으로 앞 연구의 참여 업체인 우리나라에 우수한 축산기계 전문 메이커인 (주)은성플랜트의 협조를 받아 공동으로 제작하였다.

②또한 흡면지 등 이물질 제거 시스템은 사이클론 식으로 세절기에서 쳐올려진 조사료를 흡면지와 분리할 수 있도록 설계를 하였다. 완성된 세부설계를 바탕으로 앞 연구의 참여 업체인 우리나라에 우수한 배합기 전문 메이커인 (주)은성플랜트의 협조를 받아 공동으로 제작하였다.

③부피가 큰 부드럽게 세절된 조사료를 일정 규격과 무게로 압축·가공공정은

기존의 사각베일을 참조로 TMR플랜트에 적합하도록 수정하여 설계를 하였고 제작은 (주)은성플랜트와 공동으로 제작하였다.

다. 주요 공정을 연결하는 반송 시스템의 설계 및 제작

본 연구에서 개발될 시스템에서는 ①반입된 원형베일을 세절기로 연속으로 반송하는 공정, ②세절된 조사료를 흙먼지 및 이물질 제거용 사이클론으로 운송하는 뉴메틱 컨베이어, ③흙먼지 및 이물질이 제거된 잘게 부드럽게 세절된 조사료를 일정 규격화 공정으로 이송하는 공정, ④ 규격화된 조사료를 배합기 또는 저장시설로 이송하는 공정 등 4개의 반송 공정이 있다.

① 원형베일의 세절기로 반송하는 반송기는 이미 현재 본 연구팀이 수행 중에 있는 “트랙터 견인형 조사료 원형베일 세절·급여기”에서 유압식으로 반입 및 반송체인 컨베이어를 개발 한바가 있다. 따라서 본 연구에서는 트랙터 부착형에서 “정치형”으로 수정을 하여 설계를 하면서 유압식에서 에어실린형으로 동력전달 시스템을 수정할 예정이지만 한번에 3~4개의 베일이 이송될 수 있도록 할 것이며 완성된 세부설계를 바탕으로 앞 연구의 참여 업체인 우리나라에 우수한 축산기계 전문 메이커인 (주)은성플랜트와 공동으로 제작하였다.

② 세절기에서 부드럽게 세절된 조사료는 블로워(Blower)에 의해 사이클론으로 뉴메틱 컨베이어로 이송이 되도록 연구를 하였다. 연구할 모델 시스템에서는 세절된 조사료와 흙먼지 등을 제대로 분리하기 위하여 송풍량 및 에어덕트를 설계 및 제작하였다.

③ 세절된 조사료를 규격화공정으로, 규격화된 조사료를 TMR배합기로 보내는 2개의 반송 공정은 별도로 특수하게 설계된 체인 컨베이어가 필요하다. 이 또한 설계는 본 연구실에서, 제작은 (주)은성플랜트와 공동으로 수행하였다.

라. 전체 시스템 완성

앞의 단계에서 개발된 부분 공정 및 이를 연결 시켜주는 컨베이어가 완성이 되면 이들 각각의 공정을 연결하여 시스템의 하중 및 위치를 지지하여 주고, 동력을 전달하여 주는 전체시스템을 완성하였다. 일종의 거친 볏짚 원형베일 조사료 가공을 위한 TMR 플랜트용 전처리 일관 공정시스템이라고 할 수 있다. 설계는 본 대학에서 수행을 하였고, 제작은 (주)은성플랜트에서 수행하였다.

마. 현장적응시험

본 연구에서 개발될 “ TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 모델 개발”의 현장적응 시험은 정읍 보리마을의 농가형 TMR 플랜트에 설치하여 장기간 운전을 하며 실제로 현장에 적응을 할 경우에는 발생되어지는 여러 문제를 분석하였다. 특히 반송부의 흐름의 유연성, 벗질을 장기간 사용함에 따르는 기계 부품의 내구성 등은 TMR 플랜트에 보급하기 전에 반드시 문제점을 밝혀내고, 이를 수정 및 보완하였다.

바. 경제성 분석

개발될 모델 플랜트의 경제성 분석은 실제로 기존의 사료비용을 조사하여 관행시스템의 비용을 분석을 하고, 본 모델 시스템을 생산비의 변화에 따르는 비용 곡선을 찾아내어 관행시스템과 비교를 하여 경제성을 가질 수 있는 최소규모의 생산량(손익분기점)을 찾아낸다. 최종적으로 최종시작품을 제작하고 지속적으로 시스템의 안정성을 향상시키도록 하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 세계적 수준

외국의 축산산업 특히 육우 및 젖소용 조사료 재배-수확-가공은 우리와 매우 다르다. 특히 조사료의 생육조건이 좋은 유럽에서는 목초 재배용 초지에서 알팔파, 오차드그래스, 이탈리아라이그래스, 알팔파 등 부드럽고 영양이 풍부한 조사료를 생산하고, 생산된 조사료는 주로 곤포사일리지로 가공되는데 길이도 짧고, 목초 자체가 연하여 쉽게 TMR배합기에서 타 사료원료와 배합되므로 국내산 원형베일 가공처리와는 차이점을 가지고 있다.

제2절 국내수준

우리의 경우 농토가 좁기 때문에 주로 논에서 생산된 벼짚, 생벼짚 곤포사일리지, 호맥 또는 대맥 곤포사일리지 등이 주 조사료원이 된다. 그러나 이들은 매우 길고 질기며 거칠기 때문에 우리의 특수한 환경을 고려하여 우리의 실정에 알맞은 조사료 가공 시스템이 필요하게 된다.

우리나라의 농업의 기계화는 수도작 위주로 정책이 수행되어 왔다. 따라서 축산이나 밭작물에 대한 기계화·자동화는 매우 낙후되어 있다. 그러나 최근에 국민들의 쌀의 소비량이 심각할 정도로 감소 추세에 있어, 10년 이내에 70kg 미만으로 될 것 전망이다. 이러한 사실은 현재의 수도작 면적이 30% 이상 감소가 될 것으로 예상되고 있으며 남아도는 논은 조사료와 같은 대체작물로 재배될 것으로 예측이 된다.

수도작물의 대체 작물, 벼의 수확 후에 생산되는 생벼짚 곤포 사일리지, 답리작으로 재배되는 맥류 곤포사일리지 등은 우리축산 농가에는 좋은 자원이다. 그러나 이러한 많은 자원이 있음에도 불구하고 이를 잘 활용할 수 있는 시설, 소요기계 및 시스템의 결핍으로 소비를 못하는 일종의 병목현상이 발생하고 있는 것은 안타까운 일이다. 따라서 우리나라 낙농 및 육우용 조사료를 대부분 생산하고 있는 TMR플랜트에 조사료를 쉽게 반입·부드럽게 세절·흠먼지 및 이물질 제거·규격화 가공이 가능한 기능을 가진 즉, TMR플랜트용 원형베일 전처리 가공시스템의 모델개발에 관한 연구는 우리나라 축산산업에 매우 중요한 연구의 과제라고 생각된다.

제3절 국내·외의 연구현황

앞에서 잠시 언급한 바와 같이 볏짚, 생볏짚 곤포 사일리지, 맥류곤포사일리지 등은 축산 선진국인 외국에서는 거의 사용이 되지 않고 있다. 외국에는 부드럽고 영양분이 풍부한 많은 조사료들이 있기 때문이다. 따라서 이러한 연구는 국내의 고유한 특수 경우이기 때문에 외국의 연구 현황을 소개할 필요는 없을 것 같다.

국내의 연구 동향을 살펴보면 대부분 본 연구실에서 수행을 한 것이 주를 이룬다.

1995년부터 농림부로부터 연구비를 지원 받아 ①“조사료 배합을 위한 트랙터 부착형 TMR 배합기의 개발”을 성공적으로 수행하였고, 또한 1988년부터는 ②“답리작 조사료 랩-사일리지생산을 위한 모델 및 기계개발”을 성공적으로 수행하였다. 그리고 2001년부터 ③“트랙터 견인형 원형베일의 세절 및 급이기의 개발”을 수행하였으며, 2003년부터는 ④“TMR 사료 일관 조제를 위한 농가형 플랜트의 모델 개발”을 연구하고 있는데 2006년 7월이면 종결을 지을 예정이다. 이들 연구에 주요 결과 및 예상되는 결과로는;

(1) 우리나라의 젓소 및 비육우에게 공급할 수 있는 조사료와 농후 사료를 잘 배합 할 수 있는 1회 배합용량이 2톤 규모(젓소 60두 급여 가능)인, “트랙터로부터 PTO동력을 이용하여 이용할 수 있는 패달형 TMR 배합기”를 개발하였고, 1998년 농업기계화 연구소에서 수행한 농기계 형식 검사(98-M-362)에서 합격을 받은 바 있다. 또한 개발된 배합기는 현재 상품화가 되어 일반 낙농가에서 사용되고 있다. 기존의 오거를 부착한 배합기에 비하여 조사료의 배합에 탁월한 성능을 가지고 있으며 작동도 유압식으로 되어 있어 사용이 매우 편리하게 되어 있다.

(2) 우리나라에서 조사료를 자급하기 위하여 쌀 재배 지역에서 벼 수확 후, 맥류의 파종 → 재배 → 예취 → 압축·결속 → 기밀포장·사일리지 가공 → 저장 → 축산농가 운반으로 이어지는,

- ① 기계화 일관작업을 위한 시스템의 모델을 개발하였고,
- ② 이에 대한 적정작업조건 및 기계화 생산 기술을 구명하고 있으며,
- ③ 일련의 소요 작업기계 중에 국내에서 개발이 되지 못한 예취기(모아), 원형 베일러, 베일-랩핑기 및 랩-사일리지 핸들러(handler)중에서 핵심기계인 원형 베일

러, 베일 랩핑기(곤포기) 및 핸들러를 개발하였다. 그리고 공동연구기관인 한국농촌경제연구소에서는

④ 답리작 조사료의 경제성 및 유통구조를 분석하여 우리나라의 조사료의 생산·가공·유통을 위한 장·단기 정책 프로그램을 개발한 바 있다.

이에 대한 연구의 결과로, 지난 99년 5월 충남 당진군 농어촌진흥공사의 대호방조제에서 농림부, 푸른들 가꾸기 운동본부, 경북대학교와 공동으로 2일간에 걸쳐 열린 “친환경 답리작 조사료 생산기술 및 일관작업을 위한 기계화 모델”에 대한 세미나와 기계연시를 하였고, 2000년 5월에도 농촌경제연구원, 경상북도 그리고 본 연구소와 공동으로 경북대학교 부속농장에서 “생태 순환적 답리작 맥류 랩사일리지 조사료 생산기술과 경제성 평가”라는 제목으로 전국 낙농가와 축산기술지도자를 대상으로 세미나 및 연시를 실시하였으며, 또한 2001년에는 작물시험장, 축산기술연구소와 공동으로 “논을 이용한 생태 순환적 조사료 생산체계 구축방안”에 대하여 세미나 및 답리작 조사료 생산 시스템 일관 작업에 대한 연시를 실시하였다. 이에 따라 농림부의 정책도 조사료의 확보는 답리작 재배로, 특히 겨울철 맥류의 재배로 조사료 확대를 함이 가장 바람직한 것으로 추진하고 있다.

(3) 기존의 국내에 보급된 트랙터로 ①원형 베일을 손쉽게 운반 및 적재 가능하고, 또한 ②잘게 세절할 수 있는 기능을 가지며, ③원하는 위치로 투입이 가능하고, 아울러 ④트랙터로 운반이 가능한 트랙터 견인형 조사료 원형베일 세절·급여기가 개발완료 되었다. 이것은 발명특허(특허등록 제0470326호)로 등록이 되어있고, 기존의 조사료를 이용한 급여 방식에서 발생하는 즉, ①압축·결속된 베일을 그대로 급여에 따르는 20%에 이르는 바깥에 흘리는 등 허실을 방지하고 또한 ②베일을 범용의 커터기로 세절할 때 보다 훨씬 노동력을 절감하고 있다.

(4) 현재 농촌의 현실은 노동력의 노령화·여성화로 작업을 편하게 하려는 경향이 있으며, 또한 높은 축산 작업기의 구입비용은 소규모 농가에서 뿐 아니라 대규모 농가에서도 수지맞는 경영을 할 수가 없다. 이 문제를 해결하기 위한 하나의 방안으로 “TMR 사료 일관 조제를 위한 농가형 소형 플랜트의 모델 개발”이 연구 수행하였다. 이 모델은 낙농·한우 농가 단지별로 공동으로 이용 가능한 소형 TMR 플랜트로서 현재 전북 정읍시 정우면 보리마을(대표 최경렬)에서 파일롯트 플랜트가 설치되어 가동 중에 있다. 이 연구결과도 “티엠알 사료조제 농가용 소형플랜트 및 티엠알사료 제조방법”의 명칭으로 발명특허(특허등록 제0742526호)를 등록하였

다.

이상과 같이 본 연구실은 답리작에 의한 조사료 기계화 생산기술, 조사료 세절·급이용 작업기, 조사료 배합용 TMR배합기의 개발, TMR플랜트 모델 개발 등의 많은 연구를 수행한 바 있으며 이에 대한 많은 Know-How를 가지고 있다.

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
경북대학교	조사료 배합을 위한 트랙터 부착형 TMR 배합기의 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농기계 형식 검사(98-M-362)합격 ○ 낙농가에 보급
경북대학교	답리작 조사료 랩-사일리지 생산을 위한 모델 및 기계개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현재 전국적으로 보급 ○ 농림부의 주요 정책 ○ 베일랩퍼는 아세아의 주요 수출기계 ○ 대통령 근정포장 수상
경북대학교	트랙터 견인형 원형베일의 세절 및 급이기의 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발명특허(특허등록 제0470326호)
경북대학교	TMR 사료 일관 조제를 위한 농가형 플랜트의 모델 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발명특허(특허등록 제0742526호) ○ 농가용 소형 TMR 플랜트 (전북 정읍 보리마을 기술이전, 2007년) ○ 농림수산식품부 대표기술 선정

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 모델 개발

국내의 TMR플랜트 현실에 부합하며 경제적으로도 이익을 남길 수 있는 즉, 국내에서 생산 가공된 원형 베일을 효율적으로 이용하기 위하여 TMR플랜트에 조사료를 쉽게 반입·세절·흡먼지 및 이물질 제거·규격화 가공이 가능한 기능을 가진 TMR플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델의 개발에 필요한 다음의 순서로 연구를 수행하였다.

- ① 모델의 기계형식 선정,
- ② 모델의 작업공정 설계,
- ③ 모델의 Layout 설계,
- ④ 아울러 TMR플랜트 생산규모에 따르는 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기를 결정하였다.

1. 모델의 기계형식 선정

원형베일 조사료를 반입 → 적재 → 이송 → 세절 → 규격화가공 → 저장할 수 있는 기계를 국내외에 보급된 여러 기종들의 시장조사 및 기계의 장단점을 분석하고, 국내산 조사료를 쉽게 처리할 수 있는 적합한 기계를 선정하여 실정에 맞도록 수정·개발하였다.

가. 원형베일 적재 및 반입장치의 선정

본 연구의 TMR플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델에서 사용될 원형베일 적재 및 반입장치의 전반적인 기능은,

- ①무게가 500kg 정도 되는 원형베일을 손쉽게 적재가 가능하고
- ②3~4개의 원형베일을 대량으로 동시에 적재하여 일시에 작업이 가능할 수 있으며
- ③적재된 원형베일은 다음공정의 세절기로의 투입이 손쉬워야 하며
- ④원형베일의 비닐과 결속끈의 제거를 용이하게 작업할 수 있는 등의 기능을 가지고 있어야 한다.

따라서, 앞의 조건을 만족할 수 있는 적합한 모델을 제시하고자 현재 국내·외에 보급된 적재 및 반입하는 장치들의 장단점을 파악하여 적합한 기종을 선정한 후 설계에 반영하였다.

일반적으로 원형베일을 적재하는 방법은 ①길이방향의 원형베일을 측방에서 적재하는 방법과 ②원주방향의 원형베일을 후방에서 적재하는 방법으로 나눌 수 있다.

측방형 적재장치의 경우는 그림 6과 같이 원형베일러에 의해 배출된 원형베일은 포장에 방치되게 되는 데 랩핑을 위해서는 원형베일을 랩퍼의 회전 테이블에 올려놓아야 한다. 작업자는 트랙터에 랩퍼를 부착한 채로 운전하여 랩퍼의 측면에 부착되어 있는 적재장치부의 중심에 베일이 오도록 조정한다. 그리고 적재장치부의 유압 실린더를 작동시켜 원형베일을 회전 테이블에 올려놓는다. 프레임은 500kg 이상의 무게를 가지는 랩-사일리지용 베일의 핸들링에서도 무리가 없도록 Ø100mm의 두꺼운 파이프를 이루어져 있으며 입구측은 원형베일 진입이 용이하도록 외측으로 벌어지도록 하였다. 또한 원형베일을 프레임 안으로 진입시킨 후 정확한 위치에 원형베일이 오도록 하기 위해 스톱퍼(stopper)가 설치되어있다. 측방형의 경우는 정지해 있는 원형베일을 이동하면서 길이방향으로 적재할 수 있는 장점이 있지만 원형베일을 픽업 프레임으로 들어 올린 후 회전 테이블에 내려놓을 때의 기계에 어느 정도 충격을 줄 수 있는 단점이 있다.



그림 6 측방형 적재장치

후방형 적재장치의 경우는 그림 7과 같이 트랙터 견인형의 세절기 후면에 원형베

일 조사료를 들어 올려서 베일이송장치로 적재하는 시스템으로 되어있다. 원형베일을 베일이송장치가 장착된 적재함에 올려놓기 위한 장치의 동력원은 본체의 프레임에 장착된 유압실린더에 의해 구동된다. 본체는 500kg 이상의 무게를 가지는 베일에서도 무리가 없도록 두꺼운 철판과 파이프로 이루어져 있으며, 입구 측에는 베일 진입이 용이하도록 외측으로 벌어지도록 되어 있다. 후방형 적재장치는 정지된 상태에서 작업자가 원형베일을 원주방향으로 굴리면서 반입이 가능하여 이동보다는 정치식의 경우에 유리하며, 적재시에 기계에 충격이 적으며, 원형베일이 이송장치로 적재가 되면 문이 닫히면서 베일을 앞쪽으로 이동하도록 압력을 주는 역할도 동시에 할 수 있다.



그림 7 후방형 적재장치

적재된 원형베일을 세절하기 위해서는 연속적으로 조사료를 세절기로 이송시켜야 하는데, 반입장치의 경우는 3~4개의 원형베일의 무게가 2톤 이상 되기 때문에 이를 지지할 수 있어야 하고, 원형베일 이송시에 원형베일이 이송장치에서 이탈이 되지 않도록 해야 하며, 원형베일 이송시 원형베일로부터 떨어져 나올 수 있는 잔량의 조사료도 이송할 수 있도록 하여야 하며, 구동은 유압식으로 세절기로의 투입이 용이하여야 한다. 체인형 이송장치의 경우 앞서 언급한 기능을 수행할 수 있는 일반적인 이송장치로서 대부분 케이스 내부에 특수체인을 부착하여 상호마찰에 따라 반송을 실시하는 컨베이어로서 견인형 이송장치라고도 한다. 체인형 이송장치의 구조는 스크레이퍼(scraper), 스크레이퍼가 부착된 체인, 체인을 구동시키는 스프라킷

(sproket), 케이스 및 구동장치로 이루어진다. 체인형 이송장치가 이용되는 대표적인 분야는 퇴비살포를 위한 퇴비이송과 목초세절을 위한 목초이송이다.

퇴비이송의 경우는 그림 8과 같이 적재중량이 2.5~5.3톤 이상 가능하여 무겁고 덩어리진 퇴비를 싣고 포장까지 운반하여 흘트리면서 살포하는데 운반 트레일러, 퇴비상자 퇴비이송장치, 비이터, 동력전달장치, 살포장치로 구성된다. 퇴비이송장치의 경우 퇴비상자의 바닥에 스크레이퍼를 설치하여 두 줄의 체인으로써 이송시키는 구조로 되어있으며 바닥면에는 부식방지를 위하여 고강성 폴리에틸렌으로 사용한다.

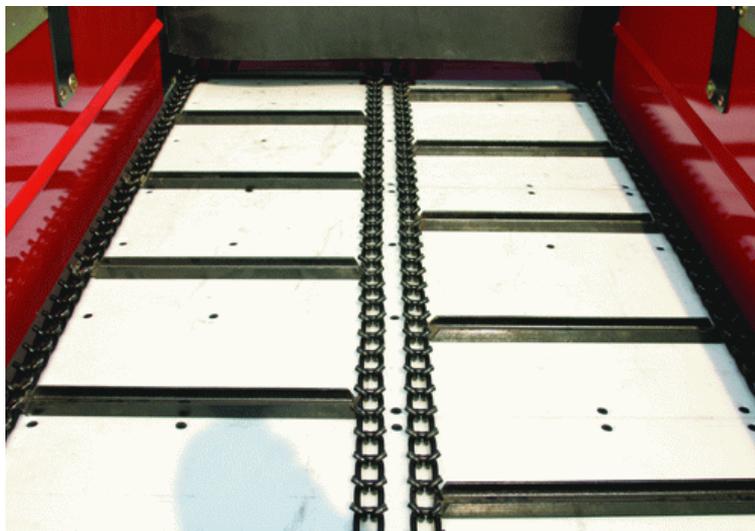


그림 8 체인형 퇴비이송장치

목초이송의 경우는 그림 9와 같으며 시스템의 구성은 트레일러 위에 가로형의 띠판과 체인으로 연결된 이송장치를 구성하고 체인을 스프로킷으로 구동하여 무한궤도 형태로 회전하게 한다. 이러한 구조는 원형 베일을 일정한 두께로 풀어내기 위하여 일반적으로 쓰이는 메커니즘이다. 이송부의 구동은 유압모터를 이용하는데, 공급량을 조절하기 위해서 이송속도를 조정하도록 되어 있다. 이송속도가 빠른 경우 세절장치부로의 공급량이 많아져 세절성능의 저하 또는 과부하 상태가 될 수 있으며 이송속도가 느린 경우 작업 성능이 떨어지게 되므로 작업자가 작업시에 이송속도를 조절할 수 있도록 되어있다.

앞서 조사된 적재 및 반입장치는 대부분 유압에 의해 구동되는 트랙터 견인형으로서 25~50마력의 동력을 필요로 한다. 그러나 본 연구에서 개발될 원형베일 적재 및 반입장치는 TMR 플랜트에 사용이 적합하도록 해야 하므로 전기에 의해 구동되

는 정치형의 후방형 적재장치와 체인형 이송장치로 선정하였다.



그림 9 체인형 목초이송장치

나. 원형베일 세절기의 선정

본 연구의 TMR플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델에서 사용될 원형베일 세절기의 전반적인 기능은,

①배합 시간, 동력 및 배합 효율을 높일 수 있도록 연화하고 적절한 길이로 세절 할 수 있는 기능을 가지며,

②벧짚에 섞인 흙먼지 등 이물질을 제거하는 기능이 있어야 하며,

③세절된 조사료는 규격화가공공정으로 반송이 원활하게 될 수 있는 배출구조가 되어야 한다.

따라서, 앞의 조건을 만족할 수 있는 적합한 모델을 제시하고자 현재 국내에 보급된 세절기를 직접 사용하고 있는 농가를 방문하여 세절성능 등을 시험하고 각각의 장단점을 파악한 후 모델에 적합한 기종을 선정하였다.

최근 원형베일 형태의 조사료의 사용이 급격히 증가함에 따라 세절기가 많이 보급되었는데, 약 6개 업체에서 공급되고 있는 것으로 조사되었다. 현재 농가에 가장 많이 보급된 세절기의 모델은 트랙터 견인형이며 작두의 원리를 이용한 세절방식이 가장 많이 이용되고 있다.

그림 10은 원주방향 작두식 세절기로서, 칼날은 유압장치에 의하여 상하로 작동하게 되고 길이방향으로 원형베일을 이송시키면서 원주방향으로 세절이 된다. 원형베일의 세절길이는 여러단계의 길이로 조절이 가능하며 35HP급 트랙터에 장착하여 세절이 가능하다. 칼날의 절단면이 길이방향보다 적으므로 저부하에서 고속으로 절단이 가능하여 1개의 베일 절단 작업시간은 5~7분으로 나타났다. 그러나 원형베일을 원주방향으로 세절하기 때문에 절단진행의 차이 등으로 절단날이 불균일하게 가압되면 절단날의 방향이 엇갈리어 절단효율, 기계손상, 불균일한 절단 등의 문제점이 있을 수 있다. 또한 원형베일러로 베일링시에 원주방향으로 벗질 등의 조사료가 유입되어 결속되기 때문에 세절 후에는 세절되지 않는 조사료가 많은 것으로 나타났다.



그림 10 원주방향 작두식 세절기

그림 11은 길이방향 작두식 세절기로서 원형베일을 적재하고 적재된 베일이 유압으로 작동되는 캠에 의해서 규칙적으로 회전될 때 이와 연동된 칼날부가 세절 후 배출하는 원리를 가지고 있다. 세절길이의 조절도 가능하며 35HP급의 트랙터에 장착하여 세절이 가능하다. 전체적으로 간단한 구조와 양호한 세절성능을 보였으며, 농가에서 가장 많이 사용하고 있는 형태로 1개의 베일 절단 작업시간은 5~8분으로 나타났다.



그림 11 길이방향 작두식 세절기

앞서 2가지 형태의 작두식 세절방식은 벧짚이 단순하게 잘려나가기 때문에 벧짚의 잘려진 부분은 날카롭게 되어 있어 소의 소화기의 장기 내부를 마모시키는 등의 문제가 우려될 수 있다. 또한 베일작업 중에 들어간 흙먼지 등 이물질은 덩어리째 배합기에 같이 투입이 되는 것으로 나타났다.

그림 12는 회전식 세절기로서 세절의 메카니즘은 원형 베일 형태의 조사료가 적재함으로 자동 적재기를 이용하여 투입되면 하부의 베일 이송용 컨베이어가 베일을 전방으로 지속적으로 밀어주어 세절장치부에서 일정두께로 풀어지며 세절되어 배출장치부에 의해 배출을 위한 원심력을 받은 후 배출조절장치에 의해 원하는 방향 및 위치로 송출되어진다. 세절부로 진입한 재료는 고정날 및 회전날에 의해 이루어지는 원호형의 공간내에 갇히고 이어서 회전날과 고정날의 세절작용에 의해 세절되어지는 원리이다. 50HP급의 트랙터에 장착하여 세절이 가능하며 작업시간은 10분 정도로 나타났다. 작두식 세절기보다 소요동력 및 세절시간이 많이 소요되는 것으로 나타났지만, 세절된 조사료는 적절한 길이로 연화되었으며, 벧짚에 섞인 흙먼지 등을 분리하여 배출할 수 있는 장점이 있다.



그림 12 회전식 세절기

표 9 국내 보급중인 세절기 사양 비교

세절방식	형식	소요동력	작업시간	세절형태
원주방향 작두식	트랙터 견인형	35HP	5~7분	<ul style="list-style-type: none"> • 원주방향으로 세절 • 세절길이 조절가능 • 세절이 안 된 조사료가 많음 • 흙먼지 등의 이물질이 제거 곤란
길이방향 작두식	트랙터 견인형	35HP	5~8분	<ul style="list-style-type: none"> • 길이방향으로 세절 • 세절길이 조절가능 • 양호한 세절성능 • 흙먼지 등의 이물질이 제거 곤란
회전식	트랙터 견인형	50HP	10분	<ul style="list-style-type: none"> • 길이방향으로 세절 • 세절후 연화됨 • 흙먼지 등의 이물질이 분리되어 배출 • 소요동력 및 세절시간이 많이 소요

이상과 같이 표 9에 국내 보급 중인 세절기의 사양을 비교하여 나타내었다. 본 연구에 적용될 세절기는 앞서 제시된 세절기의 기능과 국내 조사료 여건에 부합하는 회전식 세절기로 선정하였으나, 현재 농가에서 가장 많이 보급되고 있으며 양호

한 세절성능을 보이는 길이방향 작두식 세절기의 이용도 검토하였다.

다. 규격화 가공기의 선정

300kg 정도 되는 원형베일 벧짚을 세절하여 2톤 배합기에 투입하면 벧짚만으로도 배합기를 넘쳐나는데 이럴 경우 타 원료를 투입하기가 곤란하게 된다. 또한 부피가 큰 벧짚을 배합기에 투입에 소요되는 시간이 매우 길기 때문에 작업 소요시간이 길어 생산성이 저하된다. 따라서 세절된 조사료를 부피가 작은 일정 무게와 크기의 형태로 가공하여 배합기에 쉽게 투입을 할 필요성이 있다.

대부분의 TMR 플랜트의 경우 그림 13과 같이 사각베일 형태의 조사료를 투입하고 있는데, 이는 건조형태의 일정량(20kg)의 무게를 가진 사각베일 형태로 수입이 되어 사용된다. 실제로 TMR 플랜트에서 저렴한 국내산 원형베일을 사용하여 TMR 사료를 생산하고 싶지만 원형베일을 가공하는 시설이 없을 뿐만아니라 원형베일을 세절하더라도 TMR 플랜트의 생산공정에 추가적으로 인력을 투입하는 등의 불편함을 감수해야 한다.



그림 13 TMR 플랜트의 사각베일 조사료 투입공정

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 부피가 큰 조사료를 일정 규격과 무게로 압축·가공을 할 예정이다. 이렇게 할 경우 배합기에 투입하는 시간을 단축할 뿐 아니라 정량 투입도 용이하게 되고, 공간도 적게 차지하게 된다.

초지에 널린 목초를 일정 규격과 무게로 압축·가공하는 방법은 묶음의 단단한

정도에 따라 ①단단히 포장된 베일 형태의 콤팩트베일(compact bale), ②느슨히 누른 베일 형태의 루스베일(loose bale), ③밀도가 일정치 않은 헬터스켈터베일(helter-skelter bale) 등 세가지 방법이 있다. 사용 목적 및 조건에 따라 각각 장단점이 있으나 함수율이 약 30~70%인 개화기 알팔파를 베일로 할 경우 앞의 세가지 중에 가장 바람직한 방법이 콤팩트베일이고 압축된 밀도는 225kg/m³이다. 느슨히 누른 베일의 밀도는 190kg/m³이며, 루스베일과 헬터스켈터베일은 포장손실이 많아 근래에 거의 사용되지 않으며 일반적으로 가장 많이 사용하고 있는 것은 콤팩트베일이다. 현재 농가에 많이 보급되고 있는 베일의 형태도 콤팩트베일로서 대부분 트랙터견인형 사각베일러를 이용하여 제조한다.



그림 14 트랙터견인형 사각베일러의 작업전경

그림 14는 트랙터견인형 사각베일러의 작업광경을 나타낸 것으로서 작동원리는 지면과 접촉되지 않게 조절할 수 있도록 된 픽업장치로 초지의 건초를 걷어 올리면 이송오거에 의하여 베일챔버로 이송된다. 베일챔버로 이송된 건초는 왕복운동을 하

는 플런저에 의하여 압축되는데, 압축밀도는 챔버내에 있는 인장바(tension bar)에 의하여 조절된다. 또한 베일길이 측정휠에 의하여 베일의 길이가 조절되고 베일이 일정한 길이로 성형되면 결속장치에 의하여 결속되는데, 이때 결속끈이 풀리지 않게 해주는 매듭장치(twine knotter)가 있다. 결속끈으로는 주로 노끈이 많이 사용되지만 철사를 사용하기도 한다. 이후 베일은 베일후방으로 차례로 밀려 나가는데, 베일의 출구에는 베일슈트(bale chute) 또는 베일스로우어(bale thrower)를 부착시켜 운반차에 싣는 일을 자동화할 수 있다.

대개의 사각베일러는 트랙터견인식으로서 건조결속능률은 40~80PS급 트랙터를 사용하여 5~6ton/hr이고, 집초열의 조건이 좋으면 7~8ton/hr도 가능하다. 플런저형(plunger-type)의 베일러는 단형단면의 고밀도 베일을 생산하는 기계로서 저밀도 베일을 생산하는 것과 구분하기 위하여 압축 베일러라고 하는데, 플런저형은 단면이 30×40cm~35×45cm 길이는 70~100cm정도의 장방형 베일을 만들며, 베일 1개의 무게는 15~20kg이다. 결속에는 주로 노끈(twine)을 사용하나, 철사로 결속된 베일도 있다.



그림 15 규격화 가공기기 참조모델

그림 15에서는 개발될 규격화가공기기의 참조모델인 플런저형의 베일러를 나타내었다. 주요부의 구조는 목초를 끌어올리는 장치, 압축실 입구까지 운반하는 장치, 목초를 왕복플런저에 의하여 압축하는 장치, 목초의 압축정도, 즉 밀도를 조절하는 장치, 베일의 길이를 조절하는 자동계량장치, 그리고 자동결속장치 등으로 이루어진

다. 목초의 견어올림작용은 견어올림 타인으로 견어올린 목초를 스크류 반송기나 타인식 공급장치의 옆쪽으로 옮겨져서 다시 압축실로 옮겨진다. 압축실에서는 매분 80~100회의 왕복운동으로 목초를 압축하지만 플런저의 재료공급구 쪽에는 이동칼날이 장착되어 있어서, 압축실의 공급구 쪽에 있는 고정칼날과의 사이에서 재료의 절단이 일어난다. 이동칼날과 고정칼날 사이의 간격은 0.8mm 정도이다. 베일의 결속장치는 바인더의 결속장치와 기본적으로 같다. 플런저로 압축된 목초의 양(즉 베일의 길이)이 일정치에 달하면, 클러치가 연결되어 결속기가 자동적으로 작동한다. 베일의 압축밀도와 길이는 임의로 조절할 수 있다. 결속장치는 집속암(packer arm), 클러치 도어(clutch door), 결속바늘(needle), 매듭부리(knotter bill), 끈잡이(twine holder), 방출암 등으로 이루어진다. 클러치 도어에 주는 압력이 일정한 값에 이르면 결속부의 클러치가 작용하여 결속바늘을 포함한 결속기구가 작동하여 결속이 이루어진다. 결속이 끝나면 방출암이 작동하여 묶어진 단은 기체 밖으로 방출된다.

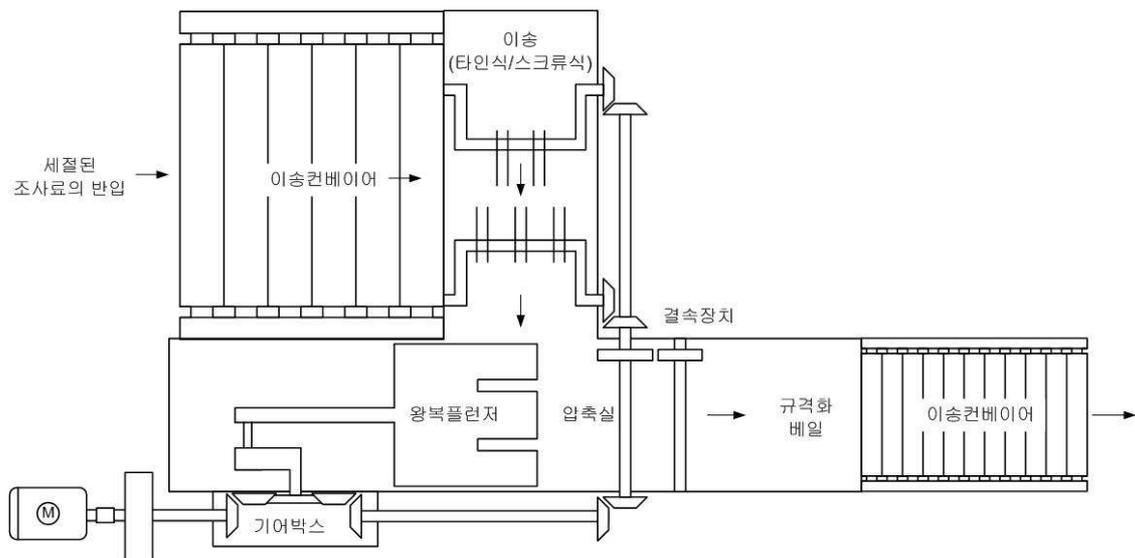


그림 16 개발된 규격화가공기기의 개략도

따라서 본 연구의 TMR플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델에서 사용될 규격화가공기기는 기존의 플런저형 사각베일을 참조하여 TMR 플랜트에 적합하도록 수정하여 설계하였으며, 그림 16에 개략도를 나타내었다.

선정된 규격화가공기기의 전반적인 기능은,

- ①일정한 무게와 양을 조절할 수 있으며,
- ②트랙터견인형이 아닌 정치식의 전기구동형이며,
- ③사각형태로 결속할 수 있으며

④이송된 세절된 조사료의 투입이 용이하고 배출된 규격화베일은 다음 공정으로 반송이 원활하게 될 수 있는 배출구조가 되도록 할 것이다.

라. 반송기의 선정

본 연구의 TMR플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델에서는 여러 개의 공정이 조합되어 하나의 체계를 이루게 되므로 이와 같은 경우에는 각 공정을 연결하는 반송기가 필요하게 된다. 따라서 본 시스템에서 선정되어야 할 반송시스템은 크게 ① 반입된 원형베일을 세절기로 연속적으로 이송하는 공정, ②세절된 조사료를 흙먼지 및 이물질 제거용 사이클론으로 운송하는 공정, ③세절기를 통하여 세절된 조사료를 규격화가공기에 투입시키는 공정과 ④규격화가공이 완료된 베일을 배합기 또는 저장시설로 이송하는 공정으로 나눌 수 있다.

① 반입된 원형베일을 세절기로 연속적으로 이송하는 공정의 경우는 앞서 원형베일 적재 및 반입장치의 선정에서 체인형 이송장치로 선정을 완료하였다.

② 세절된 조사료를 흙먼지 및 이물질 제거용 사이클론으로 운송하는 공정은 앞서 세절기의 선정에서 작두식 세절기의 경우에는 필요가 없지만 회전식 세절기를 사용할 경우에 필요한 반송기이다. 세절기를 통하여 세절된 벧짚을 규격화가공기에 투입시키는 시스템의 경우를 살펴보면, 벧짚의 경우 흙먼지 발생이 많기 때문에 발생하는 흙먼지를 제거시켜야 한다. 벧짚 원형베일 생산은 예취 → 압축·결속 → 기밀포장 → 저장 → 축산농가 운반으로 이어지는 기계화 일관작업시스템을 통하여 생산되고 있지만 레이크 작업 및 베일링 작업시에 토양의 흙이 같이 혼합되어져 조사료의 품질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 사료로 급이시 소의 위점막 용탈 사이에 침적되어 반추위의 역할을 저하시켜 대사성질병 발생 및 생산성 저하 등의 문제점을 일으킨다. 따라서 벧짚 속의 흙먼지를 제거해야 되는데 회전식 세절시스템에서는 흙먼지의 제거가 용이하고 세절된 벧짚의 이송은 세절기의 원심식 배출기에서 발생하는 강한 바람을 이용한 사이클론 시스템이 유리하다. 사이클론 시스템은 원통부와 원뿔부로 구성되며, 토양흙과 같이 혼합되어진 벧짚 등의 조사료가 세절기의 배출부로부터 사이클론의 원통부 측벽으로부터 접선 방향으로 공급되어 원통 내벽을 따라 선회하면서 하강하여, 원뿔부로 들어가 계속 선회하강해서 밑부분에 도달한 뒤, 배합기의 배합통으로 배출되며, 조사료 속에 함유된 흙먼지는 중심부에서 반전하여 선회상승해서 상부의 출구로 배출되어 플랜트 외부에 포집되는 시스템이다.

③ 세절기를 통하여 세절된 조사료를 규격화가공기에 투입시키는 공정은 작두

식 또는 회전식 세절기에서 배출되는 조사료의 배출량과 규격화가공기기의 왕복 플랜저의 행정수와 연동이 될 수 있도록 설계를 해야 한다. 짧은 시간 내에 부피가 큰 조사료를 대량 운반할 수 있는 마력당 운반능력이 높고 벨트는 40°까지 경사지게 할 수 있으며, 최대 속도는 300rpm 정도로 할 수 있는 벨트 컨베이어로 선정하였다.

④ 규격화가공이 완료된 베일을 배합기 또는 저장시설로 이송하는 공정은 최종적으로 생산되어진 단면이 30×40cm~35×45cm이고, 길이는 70~100cm정도이며, 1개의 무게가 15~20kg되는 사각베일의 이송에 적합한 이송장치를 설계해야 한다. 이 시스템은 앞서의 ③의 경우와 같은 벨트 컨베이어로 선정하였다.

2. 모델의 작업공정 설계

일반적으로 TMR 플랜트의 TMR 사료 생산공정을 살펴보면 다음과 같다. 그림 17~22와 같이 TMR 플랜트의 주요시설은 원료저장시설, 배합장치, 계량 및 포장장치, 이송장치 등으로 구성된다. 곡물사료 등을 저장빈에 저장하였다가 TMR 배합비에 따라 일정량의 원료가 배합기에 투입됨과 동시에 사각베일 형태의 베일을 투입시켜 배합한다. 보통 2개의 배합기를 설치하여 한 배합기가 배합 및 배출 공정을 거치는 사이에 다른 배합기에 원료를 투입하는 방법으로 작업사이클을 단축시키고 있는데, 주로 원료의 투입 → 배합 → 배출공정이 보통 15분 이내로 생산되고 있다. 배출이 완료되면 타이콘백에 정량으로 계량·포장한 후 주위 공간에 저장하였다가 사용농가로 반출되는 시스템이다.



그림 17 원료저장공정



그림 18 조사료 저장공정



그림 19 조사료 투입공정



그림 20 배합공정



그림 21 계량 및 포장공정



그림 22 저장공정

특히 본 모델은 TMR 플랜트의 작업공정 중 조사료 투입공정에서 사각베일을 제조하는 공정이 추가적으로 설치되기 때문에 기본적으로 TMR 플랜트의 작업공정에 생산성을 저하시키지 않아야 한다. 기존 TMR 플랜트에서는 TMR 사료 속에 충분한 조사료를 넣지 못하는 이유는 여러 가지가 있는데, 수입 조사료의 가격이 비싸기 때문이기도 하고, 국내 TMR 배합기 자체가 조사료를 30%이상 혼합하여 가동하면 부하가 걸려 TMR 배합기가 제대로 작동되지 않는 것도 원인이며, 원형베일의 생산이 확대되고 있지만 TMR 플랜트에서는 이를 가공할 시설이 없는 것이 큰 이유이다. 이에 따라 개발이 되어야 할 TMR용 원형베일 조사료의 반입 → 세절 → 벗짚에 섞인 흙 및 이물질의 제거 → 규격화가공의 일관공정도 같은 성능을 가진 작업속도로 이루어질 수 있어야 한다. 따라서 모델의 작업공정은

- ①작업자는 1명이 하고,
- ②가능하면 작업을 단순화 시키고
- ③최소의 투자비용이 소요되도록 하였으며,

- ④작업효율을 높일 수가 있고,
- ⑤장래에 시설확장이 용이하며,
- ⑥유지 및 관리비를 절감하고,
- ⑦궁극적으로는 제품의 품질을 향상시킬 수 있고, 생산비를 절감할 수가 있는 플랜트가 되도록 하였다. 이러한 TMR플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델의 계획은 ①자료의 수집 및 분석, ②예비공정도 작성, ③예비 Layout을 설계하였다.

가. 원형베일 조사료의 적재 및 반입작업

일반적인 조사료 적재 및 반송작업의 형태는 다음과 같다. 스키드로더에 부착된 원형베일 이송용 핸들러를 이용하여 플랜트 주변에 적재된 원형베일을 적재장치로 이송한다. 이동된 원형베일은 세절공정을 위하여 비닐과 결속끈을 제거하고 적재장치로부터 들어 올려져 반입장치에서 대기하게 된다. 이때 반입장치에서는 원형베일은 5~6개의 순차적으로 대기시켜 놓고 1베일씩 세절장치로 투입을 시킨다.

적재 및 반입작업에 소요되는 시간은 보급된 여러기종들을 대상으로 예비시험한 결과 1베일 당 약 2~3분 정도 소요되는 것으로 나타났다.

나. 원형베일 조사료의 세절작업

본 모델에서는 원형베일 조사료의 세절작업을 2가지의 형태로 나누어 설계를 하였다. ①작두식 세절기를 이용하여 세절작업을 하는 경우와 ②회전식 세절기를 이용하여 세절작업을 하는 경우로 나눌 수 있다.

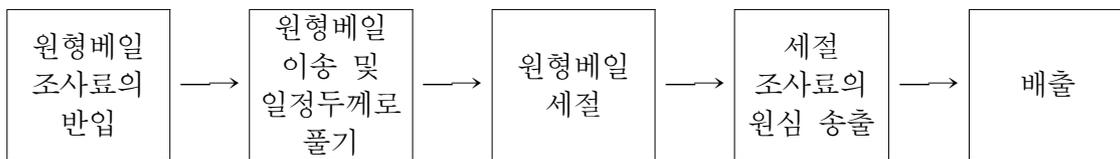


그림 23 회전식 세절공정 블록도

회전식 세절기를 이용하는 경우를 살펴보면 그림 23의 블록도와 같다. 원형베일 상태로 반입된 조사료는 이송이 되어 원형베일을 일정두께로 풀어내면서 고정날과 회전날 사이에서 조사료를 세절하고 이를 세절기의 배출구로 보낸다. 세절된 조사료는 흙먼지와 함께 배출되어 사이클론식 집진장치로 반송이 되고 세절된 조사료는 사이클론 하단부의 컨베이어로 낙하되고 흙먼지는 집진팬에 의해 외부에 포집이 된

다. 1베일을 세절하는데 소요되는 작업시간은 예비실험결과 약 10분 정도로 나타났다.

작두식 세절기를 이용하는 경우를 살펴보면 그림 24의 블록도와 같다. 원형베일 상태로 반입된 조사료는 작두식 세절기의 별도의 적재케이스에 이송이 되어 세절을 위해 대기하게 된다. 세절은 반달형상의 캠에 의해 절단날이 선회하면서 이 작동궤적과 대응하는 위치에 삼각형의 고정커터를 설치하여 원형베일을 길이방향으로 절단시킨다. 작두식 세절기의 경우는 흙먼지의 분리가 이루어지지 않기 때문에 사이클론식 집진장치는 필요가 없으며 1베일을 세절하는데 소요되는 작업시간은 예비실험결과 약 5~8분으로 나타났다.

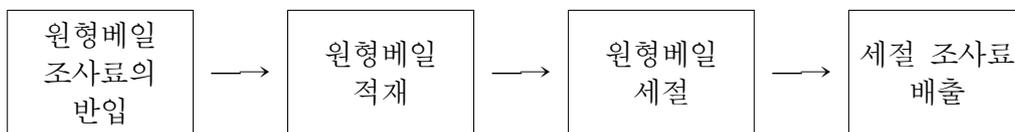


그림 24 작두식 세절공정 블록도

다. 세절 조사료의 규격화가공 작업

규격화가공공정의 작업형태는 다음의 그림 25의 블록도와 같다. 세절된 조사료를 컨베이어를 통해 이송오거 또는 타인을 이용하여 베일챔버로 이송시킨다. 베일챔버로 이송된 건초는 왕복운동을 하는 플린저에 의하여 압축되는데, 압축밀도는 챔버 내에 있는 인장바(tension bar)에 의하여 조절된다. 또한 베일길이 측정휠에 의하여 베일의 길이가 조절되고 베일이 일정한 길이로 성형되면 결속장치에 의하여 결속되는데, 이때 결속끈이 풀리지 않게 해주는 매듭장치가 있다. 이후 베일은 베일후방으로 차례로 밀려 나가는데, 베일의 출구에는 베일슈트를 부착시켜 저장을 할 수 있도록 한다.

규격화가공공정은 세절공정으로부터 세절된 조사료의 양을 충분히 처리할 수 있는 용량이 되어야 한다. 소요작업시간은 1베일을 세절하는 시간과 동일하게 소요된다고 볼 수 있다.

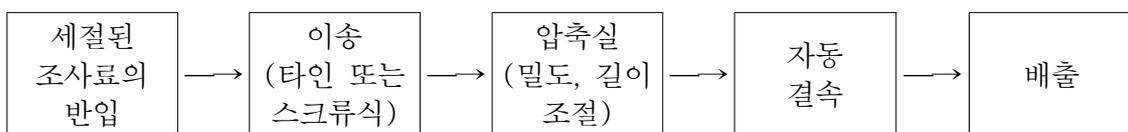


그림 25 규격화가공공정 블록도

라. 규격화 조사료의 반출작업

사각베일의 단면은 30×40cm~35×45cm, 길이는 70~100cm 정도의 장방형 베일을 만들며, 베일 1개의 무게는 15~20kg이다. 작두식 세절기의 경우에는 1분에 5~7개의 베일을 처리할 수 있는 작업이다. 회전식 세절기의 경우에는 3~4개의 베일을 반출할 수 있어야 한다. 이 작업도 1베일을 세절하는 시간과 동일하게 소요된다.

마. 모델의 작업 사이클

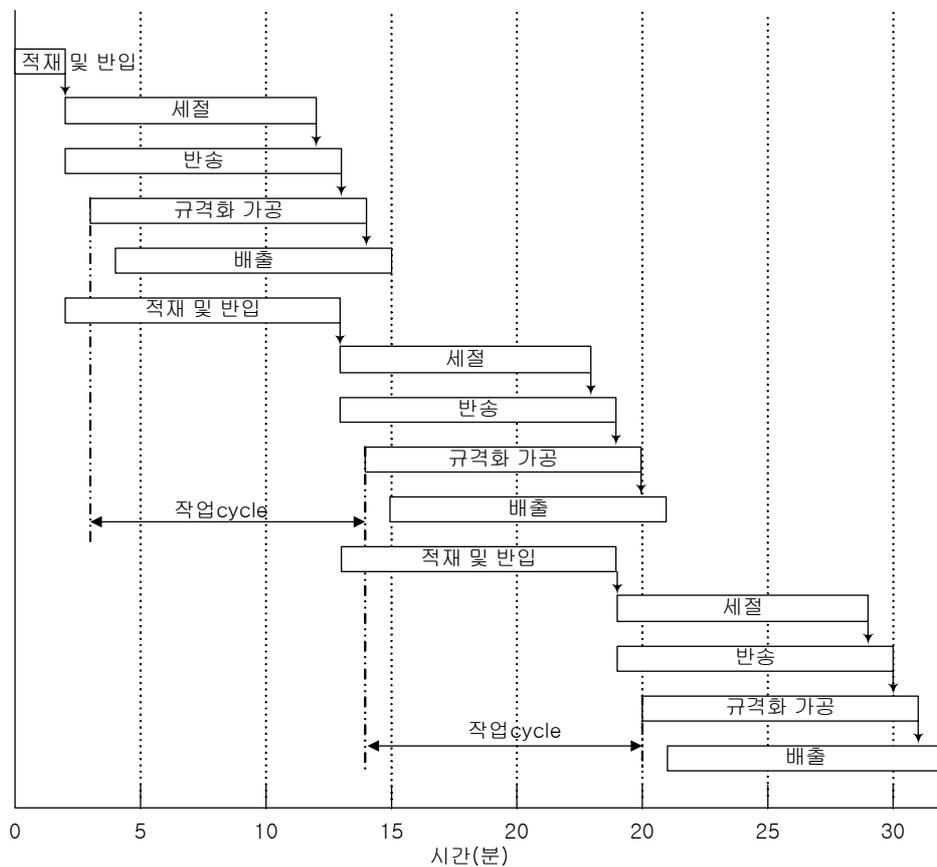


그림 26 모델의 작업사이클

원형베일을 적재 및 반입시킨 다음, 세절기로 투입이 완료되면 세절을 시작하고, 세절과 동시에 반송부는 가동이 되어 세절된 조사료를 규격화가공기에 투입을 시킨다. 규격화가공기에서 배출되는 사각베일은 배출컨베이어를 통해 저장 대기하

게 된다. 이때 세절됨과 동시에 원형베일은 계속적으로 적재 및 반입을 시키고 1베일의 세절이 종료됨과 동시에 원형베일을 재투입시켜 앞서의 과정을 반복하게 된다. 공정 중간에 Dead time이 있을 수 있는데 Dead time을 최소한으로 줄이는 것이 모델의 성능을 좋게 할 수 있다.

이와 같은 일련의 작업공정을 그림으로 나타내면 그림 26과 같은데 작업사이클은 규격화가공공정을 기준으로 작성되었으며 회전식 세절기를 이용할 경우 약 11분으로 나타났다. 작두식의 경우에는 세절시간이 5~8분으로서 규격화가공기기에서 세절된 조사료의 전체량을 사각베일 시킨다면 작업사이클이 약 8분이면 가능할 것으로 나타났다.

바. 가공 공정도

앞서 자료의 수집 및 분석에서 제시된 모델에 대한 공정도를 그림 27에 나타내었다. 모델의 가공공정은 세절기의 세절방식의 선정에 따라 크게 2개의 경우로 나눌 수 있다.

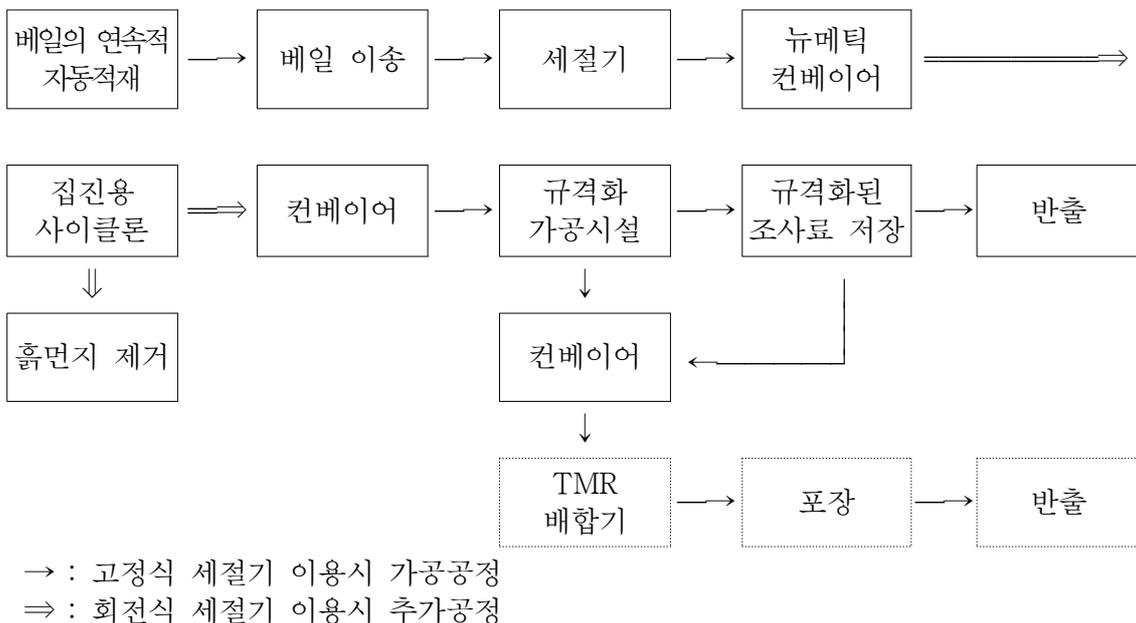


그림 27 모델의 가공공정 블록도

고정식 세절기를 선정하는 경우의 모델의 공정은 운반된 원형베일을 적재 및 반입하는 공정, 원형베일을 세절기에 투입하여 세절하는 공정, 세절된 조사료를 규격

화가공기에 반송하는 공정, 세절된 조사료를 일정무게 및 길이로 규격화하는 공정, 규격화된 조사료를 저장 또는 다음공정으로 투입할 수 있도록 배출하는 공정을 포함하고 있다. 회전식 세절기의 경우에는 추가적으로 사이클론식 집진장치를 이용하여 흙먼지 등 이물질을 제거하는 공정이 포함된다.

3. 모델의 Layout 설계

일반적인 TMR 플랜트의 Layout은 그림 28과 같다. 도면의 상단부분이 곡물 원료 반입시설(1)과 저장시설(3)이고, 하단부분이 포대원료 및 사일로에 저장하기 곤란한 원료들을 저장하기 위한 창고시설(4)이다. 또한 건물의 중앙부분에 1일원료빈(6)이 위치하고 있으며, 1일원료빈 바로 아래 계량호퍼(8)가 있고 계량호퍼 아래에 배합기(9)가 위치하고 있다. 1일원료빈 우측에 제품저장빈(12)과 포장기(13)가 있다. 건물의 좌측부분은 원료의 저장부가 되고 우측은 제품의 저장부가 된다. 빨간색으로 표시된 부분은 향후 모델이 설치될 공간으로서 원료의 흐름에 방해되지 않게 포장부의 반대편인 원료투입부 쪽에 Layout을 설계하였다.

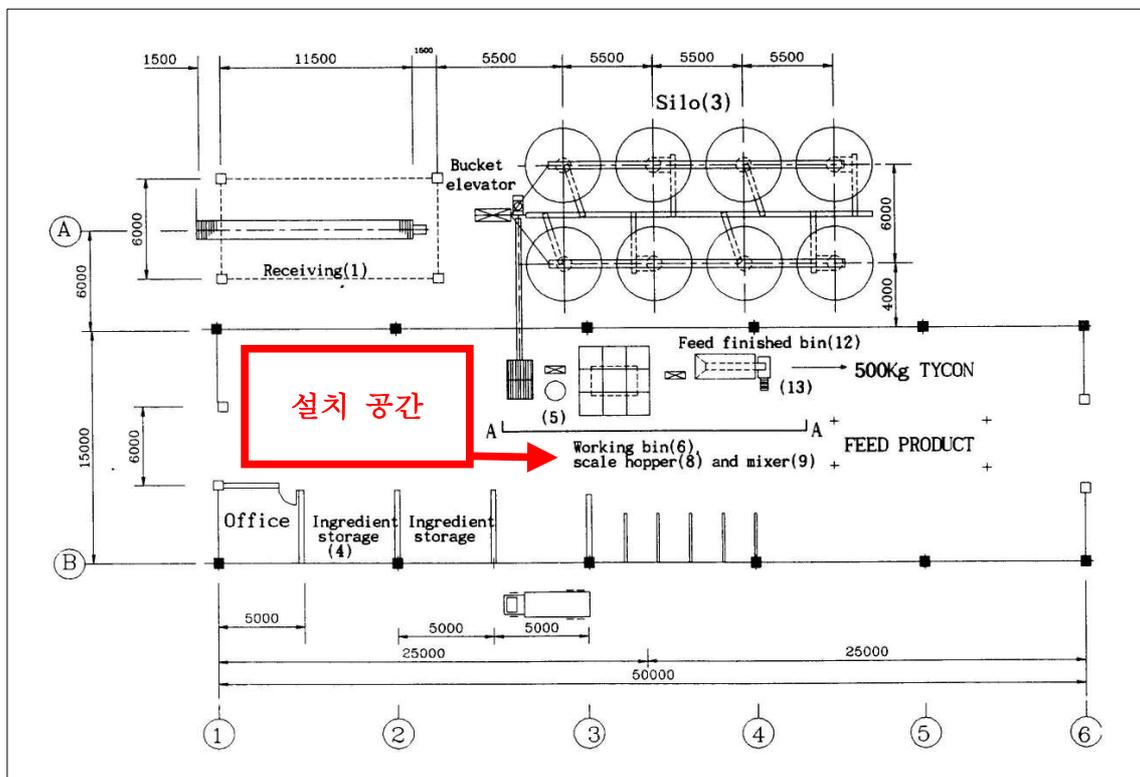


그림 28 TMR 플랜트의 일반적인 Layout

표 10은 현재 운영중인 TMR 플랜트의 시설 및 장비현황을 나타낸 것으로서 통상적으로 부지면적은 1400평이고 건평은 400평 정도이다. 현재 새로 준공중인 TMR 플랜트의 부지면적은 보통 3000평 정도로 조사되었다.

표 10 TMR 플랜트의 시설 및 장비현황

구 분	보유면적(대수)	구 분	보유면적(대수)
부 지	1400평	원료 엘리베이터	1대
건 평	400평	스키더로더	2대
배합기	3대	사료운반차	1대
포장기	1대	1톤용 저울	1대

또한, 농가형 TMR 플랜트의 Layout은 그림 29와 같이 설계할 수 있다.

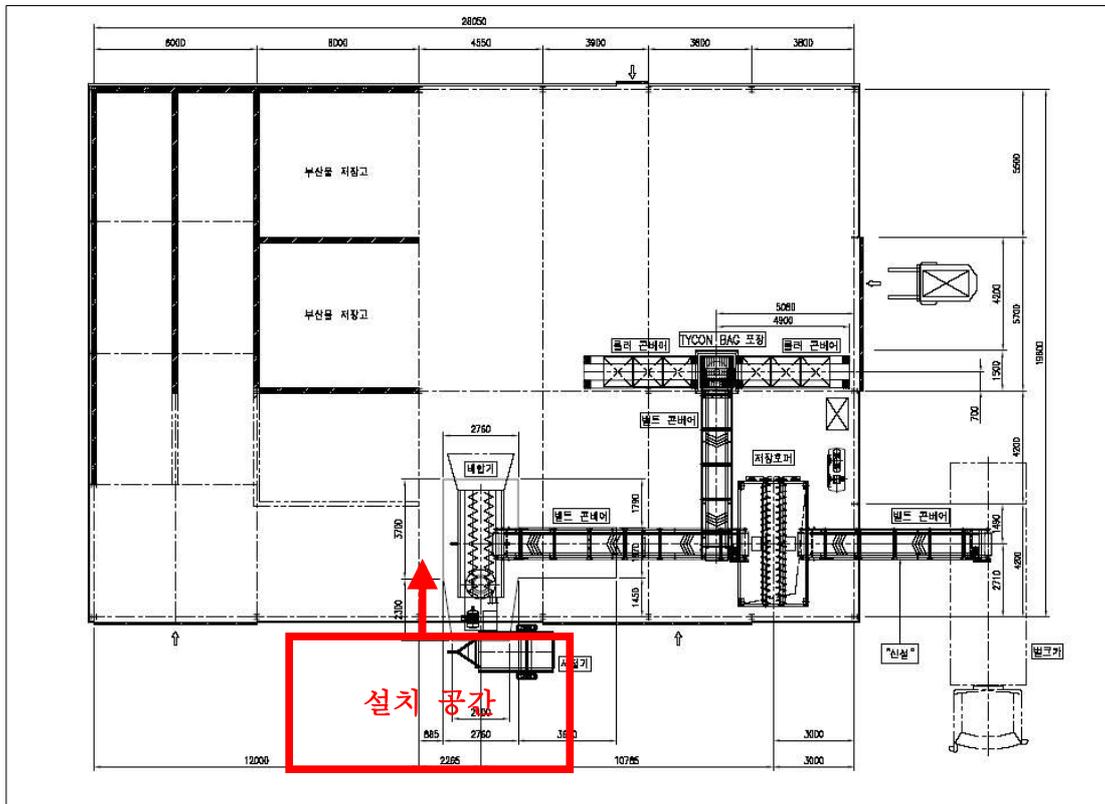


그림 29 농가형 TMR 플랜트의 Layout

기본적으로 모델은 매우 단순하게 배치하였다. 모델 플랜트의 핵심이 되는 세절기와 규격화가공기는 중심에 있으며 한쪽은 원형배일의 적재 및 반입이 되는 장소가 되고 다른 한쪽은 규격화가공이 완료된 조사료의 반출이 되도록 배치하였다.

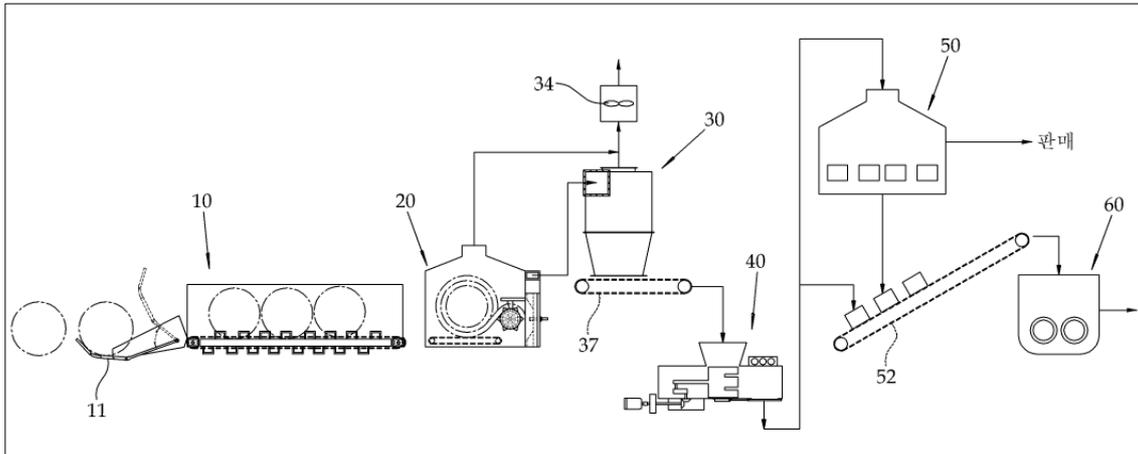


그림 30 원형배일 전처리가공 공정도 (KNU-A 모델)

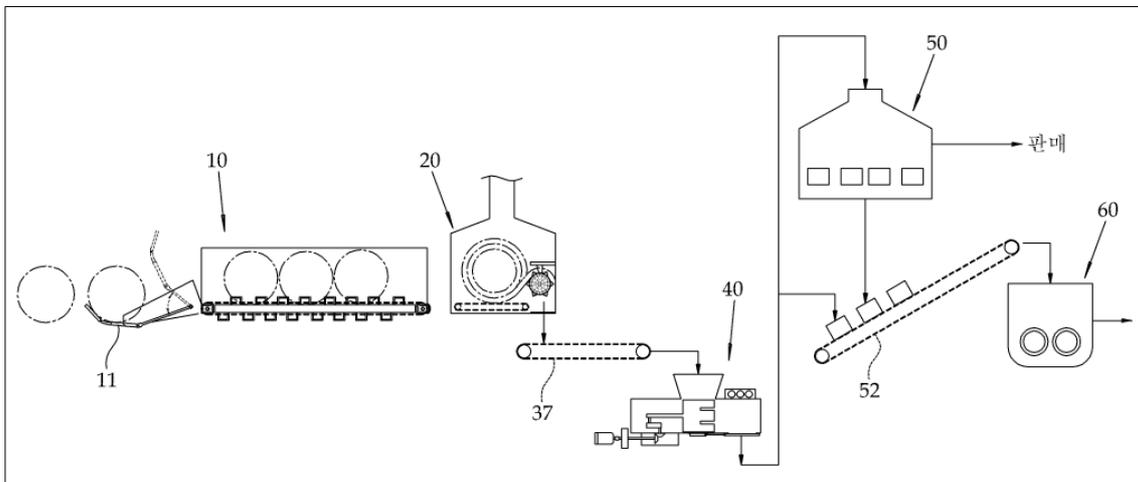


그림 31 원형배일 전처리가공 공정도 (KNU-B 모델)

그림 30은 작두식 세절기를 이용한 원형배일 전처리가공 공정도(KNU-A 모델)로서 원형배일 형태의 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 적재·반입 컨베이어(10)와 적재·이송 컨베이어(10)를 통해 공급된 원형배일 형태의 조사료를 규정된 길이로 세절하는 세절기(20)와 세절기(20)를 통해 배출되어 공급된 세절 조사료를 가압하여 TMR 배합기(60)에 원활히 공급할 수 있도록 크기 및 양(무게)을 소형화·규격화(사각배일) 시키는 규격화 가공기(40)로 구성되어 있다. 규격화 가공기

(40)를 통해 소형화·규격화(사각베일) 처리된 조사료를 이웃한 TMR 배합기(60) 측으로 이송 공급시킬 수 있도록 상기 규격화 가공기(40)와 TMR 배합기(60) 사이에 이송컨베이어(52)가 설치되어 있으며, 이와는 별도로 규격화 가공기(40)를 통해 소형화·규격화(사각베일) 처리된 조사료를 일정기간 저장하기 위한 저장소(50)가 TMR 배합기(60)와 이웃하여 설치되어 있다.

그림 31은 회전식 세절기를 이용한 원형베일 전처리가공 공정도(KNU-B 모델)로서 앞의 KNU-A 공정과 동일하며 단지 집진시설이 추가되었다.

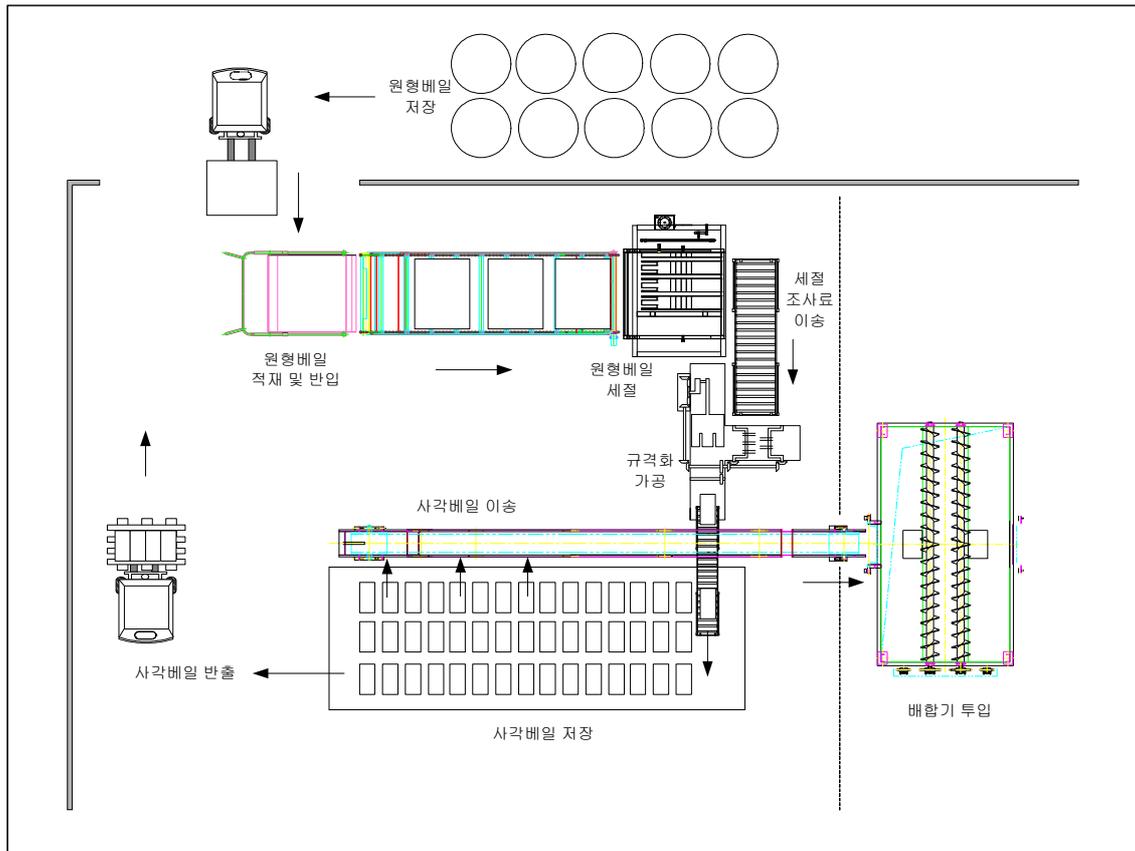


그림 32 KNU-A 모델의 Layout

원형베일 전처리 시스템의 모델은 앞서의 TMR 플랜트의 가공 공정 흐름에 방해되지 않게 배열하고 장래의 시설확장에 대비하여 설계하였다. 원형베일의 반입은 운반과 접근이 용이하도록 하였고, 세절 후 규격화가공까지의 작업 동선을 최소화할 수 있도록 하였다. 규격화가공이 완료된 조사료는 저장 및 배합기로의 투입이 용이하도록 배치하였다.

그림 32는 KNU-A 모델의 Layout을 나타내고 있으며, 그림 33은 원형베일 속에 포함된 흙먼지를 제거하는 공정이 추가된 KNU-B 모델의 Layout을 나타내고 있다.

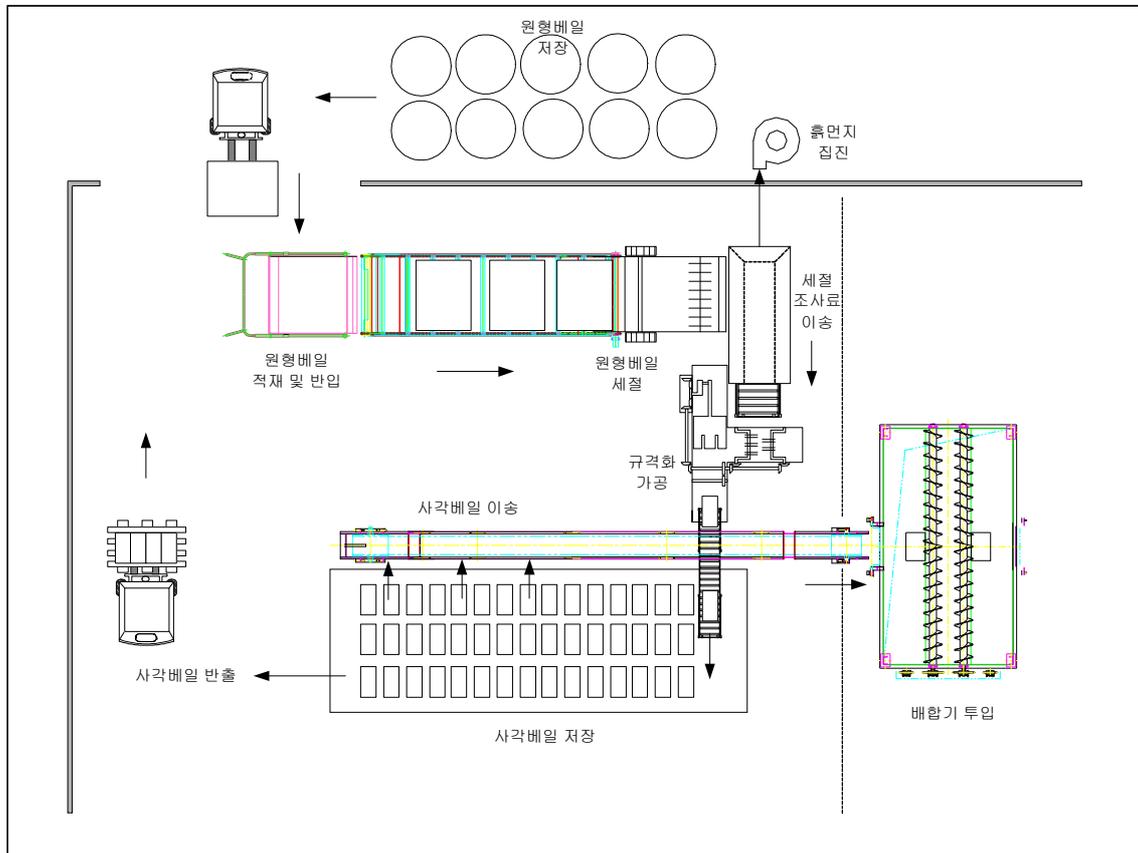


그림 33 KNU-B 모델의 Layout

4. 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기 결정

TMR 플랜트에서 TMR 사료의 1일 최대 생산능력은 생산자 단체의 경우 39.2ton/day, 개인의 경우 약 64.2ton/day로 조사되었으며, 1일 평균생산량은 생산자 단체의 경우는 25.6ton/day, 개인의 경우는 46.7ton/day로 조사되었다. 또한 TMR 플랜트에서 TMR 사료 생산시에 투입되는 조사료의 비율은 약 10~20% 정도로 나타났다. 따라서 생산자단체의 1일 최대생산량과 조사료 투입비율을 최대 20% 기준으로 할 때 최대 원형베일의 사용량은 총채보리(500kg/bale)의 경우는 최대 16개가 소요되고, 벧짚(300kg/bale)의 경우는 최대 27개가 소요된다.

따라서 원형베일을 규격화가공하는데 소요되는 1일 총작업시간은 KNU-A 모델 일 경우에 약 3~5시간이 필요하며 KNU-B 모델일 경우는 약 2~4시간이 필요하

다. 이에 따른 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기를 다음과 같이 결정하였다.

가. 원형베일 세절기의 용량 및 크기

원형베일의 직경(1.2m)과 길이(1.2m)에 적합하고 500kg 이상의 무게를 가지는 베일에서도 무리가 없이 세절이 되도록 원형베일 세절기의 용량 및 크기를 결정하였다.

표 11에서는 트랙터견인형의 작두식 세절기와 회전식 세절기의 제원을 나타내고 있다. KNU-A 모델에 적용되는 작두식 세절기와 KNU-B 모델에 적용되는 회전식 세절기를 설계 및 제작하였다.

표 11 트랙터견인형 세절기의 제원

구분	작두식 세절기	회전식 세절기
폭 (mm)	1800	2300
높 이(mm)	2200	2080
길 이(mm)	3500	3950
적재하중(kg)	1300	1500
절단날수(EA)	3	144
고정날수(EA)	1	18
소요마력(hp)	35	50
적정회전수(rpm)	540	540

나. 규격화 가공기기의 용량 및 크기

규격화가공공정은 세절공정으로부터 세절된 조사료의 양을 충분히 처리할 수 있는 용량이 되어야 한다. 일반적인 트랙터견인형의 사각베일러의 건조결속능률은 40~80PS급 트랙터를 사용하여 5~6ton/hr이고, 집초열의 조건이 좋으면 7~8ton/hr도 가능하다고 알려져 있다.

따라서 작두식 세절기의 경우에는 규격화가공공정의 처리용량이 3.75~6ton/hr 되어야 하고, 회전식 세절기의 경우에는 3ton/hr의 처리용량이 요구되어진다.

처리용량에 따른 트랙터견인형 사각베일러의 제원을 표 12에 나타내었다.

표 12 트랙터견인형 사각베일러의 제원

항 목	사 양
트랙터소요마력(ps)	40~80이상
성형방식	플런저압축식(80~100회/분)
베일형상	4각형
베일크기(mm)	300×400~350×450
베일길이(mm)	400~1100
베일무게(kg)	10~35
작업폭(mm)	1400~1800
결속방식	노터식
결속개소	2개소
결 속 끈	P.P끈

다. 기타 소요기기의 용량 및 크기

적재 및 반입장치의 용량 및 크기는 원형베일의 무게 및 크기를 기준으로 설계하였으며, 적재 및 반입장치는 원형베일을 적재하는 개수에 따라서 길이를 조절하여 설계할 수 있도록 하였다.

표 13 설계된 반송장치의 제원

이송위치	이송폭 (mm)	소요동력 (hp)	이송속도 (m/min)
적재 및 반입장치 → 세절기	1,200	3	5~10
세절기 → 규격화가공기	800	1	12~13

사각베일의 단면은 30×40cm~35×45cm, 길이는 70~100cm정도의 장방형 베일을 만들며, 베일 1개의 무게는 15~20kg이다. 작두식 세절기의 경우에는 1분에 5~7개의 베일을 처리할 수 있는 작업이다. 회전식 세절기의 경우에는 3~4개의 베일을 반출

할 수 있는 컨베이어의 용량 및 크기를 설계하였다. 컨베이어의 최대반송량은 설계된 세절기의 용량을 기준으로 설계하였는데, 예비시험결과 세절기에서 원형베일의 세절량은 50~100kg/min으로 나타났다. 따라서, 시험 내용을 토대로 벨트의 속도, 벨트의 폭, 소요동력 등을 결정하였으며 표 13과 같이 설계된 반송장치의 제원을 나타내었다.

제2절 공정별 소요기계의 개발

본 연구에서 TMR 플랜트용으로 개발될 조사료 가공시스템의 모델은 크게 ①조사료 적재 및 반입부, ②원형베일 세절부, ③흙먼지 및 이물질 제거를 위한 집진부, ④세절과정에서 부풀려진 조사료를 규격화 가공공정부, ⑤규격화로 가공된 조사료를 TMR 배합기 또는 저장시설로 운송하는 반송부가 있으며, 다음과 같이 설계 및 제작하였다.

1. 조사료 적재 및 반입장치의 설계 및 제작

본 연구에서는 300kg에서 500kg이 되는 원형베일을 3~4개로 적재 가능하고, 연속적으로 세절 작업을 가능케 하는 적재 및 반입장치를 설계·제작하였다.

조사료 적재 및 반입장치는 크게 원형베일을 반입부에 올려놓기 위한 ①적재부, 적재된 원형베일을 세절장치에 이송시키는 ②반입부, 이를 구동시키는 ③유압장치부로 구성된다.

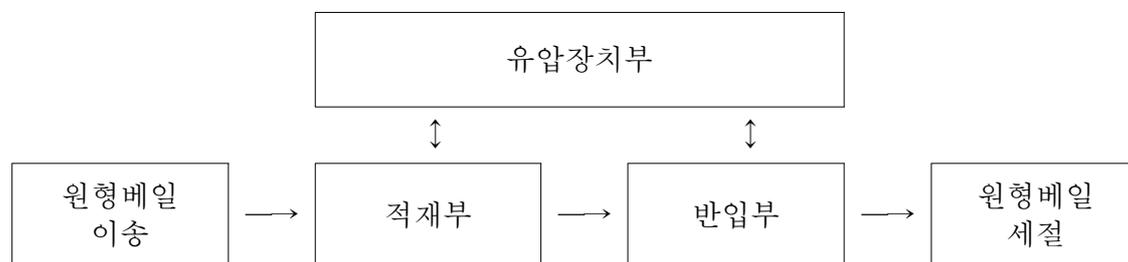


그림 34 조사료 적재 및 반입장치의 작업공정

또한 동력은 트랙터 견인형이 아닌 전기 동력에 의한 정치식으로, 유압시스템으로 설계하고, 다음 공정인 원형베일 세절시스템과 관련하여 원형베일이 원만하게,

세절기에 과부하가 걸리지 않도록 적재 및 반입장치를 설계하였다. 이 시스템에 대한 작업 공정은 그림 34와 같다.

가. 적재부의 설계

기대의 후면에는 무거운 원형 베일을 적재할 수 있는 적재장치가 설계되어 있다. 적재장치는 원형베일 조사료를 스키더로더와 같은 이송장치로 투입한 후 이를 들어 올려서 베일반입장치로 적재하는 시스템으로 되어있다. 따라서 적재장치는 세절기의 뒷문의 역할을 하며 원형베일이 반입장치로 적재가 되면, 문이 닫히면서 베일을 앞으로 이동하도록 압력을 주는 역할도 하게 된다. 이 경우 별도의 조사료 적재기가 필요 없어 작업시간 단축의 효과를 볼 수 있다.

원형베일을 베일이송장치가 장착된 적재함에 올려놓기 위한 장치의 동력원은 본체의 프레임에 장착된 유압실린더에 의해 구동된다. 본체는 500kg 이상의 무게를 가지는 베일에서도 무리가 없도록 두꺼운 철판과 파이프를 이루어져 있으며, 입구 측에는 베일 진입이 용이하도록 외측으로 벌어지도록 설계하였다.

나. 반입부의 설계

적재된 원형베일 또는 여러 형태의 조사료가 세절장치에 의해 세절되기 위해서는 계속적으로 조사료를 세절장치부로 이송시켜야 하는데, 이를 수행할 장치가 베일 반입이송장치부이다. 기계의 구성은 트레일러 위에 가로형의 띠 판과 체인으로 연결된 이송장치를 구성하고 체인을 스프로킷으로 구동하여 무한궤도 형태로 회전하게 한다. 이송부의 구동은 유압모터를 이용하는데, 공급유량을 조절하여 이송속도를 조정할 수 있도록 하였다. 이는 이송속도가 빠른 경우 세절장치부로의 공급량이 많아져 세절성능의 저하 또는 과부하 상태가 될 수 있으며, 이송속도가 느린 경우 작업 성능이 떨어지게 되므로 작업자가 작업시에 이송속도를 조절할 수 있도록 하기 위함이다. 그림 35는 반입부의 조립 설계도를 나타내고 있다.

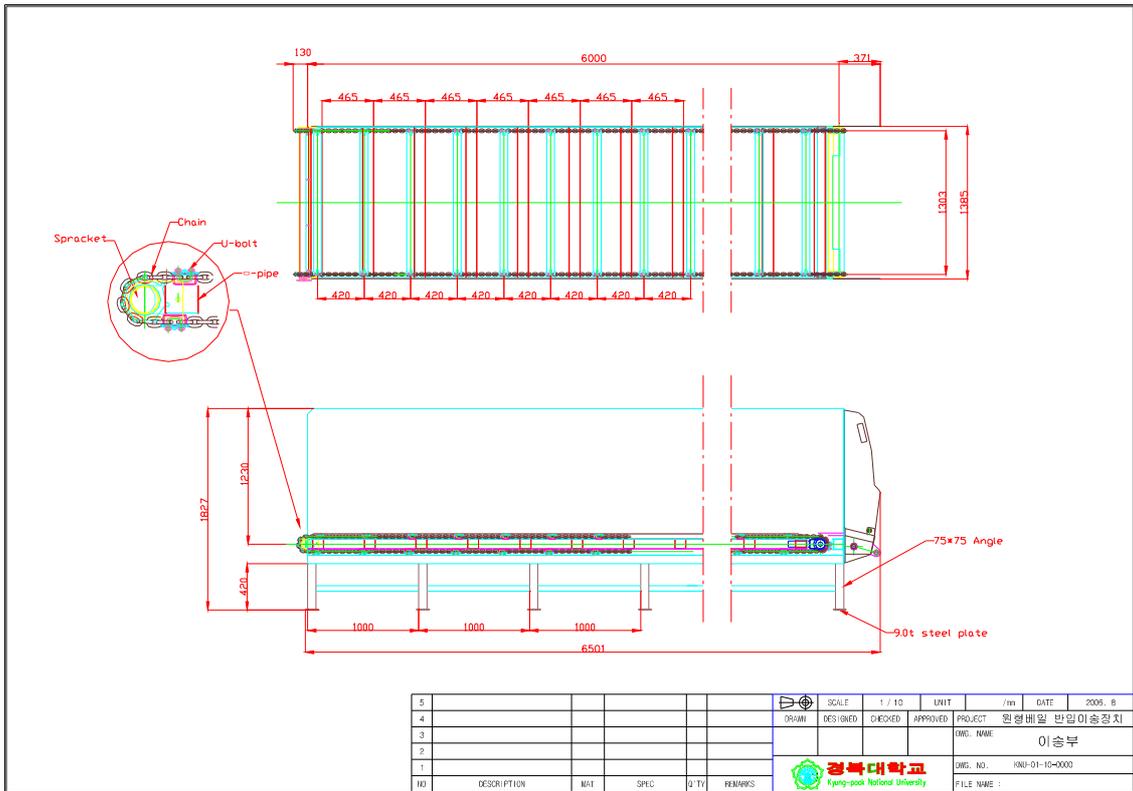


그림 35 반입부 조립도

다. 유압장치부의 설계

그림 36은 원형베일 조사료 적재 및 반입부의 동력전달체계를 나타내었으며, 유압장치의 구성은 자동적재장치 위치를 조절하기 위한 유압실린더와 원형베일을 세 절장치로 공급하여주는 베일 반입이송장치를 구동하기 위한 유압모터 및 이들을 컨트롤 할 수 있는 유압 콘트롤 장치부로 이루어져 있다. 특히 유압 모터는 작업자가 이송장치의 속도를 조절할 수 있도록 유량제어장치를 부착하여 사용할 수 있도록 하였다.

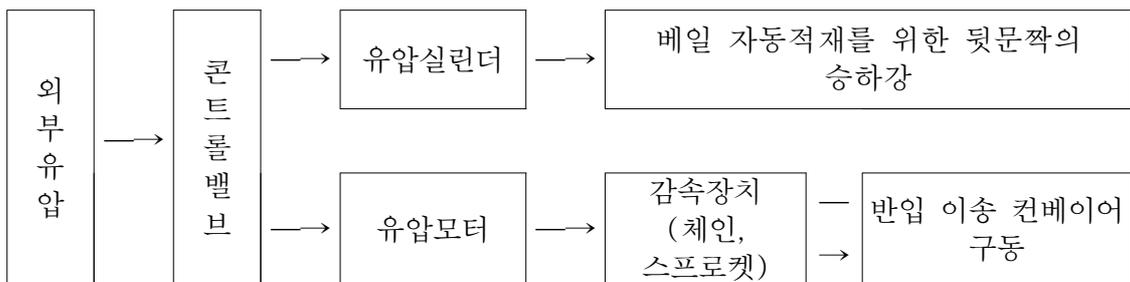


그림 36 원형베일 조사료 적재 및 반입부의 동력전달장치 흐름도

라. 조사료 적재 및 반입부의 전체 설계

아래의 그림 37과 같이 완성된 원형베일 조사료 반입 및 이송부의 전체 설계도를 나타내었다. 설계도는 3~4개의 원형베일을 반입할 수 있도록 설계하였으며, 시작기는 3~4개의 베일을 적재할 수 있도록 그림 38과 같은 형태로 제작하였다.

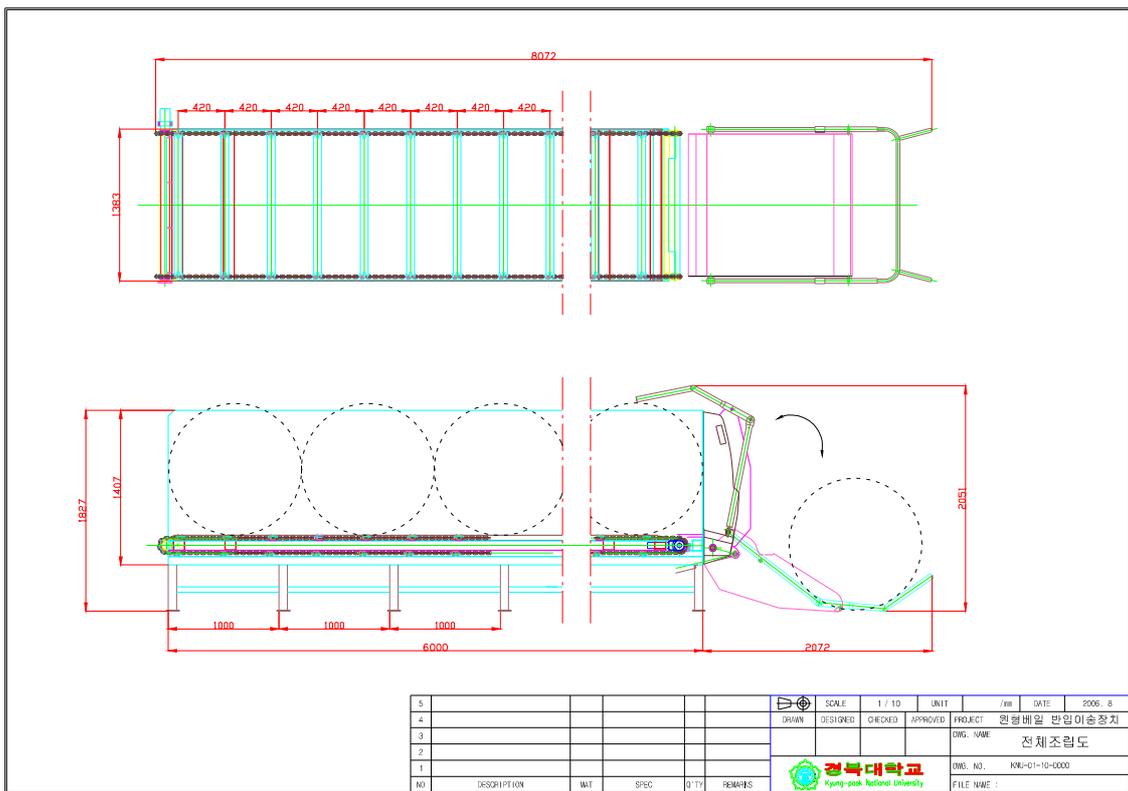


그림 37 원형베일 반입·이송부 조립도



그림 38 원형베일 조사료 적재 및 반입부 제작사진

2. TMR플랜트용 원형베일 세절기의 설계 및 제작

본 모델에서는 원형베일 조사료의 세절작업을 2가지의 형태로 나누어 설계 및 제작하였다. ①작두식 세절기(KNU-A 모델)를 이용하여 세절작업을 하는 경우와 ②회전식 세절기(KNU-B 모델)를 이용하여 세절작업을 하는 경우로 나눌 수 있다.

작두식 세절기는 KNU-A 모델에서 사용될 세절기로서 반달형상의 캠에 의해 절단날이 선회하면서 이 작동궤적과 대응하는 위치에 삼각형의 고정커터를 설치하여 원형베일을 길이방향으로 절단시키는 구조이다. 작두식 세절기의 경우는 흙먼지의 분리가 이루어지지 않기 때문에 사이클론식 집진장치는 필요가 없다.

회전식 세절기는 KNU-A 모델에서 사용될 세절기로서 원형베일을 일정두께로 풀어내면서 고정날과 회전날 사이에서 조사료를 세절하고 이를 세절기의 배출구로 보내면 세절된 조사료는 흙먼지와 함께 배출되어 사이클론식 집진장치로 반송이 되고 세절된 조사료는 사이클론 하단부의 컨베이어로 낙하되고 흙먼지는 집진팬에 의해 외부에 포집되는 구조로서 본 연구실에서 이미 2003년에 개발하였으며, 이 모델을 참고로 하여 설계하였다.

가. 작두식 세절기

작두식 세절기는 크게 ①적재부, ②가압부, ③이송부, ④고정부, ⑤절단부, ⑥토출부, ⑦지지부(프레임), ⑧유압공급부 등으로 이루어져 있으며, 전체적인 작동원리는 그림 39와 같다.

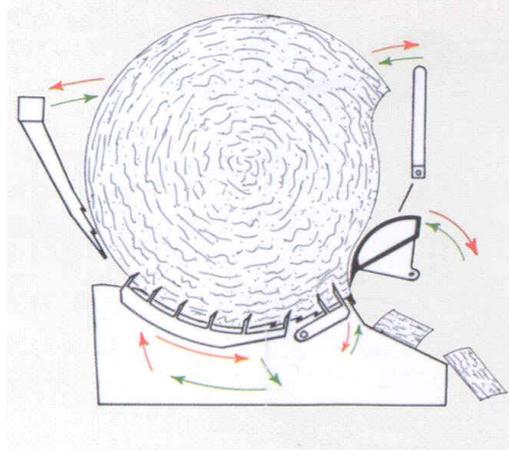


그림 39 작두식 세절기의 작동원리

작동원리와 작업공정을 그림 40에 나타내었다. 원형베일이 공급되면 유압공급부를 통해 공급바와 연결로드를 통해 회전가능하게 결합된 가압바가 공급바의 작동에 따라 연동되면서, 공급바를 통해 내부로 공급된 원형베일을 상부에서 가압하게 되며, 연결로드의 중간에 설치된 가압스프링이 절단날을 통해 절단되면서 부피가 줄어들 때마다 압축된 스프링의 복원력으로 계속적으로 상부에서 가압하게 된다. 내부에 공급된 원형베일의 일부가 절단되게 되면, 다시 절단날 작동실린더의 로드가 상승하게 되고, 이에 따라 반시계방향으로 회전되어 원형베일을 절단한 상태의 절단날이 시계방향으로 회전하면서 원위치하게 되는 원리이다.

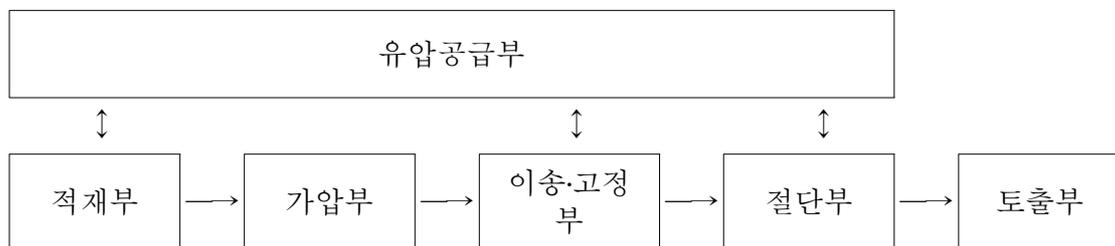


그림 40 작두식 세절기의 작업공정

(1) 적재부

적재부는 원형베일을 들어 올려 세절기 케이스에 실어 세절이 이루어지도록 하는 장치이다. 적재부는 크게 ①프레임, ②공급바, ③힌지, ④유압실린더로 구성되어 있다.

원형베일의 직경(1.2m)과 길이(1.2m)에 적합하고 500kg 이상의 무게를 가지는 베일에서도 무리가 없도록 두꺼운 파이프로 이루어진 프레임과 원형베일을 케이스 측으로 진입이 용이하고 원형봉 형상의 공급바가 프레임에 장착되어 있고, 프레임과 공급바가 원형베일을 바닥에서 케이스로 이동할 수 있도록 90°로 회전 가능한 힌지가 있고, 이를 구동시키는 유압실린더로 이루어져 있다.

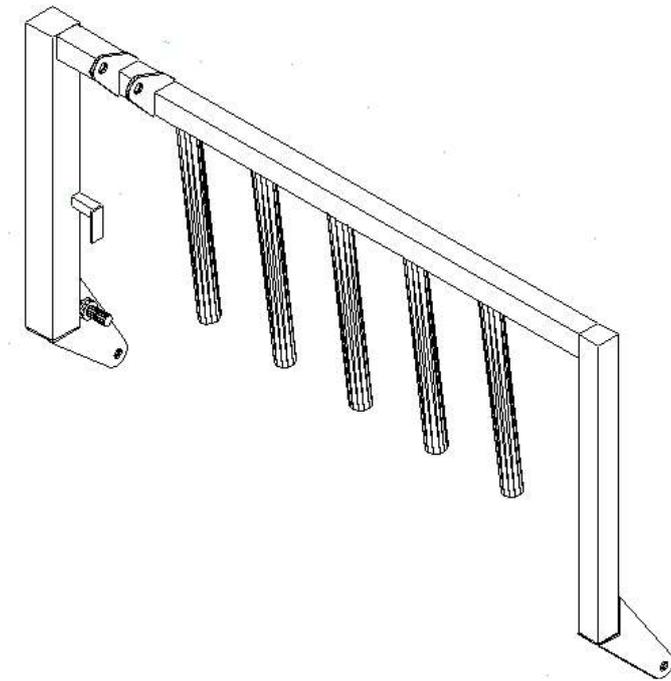


그림 41 적재부 형상

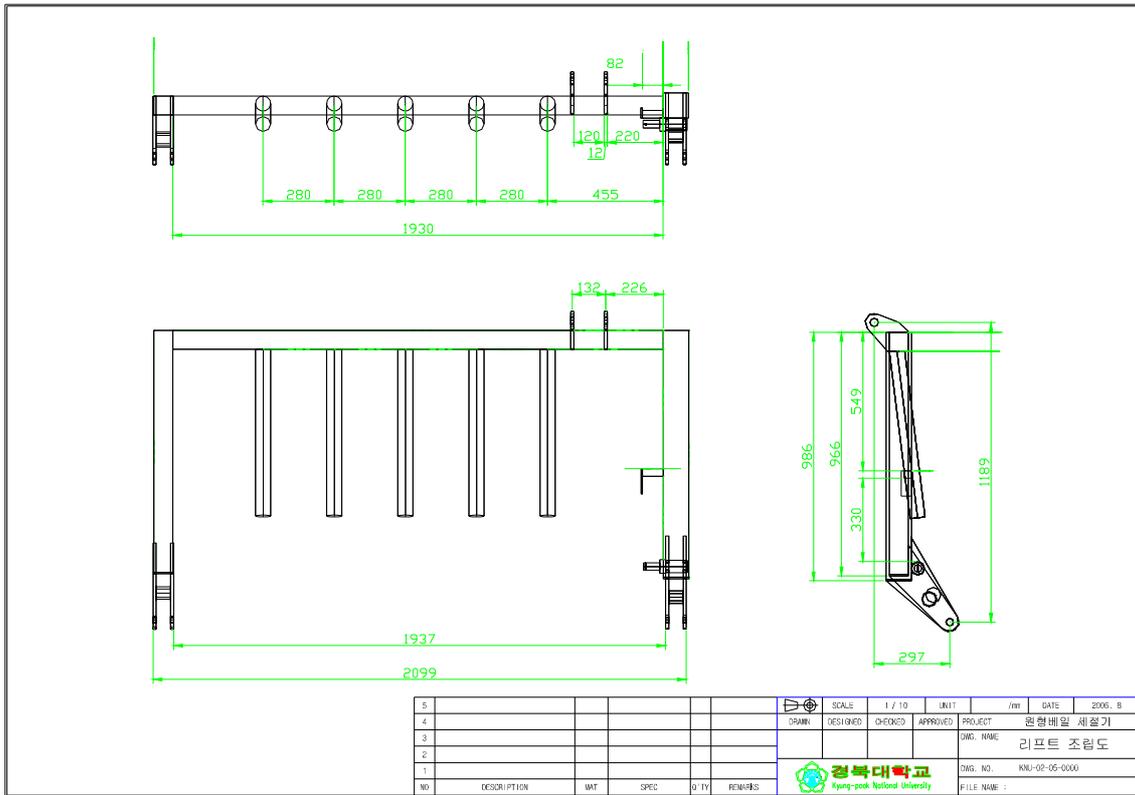


그림 42 적재부 조립도



그림 43 적재부 제작사진

작동원리는 다음과 같다. 케이스의 좌우방향 측면에는 원형베일을 케이스에 공급

하기 위한 적재부가 설치되어 있다. 적재부는 케이스의 전, 후 양측면에 설치되는 브라켓에 힌지로 결합되어 설치되고 유압실린더의 피스톤작용에 의해 힌지를 중심으로 상부로 회전하면서 반입되는 원형베일을 케이스 내측으로 공급하게 된다. 케이스 내부로 원형베일을 공급하는 공급바는 원활하고 정확한 공급을 위하여 내측으로 여러개의 봉을 형성하도록 제작하였다.

그림 41과 42은 설계된 적재부의 형상 및 조립도를 나타내고 있으며, 그림 43은 적재부의 제작된 모습을 나타내고 있다.

(2) 가압부

가압부는 케이스 내부로 공급된 원형베일을 상부에서 압력을 주는 장치이다. 가압부는 크게 ①프레임, ②가압바, ③연결로드, ④가압스프링 등으로 구성되어 있다.

가압부는 가압프레임에 4개의 가압바가 장착되어 있고, 가압프레임과 적재프레임은 연결장치에 의해 연결로드로 연결되어 있으며 연결로드에는 가압스프링이 장착되어 있다. 가압스프링은 스프링강재(KSD 3701, SPS)를 사용하였으며, 이때 가로탄성계수(G)는 $78 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ 이고, 코일의 평균지름(D)는 80mm, 코일의 총감김수(n)는 14, 코일 소선의 지름(d)는 10mm, 코일의 피치(p)는 30mm이다.

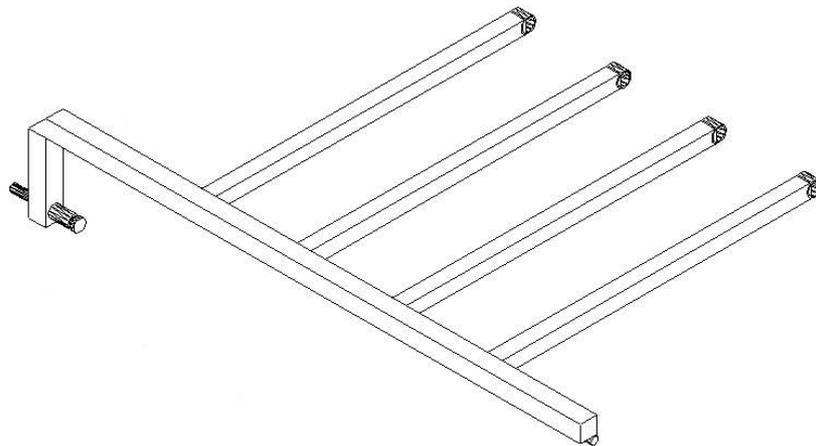


그림 44 가압부 형상도

원형베일이 케이스 내부에 공급되면, 적재부의 공급바와 연결로드를 통해 선회가능하게 결합된 가압바가 공급바의 작동에 따라 연동하여 작동되면서 공급바를 통해 케이스 내부로 공급된 원형베일을 상부에서 가압하게 되며, 연결로드의 중간에 설치된 가압스프링이 케이스 내부로 공급된 원형베일이 절단날을 통해 절단되면서 부

피가 줄어들 때마다 압축된 스프링의 복원력으로 원형베일을 케이스 하단으로 계속적으로 상부에서 가압하게 된다.

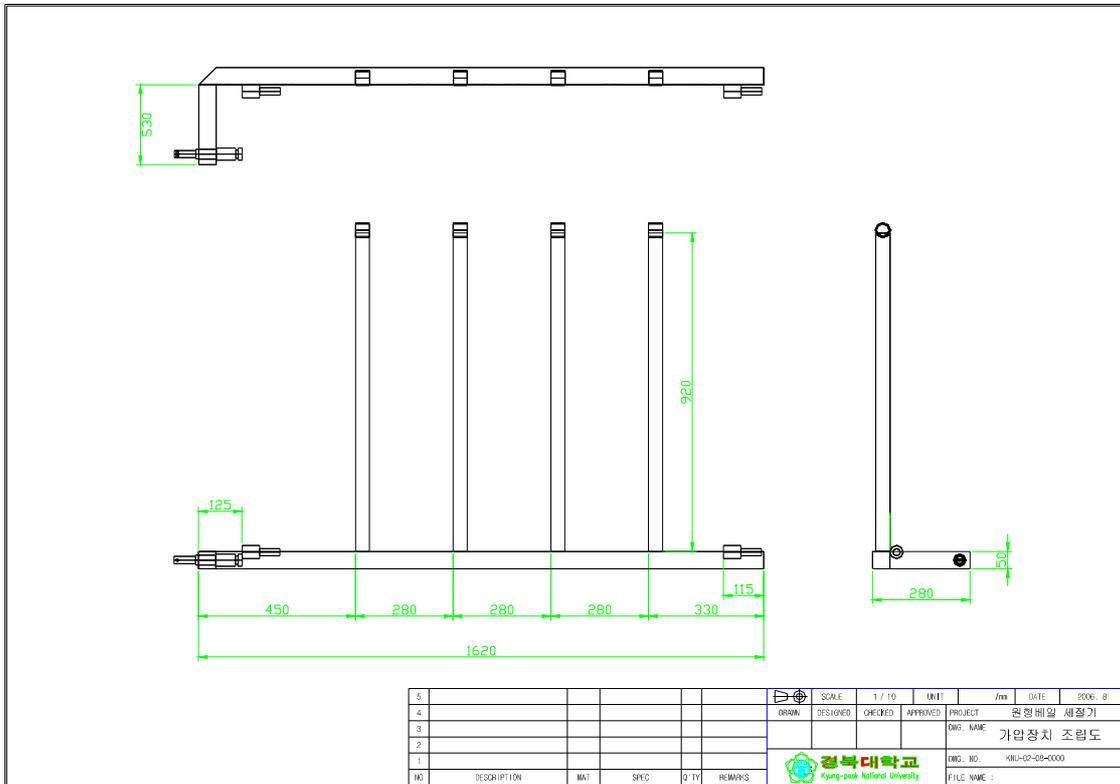


그림 45 가압부 조립도



그림 46 가압부 제작사진



그림 47 가압스프링의 제작사진

그림 44와 45는 설계된 가압부의 형상 및 조립도를 나타내고 있으며, 그림 46은 가압부의 제작된 모습을 나타내고 있으며 그림 47는 가압스프링의 제작사진이다.

(3) 이송부

이송부는 적재 및 가압된 원형베일을 케이스 내부에서 세절할 수 있는 위치로 이동시키기 위한 장치이다. 이송부는 크게 ①이송날, ②이송핀, ③이송프레임, ④연결로드로 구성되어 있다.

케이스 바닥 하부에 형성된 길이방향의 홈에서 상부로 돌출되도록 설치되어 원형 베일을 이동시키기 위한 여러 개의 이송핀이 장착된 톱니형상의 이송날과 케이스의 전후방향 양측면에 설치되고 선회 가능하도록 힌지에 고정된 이송프레임과 이를 케이스 내부로 원형베일을 점차적으로 진입시키는 연결로드로 이루어져 있으며 연결로드는 절단날과 연동작동을 하게 된다.

절단날과 연결로드를 통해 결합된 이송프레임이 상부의 힌지를 중심으로 회전하게 되면 이송프레임의 하단부에 결합되어 연동되는 톱니형상의 이송핀이 케이스 바닥면에 형성된 홈에서 왕복운동되면서 이송핀에 끼워진 원형베일을 내측으로 이동시키게 되며, 이때 이송핀에 의해 내측으로 이동되는 원형베일은 이송핀의 이동에

따라 회전이 되면서 절단면이 상부로 회전하게 된다.

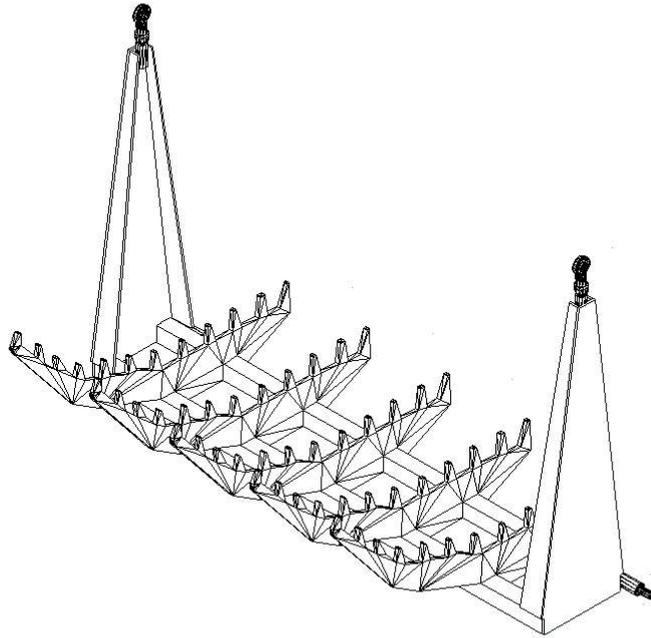


그림 48 이송부 형상

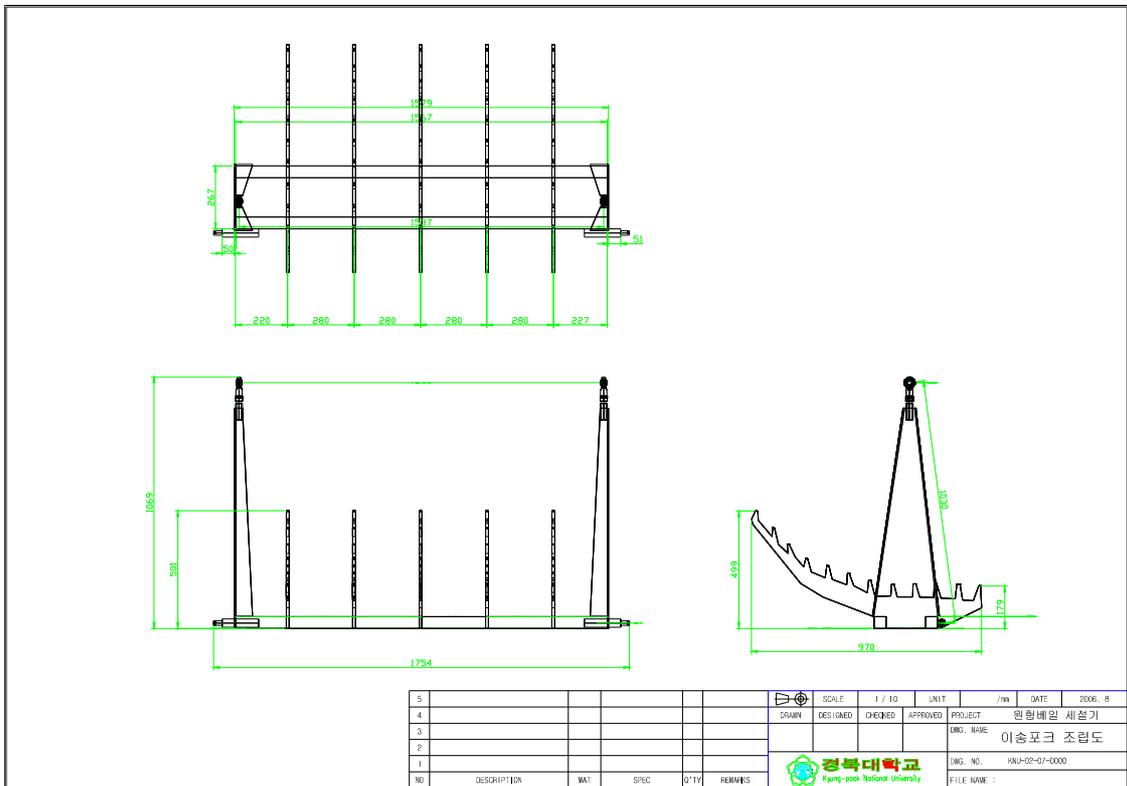


그림 49 이송부 조립도

그림 48과 49는 설계된 이송부의 형상 및 조립도를 나타내고 있으며, 그림 50은 이송부의 제작된 모습을 나타내고 있다.

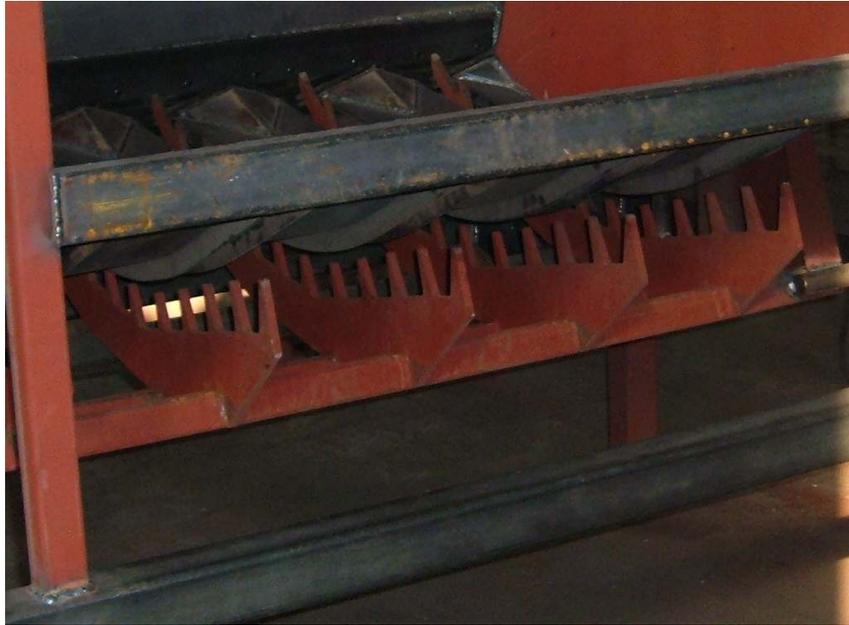


그림 50 이송부 제작사진

(4) 고정부

고정부는 이송부로부터 이송된 원형베일의 흔들림을 고정하는 장치이다. 이송부는 크게 ①고정핀, ②고정프레임, ③유압실린더로 구성되어 있다.

케이스 바닥 하부에 형성된 길이방향의 홈에서 상부로 돌출되도록 설치되어 원형베일을 고정시키기 위한 여러 개의 고정핀과 케이스의 전후방향 양측면에 설치되고 선회 가능하도록 힌지에 고정된 고정프레임과 이를 케이스 내부의 원형베일을 고정시킬 수 있도록 고정프레임을 작동시키는 유압실린더로 이루어져 있다.

일부가 세절된 원형베일은 절단된 만큼 부피가 작아지게 되며 이때 가압바가 연결로드의 중간에 형성된 가압스프링의 복원력에 의해 부피가 작아진 원형베일의 상부를 가압하게 되며, 이와 동시에 케이스의 하부에 설치된 고정프레임 유압실린더가 상승하면서 케이스 하부 바닥면에 형성된 홈의 상부로 고정핀을 돌출시켜 공급되는 원형베일의 흔들림을 고정시키도록 한다.

그림 51과 52는 설계된 고정부의 형상 및 조립도를 나타내고 있으며, 그림 53은 고정부의 제작된 모습을 나타내고 있다.

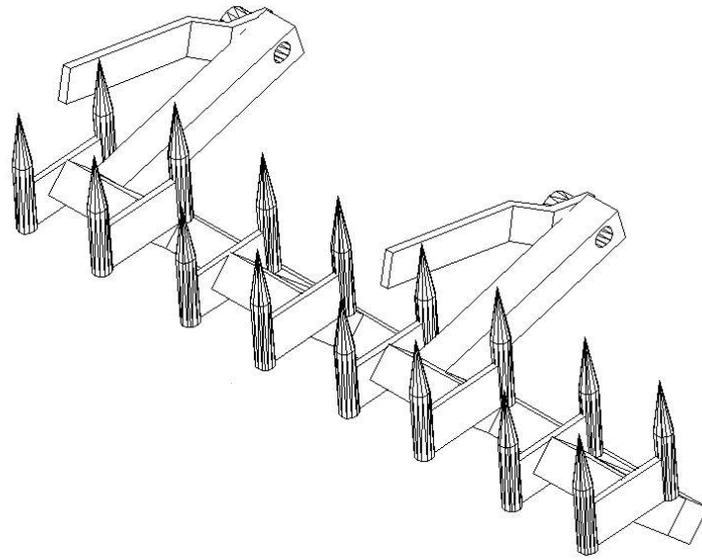


그림 51 고정부 형상

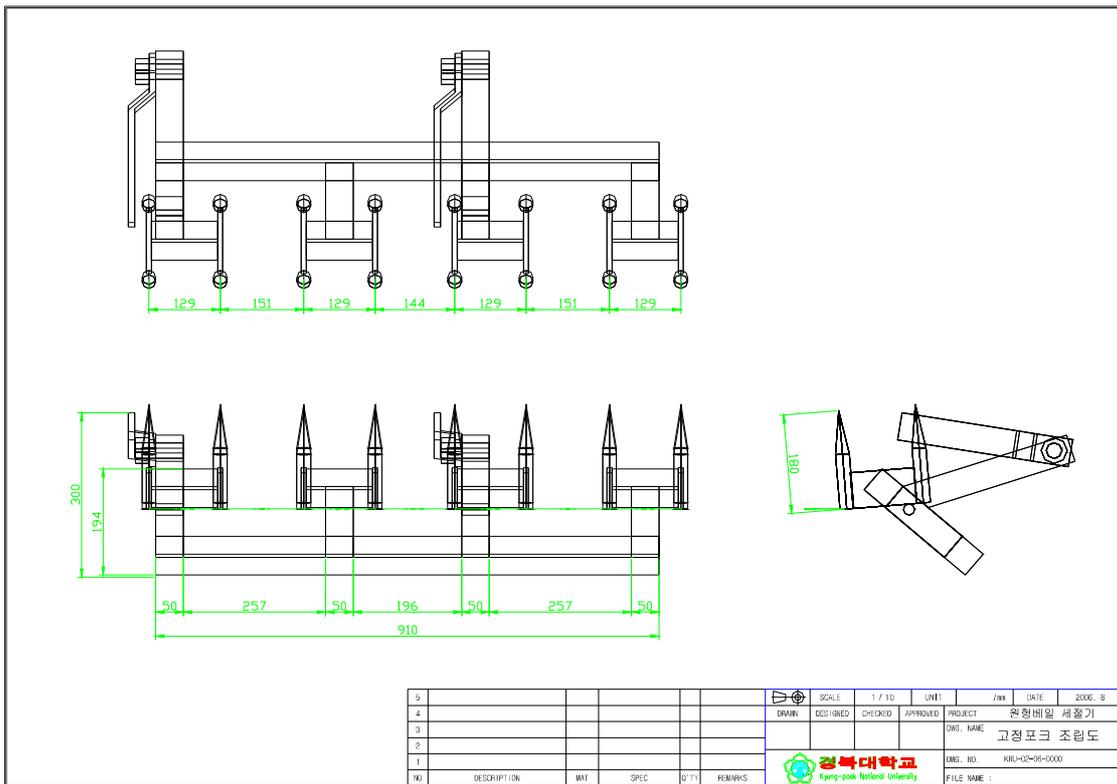


그림 52 고정부 조립도



그림 53 케이스 내부의 고정부 제작사진

(5) 절단부

절단부는 이송부로부터 이송된 원형베일을 절단하는 장치이다. 절단부는 크게 ①회전날, ②회전날프레임, ③스토퍼, ④유압실린더로 구성되어 있다.

케이스의 좌우방향의 측면에 케이스 내부로 공급된 원형베일을 일정크기로 절단하는 회전날이 있으며, 회전날은 절단날의 파손시 교체를 용이하게 하기 위하여 전체를 교체하지 않고 파손된 부위만 교체할 수 있도록 3개의 날로 구성되도록 하였다.

회전날은 세절시 저항력이 가장 높은 것으로 알려진 벗짚을 기준으로 설계 및 제작하였다. 이때 절단저항은 약 20~30N으로 알려져 있다. 따라서 절단부의 회전날의 재질은 KS D 3753(합금공구강재)의 SKS-5로 경도가 높은 재료를 사용하였다. 회전날프레임은 반달형상으로 제작되어 유압실린더에 의해 원형베일이 공급되는 반대방향으로 회전하도록 제작하였다. 또한, 세절 조사료의 길이를 조절할 수 있도록 스톱퍼를 설치하였다.

케이스 내부에 원형베일이 공급되면, 반달형상의 단면을 갖는 회전날이 유압실린더의 하강 작동으로 케이스의 하단에 선회하도록 설치된 회전날의 유압실린더의 작동에 따라 케이스에서 반시계방향으로 회전하면서 회전날프레임의 회전날이 원형베일을 절단하게 된다. 케이스 내부에 공급된 원형베일의 일부가 절단되게 되면, 다시 회전날 유압실린더의 로드가 상승하게 되고, 이에 따라 케이스에서 반시계방향으로

회전되어 원형베일을 절단한 상태의 회전날프레임이 시계방향으로 회전하면서 원위 치하게 된다.

한편, 유압실린더의 작동로드의 중간에 설치되는 스톱퍼는 그 위치를 상하로 조절하여 세절길이를 조절할 수 있다. 즉, 스톱퍼의 위치를 하단으로 조절하게 되면 그 만큼 작동로드의 이동거리가 길어지게 됨에 따라 회전날의 회전반경이 커지게 되어 회전날 유압실린더의 작동에 따른 작동로드의 구동거리가 길어져서 세절 조사료의 절단크기를 크게 할 수 있으며, 반대로 스톱퍼의 위치를 상단으로 조절하게 되면 작동로드의 구동거리가 짧아지게 됨에 따라 회전날의 회전반경이 작아지게 되고, 이에 따른 회전날 유압실린더의 작동에 따른 작동로드의 구동거리가 짧아져서 세절 조사료의 절단크기를 작게 할 수 있게 되는 것이다.

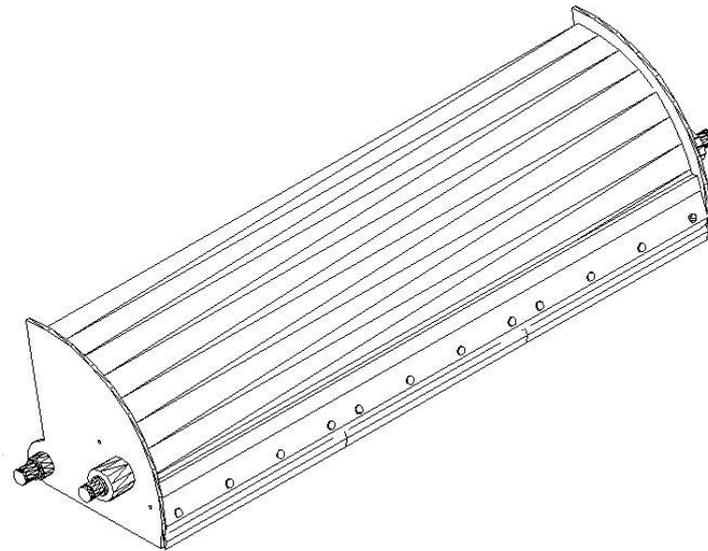


그림 54 절단부 형상

그림 54와 55는 설계된 절단부의 형상 및 조립도를 나타내고 있으며, 그림 56은 절단부의 제작된 모습을 나타내고 있다.

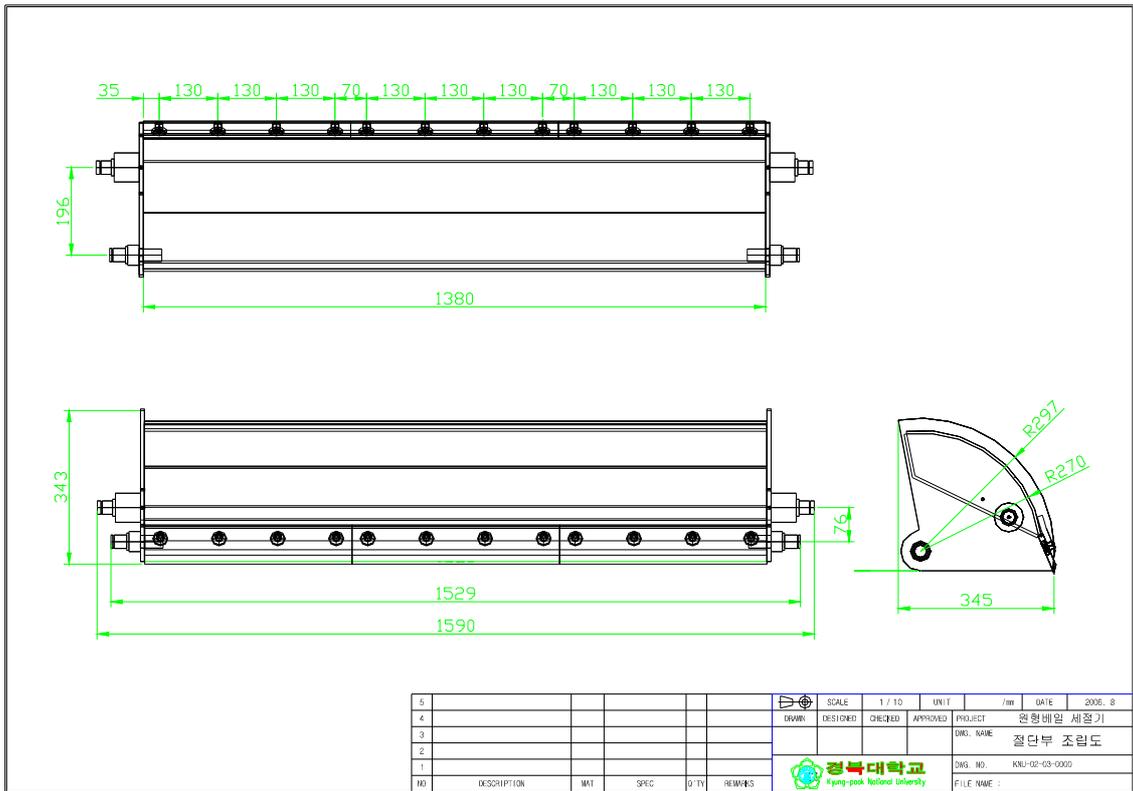


그림 55 절단부 조립도



그림 56 절단부 제작사진

(6) 토출부

토출부는 절단부와 동시에 원형베일을 로부터 세절된 원형베일을 세절을 보조하고 배출하는 장치이다. 토출부는 크게 ①고정날, ②고정날프레임, ③배출구로 구성되어 있다.

케이스의 좌우방향의 측면에 케이스 내부로 공급된 원형베일을 일정크기로 절단하는 회전날과 맞물려 세절하는 삼각형 형상의 고정날이 있으며, 고정날은 고정날프레임에 장착되어 교체할 수 있도록 되어있다. 고정날은 회전날과 같이 세절시 저항력이 가장 높은 것으로 알려진 벗짚을 기준으로 설계 및 제작하였다. 따라서 절단부의 고정날의 재질은 KS D 3753(합금공구강재)의 SKS-5로 경도가 높은 재료를 사용하였다. 고정날프레임은 지지부 및 프레임에 고정 설치되고, 고정날의 하단부에는 세절된 조사료가 외부로 용이하게 배출될 수 있도록 하향 경사지게 형성된 배출구가 설치되어 있다.

케이스 내부에 원형베일이 공급되면, 반달형상의 단면을 갖는 회전날이 유압실린더의 하강 작동으로 케이스의 하단에 선회하도록 설치된 회전날의 유압실린더의 작동에 따라 케이스에서 반시계방향으로 회전하면서 회전날프레임의 회전날이 케이스에 고정된 삼각형의 고정날과 맞물리면서 원형베일을 절단하게 된다. 이때 회전날과 고정날에 의해 세절된 조사료는 배출구를 통해 외부로 배출되게 된다.

그림 57과 58은 설계된 토출부의 형상 및 조립도를 나타내고 있으며, 그림 59는 토출부의 제작된 모습을 나타내고 있다.

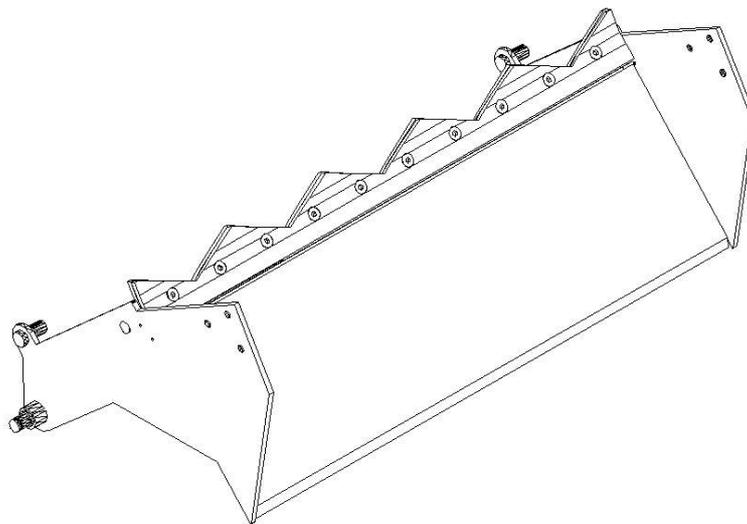


그림 57 토출부 형상

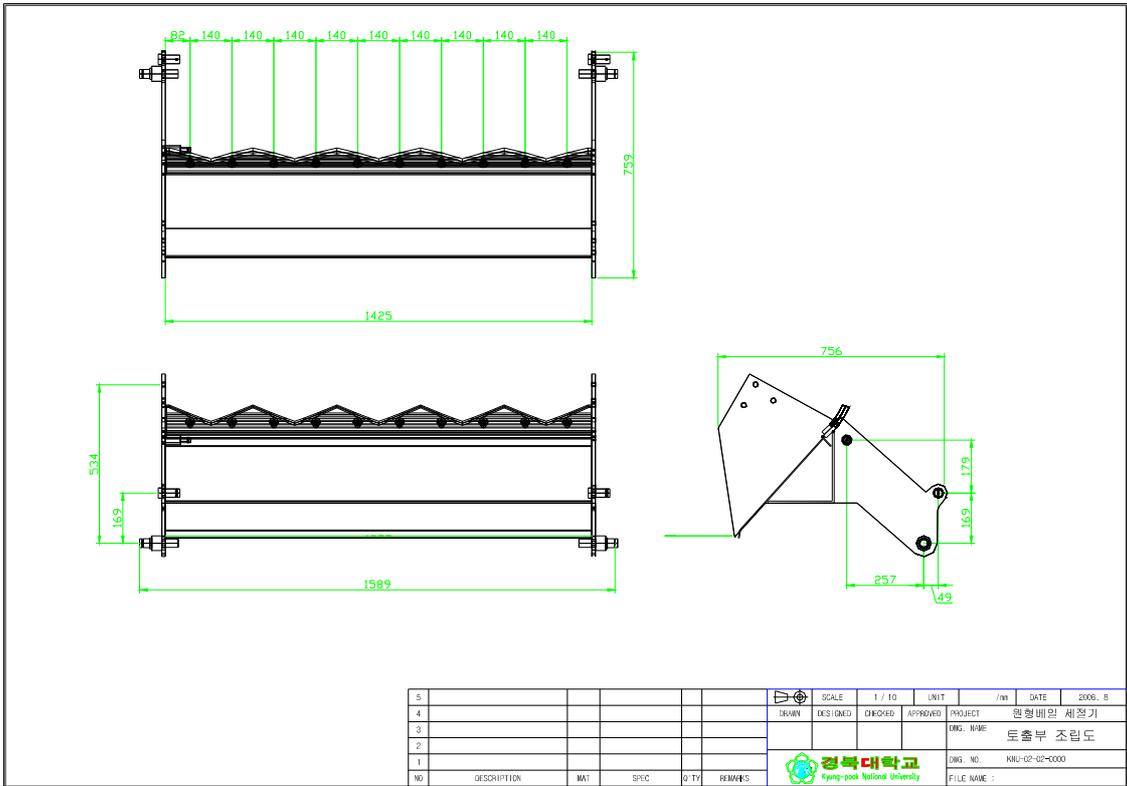


그림 58 토출부 조립도



그림 59 토출부 제작사진

(7) 지지부 및 프레임

지지부 및 프레임은 원형베일 세절기를 정치식으로 사용하기 위하여 견인바퀴 등의 이동수단이 없으며 상부에는 케이스가 설치된다. 케이스는 원형베일을 투입하기 위하여 좌우방향의 측면과 상부면이 개방된 구조로 되어있다.

그림 55와 56은 설계된 지지부 및 프레임의 형상 및 조립도를 나타내고 있으며, 그림 57은 지지부 및 프레임의 제작된 모습을 나타내고 있다.

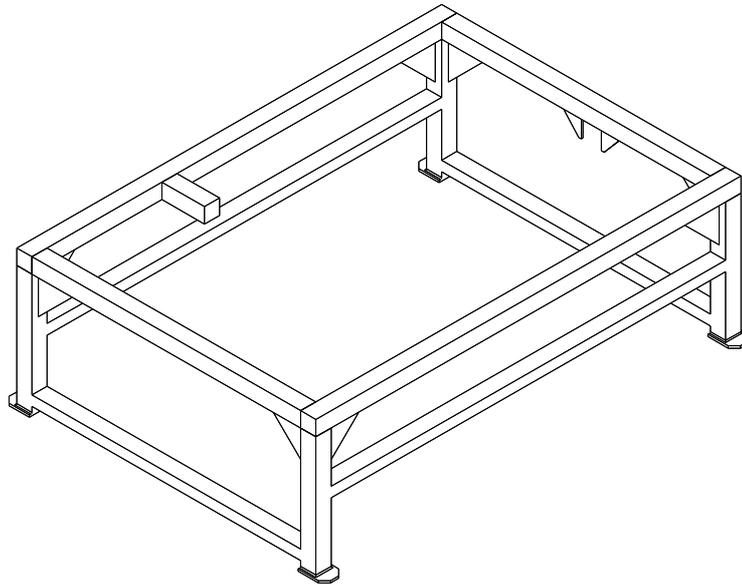


그림 60 지지부 및 프레임 형상

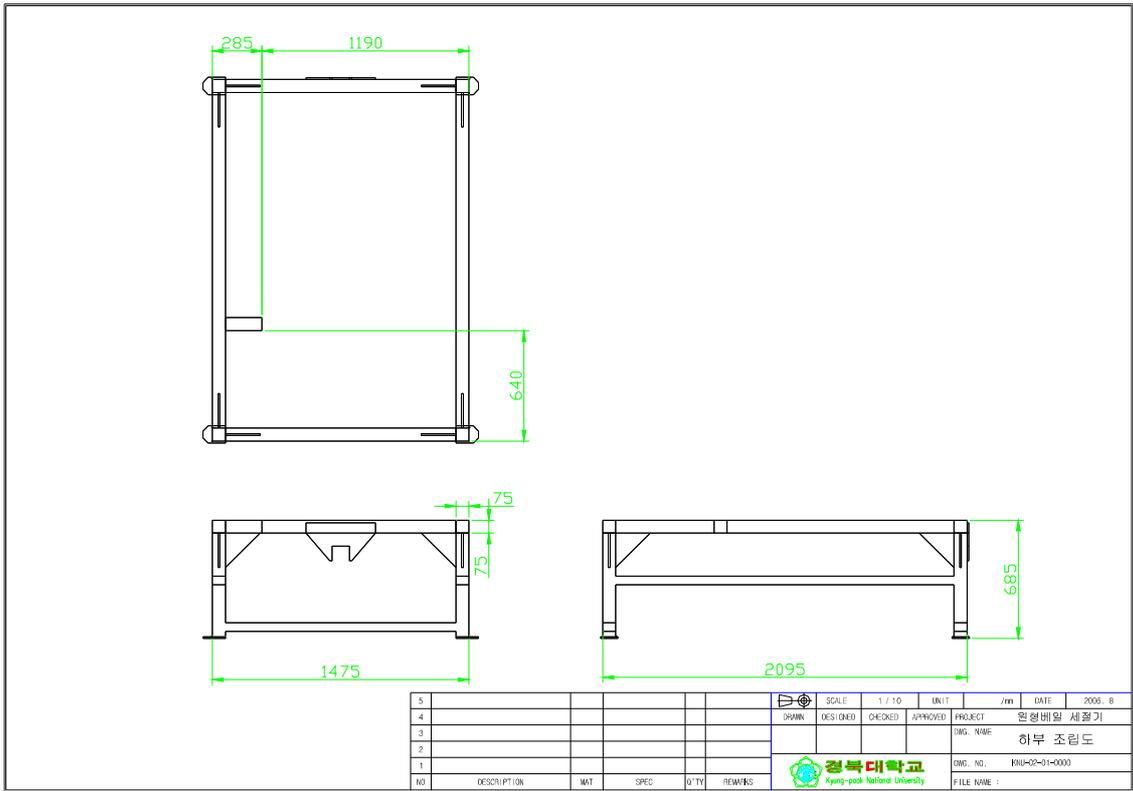


그림 61 지지부 및 프레임 조립도



그림 62 지지부 및 프레임 제작사진

(8) 유압공급부

유압공급부는 적재부, 고정부, 이송부 및 절단부가 작동되도록 하는 장치이다. 유압공급부는 크게 ①유압모터, ②유압펌프, ③유압실린더, ④유압조절밸브, ⑤유압쿨러, ⑥기타유압기기로 구성된다.

그림 63에 유압장치의 흐름도를 나타내었는데, 적재부는 별도의 유압펌프에 의해 적재실린더를 통해 구동되고, 고정부와 이송부 및 절단부는 또 하나의 유압펌프에 의해 구동된다. 이송부 및 절단부는 유압펌프에 의해 유압실린더로 유압이 공급되어 유압조절밸브에 의해 일정 반경내에서 반복적으로 작동되고, 이에 유압실린더는 절단부와 연계되어 작동된다.

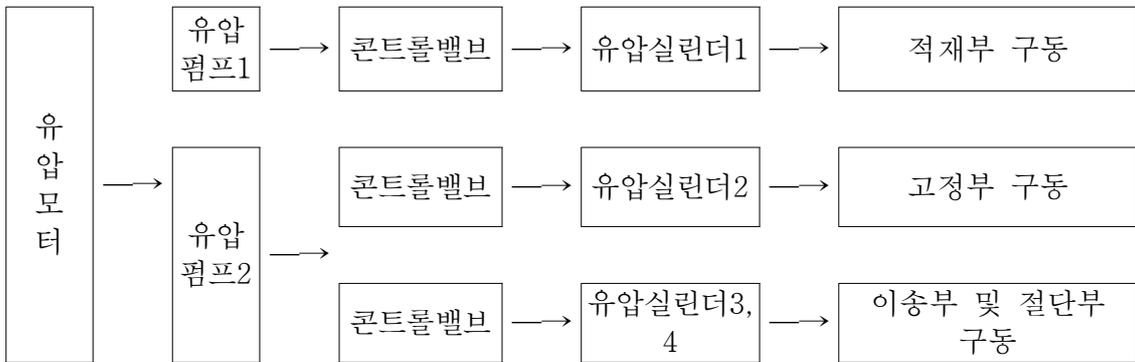


그림 63 작두식 세절기의 유압장치 흐름도

이에 따른 각 유압장치의 제원을 표에 나타내었다. 유압모터는 원형베일의 적재와 세절 등을 할 수 있도록 2개의 유압모터를 구동시킬 수 있는 2단형이며 용량은 7.5kw/6p, 1140rpm, 380V로 선정하였다.

표 14 유압실린더의 제원

구분	수량 (EA)	외경 (mm)	내경 (mm)	ST길이 (mm)	총길이 (mm)
절단부	2	80	30	350	650
적재부	1	80	40	340	750
이송부	1	60	30	100	320

표 14는 유압실린더의 제원을 나타낸 것으로서 세절기의 기구해석에 따라 단동실린더로서 절단부의 경우 피스톤로드의 스트로크는 350mm, 적재부는 340mm, 이송부는 100mm로 결정하였다. 표 15는 유압펌프의 제원을 나타낸 것으로서, 이송부 및 절단부의 유압펌프는 44cc/cycle이고, 적재부는 18cc/cycle로 결정하였다.

표 15 유압펌프의 제원

구분	용량 (cc/cycle)	최대압력 (bar)	상용압력 (bar)	회전수 (rpm)
절단/이송부	44cc	250bar	210bar	2800
적재부	18cc	240bar	210bar	2500

또한, 세절기는 원형베일을 연속적으로 세절하고 세절하는 원형베일의 양이 많기 때문에 유압유의 온도상승을 고려하여야 한다. 유압유의 온도가 높으면 유압유의 점도가 필요 이상으로 떨어지게 되고 산화현상을 가속시키며 내구 수명을 단축시킨다. 이는 결과적으로 세절작업의 정밀도를 떨어뜨리고 누설을 증가시키기 때문에 유압유의 온도를 일정하게 유지하여야 한다. 따라서 유압쿨러를 선정하였는데 유압쿨러는 공랭식이며, 최대통과유량이 100 L/min, 압력은 21bar인 것을 선정하였다.

모든 작동은 유압공급부에서 공급되는 유압으로 작동되게 되는데, 이를 위한 작동은 유압조절밸브를 개폐하기 위하여 상·하향으로 설치되는 한 쌍의 밸브개폐스프링과, 회전날의 일측에 설치되는 축 사이에 설치되는 유압 작동로드가 회전날작동실린더의 작동에 따라 연동되어 작동되면서 유압을 계속적으로 공급할 수 있게 된다. 즉, 회전날작동실린더에 유압이 공급된 상태에서 회전날작동실린더의 상승 작동에 따라 회전날이 축을 중심으로 회전하게 되면, 회전날의 축에 결합된 유압작동로드가 작동되면서 유압작동로드의 중간부에 설치된 스톱퍼에서 상·하향으로 자유로이 이동하는 스프링을 가압하게 되면, 유압조절밸브가 회전날작동실린더에 유압을 일시 차단하고, 이송핀 및 고정핀에 유압을 공급하게 된다. 계속해서 절단작동이 끝나고 회전날작동실린더의 하강작동에 따라 회전날의 축을 중심으로 회전하면서 회전날이 절단상태로 위치하게 되면, 유압작동로드의 중간부에 설치된 스톱퍼에서 압축된 상태의 스프링이 그 복원력에 의해 상·하향으로 자유로이 이동되면서 유압조절밸브의 하단을 타격하게 되고, 이에 따라 힌지를 중심으로 회전날작동실린더에 유압을 공급하게 되고, 위 작동은 절단 작업시 계속 반복되면서 유압을 공급하게

된다.

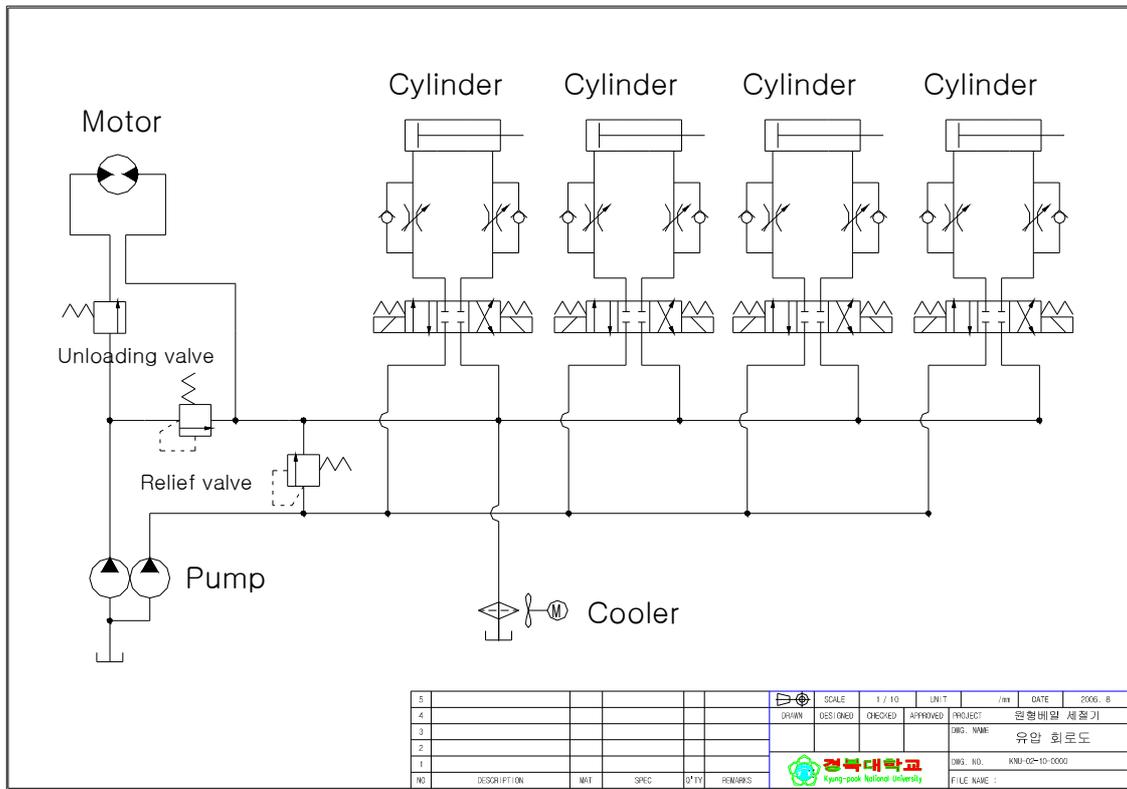


그림 64 유압회로도



그림 65 유압모터 및 유압펌프 제작도



그림 66 유압쿨러 제작도

그림 64는 유압회로도를 나타낸 것이고, 그림 65은 유압모터 및 유압펌프 제작사진을 나타내었고, 그림 66은 유압쿨러의 제작사진을 나타내었다.

(9) 전체 조립도

그림 67 및 68은 원형베일 세절기의 전체 형상 및 조립도를 나타낸 것으로서 크게 ①적재부, ②가압부, ③이송부, ④고정부, ⑤절단부, ⑥토출부로 나누어져 있다. 그림 69, 70, 71은 제작 완료된 원형베일 세절기의 모습을 나타내고 있다.

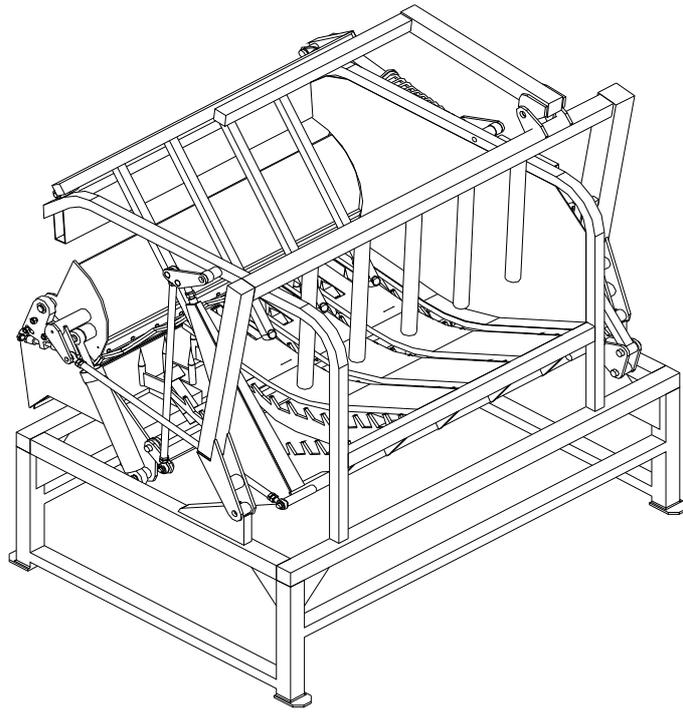


그림 67 작두식 세절기 형상

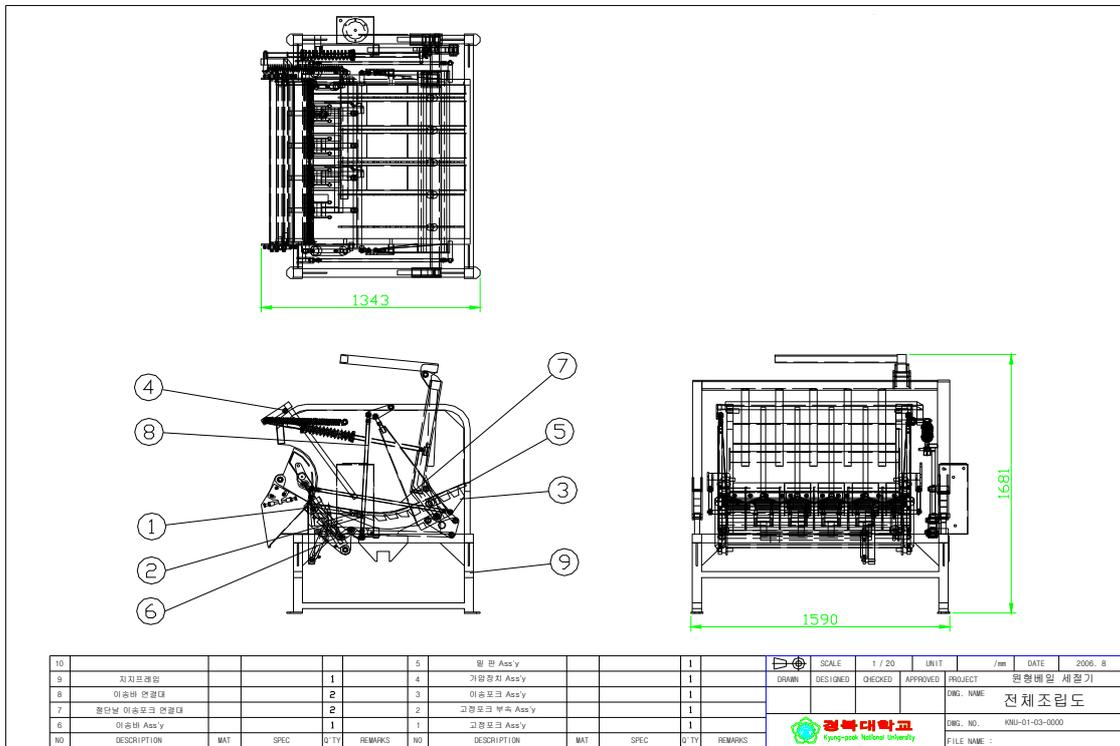


그림 68 작두식 세절기 전체 조립도



그림 69 작두식 세절기 전체 제작사진 1



그림 70 작두식 세절기 전체 제작사진 2



그림 71 작두식 세절기 전체 제작사진 3

나. 회전식 세절기

회전식 세절기는 크게 ①세절부, ②배출부, ③이송부, ④동력전달부 등으로 이루어져 있으며, 회전식 세절기는 본 연구실에서 2003년에 트랙터 견인형으로 개발된 모델을 참고하여 TMR 플랜트에 적합하도록 설계하였다.

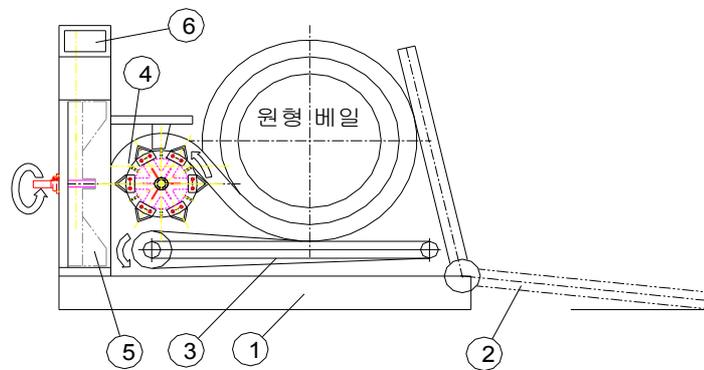


그림 72 회전식 세절기의 구조도

전체적인 작동원리와 구조를 그림 72과 73에 나타내었다. 세절의 메카니즘은 원형베일 조사료가 적재함(1)으로 투입되면 하부의 베일 이송용 컨베이어(3)가 베일을 전방으로 지속적으로 밀어주어 세절장치부(4)에서 일정두께로 풀어지며 세절되어 배출장치부(5)에 의해 배출을 위한 원심력을 받은 후 배출조절장치(6)에 의해 원하는 방향 및 위치로 송출되어 지는 원리이다.



그림 73 회전식 세절기의 작업공정

(1) 세절부

세절부는 원형베일 세절기의 가장 핵심이 되는 기술로서 세절 장치부의 개발은 세절길이를 줄이고 재료를 정확히 절단하기 위해서 ①고정날-회전날-재료 고정 장치로 구성되는 새로운 세절 메카니즘의 개발, ②새로운 세절 메카니즘에 알맞은 고정날과 회전날의 개발, ③세절작용시 칼날축부에 작용하는 토크에 의한 충격을 완화하기 위한 나선식의 회전날 배열, ④원형베일을 원활하게 풀어내고 잘려진 조사료를 배출장치로 배출하는 기능을 가진 칼퀴형의 브라켓과 회전날 축의 양 끝단이 재료에 감기지 않도록 하는 감김방지용 브라켓을 장착한 회전날 축의 개발, ⑤축방향의 칼날 간격을 좁게 하기 위해 회전 칼날이 부착된 플랜지 및 고정날의 간격을 7 cm 간격으로 유지하고 보다 확실한 세절 작용을 위하여 회전 칼날과 고정 칼날의 틈새를 1~2 mm로 유지할 수 있도록 각 부품을 설계 제작하는 것으로 구체화하여 각 장치를 개발하였다.

세절 메카니즘은 아래의 그림 74와 같이 개발하였다. 그림에서 보는 바와 같이 원형의 베일(1)은 칼날축(7)에 용접으로 부착된 원형의 플랜지(6)상에 볼트로 조립된 회전날(2)에 의해 일정한 두께로 세절부로 진입하는데, 일정 두께 이상은 고정날(3)에 의하여 밖으로 도로 배출된다. 세절부로 진입한 재료는 고정날 및 회전날에 의해 이루어지는 원호형의 공간(4)내에 갇히고 이어서 회전날과 고정날의 세절작용에 의해 세절되어진다. 이 때, 재료의 세절은 원호를 따라 계속적으로 일어나고 마

지막 남은 재료는 고정날과 회전날이 마주치는 지점에서 최종적으로 세절되므로 세절시 충격을 대폭 줄일 수 있다. 또한 회전날과 고정날에 의한 세절시에는 그림에 나타낸 것과 같이 칼날부의 좌우측에 세절시 재료가 움직이지 않도록 고정하는 고정 잡이판(5)이 설치되어 확실한 세절이 가능하도록 하였다. 이와 같은 새로운 세절 메카니즘은 확실한 세절작용과 세절시의 충격완화작용이 큰 장점이라 할 수 있다.

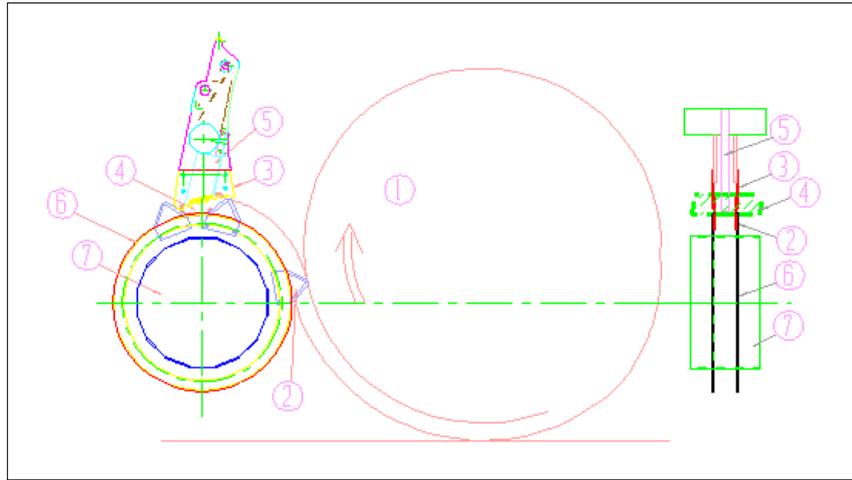


그림 74 세절 메카니즘

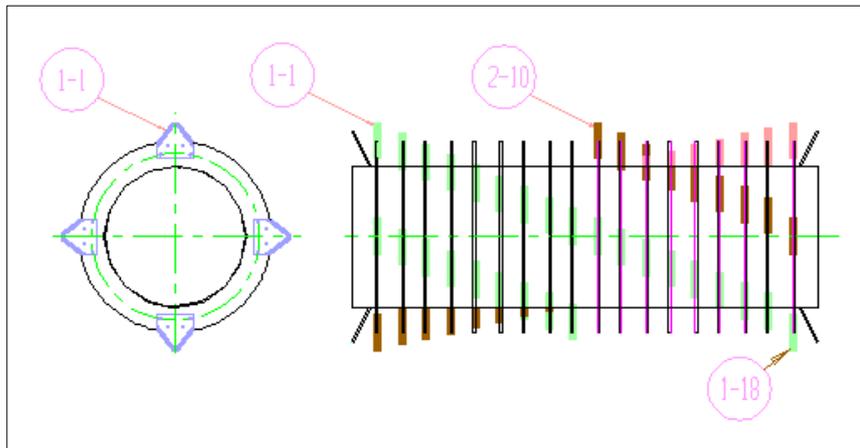


그림 75 나선형 칼날 배열

이렇게 설계되고 개발된 세절부도 회전날을 전체 칼날축 상에서 일(一)자 형태로 배열하게 되면 세절부로 진입하는 재료가 일시에 세절되고 따라서 전체 칼날축부에 큰 충격을 가하게 된다. 따라서 이를 방지하기 위해서 그림 75와 같이 회전날을 칼

칼날 축 상에서 나선형을 배열하도록 하여 재료의 세절작용이 칼날축의 회전에 따라 1번 플랜지 부착 칼날(1-1)에서 우측으로 순차적으로 일어나도록 하였다. 그림에서는 플랜지당의 칼날이 4개씩 부착되므로 1번(1-1)~18번의 플랜지까지의 칼날(1-18)의 나선형의 배열은 플랜지 측면에서 보면 90°의 각도가 된다. 또한, 칼날축 회전시 1-1번 및 2-10번 회전 칼날에서 세절이 동시에 일어나고 이러한 작용이 순차적으로 우측으로 전달되면서 일어나도록 한다. 이렇게 하면 세절시의 충격이 칼날축상에서 균형적으로 가해지게 되어 보다 안정적인 세절작용이 가능하다.

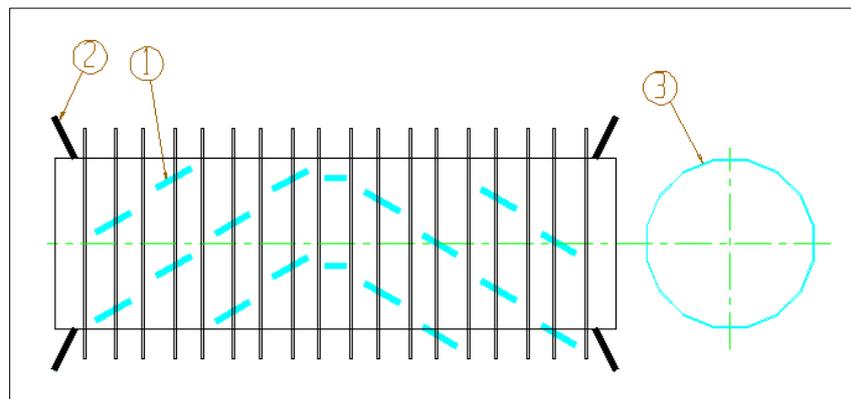


그림 76 회전날부의 감김 방지장치

위에서는 세절부 중에서 회전날 축에는 여러 가지의 세절성능 향상을 위한 장치를 마련하였는데, 그림 76에 나타낸 플랜지와 플랜지 사이에 칼퀴 형의 브라켓(1)은 원형베일을 세절부로 안정되게 잡아당기는 기능과 세절된 재료에 원심력을 가하여 전방으로 보내주는 기능을 하는 장치이다. 이 장치가 없을 경우 원형베일이 풀릴 때 좌우측이 안정적이지 못하며, 세절된 재료가 외부로 송출되지 못하고 적재함 내부에 떨어지게 되어 연이어 투입되는 재료의 세절작업을 방해한다. 따라서 브라켓은 칼날축을 전방에서 보아 중앙을 중심으로 좌우 대칭이 되도록 “ \wedge ”형태로 배열하였다. 또한 조사료는 길이가 길어 회전축에 감기는 현상이 발생할 수 있는데, 특히 칼날축 좌우측의 회전부와 고정부 사이 틈새에 끼이면서 감기면 칼날축 회전에 나쁜 영향을 미치게 된다. 따라서 이러한 현상을 방지하기 위해 그림과 같이 좌우 끝단에 감김 방지 브라켓(2)을 설치하였다. 한편, 회전날 축의 단면은 (3)과 같이 16각형으로 제작하였으며, 이는 세절작업시의 비틀림에 대한 저항력을 증대시키기 위해서인데, 계산에 의하면 회전축 중심에 대한 단면계수가 16각형인 경우 같은 반경을 가지는 원형 회전날축에 비하여 2.2배 높으므로 같은 회전 부하에 대하여 16각

형의 회전날축이 원형의 회전날 축에 비해 2.2배 높은 안전도를 유지할 수 있다.

(2) 배출부

개발된 회전식 세절기에서 배출부는 크게 ①원심식 팬과 ②토출구로 나눌수 있다.

원심식 팬은 세절된 조사료를 토출구로 보내는 역할을 하는데, 원심식 팬은 드로우워 역할을 하게 된다. 세절된 조사료가 원심식 팬에 장착된 6개의 블레이드에 의해 토출구 방향으로 보내지게 된다. 그림 77은 원심식 팬의 조립도를 나타내고 있다.

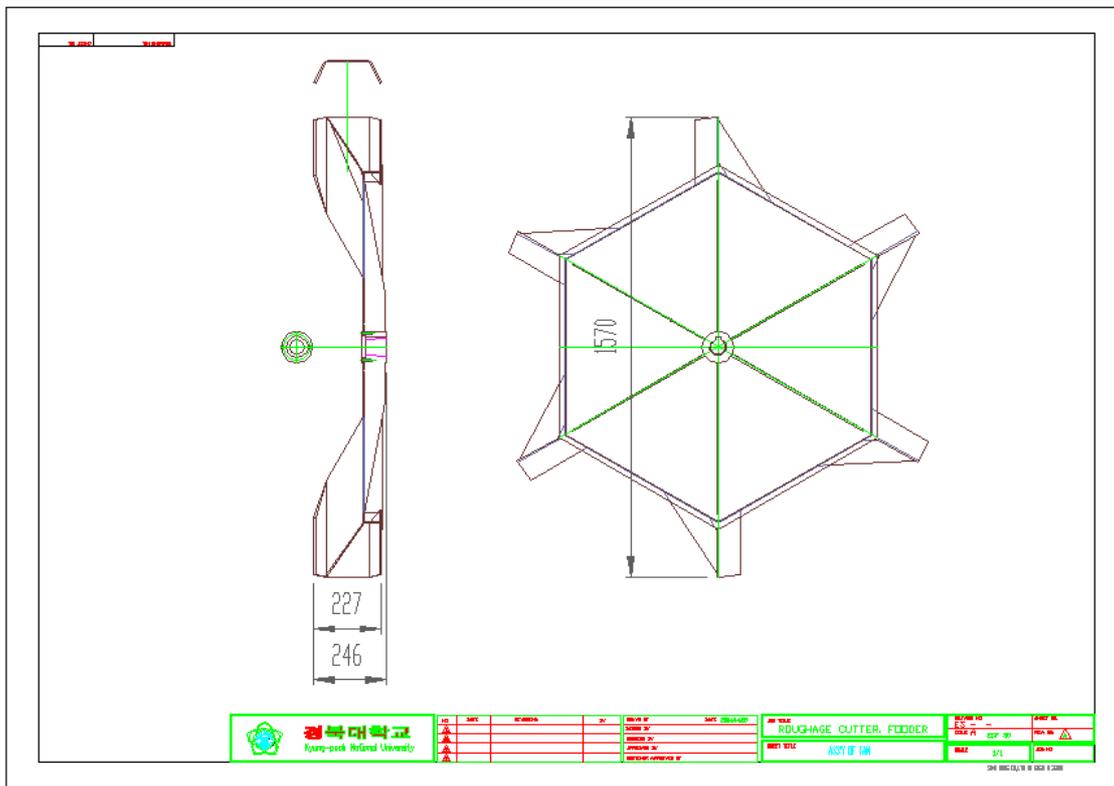


그림 77 원심식 팬 조립도

세절된 조사료는 고속으로 회전하는 직경 1.5m의 원심식 팬에 의해 배출되어지며 배출구에 유압실린더를 장착하여 세절된 조사료의 토출 방향을 조절할 수 있도록 하였다. 조사료의 배출방향의 조절은 출구의 수직하방에서 상방향으로 90°까지 가능하도록 하였다. TMR 플랜트에서의 배출구의 방향은 설치된 시스템의 구조에 따라 여러 방향으로 출구조절 기능이 필요하며 이에 대한 설계 및 개발은 TMR 플랜트

에 맞게 이루어지도록 하였다. 그림 78은 토출구의 조립도를 나타내고 있다.

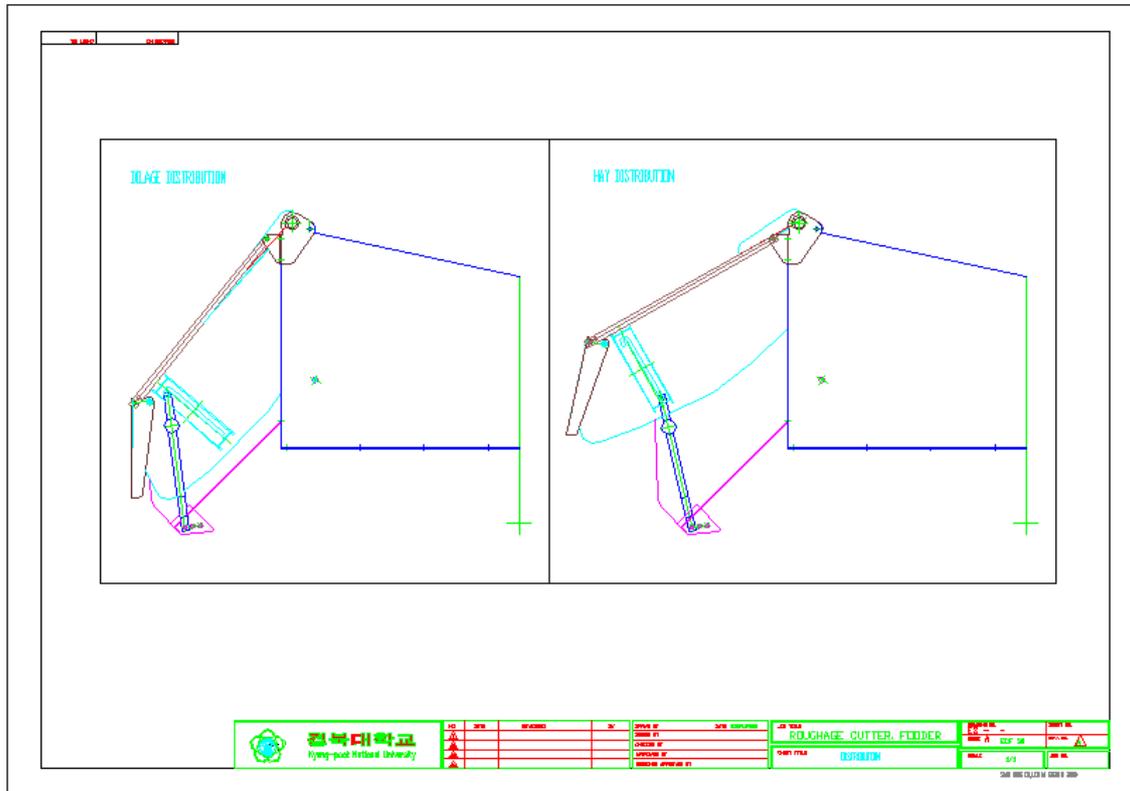


그림 78 토출구 조립도

(3) 이송부

이송부는 적재된 원형베일을 세절하기 위해서 계속적으로 조사료를 세절부로 이송시키는 장치이다. 기계의 구성은 트레일러 위에 가로형의 띠 판과 체인으로 연결된 이송장치를 구성하고 체인을 스프로켓으로 구동하여 무한궤도 형태로 회전하게 한다. 이송부의 구동은 유압모터를 이용하는데, 공급유량을 조절하여 이송속도를 조절할 수 있도록 하였다. 이는 이송속도가 빠른 경우 세절부로의 공급량이 많아져 세절성능의 저하 또는 과부하 상태가 될 수 있으며, 이송속도가 느린 경우 작업 성능이 떨어지게 되므로 작업자가 작업시에 이송속도를 조절할 수 있도록 하기 위함이다. 그림 79는 이송부의 조립도를 나타내고 있다.

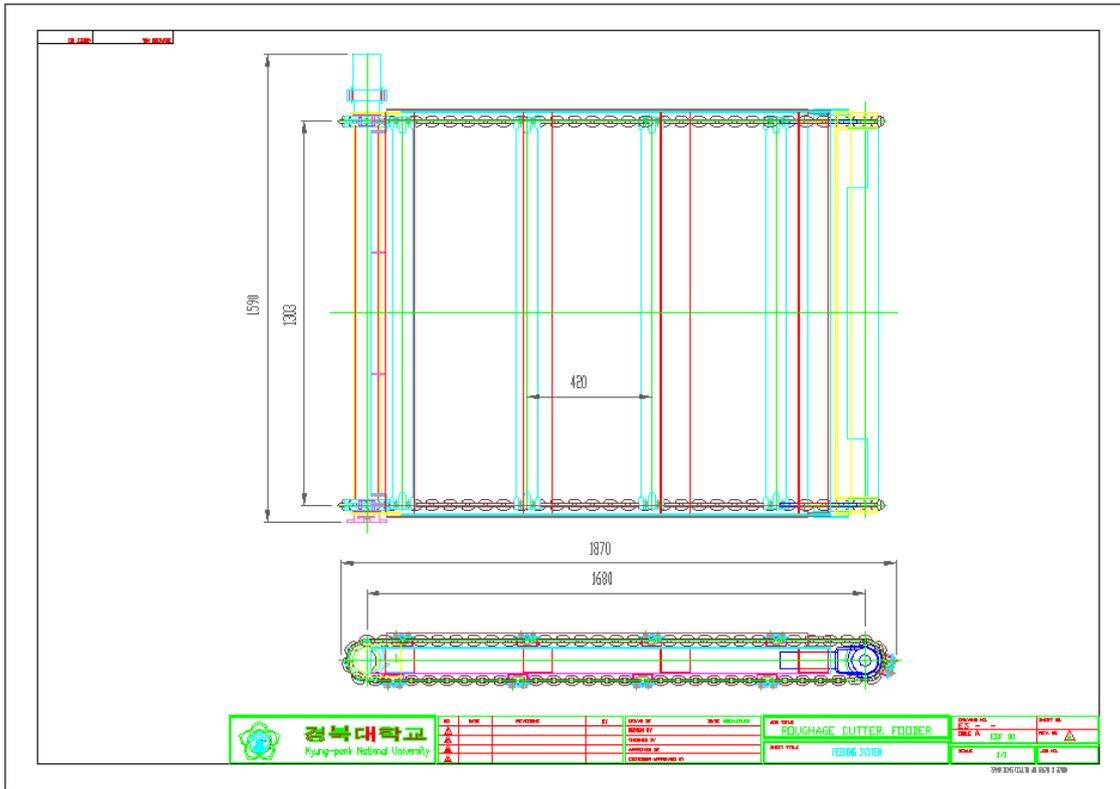


그림 79 이송부 조립도

(4) 동력전달부

동력전달부의 세부장치는 ①동력전달 장치부, ②커터 구동장치부, ③배출 드로워 구동장치부, ④유압장치부, ⑤전기장치부 등으로 세부 분류되며, 이들은 크게 전기 등의 동력을 기어와 체인 및 스프로킷에 의해 전달하는 것과 외부유압 장치로부터 유압동력을 취출하여 전달하는 2가지의 방식으로 나눌 수 있다.

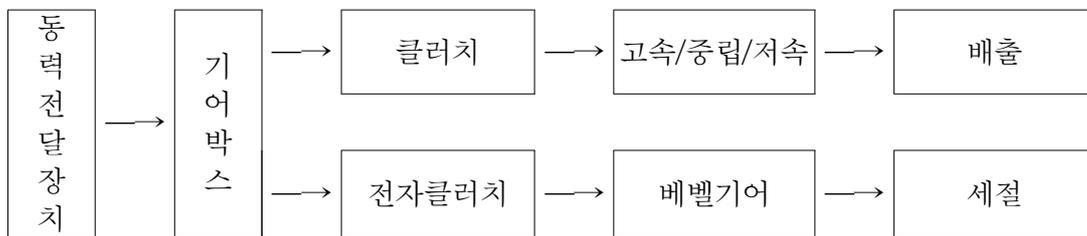


그림 80 회전식 세절기의 동력전달체계

그림 80와 81은 동력전달부의 동력전달체계와 흐름도로서 동력전달부의 기어박스 출력축 2개 중 하나는 커터 구동장치부와 연결되어 있으며, 다른 하나는 배출 드로

위 구동장치부의 원심식 팬에 직결되어 있으며, 그 구성은 동력전달부의 기어박스, 체인장력조절장치, 동력전달용 스프로켓, 동력전달용 체인 등으로 이루어져 있다.

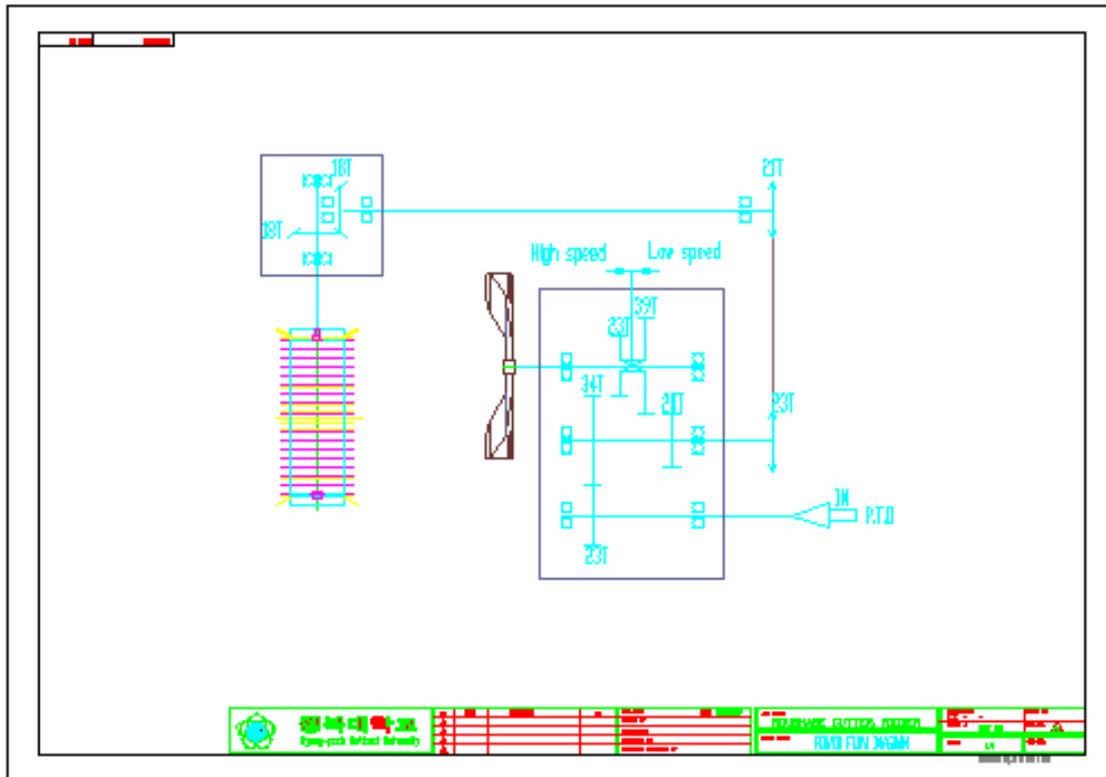


그림 81 동력전달흐름도

또한 원형베일의 세절기는 필요 동력이 거의 대부분 베일 세절 과정에서 발생하므로 이를 지지하는 구조물 및 동력 전달에 사용되는 구성품의 강도를 높이기 위해 고강도의 재료를 사용하고 구조는 가볍고도 높은 강도를 낼 수 있는 구조로 제작되었다. 개발된 동력전달의 구성 부품인 체인, 스프로켓, 기어박스 하우징, 축류 등의 부품 재질은 강도가 높은 고탄소강(SM45C)을 적용하였으며, 베벨기어의 경우 탄소강 중에서도 기계적 성질이 뛰어난 SCM 계열을 적용하여 기계 작동시의 각종 응력에 잘 견디고 내마모성을 증대시켰다.

그림 82와 83은 유압장치를 이용한 흐름도와 회로도표를 나타내었으며, 유압장치의 구성은 토출관의 상승과 하강, 고정날의 위치를 조절하기 위한 유압실린더와 원형베일을 세절장치부로 공급하여주는 베일 이송장치를 구동하기 위한 유압모터 및 이들을 컨트롤 할 수 있는 유압 컨트롤 장치부로 이루어져 있다. 특히 유압 모터는 작업자가 이송장치의 속도를 조절할 수 있도록 유량제어장치를 부착하여 사용할 수

있도록 하였다.

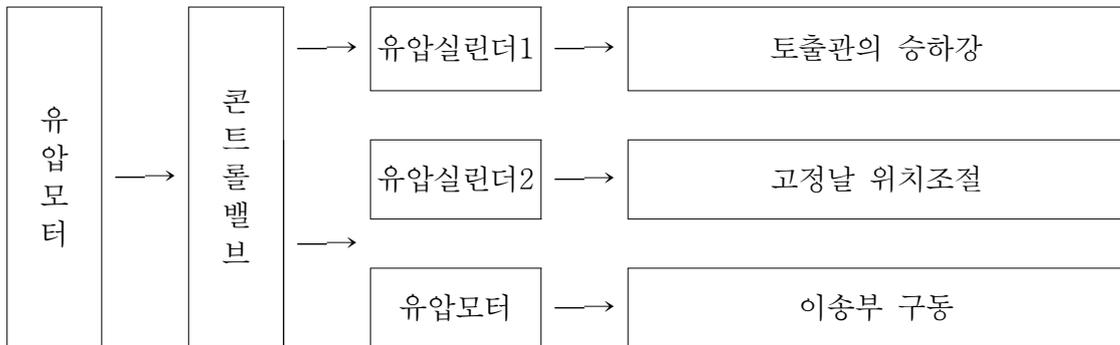


그림 82 회전식 세절기의 유압장치 흐름도

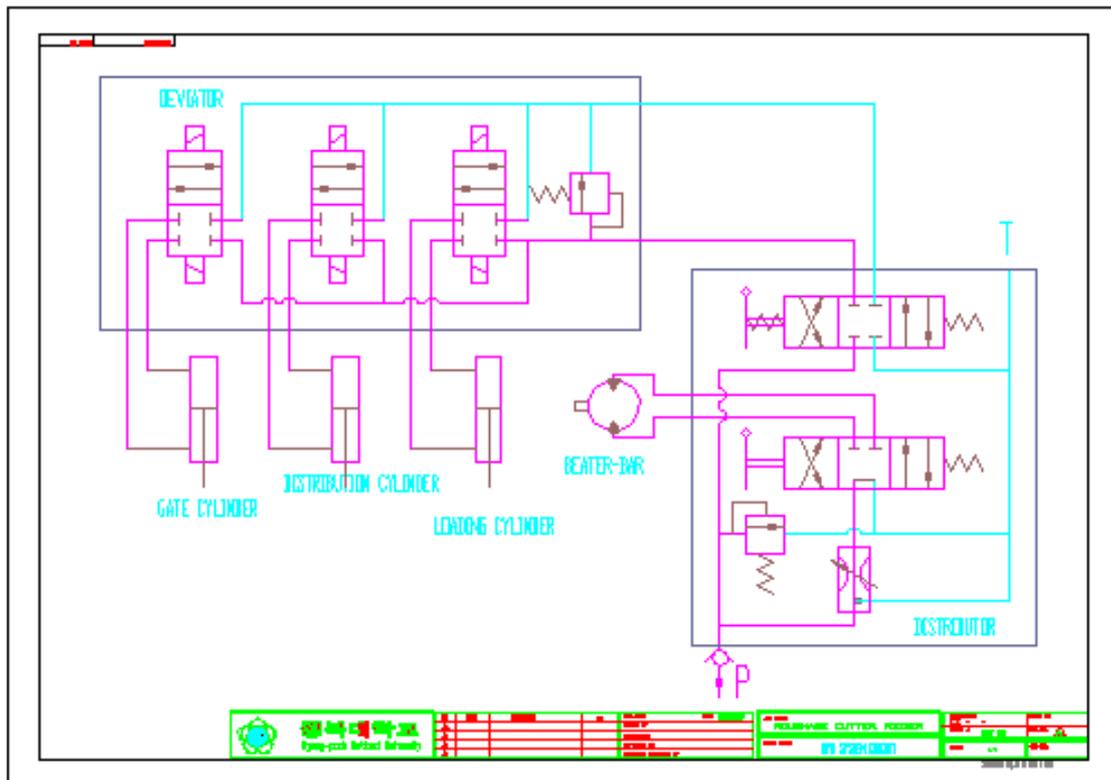


그림 83 유압회로도

(5) 전체 조립도

그림 84는 회전식 세절기의 전체 형상 및 조립도를 나타낸 것으로서 크게 ①세절부, ②이송부, ③토출부, ④동력전달부로 나누어져 있다.

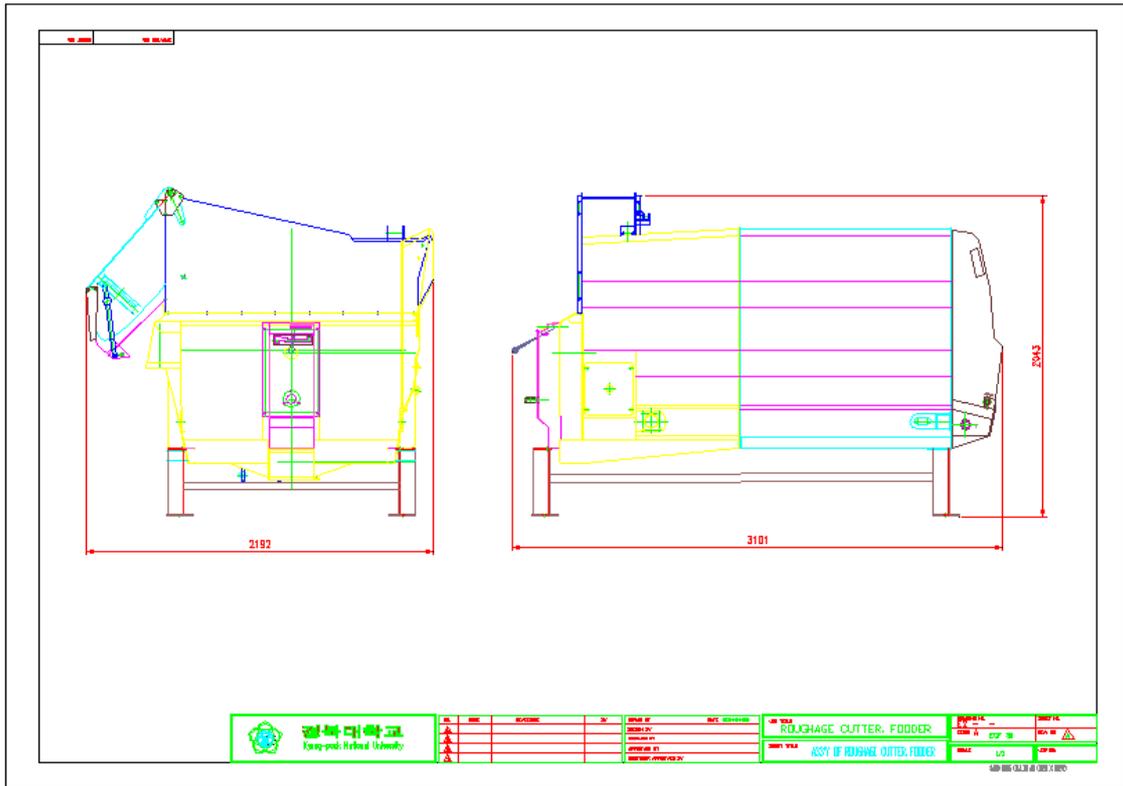


그림 84 회전식 세절기의 전체 조립도

3. 세절 조사료의 흡면지제거용 집진 시스템의 설계 및 제작

본 연구의 TMR플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델에서 세절이 된 조사료를 규격화 가공기에 투입할 때 연결해야 하는 반송기가 필요하다. 따라서 본 시스템은 크게 ①세절된 조사료의 흡면지 및 이물질 제거용 사이클론식 집진장치와 ②세절기를 통하여 세절된 조사료를 규격화가공기에 투입시키는 장치로 나눌 수 있다.

회전식 세절기(KNU-A 모델)의 경우에는 ①과 ②의 장치가 다 필요하지만, 작두식 세절기(KNU-B)의 경우에는 ②의 장치만 필요하다.

가. 사이클론식 집진장치 설계 및 제작

세절된 조사료를 흡면지 및 이물질 제거용 사이클론으로 운송하는 공정은 앞서 세절기의 선정에서 작두식 세절기의 경우에는 필요가 없지만 회전식 세절기를 사용할 경우에 필요한 반송기이다. 사이클론식 집진장치는 크게 ①사이클론, 세절기에서

세절된 조사료와 사이클론 사이의 ②이송관로, 흙먼지를 집진하는 ③집진관로, ④집진팬으로 구성되어 진다. 사이클론은 표준형으로서 세절기의 풍량을 기준으로 문헌을 참조하여 $\phi 1,340\text{mm} \times 3,350\text{mm(H)}$ 의 치수로 결정하였다.

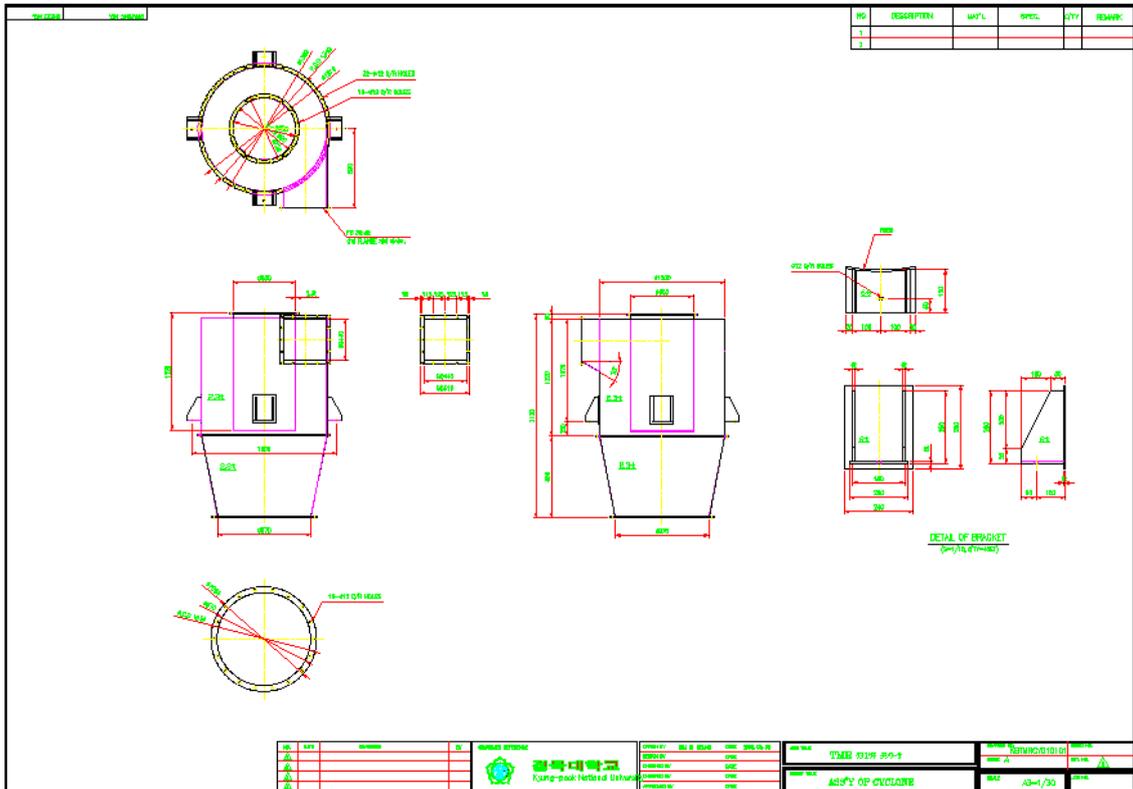


그림 85 사이클론식 집진장치의 조립도



그림 86 사이클론식 집진장치 제작사진

세절기를 통하여 세절된 볏짚을 규격화가공기에 투입시키는 시스템의 경우를 살펴보면, 사이클론 시스템은 원통부와 원뿔부로 구성되며, 토양흡과 같이 혼합되어진 볏짚 등의 조사료가 세절기의 배출부로부터 사이클론의 원통부 측벽으로부터 접선 방향으로 공급되어 원통 내벽을 따라 선회하면서 하강하여, 원뿔부로 들어가 계속 선회하강해서 밑부분에 도달한 뒤, 세절 조사료의 반송장치로 배출되며, 조사료 속에 함유된 흙먼지는 집진관로의 집진팬에 의하여 사이클론 중심부에서 반전하여 선회상승해서 플랜트 외부로 포집되도록 하였다.

나. 세절 조사료의 반송장치 설계 및 제작

세절 조사료의 반송장치는 원형베일을 세절기로 세절 한 후 세절된 조사료를 규격화가공기기로 반송시키는 장치이다. 일반적으로 조사료를 반송시키기 위하여 TMR 플랜트에서 가장 많이 사용되는 반송장치 중 하나가 벨트컨베이어인데, 이는 기계의 효율이 높고 운반작업 중 재료의 손상을 적게 주는 장점이 있다. 그러나 재료의 평면이동 또는 경사가 비교적 완만한 경우에만 적용된다. 재료로는 주로 포제 벨트나 고무로 만들어진 것이 많고 철강으로 만들어진 것도 있다. 이들 벨트는 구동차와 종동차 사이에 무한궤도식으로 팽팽히 당겨져서 움직이게 된다. 구동차는 벨트와의 접촉면적이 크므로 확실히 구동될 수 있도록 해야 하고, 벨트가 휘지 않도록 충분히 큰 것으로 설계하였다.

벨트의 신장이나 온습도의 변화에 따른 수축 및 팽창의 보정은 조정나사를 사용하여 조정하거나 또는 무게에 의하여 자동적으로 조정될 수 있도록 하였으며, 운반능력을 증가시키거나 또는 운반물이 흘러내릴 우려가 있는 재료를 확실히 반송하기 위하여 트로프형의 아이들러를 사용하였다.

벨트컨베이어의 최대반송량은 설계된 세절기의 용량을 기준으로 설계하였는데, 예비시험결과 세절기에서 원형베일의 세절량은 50~100kg/min으로 나타났다. 따라서, 시험 내용을 토대로 벨트의 속도, 벨트의 폭, 소요동력 등을 결정하였으며 그림 87과 같이 세절조사료 반송장치의 설계도를 나타내었다. 그림 88은 제작된 세절 조사료 반송장치이다.

최종 결정된 벨트컨베이어의 사양은 이송폭 800mm, 이송속도 12~13m/s, 소요동력 2HP로 결정하였다.

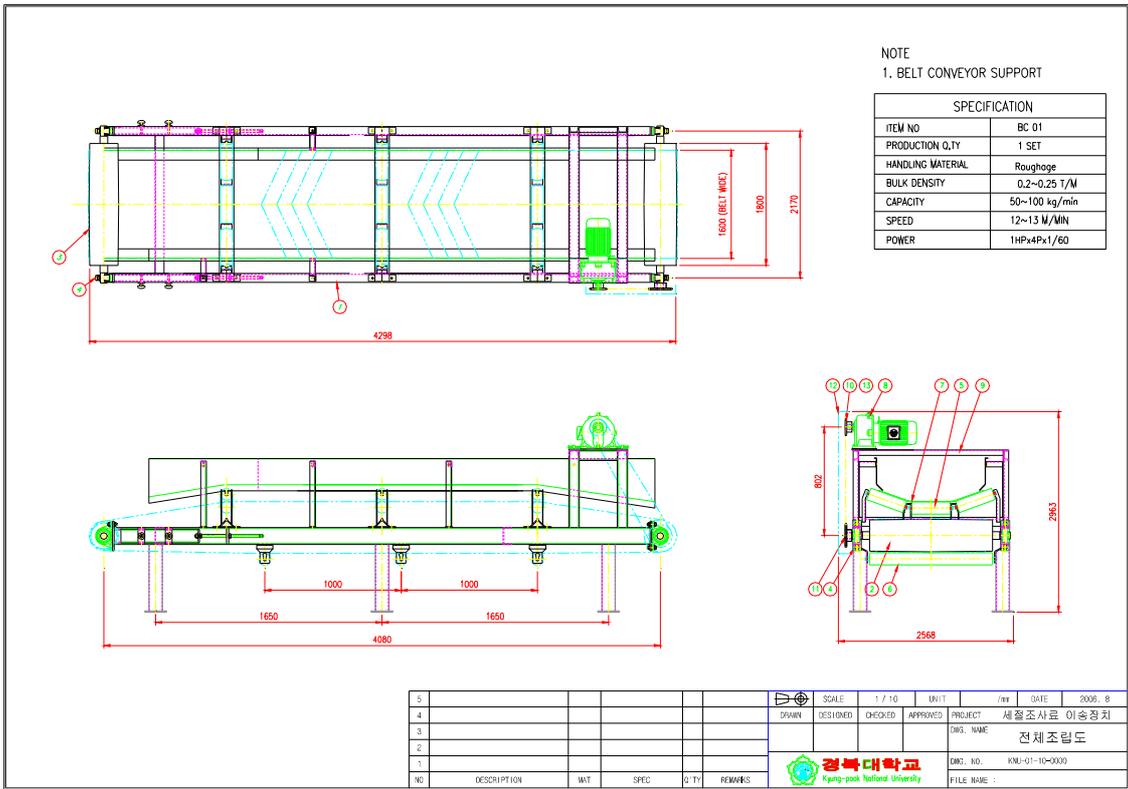


그림 87 세철조사료 반송장치 조립도



그림 88 세철조사료 반송장치의 제작사진

4. 세절된 조사료의 규격화 가공시스템의 설계·제작

가. 설계 요인시험

TMR 플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 핵심 부분인 세절된 조사료를 규격화(4각 베일) 가공을 위한 소요기기의 개발을 위한 예비시험으로 기존의 사각베일러를 이용하여 세절된 벯짚, 청보리 사일리지, 생벯짚 사일리지, 옥수수 사일리지 등을 사각 베일 작업을 하여 이것들에 대한 ①작업능률, ②베일의 체적, 중량, 결속된 베일의 밀도 등을 시험하였다.

(1) 재료 및 방법

공시기는 트랙터 견인형의 사각베일러(Galignani, Agritex-1600)를 이용하였으며, 작업 조건은 성능설명서에서 제시한 상용회전수(540 rpm) 및 작업속도, 작업폭, 베일크기 등으로 하였다. 공시재료는 표 16과 같이 원형베일 조사료인 마른벯짚, 생벯짚 사일리지, 청보리 사일리지, 옥수수 사일리지를 이용하였다. 시험장소는 경주시 안강읍 동산목장에서 실시하였다(그림 89).



그림 89 공시포장 및 공시재료

표 16 공시재료의 종류 및 특성

	마른벼짚	생벼짚사일리지	청보리사일리지	옥수수사일리지
함수율(% , w.b.)	11.4	42.5	50.7	66.9
중량(kg/베일)	210	380	420	580

시험은 트랙터(55 ps) 견인형의 원형베일 절단기(Welvo, JBC-1500)를 이용하였으며 원형베일 조사료를 세절한 후에 사각베일러에 투입하여 세절된 조사료를 결속시 험을 하였다(그림 90).



그림 90 사각베일러를 이용한 벼짚의 세절조사료 결속작업

(가) 작업능률(kg/h)

공시포장에 대한 작업소요시간을 측정하여 단위시간당 작업량을 다음 식에 의하여 산출하였다.

$$D = \frac{W}{T}$$

여기서, D : 포장작업능률(kg/h)

W : 베일중량 (kg)

T : 소요 작업시간(h)

(나) 베일의 갯수, 체적(m³) 및 중량(kg)

작업이 완료된 후 성형 완료된 베일의 개수를 조사하고, 그 중 10%, 50%, 90% 공정의 3개를 임의 발취하여 베일의 체적 및 중량을 각각 측정 후 그 평균값으로 하였다.

(다) 베일결속밀도(kg/m³)

기 발취된 베일결속밀도는 다음 식을 이용하였다.

$$\text{베일결속밀도} = \frac{\text{베일 1개 평균중량(kg)}}{\text{베일 1개 평균체적(m}^3\text{)}}$$

(라) 기타 작업 상태

앞에서 조사한 시험과 별도로 ① 고함수율에 따르는 청보리 및 생벼짚 사일리지를 압축할 경우에 수분(사일리지 즙액)이 흘러내리는 현상에 대한 조사와 ② 결속 끈의 결속간격 및 일정한 간격으로 감겼는지의 여부, 베일의 결속정도와 결속상태를 조사하였다. 그림 91과 92는 마른 벼짚의 사각베일 전의 절단상태와 사각베일 후의 결속상태를 나타내고 있다.



그림 91 사각베일 전의 절단상태



그림 92 사각베일 후의 결속상태

(2) 요인시험 결과

요인시험 결과는 표 17와 같다. 표에서 보는 바와 같이 같은 규격으로 사각베일을 한 경우 함수율에 따라 각각의 중량이 차이가 있었는데 마른벼짚의 경우 9.5 kg이었으며, 함수율이 가장 높은 옥수수인 경우 33 kg으로 나타났다. 따라서 수분이 높은 재료일 경우 중량이 커서 취급이 불편하기 때문에 베일의 크기를 조절할 수 있는 장치가 필요할 것으로 판단되었다.

결속상태는 마른벼짚, 생벼짚, 청보리 사일리지 모두 양호하였다. 다만 참고로 시험에 추가를 했던 옥수수사일리지의 경우에는 옥수수 알곡을 투입할 수 없어 손실율이 가장 컸으며 결속상태가 아주 불량하여서 결속 후에도 결속 끈으로 들어 올렸을 경우 파손되었다. 실제로 옥수수는 함수율이 높아 원형으로 베일을 하는 것이 아니고 또한 램으로 사일리지 작업을 하는 것은 아니다. 따라서 본 연구에서 개발될 시스템에 적용될 대상이 아니기 때문에 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

우려 했던 것은 함수율이 높은 재료의 경우 압축할 경우에 수분(사일리지 즙액)이 흘러내릴 수 있다는 예상이었으나 실제로는 이러한 현상은 발생하지 않았다. 그러나 향후 규격화가공시스템이 개발된 후에 조사료의 함수율에 따르는 규격화 결속 밀도, 작업속도 등의 조절을 위한 연구가 더 필요할 것으로 판단되었다.

표 17 규격화 가공 시험결과

	마른벚짚	생벚짚사일리지	청보리사일리지	옥수수사일리지
작업능력 (kg/h)	4122	7907	12193	18315
원형 베일 당 작업소요시간(초)	131	173	124	114
원형 베일 당 사각 베일의 생산 개수	14	14	12	10
규격화된 베일의 크기(mm)	750×450×350	750×450×350	750×450×350	750×450×350
규격화된 베일의 중량(kg)	9.5	22.5	25	33
베일결속밀도 (kg/m ³)	80.4	190.5	211.6	279.4
함수율 (%, w.b.)	11.4	42.5	50.7	66.9
결속상태	양호	양호	양호	아주 불량
비고		즙액 흐르는 현상 없음	즙액 흐르는 현상 없음	베일 작업시 옥 수수 알곡의 손 실이 큼

나. 규격화 가공시스템의 설계·제작

300kg 정도 되는 원형베일 벚짚을 세절하여 2톤 배합기에 투입하면 벚짚만으로도 배합기를 넘쳐나는데 이럴 경우 타 원료를 투입하기가 곤란하게 된다. 또한 부피가 큰 벚짚을 배합기에 투입에 소요되는 시간이 매우 길기 때문에 작업 소요시간이 길어 생산성이 저하된다. 따라서 세절된 조사료를 부피가 작은 일정 무게와 크기의 형태로 가공하여 배합기에 쉽게 투입을 할 필요성이 있다.

대부분의 TMR 플랜트의 경우 그림 93과 같이 사각베일 형태의 조사료를 투입하고 있는데, 이는 건조형태의 일정량(20kg)의 무게를 가진 사각베일 형태로 수입이 되어 사용된다. 실제로 TMR 플랜트에서 저렴한 국내산 원형베일을 사용하여 TMR 사료 생산의 필요성을 인식하고 있지만 원형베일을 가공하는 시설이 없을 뿐만 아

나라 원형베일을 세절하더라도 TMR 플랜트의 생산공정에 추가적으로 인력을 투입하는 등의 불편함을 감수해야 한다.



그림 93 TMR 플랜트의 사각베일 조사료 투입과정

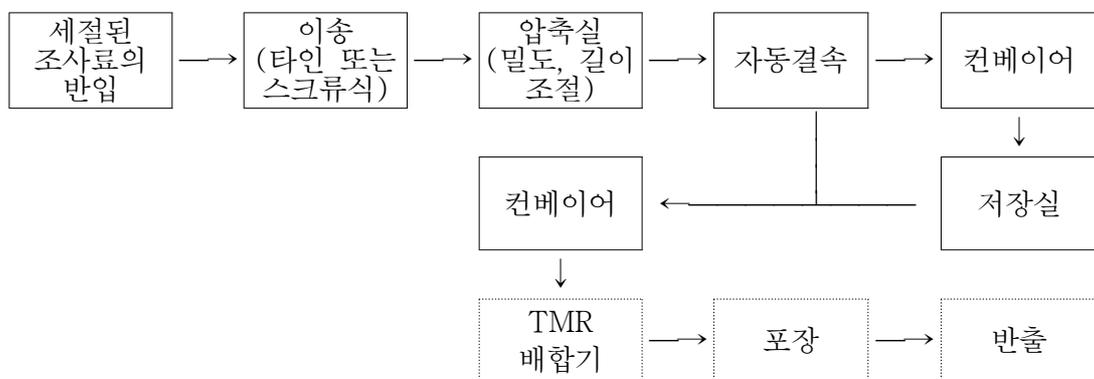


그림 94 TMR플랜트용 세절된 조사료의 규격화 가공시스템의 공정 블록도

이러한 문제점을 해결하기 위하여 부피가 큰 조사료를 일정 규격과 무게(15~20 kg 정도)로 압축가공을 할 예정이다. 이렇게 할 경우 배합기에 투입하는 시간을 단축할 뿐 아니라 정량 투입도 용이하게 되고, 공간도 적게 차지하게 된다. 설계의 기본 원리는 현재 농가에 많이 보급되고 있는 사각베일러의 기본 원리와 유사하다. 그림 94에서 개발될 TMR 플랜트용 세절된 조사료의 규격화 가공시스템의 공정 블록도를 나타내고 있다. 세절된 조사료를 벨트컨베이어로부터 이송을 받게 되면 타

인식의 압축실로 이송을 하고, 압축실에서는 조사료를 왕복 플런저로 압축을 하게 되는데, 압축의 밀도 조절장치, 베일의 길이 조절장치, 자동결속 장치들도 모두 개발이 될 예정이고 동력원은 전기를 사용하게 된다.

따라서 본 연구의 TMR플랜트용 조사료 일관가공시스템의 모델에서 사용될 규격화가공기기는 기존의 플런저형 사각베일을 참조하여 TMR 플랜트에 적합하도록 수정하여 설계하였다.

선정될 규격화가공기기의 전반적인 기능은,

①일정한 무게와 양을 조절할 수 있으며,

②정치식의 전기구동형이며,

③사각형태로 결속할 수 있으며

④규격화가공기기는 함수율에 따르는 밀도에 따라서 3.75~6 ton/h의 처리용량을 가진다.

⑤또한 이송된 세절된 조사료의 투입이 용이하고 배출된 규격화베일은 다음 공정으로 반송이 원활하게 될 수 있는 배출구조가 되도록 하였다.

(1) 조사료 픽업장치 설계·제작

조사료 픽업장치는 지면과 접촉되지 않게 조절할 수 있도록 세절된 조사료를 걷어 올리면 세절 조사료 이송부로 투입이 되는 시스템이다. 그러나 본 연구에서 개발되는 픽업부는 지면에서 조사료를 걷어 올리는 시스템이 아니다. 세절부에서 이송되어온 세절된 조사료를 직접 투입하도록 되어 있지만 이송부 안으로 밀어주는 기능 때문에 기존의 베일러에 사용되는 픽업장치는 그대로 존치하였다. 또한 픽업장치의 역회전 방지를 위하여 오버리닝클러치와 과부하로 인하여 픽업장치가 손상되는 것을 방지하기 위하여 슬립클러치를 장착하였다. 동력은 기어박스에서 체인, 슬립클러치와 유니버설 드라이브축을 경유하여 픽업에 전달된다. 슬립클러치의 셋팅토크는 20.4 kg·m이며, 픽업갈퀴는 지면과 간격이 20~30 mm 유지하도록 조정하였으며, 체인의 장력은 텐션스프라켓으로 조정할 수 있도록 설계하였다. 그림 95는 조사료 픽업부의 픽업 컨베이어의 설계도이며, 그림 96은 조사료 픽업부의 픽업용 구동장치 설계도를 나타내고 있다. 그림 97은 제작된 조사료 픽업부를 나타내고 있다. 조사료 픽업부의 주요제원은 다음과 같다. 픽업드럼폭은 1290 mm, 픽업갈퀴개수는 56 개, 구동방식은 벨트식으로 설계 및 제작하였다.

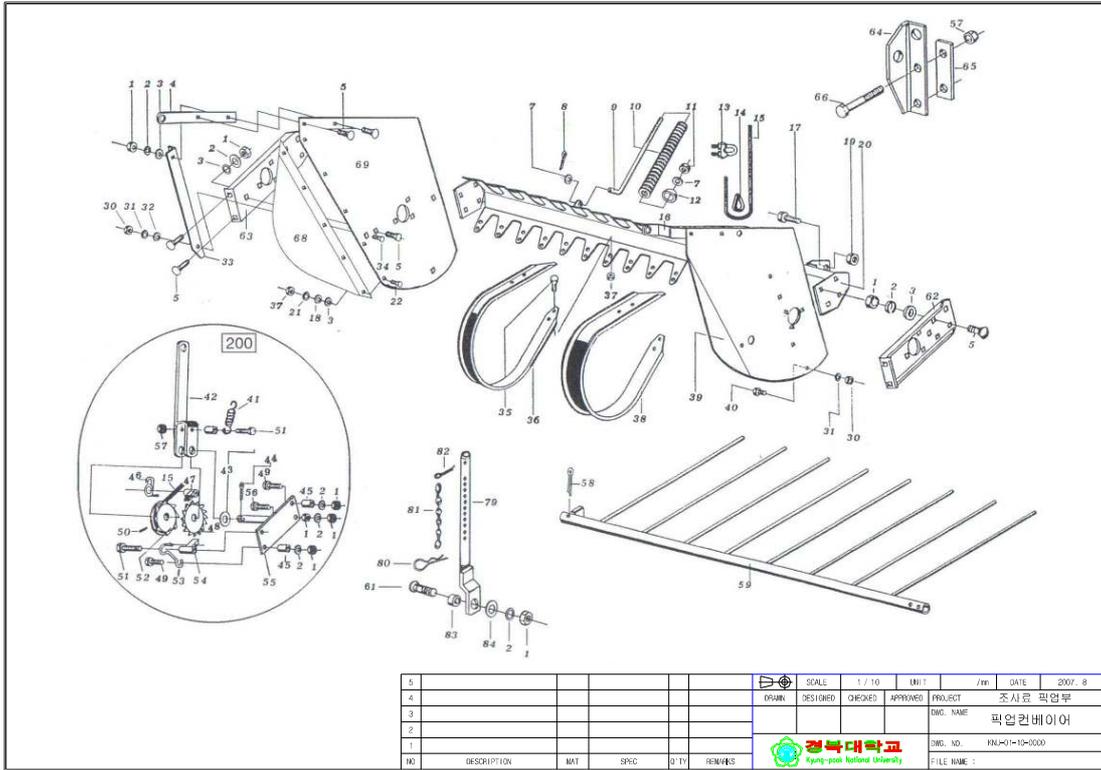


그림 95 조사료 픽업부 - 픽업 컨베이어

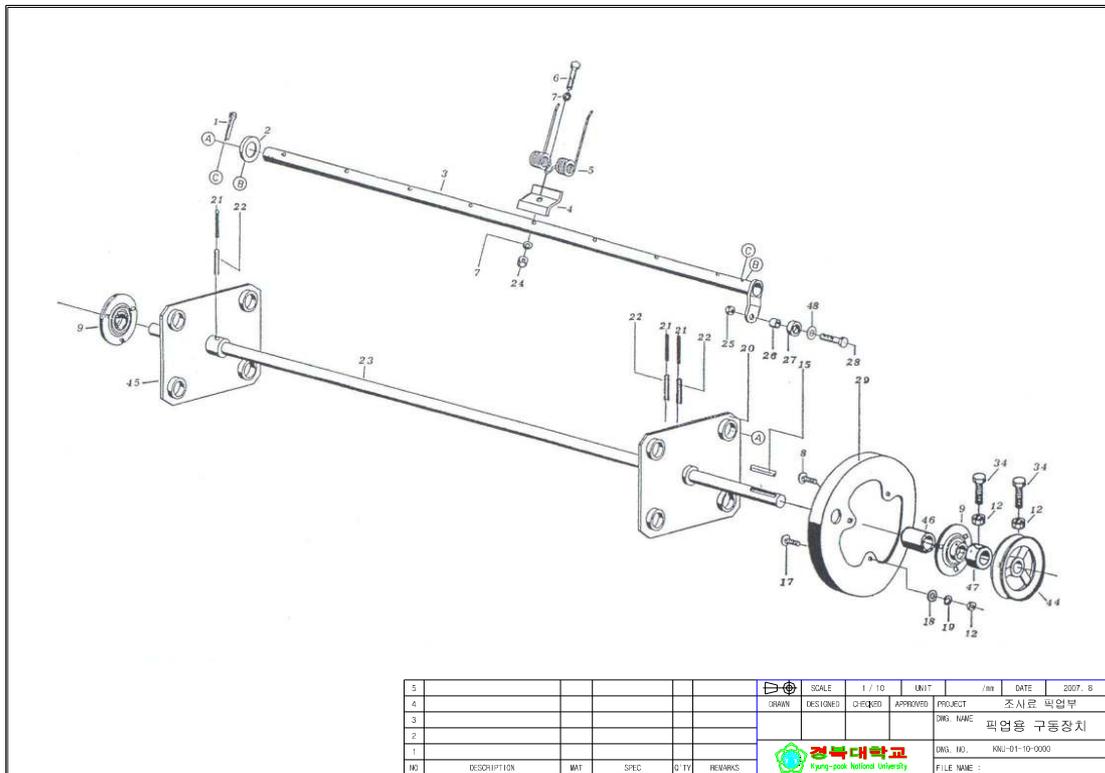


그림 96 조사료 픽업부 - 픽업용 구동장치



그림 97 조사료 픽업부

(2) 조사료 이송부 설계·제작

픽업장치로 걷어 올려진 세절 조사료를 타인식 공급장치를 이용하여 옆쪽으로 옮겨져서 다시 압축실로 옮겨지도록 하는 시스템이다.

이송 포오크는 2개를 장착하였으며 타이밍 설계는 다음과 같다. 첫 번째 이송포오크는 압축 플런저가 전면중심에 있을 때 첫 번째 이송포오크의 중앙 갈퀴 지점과 베일 압축실의 좌측 측면 패널까지 380 ± 20 mm의 거리를 유지하도록 설계하였다. 두 번째 이송포오크는 첫 번째 이송포오크의 크랭크가 상부정상에 있을 때 두 번째 이송포오크의 크랭크는 베일 압축실을 향하여 수평을 유지하도록 설계하였다. 또한 이송부의 손상을 방지하기 위하여 이송포오크의 연결부에 M8×45, 8.8T(인장강도 880 N/mm² 이상)의 안전볼트를 장착하였다.

그림 98은 조사료 이송부의 이송 및 구동장치의 설계도이며, 그림 99는 조사료 이송부를 나타내고 있다. 조사료 픽업부의 주요제원은 다음과 같다. 이송방식은 포오크식이며, 포오크개수는 2개로 설계 및 제작하였다.

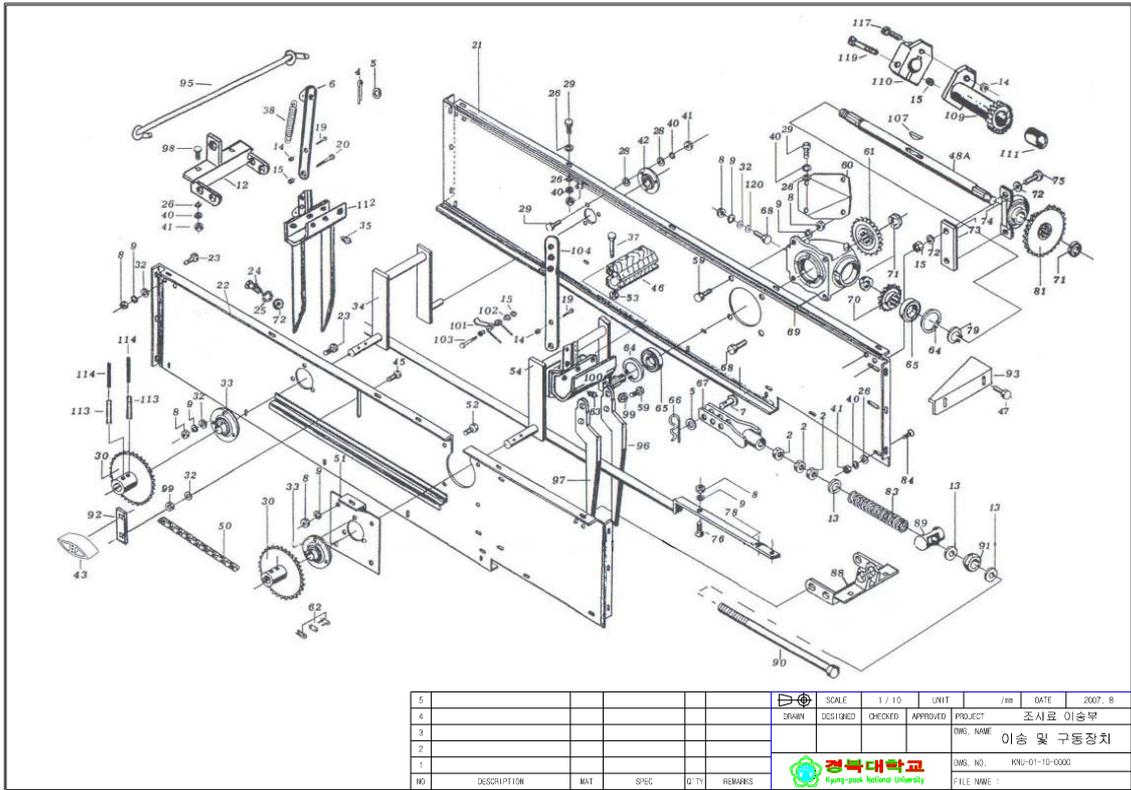


그림 98 조사료 이송부 - 이송 및 구동장치



그림 99 조사료 이송부

(3) 조사료 압축실 설계·제작

베일 압축실로 이송된 세절 조사료는 왕복운동을 하는 플런저에 의하여 압축되는데, 압축밀도는 압축실 내에 있는 인장바(tension bar)에 의하여 조절되는 시스템이다.

베일압축실에서 베일을 밀어내면 휠이 회전되고 압에 의해서 휠은 매듭장치에서 풀리도록 설계하였다. 베일길이는 록크너트를 풀고 볼트로서 조정하고, 볼트를 시계방향(-)으로 돌리면 베일길이는 짧아지고, 시계 반대방향(+)으로 돌리면 베일길이는 길어지도록 설계하였다. 베일밀도는 베일 압축실의 텐션조정레버를 조정함으로써 베일이 단단하게 또는 느슨하게 압축되도록 설계하였다. 베일밀도는 처음에 레버로 압축되게 하고 매우 건조한 조사료나 짧은 조사료는 레버를 조여서 압축되게 하고, 함수율이 높은 조사료를 작업할 때는 베일압축실 장력을 느슨하게 할 수 있도록 설계하였다. 플런저의 재료공급구 쪽에는 이동칼날을 장착하여 압축실의 공급구 쪽에 있는 고정칼날과의 사이에서 재료의 절단이 일어나도록 이동칼날과 고정칼날 사이의 간격을 0.8mm 정도로 설계하였다. 또한, 안전장치로 결속바늘이 손상되는 것을 방지하도록 바늘이 베일압축실에서 빠져나올 때 플런저 스톱퍼를 작동시키도록 안전볼트를 M10×70, 8.8T(인장강도 880 N/mm² 이상)로 설계하였다.

그림 100은 조사료 압축부의 압축실의 설계도이며, 그림 101은 조사료 압축부의 왕복플런저의 설계도이다. 그림 102와 103은 제작된 조사료 압축부의 압축실과 구동장치를 나타내고 있다.

조사료 압축부의 주요제원은 다음과 같다. 베일성형방식은 플런저식이며, 베일형상은 사각형, 압축실 크기는 350×470 mm, 압축스트로크는 88 회/min로 설계 및 제작하였다.

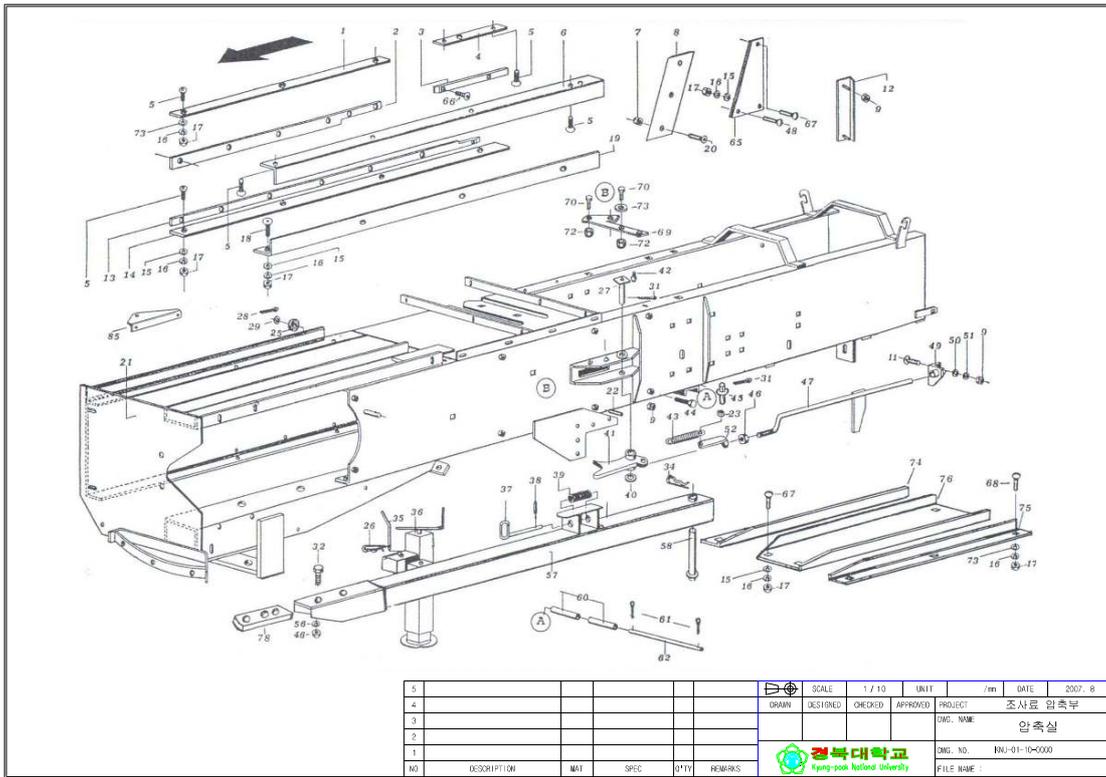


그림 100 조사료 압축부 - 압축실

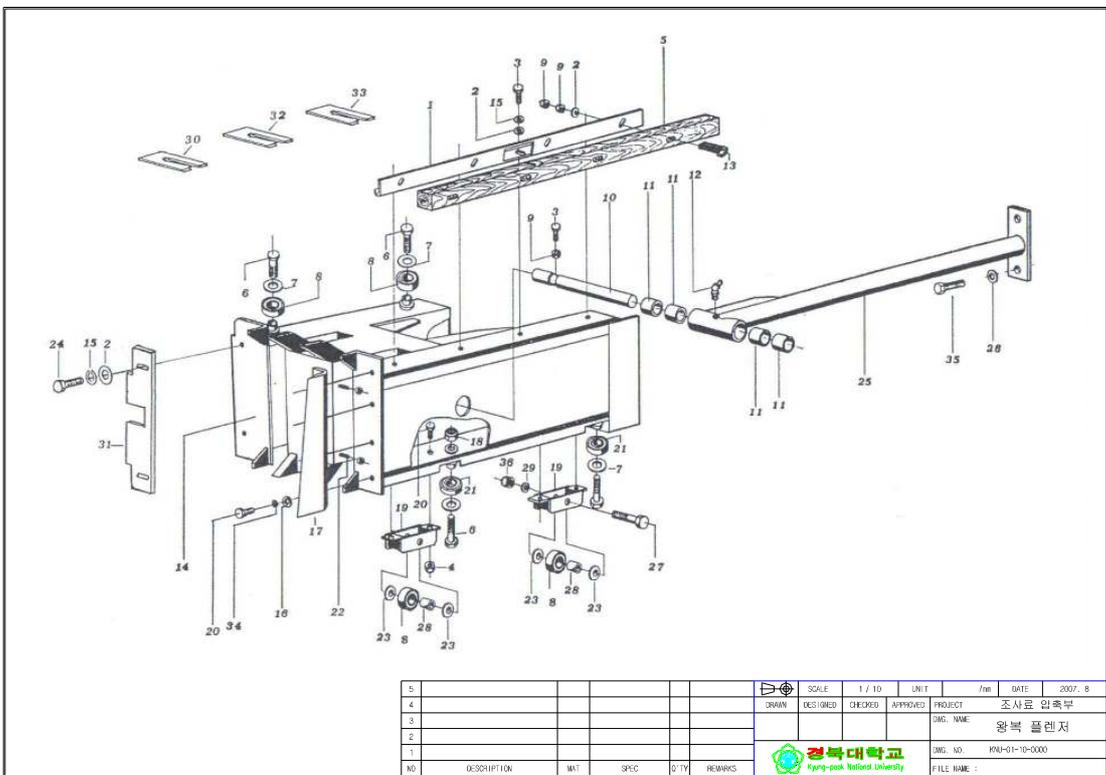


그림 101 조사료 압축부 - 왕복 플린저



그림 102 조사료 압축부 - 압축실



그림 103 조사료 압축부 - 구동장치

(4) 조사료 자동결속부 설계·제작

베일의 결속장치는 바인더의 결속장치와 같은 원리로 설계하였으며, 플런저로 압

축된 조사료의 양(즉 베일의 길이)이 일정치에 달하면, 클러치가 연결되어 결속기가 자동적으로 작동되도록 하였다. 결속장치는 집속암, 클러치 도어, 결속바늘, 매듭부리, 끈잡이, 방출암 등으로 이루어지는데, 클러치 도어에 주는 압력이 일정한 값에 이르면 결속부의 클러치가 작용하여 결속바늘을 포함한 결속기구가 작동하여 결속이 이루어지게 하였다. 결속 공정이 끝나면 방출암이 작동하여 묶어진 단은 기계 밖으로 방출되도록 시스템을 구성하였다.

베일이 일정한 길이로 성형되면 결속장치에 의하여 결속되고, 이때 결속끈이 풀리지 않게 해주는 매듭장치를 설치하였으며 결속끈은 노끈으로 사용할 수 있게 하였다.

그림 104은 조사료 자동결속부의 결속장치의 설계도이며, 그림 105은 조사료 자동결속부의 결속용 구동장치의 설계도이다. 그림 106은 제작된 조사료 자동결속부를 나타내고 있다.

조사료 자동결속부의 주요제원은 다음과 같다. 결속방식은 노터식, 2열묶음식이며, 결속강도조절방식은 스프링장력식, 결속끈은 P.P끈으로 설계 및 제작하였다.

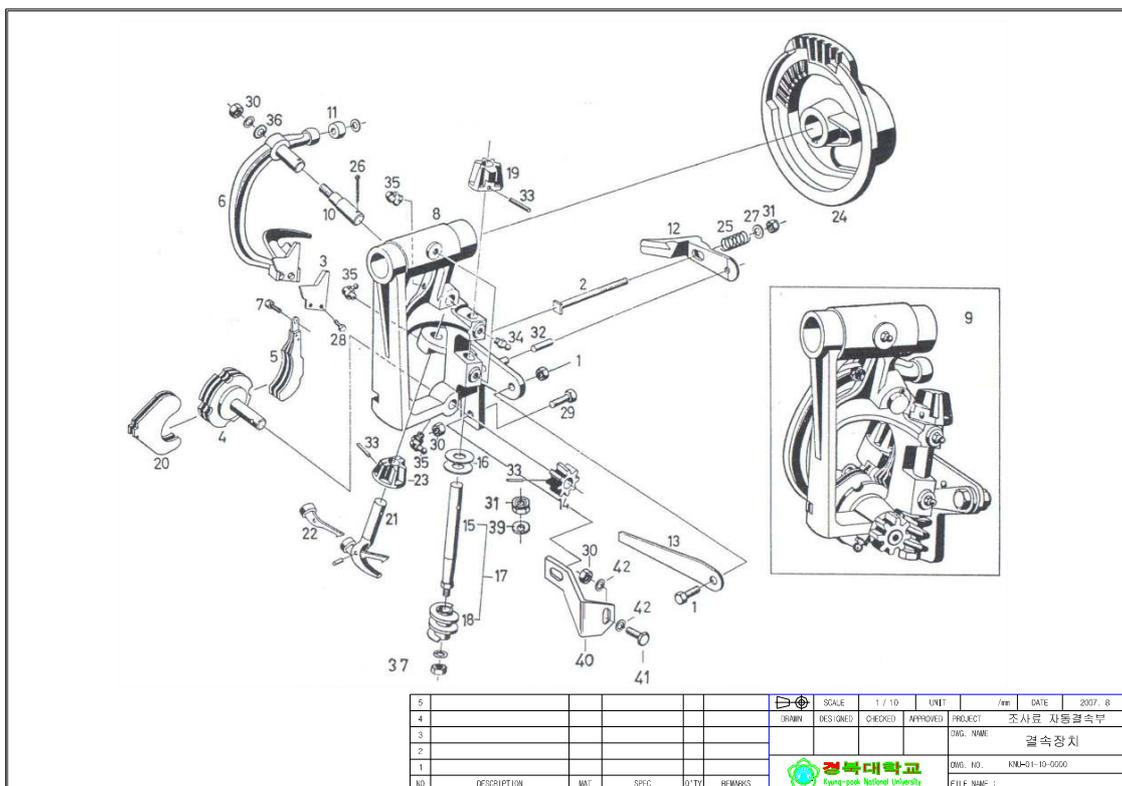


그림 104 조사료 자동결속부 - 결속장치

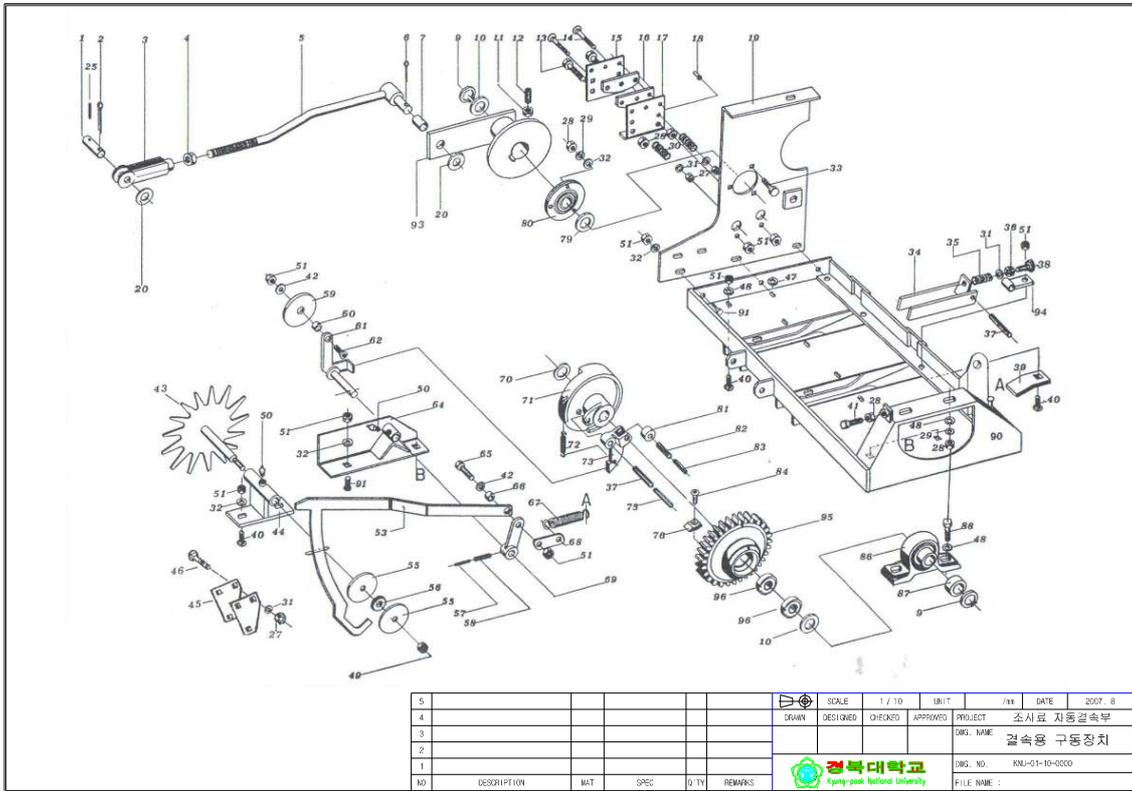


그림 105 조사료 자동결속부 - 결속용 구동장치

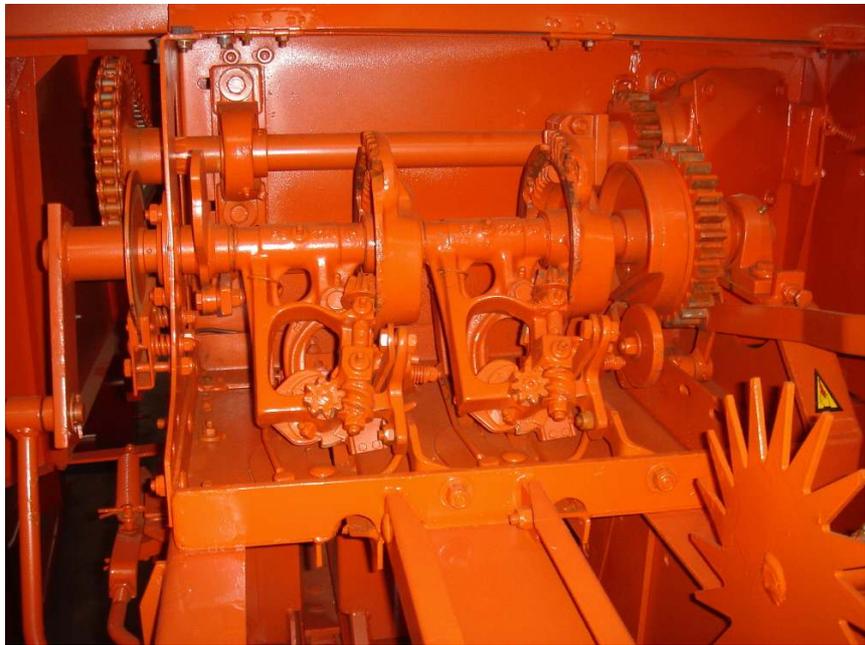


그림 106 조사료 자동결속부

(5) 동력 전달시스템 설계·제작

동력전달시스템은 전기모터에서 동력을 전달받아서 플라이휠에 전달하고 기어박스
스와 크랭크암을 통해서 동력이 전달되는 시스템이다.

동력전달시스템은 그림 107과 같이 전기모터, 벨트 및 풀리를 거쳐 기어박스에
내장된 워 기어와 워휠이 회전방향을 직교시켜 기어박스의 회전축 내측과 연결된
크랭크암에 회전력을 전달하며, 기어박스의 회전력을 전달받은 크랭크암은 회전운
동을 하고, 크랭크 암의 편심부와 플런저에 연결된 플런저 로드가 내측 크랭크암의
회전운동을 직선 왕복운동으로 변환시켜주며, 직선 왕복운동력을 전달받은 플런저
는 압축실 내에서 전·후진 운동을 하도록 설계하였다.

규격화가공기기의 동력전달장치는 기어박스에 연결된 감속장치로 ①왕복 플런저,
②세절 조사료 픽업장치, ③세절 조사료 이송포오크, ④규격화베일 결속장치를 구동
시키도록 설계하였다.

그림 108과 109는 동력전달부의 주동력장치와 슬립클러치의 설계도이며, 그림
110, 111 및 112는 제작된 동력전달부를 나타내고 있다.

조사료 자동결속부의 주요제원은 다음과 같다. 전기모터는 37 kW, 1720 rpm이며,
플라이휠의 인입속도는 540 rpm이며, 축직경은 ϕ 35 mm로 설계 및 제작하였다.

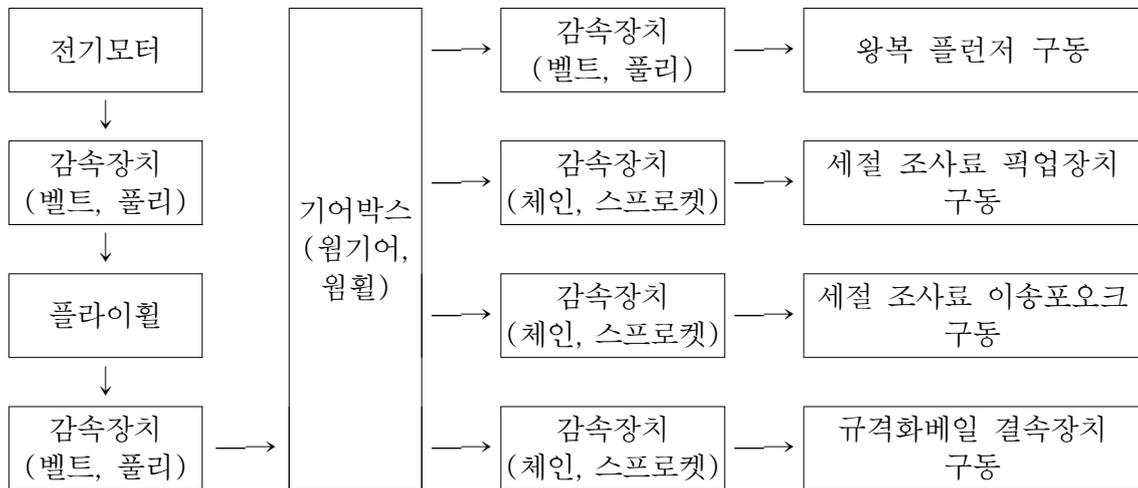


그림 107 규격화가공기기의 동력전달장치 흐름도

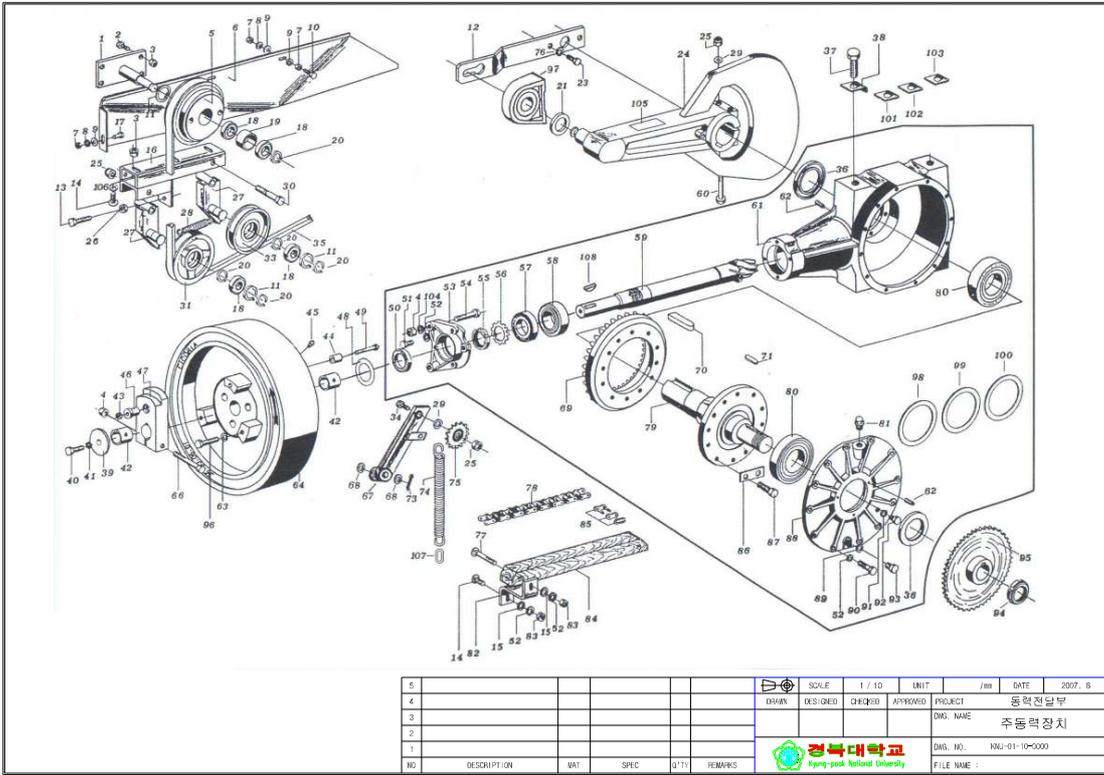


그림 108 동력전달부 - 주동력장치

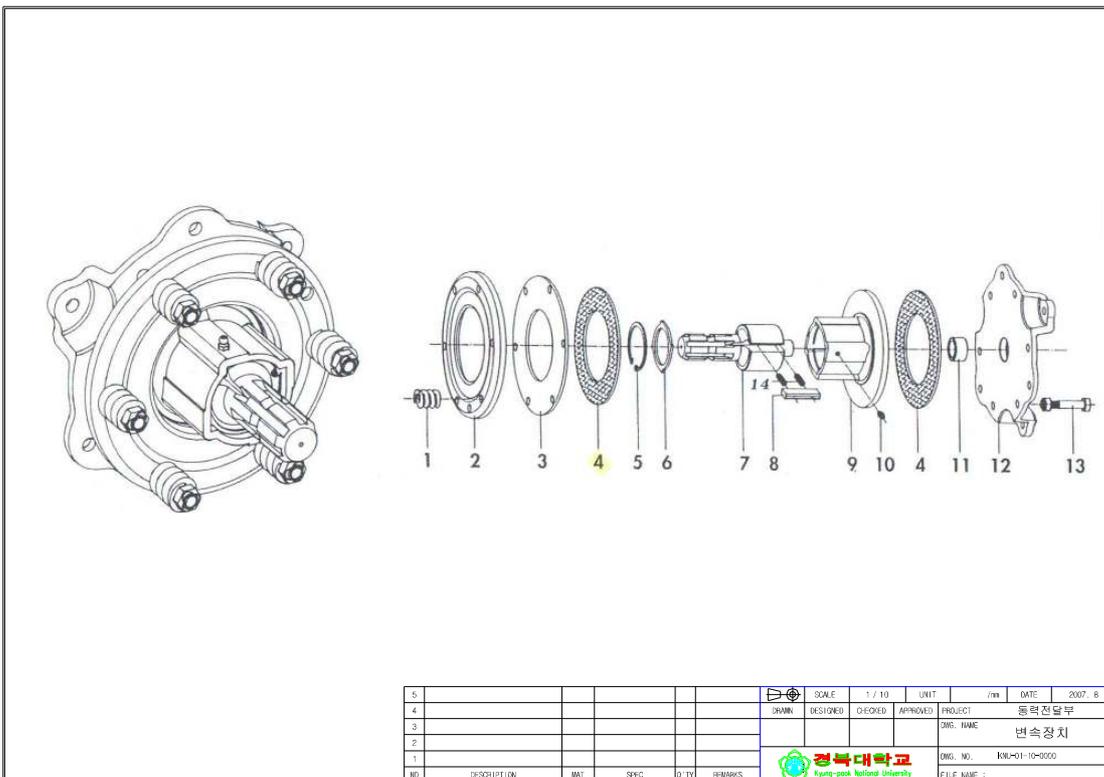


그림 109 동력전달부 - 슬립클러치



그림 110 주동력장치(1)



그림 111 주동력장치(2)



그림 112 슬립클러치

(6) 제품 이송용 컨베이어 설계·제작

규격화된 베일의 출구에는 베일슈트(bale chute)와 베일스로우어(bale thrower)를 부착시켜 다음 공정으로 이송되도록 설계하였다.

배출슈트를 직선으로 형성하면서 규격화 베일이 용이하게 배출되도록 하고 낙하된 규격화 베일이 다른 공정에 간섭을 주지 않도록 설계 및 제작하였다. 배출슈트는 배출되는 규격화 베일을 가이드할 수 있도록 가이드판 중간지점과 가이드판의 후미 끝부분까지의 사선부를 하향경사지게 절곡하여 규격화베일이 용이하게 배출될 수 있도록 설계하였고 배출되는 규격화베일을 가급적 본체의 외측으로 배출되도록 설계하였다.

또한, 연결축과 사선부의 하방에는 보강판을 설치하여 충분한 강성을 유지할 수 있도록 설계하였고, 사선부의 경우에는 일정한 탄성을 유지할 수 있도록 설계하였다.

그림 113은 규격화베일 반송부의 설계도이며, 그림 114는 제작된 규격화베일 반송부를 나타내고 있다.

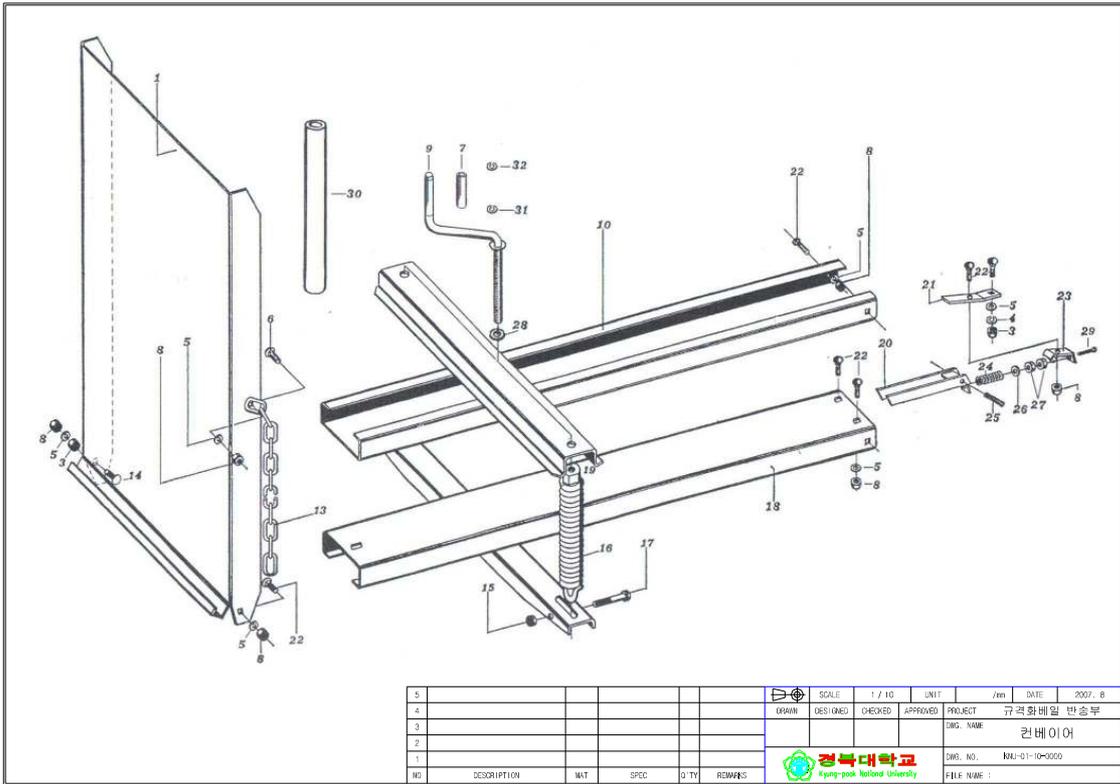


그림 113 규격화베일 반송부 - 컨베이어



그림 114 규격화베일 반송부

(7) 기타부 설계·제작

① 외장부

외장부는 규격화가공기기의 측면에 위치한 동력전달부, 각 링크 장치부, 압축실, 결속장치, 이송장치 등과 후면으로 노출되어 있는 반송부를 보호함과 동시에 기대의 상품성을 높이기 위해 보다 미려한 외관이 되도록 설계하였다. 또한, 철판의 재질은 아연도강판으로서 장시간 작업으로 도장이 벗겨지더라도 녹이 슬지 않도록 하였다. 주요 개발품의 제작사진은 아래와 같다.

그림 115와 116은 외장부 및 메인프레임, 배출장치의 설계도이며, 그림 117과 118은 제작된 외장부 및 메인프레임, 배출장치를 나타내고 있다.

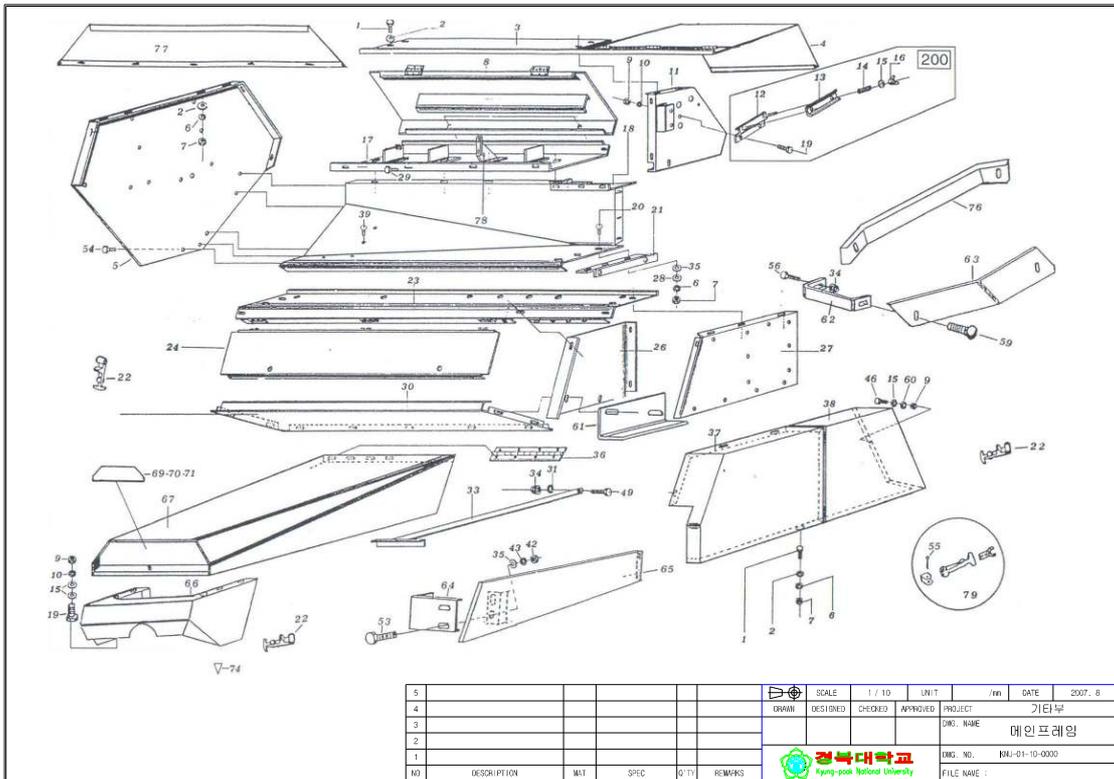


그림 115 기타부 - 메인프레임

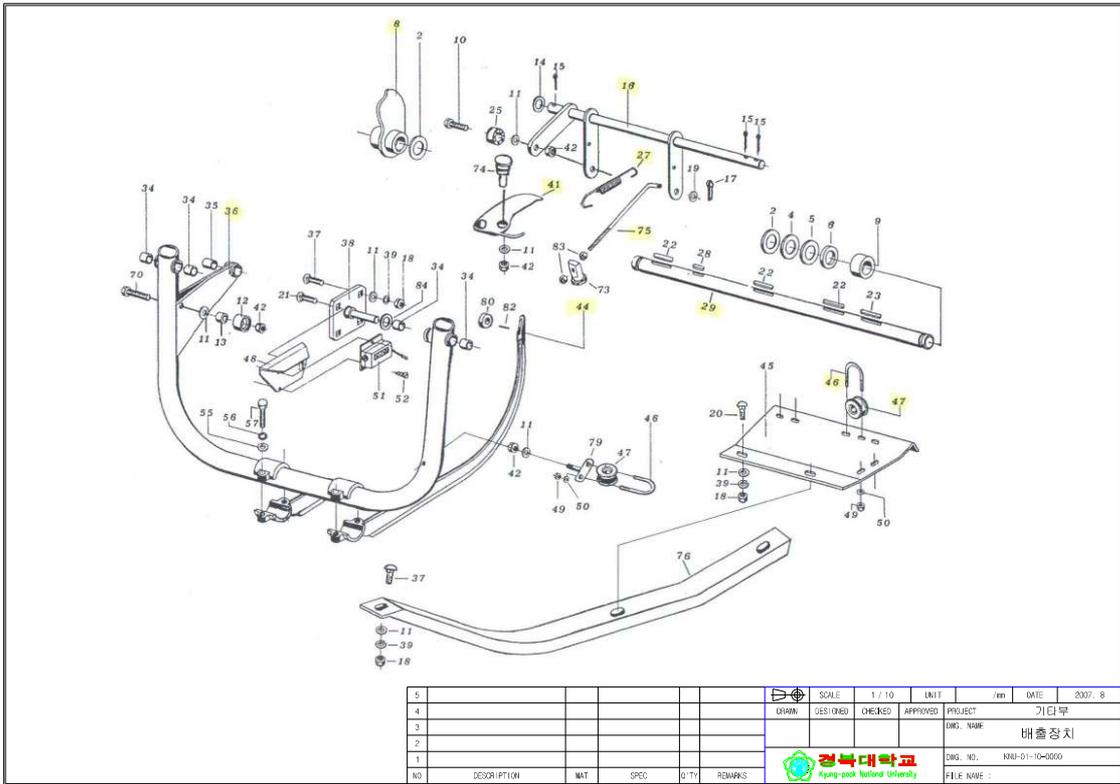


그림 116 기타부 - 배출장치



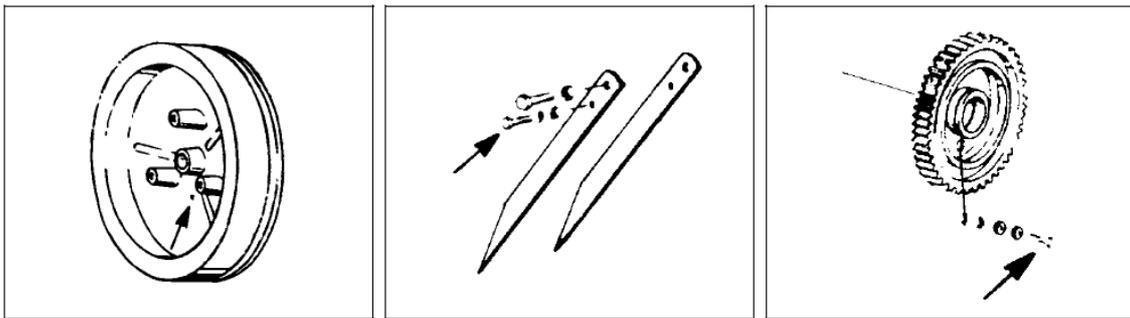
그림 117 기타부 - 메인프레임



그림 118 기타부 - 배출장치

② 안전장치

안전장치는 충격하중과 과부하로부터 규격화가공기기의 손상을 방지하기 위하여 설계하였다. 그림 119는 플라이휠(a), 이송포오크(b), 결속매듭기축(c)의 안전장치의 설치개소를 나타내고 있다.



플라이휠(a)

이송포오크(b)

결속매듭기축(c)

그림 119 규격화가공기기의 안전장치

표 18은 주요부의 안전장치의 제원을 나타내고 있으며, 안전장치로는 안전볼트, 슬립클러치, 오버리닝클러치를 적용하였다.

표 18 주요부의 안전장치 제원

적용부	적용장치	규격	수량
플라이휠	안전볼트	M10×70, 8.8T	1
	슬립클러치	47±0.2 mm	1
이송포오크	안전볼트	M8×45, 8.8T	5
결속매듭기축	안전볼트	M6×35, 8.8T	1
결속매듭기	스프링핀	HD48±0.2 mm	6
결속바늘	안전볼트	M10×70, 8.8T	1
픽업장치	오버러닝클러치	20.4 kg·m	1
	슬립클러치	27±0.3 mm	1

(8) 제작 및 완성

그림 120은 개발된 규격화가공기기의 개략도를 나타내고 있으며, 각 파트별로 설계 및 제작된 장치를 연결하여 규격화 가공시스템을 제작 및 완성하였다. 규격화 가공시스템은 세절부에서 이송되어온 세절된 조사료를 픽업장치로 이송부 안으로 밀어주면 이송포오크에 의하여 베일압축실로 이송된다. 베일압축실로 이송된 세절 조사료는 왕복운동을 하는 플런저에 의하여 압축되는데, 압축밀도는 챔버내에 있는 인장바에 의하여 조절된다. 또한 베일길이 측정휠에 의하여 베일의 길이가 조절되고 베일이 일정한 길이로 성형되면 결속장치에 의하여 결속되며, 결속된 규격화 베일은 후방으로 차례로 밀려 나가는데, 베일의 출구에는 베일슈트를 부착시켜 운반차 등에 실을 수 있도록 제작하였다.

표 19는 개발된 규격화가공기기의 주요제원을 나타내고 있다. 그림 121과 122는 제작중인 TMR 플랜트용 세절 조사료의 규격화 가공시스템을 나타내고 있으며, 그림 123~126은 완성된 TMR 플랜트용 세절 조사료의 규격화 가공시스템의 전면, 후면, 좌측면, 우측면을 나타내고 있다.

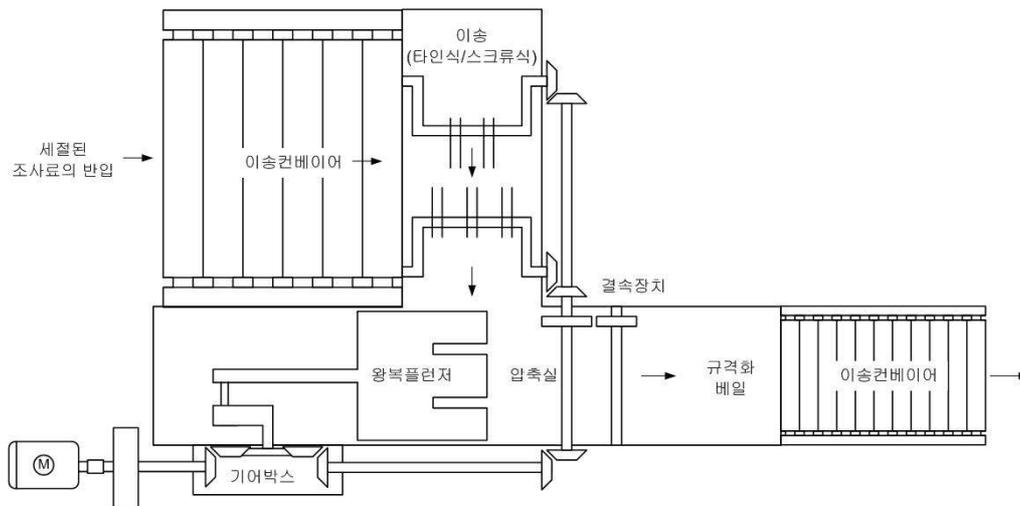


그림 120 개발된 규격화가공기기의 개략도

표 19 개발된 규격화가공기기의 주요제원

구분	단위	제원	
형식		모터구동식	
챔버규격	mm	350×470	
결속방식		노터식	
결속강도 조절방식		스프링 장력식	
노터장치		2열 묶음식	
픽업	드럼폭	mm	1290
	칼퀴개수	개	56
	구동방식		벨트식
기체크기	길이	mm	5700
	폭	mm	2380
	높이	mm	1550
중량	kg	1345	
스트로크	회/min	88	
이송거리	mm	740	
베일	길이	mm	400~1300
	중량	kg	18~30
	성형방식		플런저압축식
	베일형상		각형
	배출방식		자동식
소요동력	kW	37	



그림 121 제작중인 TMR 플랜트용 세질 조사료의 규격화
가공시스템(1)



그림 122 제작중인 TMR 플랜트용 세질 조사료의 규격화
가공시스템(2)



그림 123 완성된 TMR 플랜트용 세질 조사료의 규격화
가공시스템(전면)



그림 124 완성된 TMR 플랜트용 세질 조사료의 규격화
가공시스템(후면)



그림 125 완성된 TMR 플랜트용 세질 조사료의 규격화
가공시스템(좌측면)



그림 126 완성된 TMR 플랜트용 세질 조사료의 규격화
가공시스템(우측면)

5. 통합공정 시스템의 완성 및 시운전

완성된 ①조사료 반입 및 이송부, ②원형베일 세절부, ③세절과정에서 부풀려진 조사료를 규격화하는 가공시스템, ④이들 각각의 공정을 연결하여 주는 반송시설의 제작이 완료되었으며, 이들 각각의 공정을 연결하여 시스템의 하중 및 위치를 지지하여 주고, 동력을 전달하여주는 전체시스템을 완성하였다.

일종의 TMR플랜트의 전처리 공정이라고 할 수 있는데, 전라북도 정읍의 보리마을농장에 설치하였다. 설치 중에 있는 보리마을농장은 농가용 소형 TMR 플랜트가 설치되어 있는 곳으로서 본 연구에서 개발될 시스템이 적용될 최적의 장소이다.

가. 전체 컨트롤시스템의 설계 및 제작

본 모델 시스템은 기본적으로 ①작업자는 1명이 하고, ②가능하면 작업을 단순화 시키고, ③유지 및 관리비를 절감시킬 수 있도록 전체 컨트롤시스템을 설계 및 제작하였다. 또한 ④기존 농가형 TMR 플랜트의 각 공정의 통합제어시스템과 연결할 수 있도록 그림 127의 공정도와 같이 제작하였다.

본 연구의 전체 컨트롤시스템의 알고리즘을 살펴보면 그림 128과 같이 원형베일 조사료가 투입되면 적재장치의 모터를 구동시켜 원형베일 조사료를 적재하고 적재된 원형베일은 컨베이어의 모터가 가동되어 순차적으로 원형베일 세절기로 진입하게 된다. 원형베일 세절기의 유압모터가 동작하고, 유압모터 동작 전에 규격화가공기의 모터를 먼저 구동하고 이송컨베이어가 구동하게 된다. 규격화가공기에서 과부하가 발생할 경우에는 앞서와 반대의 순서로 작동이 멈추게 되며, 종료시에도 앞의 순서와 같이 동작되도록 설계하였다.



그림 127 공정도

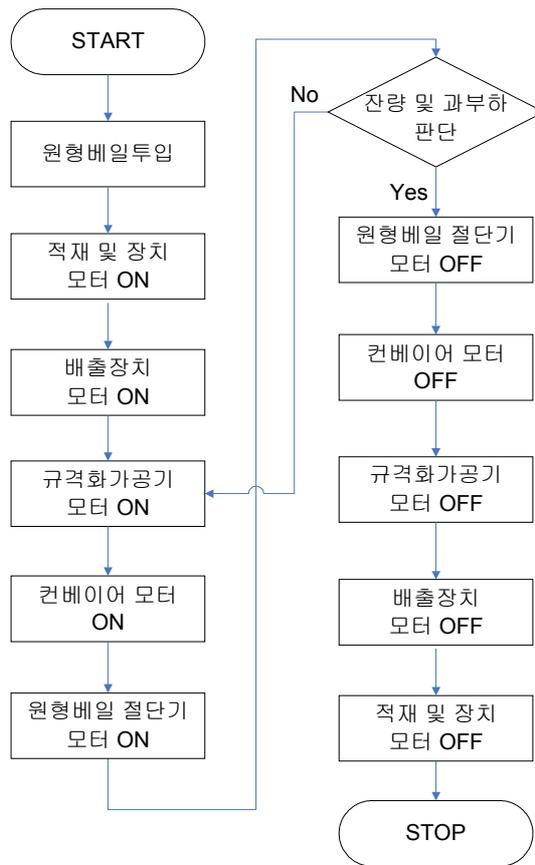


그림 128 전체시스템의 제어알고리즘



그림 129 전체 컨트롤시스템

나. 통합시스템 완성

기본적으로 모델은 매우 단순하게 배치하였다. 모델 플랜트의 핵심이 되는 세절기와 규격화가공기는 중심에 있으며 한쪽은 원형베일의 적재 및 반입이 되는 장소가 되고 다른 한쪽은 규격화가공이 완료된 조사료의 반출이 되도록 배치하였다.

그림 130은 TMR 플랜트용 원형베일 전처리가공시스템의 통합공정도로써 원형베일 형태의 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 적재·반입 컨베이어와 적재·이송 컨베이어를 통해 공급된 원형베일 형태의 조사료를 규정된 길이로 세절하는 세절기와 세절기를 통해 배출되어 공급된 세절 조사료를 가압하여 TMR 배합기에 원활히 공급할 수 있도록 크기 및 양(무게)을 소형화·규격화(사각베일) 시키는 규격화 가공기로 구성되어 있다. 규격화 가공기를 통해 소형화·규격화(사각베일) 처리된 조사료를 이웃한 TMR 배합기 측으로 이송 공급시킬 수 있도록 상기 규격화 가공기와 TMR 배합기 사이에 이송컨베이어가 설치되어 있으며, 이와는 별도로 규격화 가공기를 통해 소형화·규격화(사각베일) 처리된 조사료를 일정기간 저장하기 위한 저장소가 TMR 배합기와 이웃하여 설치되어 있다.

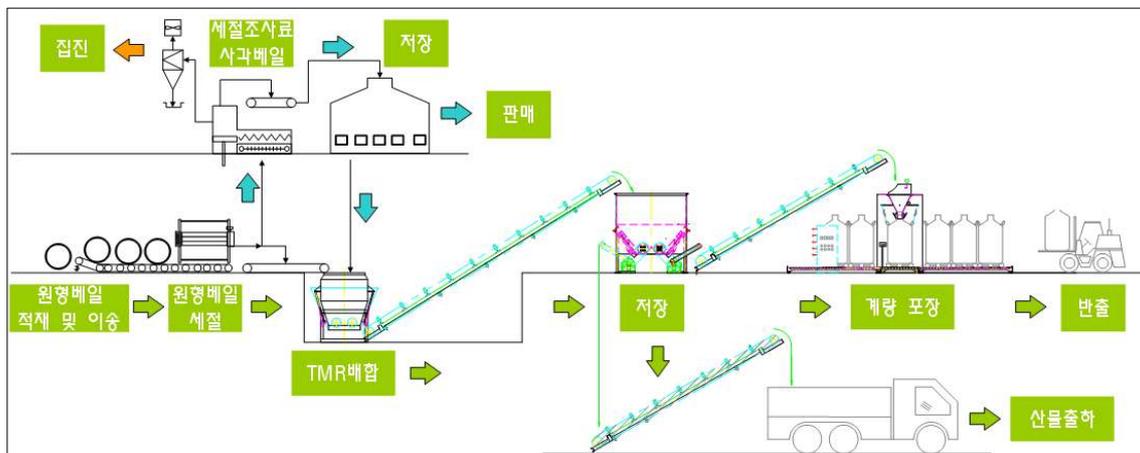


그림 130 “TMR 플랜트용 원형베일 전처리가공시스템”의 통합공정도

그림 131에서는 원형베일 전처리 시스템의 모델은 앞서의 TMR 플랜트의 가공 공정 흐름에 방해 되지 않게 배열하고 장래의 시설확장에 대비하여 설계하였다. 원형베일의 반입은 운반과 접근이 용이하도록 하였고, 세절 후 규격화가공까지의 작업 동선을 최소화할 수 있도록 하였다. 규격화가공이 완료된 조사료는 저장 및 배합기로의 투입이 용이하도록 배치하였다. 그림 132~134은 설치된 통합시스템을 나

타내고 있다.

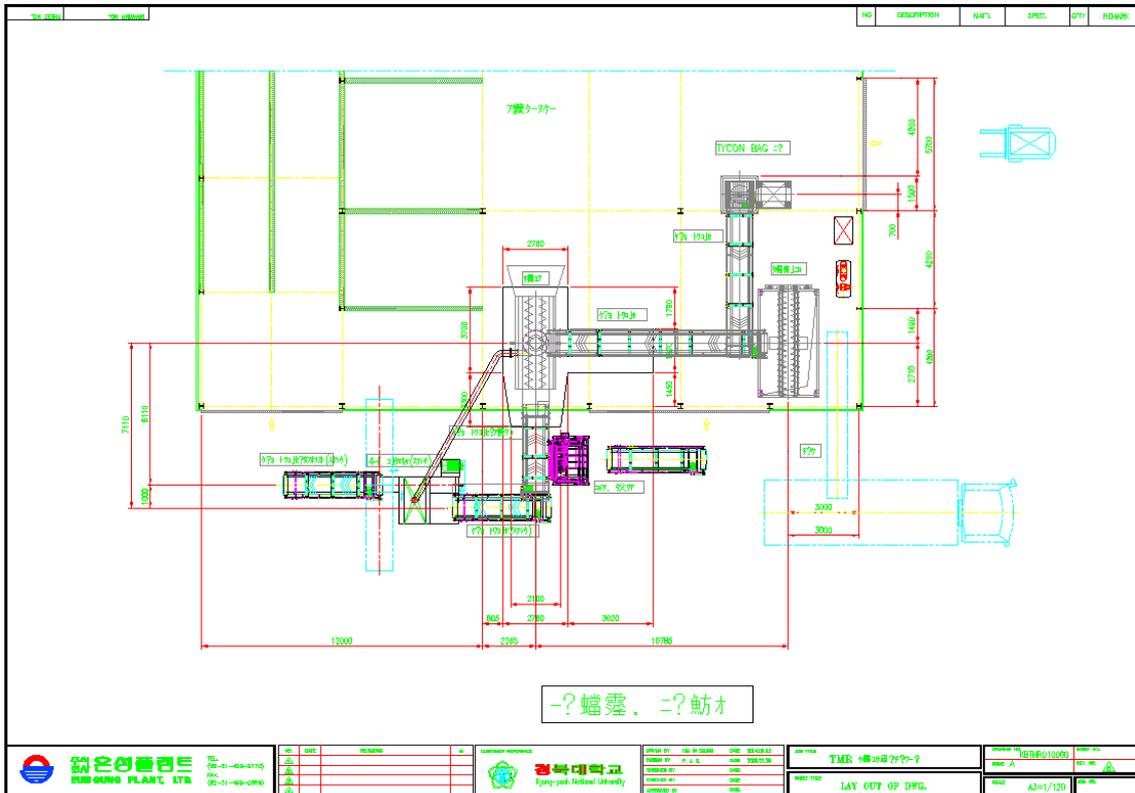


그림 131 통합시스템의 Layout



그림 132 완성된 통합시스템 1



그림 133 완성된 통합시스템 2



그림 134 완성된 통합시스템 3

다. 시운전 및 문제점

본 연구의 통합시스템의 자동화 대상으로 가장 중요하게 고려되고 있는 공정이 세절 조사료의 투입, 원형베일 세절, 규격화가공, 반송 공정이다. 제작된 TMR 플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 작동여부와 타 공정과 연결이 원활한지를 조사하기 위하여 시운전을 실시하였다.

원형베일을 반입 및 적재, 세절한 후 세절 조사료에 대한 작업속도, 결속강도 등에 대한 정량적인 규격화를 위하여 규격화 가공시스템에 장착된 베일밀도와 베일길이 조절장치로 조정하면서 작업능률, 베일의 체적, 중량, 결속된 베일의 밀도, 결속상태 등을 측정하여 발생하는 문제점과 해결방안을 제시하였다.

공시재료는 표 20과 같이 저함수율인 마른벚짚과 고함수율인 이탈리아라이그래스를 이용하였다.

표 20 공시재료의 종류 및 특성

항 목	함수율(% , w.b.)	중량(kg/베일)
마른벚짚	12.7	260
이탈리아라이그래스	64.8	540

각 공정별로 기계의 단동 테스트는 완료하였으며, 통합공정 연동 테스트를 실시하였다. 이러한 자동화 시스템의 특징을 수동에 의한 시스템과 비교하여 보면 생산될 제품의 베일 길이, 투입량, 낙차보정, 안전운전을 위한 인터록, 경보 메시지, 동시투입 등을 자동적으로 제어할 수 있어야 한다. 따라서 통합 공정시스템을 시운전하여 각각의 설정값들을 입력하고 제품을 생산할 수 있도록 제어하였다.

시운전시에 각 공정별로 나타난 여러 문제점들을 아래에 기술하였다.

원형베일 세절기의 경우, 반송기(컨베이어)의 2단 설치로 지상고의 높이가 높아져 원형베일 적재시에 진동현상이 발생하였다. 이는 원형베일 세절기 적재부의 진동완화장치(고무패드 및 다이 설치)의 설치로 가능할 것으로 판단되었다.

그림 135의 세절 조사료의 투입공정의 경우, 컨베이어로 이송된 세절조사료가 규격화 가공시스템에 원활한 투입이 되는지를 확인하였다. 그 결과 투입은 원활하게 이루어졌으나, 규격화 가공시스템의 픽업부에 낙하하는 세절 조사료의 잔량 손실이 있어 조사료 픽업부의 가이드 설치 및 간격조절과 작업 후 잔량을 청소할 수 있는 장치의 설치가 필요할 것으로 판단되었다.



그림 135 세절조사료 투입과정



그림 136 세절 조사료의 규격화 가공 후의 베일상태

그림 136의 세절 조사료의 규격화 가공 후의 베일상태를 나타내고 있다. 마른벼짚의 경우는 규격화 가공 후 베일의 상태가 양호하였으나, 수분이 많은 이탈리아안라

이그래스의 경우는 한쪽으로 찌그러지는 현상이 발생하였다. 이는 수분이 많은 조사료의 경우에 포오크의 이송으로 압축실 안으로 밀어줄 때 운동량이 커고 마른벼짚과 달리 부피가 적어서 압축실에 골고루 분포되지 않고 안쪽에 더 많은 양의 조사료가 위치하게 되어 결국 규격화 가공 후에는 직사각형을 이루지 않고 사다리꼴 형태로 형성되어 찌그러짐이 발생하는 것으로 판단된다. 따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 수분이 많은 조사료의 규격화 가공시에 포오크의 이송속도를 낮추거나 압축실 내에 조사료의 분포가 일정하게 될 수 있는 균형장치의 보완이 필요할 것으로 판단되었다.

원형베일의 경우 레이크 작업시 레이크 봉 또는 돌 등이 삽입될 수 있고, 이는 기계 투입시 부하 및 큰 손상을 줄 우려가 있다. 그림 137은 레이크 봉의 혼입으로 세절기의 절단날 훼손을 볼 수 있다. 향후에도 세절시 큰 이물질을 분리할 수 있는 시스템이 필요할 것으로 판단된다.



그림 137 원형베일 세절기의 절단날 훼손

그림 138에서 보는 바와 같이 원형베일의 규격화가공시 가장 많은 흠먼지의 발생은 규격화가공기의 픽업부, 포크부, 결속부에서 나타났으며, 이를 위해서는 각 요소를 집중적으로 집진할 수 있는 장치의 보완이 요구되었다.



그림 138 규격화시스템의 집진요소

표 21 시운전 결과

공시재료	마른벚짚	이탈리안라이그래스
함수율(% , w.b.)	12.7	64.8
작업속도 (kg/min)	130	270
원형베일 당 규격화작업소요시간(초)	125	131
원형베일 당 사각 베일의 생산 개수(개)	20	24
규격화된 베일의 크기 (mm)	350×450×500	320×430×450
규격화된 베일의 중량 (kg)	12.7	20.9
베일결속밀도 (kg/m ³)	179.2	303.1

표 21은 시운전 결과를 나타내고 있다. 작업속도는 마른벚짚의 경우 130 kg/min, 이탈리안라이그래스의 경우 270 kg/min 로 나타났으며, 규격화 가공된 베일의 결속 강도는 마른벚짚의 경우 180 kg/m³, 이탈리안라이그래스의 경우 300 kg/m³로 나타

났다. 그러나 이 결과는 수정 보완되기 이전의 결과 값으로서 추후 시운전과 지속적인 현장적응시험을 통하여 발생된 문제점을 보완하여 세절 조사료의 재료별, 함유수율별로 작업속도, 결속강도 등에 대한 정량적인 규격화를 구체화하였다.

제3절 현장적응시험

본 연구에서는 완성된 통합시스템을 전라북도 정읍시 정우면의 보리마을에 직접 설치하여 한우에 급여할 수 있도록 지속적으로 가동시험을 실시하였다. 보리마을은 농가형 소형 TMR 플랜트가 설치된 곳으로 최적의 시험장소이기도 하다. 이러한 여러 차례의 현장테스트를 통하여 농민들이 실제로 사용을 하는데 필요한 문제점 및 개선할 점을 조사하였으며 우리나라 실정에 알맞은 시스템으로 최종적인 보완을 하였다.

1. 생산작업 요약

원형베일의 반입부터 규격화베일 생산작업을 실제 설치된 플랜트에서 실시한 결과 및 특징은 아래와 같다.

가. 원형베일 반입 및 적재작업

일반적인 조사료 반입작업의 형태는 그림 139와 140에서 보는 바와 같다. 스키드 로더에 부착된 원형베일 이송용 핸들러를 이용하여 플랜트 주변에 적재된 원형베일을 반입장치로 이송한다. 이동된 원형베일은 세절공정을 위하여 비닐과 결속끈을 제거하고 적재장치로부터 들어 올려져 적재장치에서 대기하게 된다. 이때 반입장치에서는 원형베일은 3~4개를 순차적으로 대기시켜 놓고 1베일씩 세절장치로 투입을 시킨다.



그림 139 원형베일 반입



그림 140 원형베일 적재

나. 원형베일 세절작업

그림 141과 같이 원형베일 상태로 반입된 조사료는 작두식 세절기의 별도의 적재 케이스에 이송이 되어 세절을 위해 대기하게 된다. 세절은 반달형상의 캄에 의해

절단날이 선회하면서 이 작동궤적과 대응하는 위치에 삼각형의 고정커터를 설치하여 원형베일을 길이방향으로 절단시킨다. 작두식 세절기의 경우는 흙먼지의 분리가 이루어지지 않기 때문에 사이클론식 집진장치는 필요가 없다.



그림 141 원형베일 세절

다. 세절조사료의 반송작업

세절 조사료의 반송작업은 원형베일을 세절기로 세절 한 후 세절된 조사료를 규격화가공기기 또는 배합기로 반송시키는 작업이다. 일반적으로 조사료를 반송시키기 위하여 TMR 플랜트에서 가장 많이 사용되는 반송장치 중 하나인 벨트컨베이어를 이용하였다.(그림 142, 143)

TMR 작업시 세절되는 조사료가 볏짚 원형베일, 램사일리지 등과 같이 한 가지 이상이고, 한 개의 원형베일이 1회 투입에 모두 사용되지 않는다. 따라서 1회 작업에 경우에 따라서는 1/3 또는 1/2 정도만이 세절되고 남은 베일은 다음 배합에 세절이 되어야 되는 문제점이 있다. 또한 볏짚과 같은 건초 베일은 미리 세절하여 두면 너무 부피가 크기 때문에 배합기에 직접 투입할 경우 공간이 부족한 단점이 있다. 따라서 마른볏짚과 같이 부피가 큰 조사료는 규격화를 위해 규격화가공기로 반송작업을 하고, 사일리지와 같이 배합기에 직접 반송할 경우는 회전방향을 반대로 하여 투입이 가능하도록 하였다. 또한, 1/3 또는 1/2 정도만이 세절되고 남은 베일

은 규격화가공기로 반송하여 규격화베일을 생산할 수 있도록 하였다.



그림 142 세절 조사료 이송



그림 143 세절조사료의 규격화 가공기 투입

라. 규격화 가공작업

규격화가공의 작업형태는 다음의 그림 144와 같다. 컨베이어를 통해 반송된 세절된 조사료는 규격화가공기의 픽업부에 투입되고, 픽업부로부터 들어올려진 세절 조사료는 포오크에 의해 베일챔버로 이송된다. 베일챔버로 이송된 건초는 왕복운동을 하는 플런저에 의하여 압축되는데, 압축밀도는 챔버내에 있는 인장바(tension bar)에 의하여 조절된다. 또한 베일길이 측정휠에 의하여 베일의 길이가 조절되고 베일이 일정한 길이로 성형되면 결속장치에 의하여 결속되는데, 이때 결속끈이 풀리지 않게 해주는 매듭장치가 있다. 이후 베일은 베일후방으로 차례로 밀려 나가는데, 베일의 출구에는 베일슈트를 부착시켜 저장을 할 수 있도록 하였다.



그림 144 규격화 가공

마. 규격화 베일의 저장 및 반출작업

생산된 규격화 베일은 그림 145와 같이 팔레트에 적재하여 주위의 저장고에 대기시켰다가 배합기에 투입할 수 있으며, 반출컨베이어를 이용하여 차량에 적재시켜 타 농가에 반출할 수 있도록 하였다.



그림 145 규격화 베일의 저장 및 반출

2. 수정 및 보완

원형베일 세절기의 경우, 반송기(컨베이어)의 2단 설치로 지상고의 높이가 높아져 원형베일 적재시에 진동현상이 발생하였다. 그림 146과 같이 수정 보완하였다.



그림 146 수정된 원형베일 세절기의 좌대

세절 조사료의 투입공정의 경우, 규격화 가공시스템의 픽업부에 낙하하는 세절 조사료의 잔량 손실이 있어 그림 147과 같이 조사료 픽업부의 가이드 설치 및 간격 조절 등 수정보완을 하였다.



그림 147 수정된 규격화가공기 투입구

그림 148에서 보는 바와 같이 원형베일의 규격화가공시 가장 많은 흠먼지의 발생은 규격화가공기의 픽업부, 포크부, 결속부에 집진장치의 보완을 하였다.



그림 148 수정된 집진장치

수분이 많은 조사료의 규격화 가공시에 직사각형을 이루지 않고 사다리꼴형으로 형성되어 찌그러짐이 발생하는 것을 압축실 내에 조사료의 분포가 일정하게 될 수 있도록 세절조사료의 투입방향을 조절하여 한쪽으로 구부러짐이 없고 압축강도면에서 양호한 형태를 보이는 규격화베일을 생산하였다.

표 22 각 공정별 수정 및 보완사항

공정명		현황 및 문제점	수정보완
원형베일 세절	적재부	- 절단기 지상고 높이에 따른 진동현상	- 원형베일 진동완화장치 설계
	배출부	- 세절조사료의 적체현상	- 배출구측 컨베이어 속도조정
규격화 베일	픽업부	- 세절조사료 투입시 외부로 잔량 발생	- 투입컨베이어와 픽업부의 간격 조정 - 픽업부 투입가이드 제작
	배출부	- 배출부 한방향으로 베일의 누적	- 방향조절판의 양방향 설계
집진		- 마른벼짚 가공시 흙먼지 발생 과다	- 규격화베일시 픽업부, 포크부, 결속부의 보완설계

이상과 같이 각 공정별로 나타난 문제점을 수정 및 보완한 결과를 표 22에 요약정리하였다. 여러 문제점들을 수정 및 보완하였으며, 현재 계속하여 가동 중에 있다. 향후에도 장기간 사용함에 따른 내구성 등 하나의 시스템으로 보급하기 전에 문제점을 밝혀내고 수정 및 보완하여 최적의 시스템이 될 수 있도록 할 것이다.

제4절 성능시험

앞서 완성된 통합시스템을 전라북도 정읍의 보리마을에 직접 설치하여 실제 한우에 급여할 수 있도록 계속하여 가동시험을 실시하였고, 이러한 여러 차례의 현장 테스트를 통하여 농민들이 실제로 사용을 하는데 필요한 문제점 및 개선할 점을 조

사하여 최종적으로 보관을 하였다. 본 연구에서는 최종적으로 설계 제작되어 완성된 원형베일 전처리 가공시스템의 성능을 검증하기 위하여 아래의 관련된 성능을 시험하였다.

1. 재료 및 방법

TMR 플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 핵심 부분인 세절된 조사료를 규격화 가공을 위하여 공시재료로 표 23과 같이 저함수율인 마른벚짚과 고탄수율인 이탈리아라이그래스의 원형베일을 이용하였다. 이것에 대한 ①작업능률, ②베일의 체적, 중량, ③결속된 베일의 밀도 등을 시험하였다.

표 23 공시재료의 종류 및 특성

항 목	함수율(% , w.b.)	중량(kg/bale)	건물량(kg, d.b.)
마른벚짚	19.9	260	208
이탈리아라이그래스	62.9	550	200

가. 작업능률(kg/h)

작업능률은 플랜트 시스템에 있어서 중요한 요소 중에 하나이다. 각 공정별로 작업소요시간을 측정하여 단위시간당 작업량을 다음 식에 의하여 산출하였다.

$$E = \frac{W}{T}$$

여기서, E : 작업능률(kg/h)

W : 베일중량 (kg)

T : 소요 작업시간(h)

나. 베일의 개수, 체적(m³) 및 중량(kg)

작업이 완료된 후 규격화 완료된 베일의 개수를 조사하고, 그 중 10%, 50%, 90% 공정의 3개를 임의 발췌하여 베일의 체적 및 중량을 각각 측정한 후 그 평균값으로 하였다.

다. 베일결속밀도(kg/m³)

기 발취된 베일결속밀도는 다음 식을 이용하였다.

$$D = \frac{W}{V}$$

여기서, D : 베일결속밀도(kg/m³)

W : 베일1개의 평균중량(kg)

V : 베일1개의 평균체적(m³)

라. 조사료 세절길이 분포도 시험

공시재료는 앞서 베일의 개수, 체적 및 중량 측정시의 마른벼짚과 이탈리아안라이 그래스를 이용하였다. 샘플의 채취는 10%, 50%, 90% 공정의 규격화 완료된 베일 3개를 임의 발취하고, 규격화 베일에서 조사료 약 100g 씩을 각각 채취하여 길이비율에 대해 중량 %로 분포를 나타내었다.

마. 소요동력

규격화가공기의 경우 37kW급의 트랙터견인형을 참고모델로 하여 설계하였기 때문에 전기형인 경우는 소요되는 동력이 낮을 것으로 예측된다. 후크메타를 이용하여 규격화 가공기의 전류치를 측정하여 향후 설계시에 반영하도록 하였다.

바. 기타 작업 상태

앞에서 조사한 시험과 별도로 ①고함수율 사일리지를 압축할 경우에 수분(사일리지 즙액)이 흘러내리는 현상에 대한 조사와 ②결속 끈의 결속간격 및 일정한 간격으로 감졌는지의 여부, ③베일의 결속정도와 결속상태를 조사하였다.

2. 성능시험 결과

가. 각 공정별 작업소요시간

각 공정별로 작업소요시간을 표 24에 요약하였다. 조사료 세절 전에 저장되어 있는 원형베일 조사료를 반입 및 적재장치에 운반하여 적재하는 데 약 1분, 랩핑되어 있는 비닐 및 끈을 제거하는 데 소요되는 시간은 약 1분으로 나타났다.

원형베일 투입 및 세절에 소요되는 시간은 약 5~6분으로 나타났으며, 세절하는 동안 세절조사료의 반송, 규격화 베일링, 규격화 베일의 적재까지 동시에 작업이 진행되며, 원형베일 세절완료 후 약 1분이면 작업을 완료할 수 있는 것으로 나타났다. 총 작업소요시간은 평균적으로 약 8분 30초이면 1 bale의 작업을 완료할 수 있다.

표 24 각 공정별 작업소요시간

공정	세부공정	작업시간(min/bale)
원형베일 반입	- 원형베일 운반 및 적재	1
	- 원형베일 비닐 및 끈 제거	1
원형베일 세절	- 원형베일 투입	5~6
	- 원형베일 세절	
규격화 베일	- 세절조사료 반송	1
	- 규격화 베일	
	- 규격화 베일 적재	

나. 작업능률

작업능률은 조사료에 함유된 수분값에 따라서 많이 차이가 나지만, 건물량을 기준으로 하였을 경우 평균 1440 kg-d.b./h으로 나타났다.

다. 베일의 개수, 체적, 중량, 결속밀도

표 25에 마른벧짚과 이탈리아라이그래스의 평균적인 베일의 개수, 중량, 체적, 결속밀도를 나타내었다. 작업성이 편리하도록 15~20kg 정량으로 규격화하기 위한 베일의 단면이 350×460 mm일 경우, 베일의 길이는 수분이 60%이상인 조사료는 400mm, 수분이 20%이하인 조사료는 800mm가 양호한 것으로 나타났다.

규격화베일의 결속정도와 결속상태를 종합하여 볼 때 결속밀도는 건물량 기준으로 평균 114 kg/m³으로 나타났다.

표 25 베일의 체적, 중량, 결속밀도

공시재료	마른벚짚	이탈리안라이그래스
함수율(% , w.b.)	19.9	62.9
원형베일 당 사각 베일의 생산 개수(개)	15	23
규격화된 베일의 크기 (mm)	350×460×800	350×460×450
규격화된 베일의 중량 (kg-w.b.)	17.2	23.8
베일결속밀도 (kg-d.b./m ³)	107.0	121.9

라. 조사료 세절길이 분포도 시험

표 26에서 나타낸 바와 같이 규격화 베일 후의 조사료의 평균길이는 15cm 이하의 길이가 30 %-weight, 15cm 이상의 길이가 70 %-weight 로 나타났다.

표 26 조사료 세절길이 분포도

길이별 분포(cm)	마른벚짚		이탈리안라이그래스	
	중량(g)	비율(%)	중량(g)	비율(%)
5이하	5.13	6.2	1.04	1.2
5~10	7.24	8.8	9.64	10.4
10~15	10.98	13.3	19.23	20.7
15이상	59.27	71.7	62.83	67.7

마. 소요동력

규격화 가공기의 전류치를 측정한 결과 평균 12~18 A로 나타났으며, 최대전류치

로 안전율을 계산할 경우 10kW의 모터를 사용하여도 충분할 것으로 판단된다.

바. 기타 작업상태

고함수율 사일리지를 압축할 경우에 수분(사일리지 즈액)이 흘러내리는 현상과 결속 끈의 결속간격 및 일정한 간격으로 감겼는지의 여부, 베일의 결속정도와 결속 상태를 조사하였는데, 그림 149와 같이 양호한 상태를 보이고 있다.



그림 149 규격화베일 - 마른벼짚(좌), 이탈리아라이그래스(우)

제5절 경제성분석

1. 서론

개발된 원형베일 전처리 가공시스템은 많은 현장 테스트와 이에 대한 수정 및 보완 등을 거치면서 실증 시험한 결과 매우 만족스런 결과를 보였다.

그러나 개발된 시스템이 실제로 설치되어 운영한 후 이용비용에 경제성이 있는가 하는 문제는 매우 중요한 요소가 된다. 특히 본 연구가 현장에서 한우 및 낙농가에 게 직접적으로 혜택을 줄 수 있어야 하기 때문에 경제성 분석은 매우 중요한 의미를 가진다 할 수 있다.

앞선 연구에서 본 연구팀은 농가형 TMR 플랜트 모델을 개발하였고, 본 연구에서 개발된 원형베일 전처리 가공 시스템을 농가형 TMR 플랜트에 포함하여 경제성을 분석하고자 한다. 개발된 원형베일 전처리가공시스템은 농가형 TMR 플랜트의 트

랙터견인형 세절기를 대체하여 운영된다.

이에 따라 본 연구의 목적은 현재 설치되어 운영 중인 시스템의 현장적응시험 및 성능시험을 통하여 획득된 자료를 바탕으로 한우 및 낙농가에서 ①모델 시스템에 의한 TMR 사료 생산시와 ②관행에 의한 시판 TMR 사료를 구입했을 경우의 비용 및 절감효과를 비교 분석하여 우리나라의 축산농가에 적용할 수 있는지에 대한 가능성 여부를 제시함에 있다.

2. 연구의 방법

본 연구에서 개발된 시스템은 농가형 TMR 플랜트에 설치되어 운영되며, 본 모델은 1 batch에 2 ton 규모의 TMR 사료를 생산할 수 있는 시스템이다. 시판 TMR 사료 구입 모델은 상업용 TMR 플랜트에서 판매하는 한우 및 젖소용 TMR 사료를 구입하는 시스템이다. 경제성 분석 방법은 시스템의 투자비용과 이용비용으로 나누어 아래와 같이 산출하였다.

가. 투자비용

투자비용은 토지구입비, 토목·건축비, 기계설비비, 전기시설비, 기타비용으로 구분하여 분석하였다.

토지구입비는 기계설비의 배치, 원료와 TMR 사료의 저장공간, 운반 등을 고려하여 토지면적을 구하여 비용을 산출하였다. 본 연구에서의 모델 플랜트의 토지면적은 약 800 m²이 필요한 것으로 나타났다. 토지비용은 전국의 광역시를 제외한 기타 비목지의 2008년도 표준공시지가 52,889 원/m²을 기준으로 하였다(한국감정평가협회, 2008).

토목·건축비는 일반적으로 농산물 보관창고와 같은 건축물과 토목공사 설계비 산정 기준을 적용하였다(농촌진흥청, 2006). 여기서 설계, 건축, 토목공사, 각종 인허가사항 등을 포함하여 182,000 원/m²을 기준으로 산정하였으며, 이때 모델 플랜트의 건평은 약 500 m²으로 나타났다.

기계설비의 가격은 농업기계가격집과 기계제작회사에 의뢰하여 조사하였다(한국농기계공업협동조합, 2008). 여기서 모델 플랜트에 소요된 기계제원 및 시설비용은 다음의 표 27과 같다. 기계제원은 전동기로 구동되는 기계의 소요동력을 나타내었고 관행의 자가 TMR 시스템에서 TMR 배합기는 트랙터 견인형을 이용하였다.

전기시설비는 전술한 기계시설과 유틸리티에 필요한 소요동력을 계산하여 수변전

공사비용과 전기공사비용으로 나누어 적용하였다. 수변전공사비용과 전기공사비용은 한국전력공사에서 고시한 단가 70,400 원/kW와 60,000 원/kW을 적용하였다(한국전력공사, 2008). 총 소요동력은 95 kW로 나타났지만, 실제로 원형베일 전처리 가공시스템과 농가형 TMR 플랜트를 동시에 가공하지 않기 때문에 70 kW이면 충분한 것으로 나타났다.

유틸리티는 에어실린더 등을 제어하기 위한 공기압축기 구입비와 각각의 배관 공사비 등을 계산하였으며, 운반장비는 33 kW급 스킵로더 구입비와 스킵로더에 장착할 수 있는 각종 사료운반에 필요한 장비 개조비를 포함하였다(한국물가협회, 2008).

표 27 모델 시스템의 기계사양 및 시설비용

항목		소요동력(kW)	구입비용(천원)
원형베일 전처리가공시스템	절단기	7.5	10,000
	규격화가공기	10	18,000
	컨베이어1, 2, 3, 4	1.5×4	12,000
	집진장치	7.5	10,000
농가형 TMR 플랜트	배합기	37	25,000
	컨베이어 1, 2, 3	2.2×3	12,000
	제품저장빈	11×2	19,000
	포장기	-	7,000
합계		96.6	113,000

표 28과 같이 모델 플랜트의 기계시설비 투자비용은 약 113,000천원이지만, 부지 구입비, 토목·건축비, 전기시설비, 유틸리티 그리고 운반장비 등을 포함한 모델 플랜트의 투자비용은 총 292,439천원으로 나타났으며, 관행의 시스템에 의한 투자비용은 26,491천원으로 나타났다.

표 28 모델의 투자비용 내역 (단위: 천원)

항목	투자비용
부지구입	42,311
토목, 건축	91,000
기계설비	113,000
전기시설(통합콘트롤 포함)	19,128
유틸리티	2,000
운반장비	25,000
합계	292,439

나. 이용비용

본 연구에서는 TMR 사료 생산에 소요되는 이용비용을 고정비와 변동비로 구분하였다. 모델 시스템의 원형베일 세절기와 관행 시스템의 TMR 배합기의 경우 트랙터를 이용하는 것으로 하였다. 이때 40 kW급 트랙터는 이미 보유하고 있는 것을 이용하는 것으로 가정하였다.

(1) 고정비

기계 이용시의 고정비용은 감가상각비, 수리비, 이자, 전력비(기본요금) 등의 합으로 계산되며 작업에 이용된 기계의 구입가격은 조사된 가격을 기준으로 하였다.

모델의 건물 및 시설비용에 대한 감가상각비는 직선법을 적용하여 산출하였다(정 등, 1995). 내구연한은 문헌 등을 참조하여(농촌진흥청, 2006), 건물의 경우 40년, 기계류는 8년, 운반장비는 10년으로 하였으며, 폐기가격은 구입가격의 5%로 가정하였다. 전기시설은 수변전설비의 경우 20년으로 폐기가격은 0%로, 전기공사의 경우 10년으로 폐기가격은 5%를 각각 적용하였다.

이자 는 총 투자비용에 대하여 적용하였는데, 농림부의 사료제조시설지원조건에서

용자 70%에 대하여는 연리 4%를 적용하고 자부담 30%에 대해서는 농업인 대출금리 3%를 적용한 다음(농림부, 2008), 변동금리를 감안하여 일률적으로 4%의 이자를 적용하였다. 보험은 건물과 시설 투자비용의 연간 0.1%를 적용하였다.

건물 및 시설의 수리비는 고정비에 포함시켜 결정하였는데, 문헌을 참조하여(정 등, 1995) 일반적으로 적용되는 연간 3%를 수리비로 적용하였다. 기계류의 경우 소요되는 부속품과 작동시 부하변동이 큰 배합기, 세절기, 규격화가공기 등의 경우는 기계구입가의 연간 6.5%를 적용하였으며, 나머지는 연간 3%를 적용하였다. 차고비는 기계 구입가의 1%로 하였다.

모델 플랜트 및 자가 TMR은 축산농가 개인이 운영하는 시설이며 원료의 공급이 원활하지 못하여 원료 변경 등의 문제점이 발생할 수 있기 때문에 특정 단체로부터 배합비율 등과 같은 전문지식을 전달받을 수 있는 정보 공급체계가 필요하다. 따라서 외부 컨설턴트를 통한 배합프로그램 작성비용은 500 천원/월을 적용하였다.

(2) 변동비

모델 플랜트의 이용시 변동비용은 다음의 식으로 산출하였다.

$$VC = H(F + O + L + E + T)$$

여기서, VC : 변동비용(원/년)

H : 연간 기계 이용시간(시간/년)

F : 1시간 작업시의 소모 연료비용(원/시간)

O : 1시간 작업시의 소모 윤활유 비용(원/시간)

L : 시간당 노동임금(원/시간)

E : 시간당 소모 전력비(원/시간)

T : 트랙터의 시간당 이용비용(원/시간)

$$= \text{트랙터 구입가} \times \text{고정비계수} / \text{트랙터 총 사용시간}$$

연간 이용시간은 적응시험 및 성능시험을 통하여 산정된 모델 플랜트의 소요기계별 이용시간을 적용하였으며 이를 이용하여 연간이용시간으로 환산하였다.

연료비는 스킵드로더에 대하여 적용하였다. 연료소모량은 2.445 kWh/L로 하였으며(정 등, 1995), 면세유 가격 668 원/L을 적용하였다(농림수산식품부, 2008). 작업시 소요되는 윤활유 비용은 연료비의 15%를 적용하였다(정 등, 1995).

전력비는 농업용 병을 기준으로 기본료 1,070 원/kW·월과 사용료 36.4 원/kWh

의 합으로 계산되는데(한국전력공사, 2008), 기본료는 고정비로 사용료는 변동비로 분류하여 산출하였다.

시간당 노임은 2007년 농촌 노동임금 전국평균치인 성인 남자 1인의 경우 7,674 원/h로 하였다(농림수산식품부, 2008).

TMR 사료 계량·포장 시에 소요되는 톤백은 5,320 원/개를 적용하였다(농촌진흥청, 2006). 포장시에 톤백으로 반출이 50%, 트레일러 등으로 벌크 반출이 50%로 가정하였으며, 톤백의 재사용 횟수 등을 감안하여 연간 20%의 교체가 필요하다고 가정하였다.

(3) 사료비용

개발된 모델 플랜트의 배합용량은 2 ton/batch로 TMR 사료의 평균 함수율은 40%로 가정하였다. 본 모델의 분석은 한우의 경우 설치되어 운영 중인 전라북도 정읍시 정우면 보리마을의 농가를 대상으로 하였으며, 젓소의 경우 경상북도 경주시 안강읍의 자가 TMR을 실시하여 운영중인 낙농가를 대상으로 하였다. 이때 젓소 1일 두당 평균 사료급여량은 25 kg으로 나타났으며 1회 배합시에 약 80두의 사료급여가 가능하며, 한우 1일 두당 평균 사료급여량은 13 kg으로 조사되었으며 1회 배합시에 약 154두의 사료급여가 가능하다. 또한, 사료원료비는 2008년 8월을 기준으로 한우의 경우는 원료의 평균비용이 2,340 원으로 조사되었으며, 젓소의 경우 구입되는 원료의 평균비용은 8,000 원으로 조사되었다. 조사대상의 인근 TMR 공장 또는 TMR 생산자단체로부터 시판되는 TMR 사료의 가격은 젓소의 경우 380 원/kg, 한우는 260 원/kg으로 조사되었다.

이를 1일 두당 이용비용과 사료원료비를 계산하여 모델 플랜트의 TMR 사료 생산비용과 시판되는 TMR 사료 구입비용을 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 연간 이용비용

이상에서 언급한 내용을 토대로 모델 시스템을 이용하였을 경우에 TMR 사료 생산량별 연간 이용비용을 계산하여 그 결과를 표 29에 나타내었다. 연간 고정비는 약 47,873 천원/년으로 나타났으며, 고정비와 변동비를 합한 연간 이용비용은 1

batch 생산의 경우 72,107 원/톤, 4 batch 생산의 경우 21,195 원/톤, 8 batch 생산의 경우 12,710 원/톤으로 생산량이 증가할수록 이용비용은 절감되고 있는 것으로 나타났다.

표 29 연간 이용비용 (단위: 천원)

항목		1 batch	4 batch	8 batch
고정비 (원/년)	감가상각비	18,838	18,838	18,838
	이자	11,297	11,297	11,297
	수리비	10,599	10,599	10,599
	전력비(기본)	899	899	899
	보험	240	240	240
	기타	6,000	6,000	6,000
	소계	47,873	47,873	47,873
변동비 (원/년)	노임	3,361	8,402	15,125
	연료비	392	1,570	3,141
	운활유비	58	235	471
	전력비(사용)	175	700	1,401
	기타	777	3,107	6,214
	소계	4,764	14,016	26,353
연간이용비용 (원/년)		52,637	61,889	74,226
이용비용 (원/톤)		72,107	21,195	12,710

나. TMR 사료 생산비용

젖소와 한우의 경우 모델 플랜트의 TMR 사료 생산비용과 시판되는 TMR 사료 구입비용을 표 30과 표 31에 나타내었다.

1일 1 batch 생산시 젖소의 사육가능두수는 약 80두, 한우는 약 154두로 나타났으며 모델 플랜트의 이용비용은 젖소의 경우 1일 1,803 원/두·일, 한우는 937 원/

두·일로 나타났다. 이때 생산비용은 젓소는 9,803 원/두·일, 한우는 3,277 원/두·일로 나타났다.

1일 4시간 가동시 8 batch를 생산할 수 있는데 이때, 젓소와 한우의 사육가능두수는 640두와 1,231두로 나타났으며 모델 플랜트의 경우 이용비용과 생산비용은 각각 318원/두·일과 8,318원/두·일, 165원/두·일과 2,505원/두·일로 나타났다.

표 30 젓소 사육두수에 따른 TMR 사료 생산비용 비교 (단위 : 원/두-일)

항목		1batch	4batch	8batch
젓소사육두수(두)		80	320	640
모델 플랜트	사료원료비 ㉠	8,000	8,000	8,000
	이용비용 ㉡	1,803	530	318
	총생산비 ㉠+㉡	9,803	8,530	8,318
시판 TMR 구입비용		9,500	9,500	9,500

표 31 한우 사육두수에 따른 TMR 사료 생산비용 비교 (단위 : 원/두-일)

항목		1batch	4batch	8batch
한우사육두수(두)		154	615	1,231
모델 플랜트	사료원료비 ㉠	2,340	2,340	2,340
	이용비용 ㉡	937	276	165
	총생산비 ㉠+㉡	3,277	2,616	2,505
시판 TMR 구입비용		3,380	3,380	3,380

또한 사육두수에 따른 1일 두당 생산비용을 회귀분석을 통해 추정된 식을 아래에 나타내었다. 그림 150과 151에서 모델 시스템의 사육두수가 증가함에 따라 생산비용은 급격히 감소를 하고 있으며, 젓소의 경우 약 150두 경영규모, 한우의 경우는

약 300두 경영규모에 이르면 감소세가 완만한 것으로 나타났다.

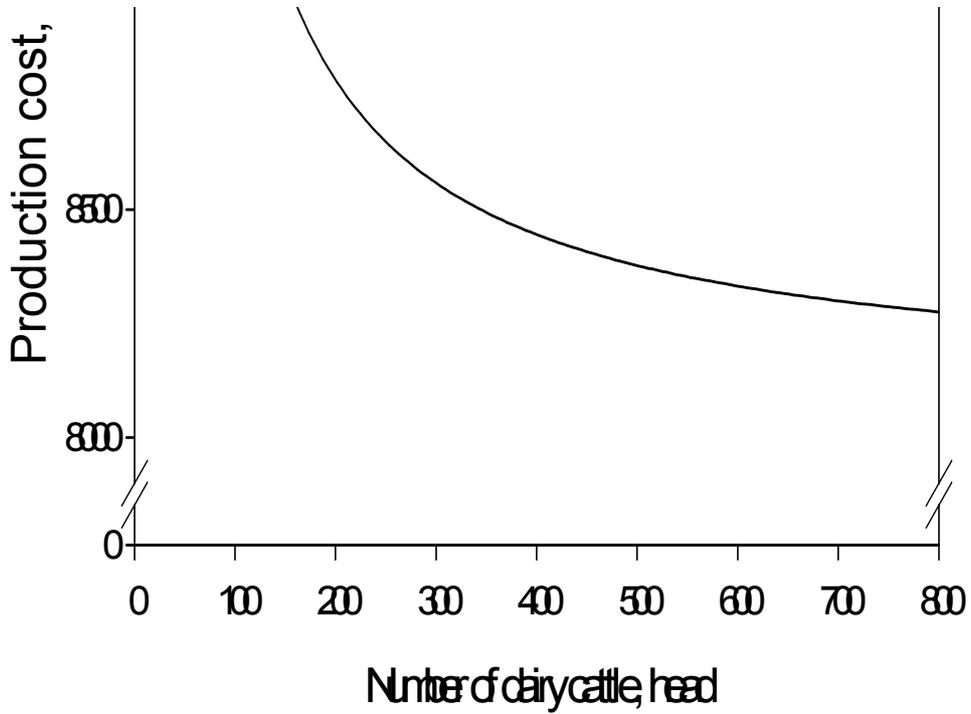


그림 150 젖소의 사육두수에 따른 생산비용 비교

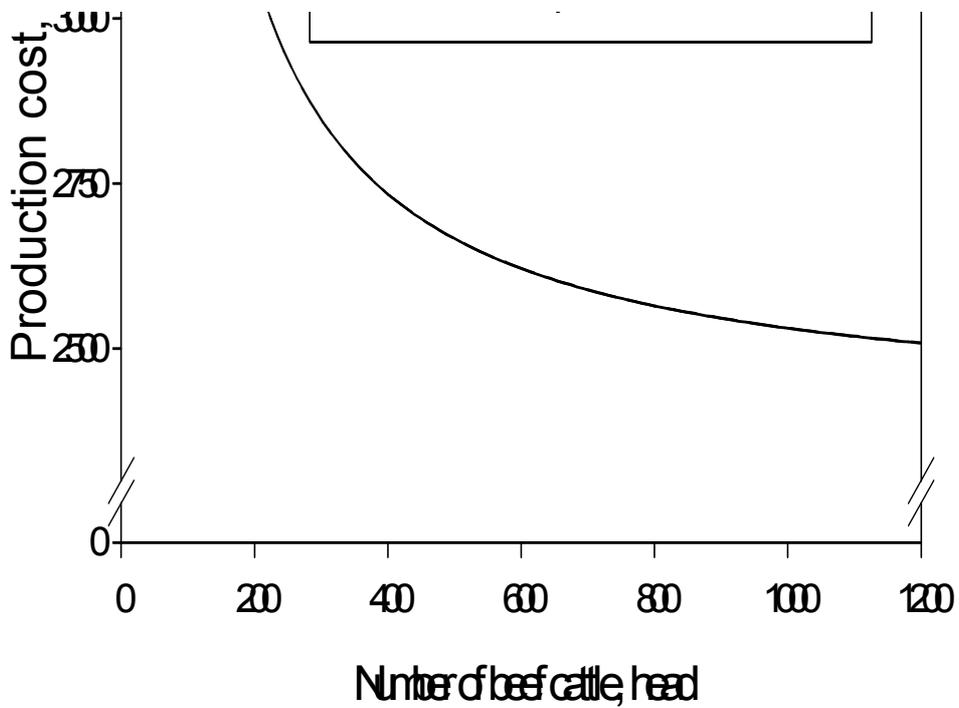


그림 151 한우의 사육두수에 따른 생산비용 비교

$$y_1 = 8,105 + 135,764/x_1$$

$$y_2 = 2,395 + 135,764/x_1$$

여기서, y_1 : 젖소의 TMR 사료 생산비용(모델 플랜트)

y_2 : 한우의 TMR 사료 생산비용(모델 플랜트)

x_1 : 젖소의 사육두수

x_2 : 한우의 사육두수

그림 150과 151에서 시판되는 TMR 사료 구입비용과의 손익분기점은 젖소의 경우 97두, 한우는 137두로 나타났다. 이때 생산비용은 젖소의 경우 9,505 원/두·일, 한우는 3,386 원/두·일로 나타났다.

200두 규모에서 한우는 22,351 천원/년, 젖소는 52,281 천원/년의 절감효과가 있으며, 본 연구의 효율적인 사료생산은 1일 4시간 작업시 약 8 batch를 생산하는 경우에 해당한다. 이때 한우는 1,230두 규모로 절감효과는 392,662 천원/년, 젖소는 640두 규모로 276,318 천원/년으로 나타났다.

따라서 여러 농가가 공동으로 이용하는 경우에 생산비용의 절감효과는 매우 클 것으로 판단된다.

표 32 사육규모에 따른 절감비용 (단위 : 천원/년)

사육규모(두)	한우	젖소
200	22,351	52,281
400	94,256	154,116
600	166,161	255,951
800	238,066	357,786
1,000	309,971	459,621
1,200	381,876	561,456

4. 요약 및 결론

본 연구에서 개발된 모델 플랜트의 경제성을 검증하기 위하여 관행의 시판되는 TMR 사료를 구입한 시스템과 생산비용을 분석하여 그 결과를 비교 검토하였다. 분석된 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 모델 시스템의 연간 고정비는 약 47,873 천원/년으로 나타났으며, 연간 이용비용은 1 batch 생산의 경우 72,107 원/톤, 4 batch 생산의 경우 21,195 원/톤, 8 batch 생산의 경우 12,710 원/톤으로 생산량이 증가할수록 이용비용은 절감되고 있는 것으로 나타났다.
- 나. 시판되는 TMR 사료 구입비용과의 손익분기점은 젓소의 경우 97두, 한우는 137두로 나타났다. 이때 생산비용은 젓소의 경우 9,505 원/두·일, 한우는 3,386 원/두·일로 나타났다.
- 다. 모델 시스템의 효율적인 사료생산은 1일 4시간 작업시 약 8 batch를 생산하는 경우에 해당한다. 이때, 젓소와 한우의 사육가능두수는 640두와 1,231두로 나타났다. 이용비용과 생산비용은 각각 젓소는 318 원/두·일과 8,318 원/두·일, 한우는 165 원/두·일과 2,505 원/두·일로 나타났다.
- 라. 절감효과는 한우는 1,230두 규모에서 392,662 천원/년, 젓소는 640두 규모에서 276,318 천원/년으로 나타났다.

제6절 운영사례

그림 152는 실제로 운영중인 전라북도 정읍시 정우면의 보리마을의 사례를 나타낸 것이다. 인근주위 한우 사육농가(약 10여 농가)와 공동으로 양질의 TMR 사료를 생산 및 급여하고 있으며 1++등급 한우로 판정받아 "청정보리한우"의 브랜드로 전국 판매 중에 있다.

정읍의 보리마을은 단순한 시설로 투자비용을 최소화하였으며, 농가들이 협동하여 효율적으로 지역의 원료 특성에 알맞은 사료의 생산과 회원 농가 2명 정도가 1일 1시간 정도 작업으로 자신의 사료를 생산함으로써 가장 경제적이고 최소의 노동으로 지역의 특성에 알맞은 저렴한 사료를 생산하고 있다. 여기에서 생산되는 사료

생산비용은 1일 1두에 2,340원으로서 시판되는 사료비용 3,950원에 비해 약 40% 정도를 절감할 수 있는 것으로 나타났다.



원료 저장, 반입



원형베일 반입, 세절



세절 조사료 이송, 집진



원료 투입, 배합



TMR 배합



TMR 사료 배출, 저장



계량, 포장



산물출하



TMR 급여

그림 152 농가용 소형 TMR 플랜트 운용사례 - 전라북도 정읍 보리마을

제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도

제1절 목표달성도

목 표	연구개발 수행내용	달성도 (%)
원형베일 전처리 가공시스템의 모델개발 및 적정규모 설계(I) <모델시스템 Layout, 적정소요기계 및 용량결정>	o 모델개발 및 적정규모 설계 완료	100
1) 적정기계의 선정	o 세절기, 규격화가공기기 등의 모델 조사 및 선정 완료	100
2) 적정위치에 배치	o 2가지 모델(KNU-A, KNU-B)로 선정 및 공정 설계 완료	100
3) 적정 반송기의 선정	o 모델에 따른 적정 반송기 선정 완료	100
4) 생산규모에 따르는 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기를 결정	o 생산규모에 따르는 소요기계 및 소요반송기의 용량 및 크기를 결정 완료	100
TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응시험(I) <공정별 소요기계의 설계 및 제작(1)>	o 반입·이송부 설계 및 제작 완료 o 세절부 설계 및 제작 완료 o 집진·반송부 설계 및 제작 완료	100
1) 원형베일 자동적재 및 반송시스템의 설계·제작	o ①반입부, ②이송부 설계 및 제작 완료	100
2) 원형베일 세절장치 설계·제작	o 작두식 세절기(KNU-A 모델) 설계 및 제작 완료 o 회전식 세절기(KNU-B 모델) 설계 및 제작 완료	100
3) 조사료의 흙먼지·집진 시스템의 설계·제작	o 집진부 설계 및 제작 완료 o 반송부 설계 및 제작 완료	100

목 표	연구개발 수행내용	달성도 (%)
TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응시험(II) <공정별 소요기계의 설계 및 제작(2)>	o TMR 플랜트용 세절된 조사료의 규격화 가공시스템의 설계·제작 완료	100
1) TMR 플랜트용 세절된 조사료의 규격화 가공시스템의 설계·제작	o 예비설계 요인시험 완료 o 조사료 픽업장치, 조사료 이송부, 조사료 압축실, 조사료 자동결속부, 동력 전달시스템, 제품 이송용 컨베이어 설계·제작 완료	100
원형베일 전처리 가공시스템의 모델개발 및 적정규모 설계(II) <통합 공정 시스템의 완성 및 시운전>	o 통합 공정시스템 제작 완료 o 시운전 완료	100
1) 전체 콘트롤시스템 설계 및 제작	o 설계 및 제작 완료	100
2) 전기 시설	o 전북 정읍 보리마을농장 설치 완료	100
3) 통합시스템 완성	o 전체시스템 조립 완료	100
4) 시운전 및 수정 보완	o 공정별 단동 테스트 완료 o 통합공정 연동 테스트 완료	100
TMR플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 소요기계 개발 및 현장적응시험(III) <현장적응시험>	o 통합 공정시스템 제작 완료 o 통합 공정시스템 제작 완료	100
1) TMR 플랜트에 설치 및 실 수요자들의 반응조사	o 조사 완료	100
2) 성능 검사	o 성능 검사 완료	100
3) 문제점 분석 및 수정 보완	o 문제점 분석 및 수정 보완 완료	100
원형베일 전처리 가공시스템의 경제성 분석, 최종시작품 제작 및 안정성 향상 <경제성분석, 최종시작품 제작 및 안정성 향상>	o 경제성 분석 완료 o 최종시작품 제작 및 안정성 향상 완료 o 모델 플랜트 가동 중	100
1) 이용비용 변화 분석	o 이용비용 분석 완료	100
2) 관행 비용 분석	o 관행 비용 분석 완료	100
3) 손익 분기점 분석	o 손익 분기점 분석 완료	100

제2절 관련분야의 기여도

1. 기술적 측면

가. 조사료의 사료가치 향상

거칠고 긴 벚짚, 생벚짚 곤포 사일리지 또는 맥류 곤포사일리지 등을 연화하고 적절한 길이로 세절을 할 경우 소의 씹는 노력에 필요한 에너지를 줄이고 반추위 내 미생물이 작용할 수 있는 면적이 넓어지기 때문에 소화율을 증대할 수 있으며 이용효율이 향상되어 정미에너지가가 증대하게 된다. 따라서 조사료를 부드럽게 세절함은 여타의 방법보다 경제적인 사료 가치 증대 방안이 될 수 있으며 세절의 방법에서는 조사료의 입자도가 적을수록 소화율이 증가하는 것으로 보고되고 있다. 그 예를 표 27에 나타내었다.

표 35 조사료의 세절정도가 cellulose 소화율에 미치는 영향(벚짚)

입자도(cm)	소화율(%)
0.5	70.9
1.0	63.4
2.5	49.9
5.0	40.7

또한 수확 중에 혼입되는 흙과 같은 이물질은 등은 조사료의 품질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 사료로 급이시 소의 위점막 용털 사이에 흙먼지가 침적되어 반추위의 역할을 저하시켜 대사성 질병 발생 및 생산성 저하 등의 문제점을 일으키는데 본 연구에서는 이를 제거함으로 조사료의 사료가치를 향상시킬 수 있겠다.

나. TMR 사료 가치 향상

현재 서울우유 납유 낙농가 중에 81.8%가 TMR사양을 실시하고 있는 것으로 나타났다으며 향후에 TMR 사료를 급여하겠다는 목장이 계속 증가할 것으로 나타났다. 그러나 국내산 조사료의 여러 문제점으로 인하여 주로 외국수입 조사료를 사용하고 있으며 조사료의 배합비율도 50%이내로 알려지고 있다. 본 연구가 성공적으로 완결

되면 국내산 조사료의 배합비율을 60%정도로 증가시킬 수가 있으며 따라서 TMR 사료의 가치도 향상이 될 것으로 사료된다.

다. 새로운 TMR 플랜트용 국내산 조사료 전처리 공정시스템의 개발

수도작물의 대체 작물, 벼의 수확 후에 생산되는 생볏짚 곤포 사일리지, 답리작으로 재배되는 맥류 곤포사일리지 등은 우리 축산 농가에는 좋은 자원이다. 그러나 이러한 많은 자원이 있음에도 불구하고 이를 잘 활용할 수 있는 시설 및 소요기계 및 시스템의 결핍으로 소비를 못하는 일종의 병목현상이 발생하고 있는 것은 안타까운 일이다. 따라서 본 연구가 성공적으로 완성이 되면 우리나라 낙농 및 육우용 조사료를 대부분 생산하고 있는 TMR플랜트에 조사료를 쉽게 반입·연화하고 적절한 길이로 세절·흡먼지제거·규격화 가공이 가능한 기능을 가진 즉, 새로운 TMR 플랜트용 국내산 조사료 전처리 공정시스템이 개발되는 것이다.

2. 경제적·산업적 측면

가. 젓소·비육우의 생산비 절감

2001년 자료에 의하면 축산농가의 경영비 중에 사료비의 비중이 번식우의 경우 74%, 착유우의 경우 64%로 이중 조사료의 비중이 각각 23%와 28%를 차지하고 있는데, 본 연구가 성공적으로 수행이 될 경우 가격이 50% 수준인 국내산 조사료의 이용은 축산 농가의 경영비를 감소시킬 수 있는 하나의 주요인으로 사료된다.

나. 수입 조사료의 대체 효과

수입 조사료는 1999년에 34만톤 이었으나 2003년에는 65만톤으로 매년 급속하게 증가하고 있는데 국내 판매가격으로 환산하면 약 2,000억원정도가 된다. 그러나 본 연구가 성공적으로 수행이 될 경우, 국내산 조사료를 이용 촉진함으로 수입량이 절감 될 것으로 예상되는데 수입 조사료의 50%만 대체를 한다고 할 경우 연간 약 1,000억 정도 외화 절감이 예상된다.

다. 쌀 농업지대의 소득 증대

최근에 국민들의 쌀의 소비량이 심각할 정도로 감소 추세에 있어, 10년 이내에 70kg 미만으로 될 것 전망이다. 이러한 사실은 현재의 수도작 면적이 30% 이상 감소가 될 것으로 예상이 되며 남아도는 논은 조사료와 같은 대체작물로 재배될 것으로 예측이 되고 있다. 본 연구가 성공적으로 수행이 될 경우 수도작 농가에 조사료 생산이 증가함에 따른 새로운 소득원 발생을 기대할 수 있다.

라. 새로운 농업기계시장의 활성화

우리나라의 농업의 기계화는 수도작 위주로 정책이 수행되어 왔으며 수도작 기계화도 거의 포화상태에 이르렀다. 그러나 아직도 축산이나 밭작물에 대한 기계화·자동화는 매우 낙후되어 있다. 따라서 본 연구가 성공적으로 수행이 될 경우 수도작 농가에 조사료 생산에 따른 새로운 축산기계의 시장이 형성될 것이다.

마. 연구 투자비 회수

기존의 모든 국내 TMR 플랜트에 Re-Engineering 및 새롭게 설치되는 TMR플랜트에는 국내산 조사료 가공을 위한 전처리 시스템의 시설설치가 예상되어 본 연구에 투자한 협력업체는 많은 수익을 올릴 수 있을 것으로 기대되는데, 현재 130여개의 기존의 TMR플랜트에 본 연구에서 개발된 시스템이 설치가 된다면 약 40여 억 원에 이른다. 물론 앞으로 새롭게 시설될 TMR 플랜트는 별개다.

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제1절 연구성과

1. 특허 등록

- 등록번호 : 특허 제10-0834707호(출원번호 제2007-0006972호)
- 등록일자 : 2008년 5월 27일(출원일자 2007년 1월 23일)
- 발명명칭 : TMR 배합용 원형베일 조사료의 전처리 가공시스템 및 이를 이용한 원형베일 전처리 가공방법
- 특허권자 : 경북대학교 산학협력단
- 발명자 : 박 경 규



특 허 증 CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-0834707 호 (PATENT NUMBER) 출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2007-0006972 호
출원일 (FILING DATE:YYMMDD) 2007년 01월 23일
등록일 (REGISTRATION DATE:YYMMDD) 2008년 05월 27일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)
TMR 배합용 원형베일 조사료의 전처리 가공시스템 및 이를 이용한 원형베일 전처리 가공방법

특허권자 (PATENTEE)
경북대학교 산학협력단 (176271-0*****)
대구광역시 북구 산격동 1370 경북대학교내

발명자 (INVENTOR)
등록사항관에 기재

위의 발명은 「특허법」에 의하여 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2008년 05월 27일



특 허 정
COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE



2. 전시회 참가

- 행사명 : 한우관련 산업화기술 발표회 및 전시회
- 기간 : 2007년 4월 12일(목)
- 장소 : 한경대학교 축산기술지원센터
- 주최 : 농림부
- 주관 : 농림기술관리센터(ARPC), 한경대학교



그림 154 한우관련 산업화기술 전시회



그림 155 한우관련 산업화기술 전시회 부스

3. 학술회의 발표

- 회 의 명 : 한우관련 산업화기술 발표회
- 일 시 : 2007년 4월 12일(목)
- 장 소 : 한경대학교 축산기술지원센터 305호
- 발표제목 : 국내산 조사료 원형배일 소비촉진을 위한 한우용 TMR 플랜트 발전방향
- 내 용 : 한우 사육의 일반적인 현황과 최근 일반화된 원형배일 생산 및 그의 이용에 따르는 문제점을 살펴보고, 국내산 조사료 원형배일의 소비를 촉진시킬 수 있는 한우용 TMR 플랜트의 발전방향을 제시함



그림 156 한우관련 산업화기술 발표회

- 회 의 명 : 한국농업기계학회 2007년 하계학술대회
- 일 시 : 2007년 7월 6일(금)
- 장 소 : 지리산가족호텔(전남 구례군)
- 발표제목 : TMR 플랜트용 국내산 원형배일 전처리 가공시스템 개발(I) -모델 개발-
- 내 용 : TMR 플랜트에서 국내산 원형배일을 용이하게 이용할 수 있도록 TMR 배합 전처리 공정인 TMR 플랜트용 국내산 원형배일 전처리 가공 시스템의 모델을 개발함

- 회 의 명 : 신기술과 한국농업의 비전
- 일 시 : 2008년 6월 16일(금)
- 장 소 : 대한상공회의소 국제회의장
- 발표제목 : 청보리 랩-사일리지 TMR 연계기술
- 내 용 : 겨울철 휴경지에 청보리를 재배하여 조사료를 생산 및 이용 기술 및 시스템을 개발하였고, TMR 플랜트에서 국내산 원형베일을 용이하게 이용할 수 있도록 TMR 배합 전처리 공정인 TMR 플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템의 모델을 개발함



그림 157 신기술과 한국농업의 비전 심포지움

- 회 의 명 : 조사료 생산과 이용에 의한 곡류사료 대체방안 심포지움
- 일 시 : 2008년 10월 29일(금)
- 장 소 : 대구대학교 생명환경대학 소강단
- 발표제목 : 농가형 TMR 플랜트를 이용한 청보리 랩-사일리지 이용 확대 방안
- 내 용 : 한우 사육의 일반적인 현황과 최근 일반화된 원형베일 생산 및 그의 이용에 따르는 문제점을 살펴보고, 국내산 조사료 원형베일의 소비를 촉진시킬 수 있는 한우용 TMR 플랜트의 발전방향을 제시함

4. 홍보실적

- 홍보유형 : Internet/PC통신
- 매 체 명 : AFFIS i-농업방송(국내)
- 홍보일자 : 2007년 3월 1일
- 제 목 : 국내산 조사료 원형배일 소비촉진을 위한 한우육 TMR 플랜트
- 홍보내용 : 한우 사육의 일반적인 현황과 최근 일반화된 원형배일 생산 및 그의 이용에 다른 문제점을 살펴보고, 국내산 조사료 원형배일의 소비를 촉진시킬 수 있는 한우용 TMR 플랜트의 발전방향을 제시

- 홍보유형 : 월간잡지
- 매 체 명 : 월간축산 9월호(국내)
- 홍보일자 : 2008년 9월 1일
- 제 목 : 원형배일 전처리 가공시스템 모델 개발
- 홍보내용 : 개발된 농가용 TMR 플랜트의 모델과 개발중인 TMR플랜트용 원형배일전처리가공시스템 개발 홍보

◀◀ 기존 근로 사일리지 단점 보완한
**원형 배일 전처리
가공 시스템 모델 개발**

원형 배일을 이용해 만들어진 근로 사일리지의 단점을 보완하는 기술이 개발돼 조사료 급여와 TMR사료의 원 재료 확산에 기여할 것으로 전망된다. 경북대학교 기계공학과 박경규 박사팀이 개발한 원형 배일-TMR플랜트를 이용해 원형 배일 전처리 가공 시스템을 소개한다.

출처: 박희진 동물자원경제학과 기계공학과, 공학박사

정브리 렌-TMR플랜트를 원형 배일 전처리 가공 시스템 모델은 조사료를 포장한 원형 배일을 축산 현장이나 TMR사료공장에서 사용하기 쉽도록 중간 가공을 해주는 시스템이다. 그동안 국내 조사료로 원형 배일을 만드는 경우 단단한 원형 배일을 풀어 쓰는 것이 불편해 사용을 기피해온 실정이다. 특히 단단하게 포장된 원형 배일은 개별 농가가 갈라 쓰지 불편하며 배양사료의 원료에서 배합할 경우 많은 시간과 동력이 소요되는 단점이 있었다.

또 조사료 속에 흙과 이물질이 혼입돼 소의 질병 발생의 원인이 되기도 했다. 이 밖에 정량부담이 어렵고 반송시기가 부족해 농가에서 불편함을 느꼈던 것이 사실이다. 원형 배일 전처리 가공 시스템은 이 같은 문제를 보완해주는 작업이다.

정브리 렌사일리지
정브리는 영양적으로 수입 조사료와 같은 수준으로 우수하며 가격이 수입 조사료보다 20~60% 저렴하다. 특히 정브리를 급여하면 한우의 경우 TMR사료 요구량은 10% 감소하며 일당중체량은 5% 향상되는 것으로 나타났다. 또 등급 출현율도 1등급 이상 출현율이 70% 향상되는 것으로 조사됐다. 젖소 역

시 정브리를 급여할 경우 산유율이 12% 증가했으며 사료비는 12.7% 감소하는 등 수입조사료보다 우수한 것으로 조사됐다.

이에 최근 겨울철 담리작으로 조사료 재배지역을 확대해 생분질 근로 사일리지도 확대되는 추세다. 또 벗길 원형 배일의 이용이 늘어나고 있다. 그러나 원형 배일을 이용할 때 고밀도로 압축되는 배일을 풀어 쓰는 것에 농가의 노동력 부담이 크다는 것도 배일 한 개의 중량만도 300~600kg에 달하며 뒤영겨 있는 벗길 배이를 풀어 쓰는 것이 힘들다. 손으로 풀어 급여해도 시간과 노동력이 많이 소요될 뿐 아니라 사육 경제에에도 기초성이 떨어질 수 있다는 단점이 있어 이에 대한 보완이 필요한 실정이다.

실제 40마리를 사육하는 농가가 원형 배일을 이용해 사료조제와 급여할 경우 하루 두 시간의 원형 배일에 해당하는 것으로 조사됐다.

원형 배일 전처리 가공 시스템의 주요 공정
원형 배일 전처리 가공 시스템의 주요 공정은 배일을 연속적으로 과동적제하여 배일을 이송한다. 이후 세척기로 원형 배일이 잘라지면 컨베이어에 옮겨진다. 이 과정에서 증기 조사료 속에 있는 흙먼지

배양사료의 저장빈은 2.5L로 배출량 조절기능과 타이르백 포장과 원형 블러 컨베이어 포장기와 2~3개의 원형 배일을 적재하는 반송기 등이 설치됐다.

농가용 TMR플랜트 모델의 경제성을 분석한 결과 사육마릿수가 늘어날수록 생산비는 줄어드는 것으로 나타났다. 젖소에 대한 경제성을 분석한 결과 사육마릿수가 72마리 이상일 때 시판되는 TMR사료보다 원가가 절감되는 것으로 조사됐다. 실제 젖소 80마리를 사육하는 농가의 경우는 이용비용 1,436원과 사료원료비 6,900원을 더해 총 생산비 8,336원으로 합산됐다. 이 경우 시판되는 TMR사료의 구입비용에 드는 8,500원보다 2% 저렴했다.

이러 젖소 사육마릿수가 320마리에 달하는 농가는 이용비 453원, 사료원료비 6,900원 등 총 생산비가 7,353원으로 시판 TMR사료 구입비용인 8,500원보다 3.5% 저렴했다.

또 사육마릿수가 640마리 늘어난 경우 이용비

와 사료원료비가 각각 285원, 6,900원으로 총 생산비 7,185원으로 합산돼 시판 TMR사료 구입비용인 8,500원보다 5.5% 저렴했다.

이와 함께 한우에 대한 경제성을 분석한 결과 사육마릿수가 125마리 이상일 때 시판TMR사료를 급여하는 것보다 원가가 절감되는 것으로 나타났다.

한우 154마리를 사육하는 농가의 이용비용 747원과 사료원료비 1,690원을 더해 총 생산비 2,437원으로 합산됐다. 이 경우 시판되는 TMR사료의 구입비용으로 드는 2,600원보다 6.3% 저렴했다.

이러 한우 사육마릿수가 615마리에 달하는 농가는 이용비 236원, 사료원료비 1,690원 등 총 생산비 1,926원으로 시판 TMR사료 구입비용인 2,600원보다 25.9% 저렴했다.

또 사육마릿수가 1,231마리인 경우 이용비와 사료원료비가 각각 148원, 1,690원으로 총 생산비 1,838원으로 합산돼 시판 TMR사료 구입비용인 2,600원보다 29.3% 경제적이었다.

마 인 터 뷰

조사료 제조기술 한 단계 올려야 할 때

농림수산식품부 장관 박희진(왼쪽)이 31일 서울에서 기자간담회에서 박경규(오른쪽)를 만나고 있다.

박 경 규는 "국내 조사료 이용 확대를 위해 중견단체의 가공기술이 확산돼야 한다. 2000년부터 원형 근로 렌 사일리지 도입 됐던 이래 조사료 제조 기술을 한 단계 올려야 할 때입니다."

국내 최초 렌 사일리지 도입을 제안한 박경규 경북대학교 교수는 조사료를 가공하는 인산이 갖춰진 한계 수급 확대를 위한 가공시스템이 도입돼야 한다고 강조했다.

박 교수는 "근로 렌 사일리지를 제조 가공하는 기술이 부족해 국내 TMR사료 공장에서 원료로 사용되는 조사료 역시 모두 외국산에 의존하고 있다"며 "이번 중간기근대책 연구가 완료되면 국내에서 생산되는 조사료는 TMR사료의 원료로 사용할 수 있을 것"이라 기대했다. 또

국내산 정브리 TMR사료의 원료로 사용할 경우 원가 절감의 효과를 얻어 확산을 위한 정책이 필요하다.

초기 근로 렌 사일리지 제조에 대해 의견을 한 박희진 장관이 박경규도 부족한 국산을 효율적으로 이용하는 기술을 만든다는 자urch도 믿었다고 한다. 그러나 최근 사료에 대한 인식이 변화된 지금 싹쓸이 사료로 사용하는 시도가 이뤄지고 있다.

이해 박 교수는 "국제가격이 계속 오를 것으로 예상한다"며 "조사료 기반을 국내에서 제대로 갖추지 못하면 축산업이 위태될 수 있다고 밝혔다."

그는 "조사료 생산면적, 중차 확보에만 집중할 것이 아니라 조사료를 늘려서 실용적으로 사용할 수 있도록 기반 기술을 갖추는 것 역시 중요하다고 강조했다."

이번에 개발된 TMR플랜트를 원형 배일 전처리 가공 시스템은 이미 특허출원을 마쳤으며 실용화를 앞두고 있다.

5. 기타활용실적

- 활용유형 : 단행본 발간
- 발 행 처 : 한국농촌경제연구원
- 발행일자 : 2008년 6월 1일
- 제 목 : 신기술과 농업경영의 비전-청보리 랩사일리지 TMR 연계 기술
- 홍보내용 : 겨울철 휴경지에 청보리를 재배하여 조사료를 생산 및 이용 기술 및 시스템, 농가형 TMR 플랜트 기술, TMR 플랜트에서 국내산 원형베일을 용이하게 이용할 수 있도록 TMR 배합 전처리 공정인 TMR 플랜트용 국내산 원형베일 전처리 가공시스템 기술을 수록함



제2절 활용계획

1. 본 연구팀은 선행 연구된 농가형 소형 TMR 플랜트가 설치된 전라북도 정읍의 보리마을에 원형베일 전처리 가공시스템을 설치하였으며, 10~20농가가 공동으로 한우 1,000~2,000두 규모의 TMR 사료 일관 조제를 할 수 있도록 하였다. 본 연구가 종료되는 시점에 정읍의 보리마을에 기술이전을 실시할 계획에 있다.
2. 본 연구팀은 연구과제와 관련하여 2009년도 중소기업청 실험실창업지원사업의 대상자로 선정되었으며, 금년에 창업을 하여 본격적으로 자체 사업화를 실시할 계획에 있다. 개발된 시스템은 참여업체인 (주)은성플랜트에서 제작하여 납품할 계획에 있다. 사업화 형태는 다음과 같다.
 - 한우용 및 젓소용의 농가형 TMR 플랜트 사업화
 - 원형베일 세절-규격화 공정이 구비된 표준형 TMR 플랜트 사업화
 - 기존 TMR 플랜트에 원형베일 세절·규격화·배합 공정이 구비된 리엔지니어링 사업화
 - 원형베일 세절-규격화를 위한 독립된 플랜트 사업화
 - 각 플랜트에 소요되는 단위기계의 사업화
3. 원형베일 전처리 시스템은 “신기술”, “신규특허”, “EM” 마크를 획득하여 기술의 신뢰성을 높일 예정이다.
4. 축산농가 및 축산관련단체 등에게 연사회를 개최하고 한국농업기계학회 및 TMR연구회에 연구내용을 발표할 예정에 있다. 금년에 영주한우조합, 군위한우조합에서 정읍 보리마을에 설치된 시스템을 견학하였고 호평을 받은 바 있다.
5. 국내산 조사료 원형베일 소비촉진을 위한 정부시책을 살펴보면 조사료 생산확대를 위한 사업내용은 초지조성·보완에 소요되는 비용 지원, 종자대, 조사료용 비닐 지원, 조사료 생산기계·장비 및 기반시설 지원, 국내산 조사료의 장거리 운송비 지원 등이 있다. 조사료 이용확대를 위한 지원은 국내산 이용시 TMR사료공장의 자금 우선지원, 조사료 가공시설 지원 등이 있는데, 소비촉진을 위한 이용확대 지원책은 생산확대를 위한 지원책과 비교하여 볼 때 미약하다고 할 수 있다. 또한 앞서 제시된 모델을 참고하여 새로운 한우용 TMR 플랜트의 표준화가 선결

과제이며, 이러한 국내산 조사료 원형베일 소비촉진을 위한 정부의 지원방향도 ①원형베일 세절-규격화 공정이 구비된 표준형 한우용 TMR 플랜트의 지원이 필요하며, ②기존 TMR 플랜트에 원형베일 세절-규격화-배합 공정이 구비되도록 리엔지니어링을 유도하고 ③원형베일 세절-규격화를 위한 독립된 플랜트의 지원이 될 수 있도록 시책건의할 예정이다.

6. 개발된 원형베일 전처리시스템의 활성화를 위해서는 현재 청보리 수확작업시 문제점을 해결해야 한다. 청보리 수확작업 기간이 벼의 이앙작업 때문에 약 15일 정도가 최장이며 짧은 수확기간에 따르는 노동력의 확보, 작업기계의 대형화와 집중화 현상이 심하고, 일기 불순에 따른 품질 저하 문제가 발생된다. 이를 위해서는 경종 농가와 연계한 운작 작부 체계를 연구하여 조사료 생산과 연계한 운작작부 조사료 생산 모델 개발, 기계화에 의한 운작 재배 및 생산기술 개발(조사료 생산과 연계한 운작 작물의 선정, 운작작물의 이앙시기, 파종방법 등의 개선 등), 국내 실정에 적합한 운작 작부 체계에 소요되는 생산·수확 관련 기계 및 장비의 개발에 대한 추가연구가 필요하다고 판단된다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A THRESHING CHAMBER AND PNEUMATIC CONVEYING AND CLEANING UNITS FOR SOYBEAN HARVESTING

S. D. Fernando, M. A. Hanna

ABSTRACT. A threshing chamber was developed for an alternative soybean threshing device. Pneumatic conveying and cleaning systems were developed for the device based on dilute-phase design principles. Also presented is a structured approach for using dilute-phase pneumatic design principles to solve conveying and cleaning problems associated with soybean harvesting. The device threshed standing uncut soybean plants with an array of plastic fingers fixed to counter-rotating shafts. The threshed materials were initially pneumatically cleaned and then pneumatically conveyed to a grain tank. The collection system captured 85% of the threshed beans. A two-stage cleaning system was incorporated to remove the material-other-than-grain (MOG) before the grain reached the grain tank. Over 95% of the MOG, excluding soybean stalks, was removed in the first stage of the cleaning system. The second stage of the cleaning system further removed the chaff from the grain. The average efficiency of the conveying system was 92%.

Keywords. Pneumatic cleaning, Pneumatic conveying, Soybean threshing.

Soybean harvesting is done predominantly by combine harvesters. Although the modern machines have vastly improved technology, some harvesting problems still exist. Field losses during harvesting, although having been reduced to more acceptable levels of about 10%, are not satisfactorily low.

The operational characteristics of current combine harvesters require the entire plant to be cut before being threshed. A high amount of energy is required for this entire processing operation. Interestingly, Mesquita and Hanna (1995) found that the amount of energy required to open soybean pods was considerably low in comparison to the total energy utilized to process the whole plant. Quick (1972, 1974) and Mesquita and Hanna (1993a, 1993b) reported that material-other-than-grain (MOG) corresponded to 60% of the total volume of plant material, which was processed unnecessarily during conventional combine harvesting.

Although there are different mechanisms in the combine harvester for accomplishing threshing, when one looks at the overall operation, there are no distinctive differences in the overall harvesting operations (for example, rotary and cylinder-based combines). For any combine harvester, the cutting, gathering, and feeding mechanisms remain more or less unchanged. Mesquita and Hanna (1995) reported on the

mechanics of soybean threshing. This study was triggered by the findings of Hoag (1972, 1975), who studied the physical and mechanical properties of soybean pod shattering. Hoag found that only a small amount of energy was necessary to open soybean pods at impact velocities, similar to those of combine harvester's reel and cutter-bar speeds.

Mesquita et al. (2000) developed an experimental device for threshing standing, uncut soybean plants. The device used impact energy provided by plastic fingers fixed on counter-rotating shafts, striking the soybean plants from both sides of the plant row. This device used a pneumatic system for collecting the threshed material and separating soybeans from MOG. The device threshed up to 99% of the beans, depending on the ground speed. The study also indicated that MOG removed at lower ground speeds was significantly higher than that removed at higher speeds with this device.

The prototype was initially developed at the National Center for Soybean Research of Embrapa (Brazilian Agricultural Research Corporation), Londrina, Parana State, Brazil, and the preliminary field tests were done there. In the meantime, an independent study was carried out in the Department of Biological Systems Engineering, University of Nebraska-Lincoln, to further develop the concept and improve the effectiveness of the prototype. The focus of the study was to develop the threshing chamber and the pneumatic cleaning and collection systems so that the collection and cleaning efficiencies were optimized.

According to Wypych (1989), pneumatic conveying has been used to transport bulk solids through pipelines in industry for several decades. He stated that with the introduction of new techniques and more efficient hardware, such as dense-phase, low-velocity, and long-distance conveying systems, the efficiency of the conveying systems has improved tremendously.

According to A.Z.O. Maschinenfabrik (1984), various types of pneumatic conveying systems exist. Some examples

Article was submitted for review in January 2003; approved for publication by the Power & Machinery Division of ASABE in July 2005.

The authors are **Sandun D. Fernando, ASABE Member Engineer**, Assistant Professor, Department of Biological Engineering, Mississippi State University, Mississippi State, Mississippi; and **Milford A. Hanna, ASABE Fellow Engineer**, Professor, Department of Biological Systems Engineering, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska. **Corresponding author:** Milford A. Hanna, Department of Biological Systems Engineering, L. W. Chase Hall, University of Nebraska, Lincoln, NE 68583-0726; phone: 402-472-1634; fax: 402-472-6338; e-mail: mhanna@unlnotes.unl.edu.

DUST CYCLONE DESIGN

P. A. Funk, S. E. Hughs, G. A. Holt

ABSTRACT. *Dust cyclones are a cost effective means of treating process air released by cotton gins. Modifications to the currently recommended cyclone design were tested to improve collection efficiency. Factors normally considered uncontrolled (dust loading and relative humidity) were included in a mixed-level fractional factorial experimental design. Pre-weighed gin trash was metered into inlet air. Exhaust air was passed through a filter that was weighed to determine dust loading and collection efficiency. Square and angled inlet modifications lowered cyclone performance. Neutral air tube and expansion chamber modifications were insignificant. Pressure drop increased linearly with increasing air entrance velocity while collection efficiency decreased slightly. Reducing entrance velocity may save energy without adversely affecting performance.*

Keywords. *Dust Cyclones, Modeling, Cotton ginning.*

The USDA-ARS cotton ginning research laboratories at Lubbock, Texas, and Mesilla Park, New Mexico experiment with dust cyclones in hopes of improving collection efficiency. Dust cyclones are a cost effective way for cotton gins to clean conveying air before it is released to the environment. Other methods of dust collection such as rotary drum filters, bag houses, and spray systems are more expensive to build and operate. A typical 30 bale per hour cotton gin might require as much as 113 m³/s (240,000 cfm) total air for transporting materials between successive stages of the ginning process. Depending on crop condition and source, some of that conveying air may carry as much as 100 g/m³ (44 grains/ft³) total suspended particulate (TSP). The Environmental Protection Agency (1987) limits allowable dust emission of particles having an aerodynamic diameter of less than 10 microns (PM10) to 150 µg/m³ (66 × 10⁻⁶ grains/ft³). Local jurisdictions may have more stringent requirements. Cyclones alone usually suffice to remove TSP and PM10. If air quality regulations become more restrictive, more efficient cyclones will be needed for gins to continue to economically comply with air quality permitting requirements.

ANTECEDENTS

Chemical industry cyclone separators are occasionally designed with inlets at various angles other than perpendicular to the cyclone axis. For this reason positive and negative angled entrance ducts were examined to determine their potential for improving dust cyclone performance. Previous USDA cyclone research had indicated performance improvements when using an expansion chamber at the bottom of a cyclone employing a tapered air outlet, though not with regular air outlets (Holt et al., 1999). Further experimentation was desired to confirm the potential of this modification. The Clifford tube and the expansion chamber were each expected to stabilize the bottom of the vortex, reducing particle re-entrainment at the trash exit. The importance of minimizing re-circulation of lint and fine particles near the bottom of the cone has been identified previously (Baker et al., 1996) in reducing emissions and wear.

INITIAL MODELING

Computational Fluid Dynamics software (AEA Technology plc, 1999) was used to predict airflow streamlines in a dust cyclone. The modeled space was the cyclone barrel and cone volumes. The boundary was drawn at the bottom of the vortex finder because the software could not accept a separate volume within an active volume.

The resulting graphic outputs enabled visualization of airflow rather than particle flow. In the plan view of cyclone streamlines (fig. 1) air makes one revolution in the barrel of the cyclone, collides with incoming air, and makes an abrupt change in direction near the entrance. This forces the dust-laden air to make a tight turn inward and downward. The fact that the air is leaving the dust behind at that point appeared to be more important to cyclone efficiency than the fact that the dust is reintroduced into incoming air. This alternate approach to understanding cyclone dynamics was thought to possibly explain the results of an earlier experiment, which attempted to prevent particle reintroduction.

Article was submitted for review in August 2000; approved for publication by the Power & Machinery Division ASAE in February 2001. Presented at the 2000 ASAE Annual Meeting as Paper No. 00-4026.

Mention of trade names or commercial products in this article is solely for the purpose of providing specific information and does not imply recommendation or endorsement by the U. S. Department of Agriculture.

The authors are **Paul A. Funk**, ASAE Member Engineer, Agricultural Engineer, S. Ed Hughs, ASAE Member Engineer, Research Leader, USDA-ARS Southwestern Cotton Ginning Research Lab, Mesilla Park, New Mexico, and **Greg A. Holt**, ASAE Member Engineer, Agricultural Engineer, USDA-ARS Cotton Production and Processing Research Unit, Lubbock, Texas. **Corresponding author:** P. A. Funk, USDA Agricultural Research Service, Southwestern Cotton Ginning Research Laboratory, P.O. Box 578, Mesilla Park, NM 88047-0578; phone: 505-526-6381; fax: 505-525-1076; e-mail: pfunk@nmsu.edu.

DYNAMIC ANALYSIS OF RECIPROCATING SINGLE-BLADE CUTTER BARS

A. Guarnieri, C. Maglioni, G. Molari

ABSTRACT. *In this study, a mathematical lumped mass model for a reciprocating single-blade cutter bar with a slider-crank mechanism was developed. The equation of motion was numerically integrated, and the influence of geometric, kinematic, dynamic, and biological parameters was investigated. The analysis demonstrated the uselessness of the crank disc inertia and pointed out that system imbalance is due more to the periodic instability of motion and torque than to the alternative inertia force of the blade. The analysis also showed the existence of an optimum running speed that minimizes instability, and thus imbalance, and that cutting resistance decreases as the running speed increases. It is therefore possible to find a functional optimization of the system with regard to vibratory phenomena and cutting quality.*

Keywords. *Cutting resistance, Equation of motion, Numerical analysis, Reciprocating cutter bar.*

The first mechanical cutting bar was invented in the U.S. by Bailey in 1822 (Stone and Gulvin, 1967). In the following years, the system was implemented using harvester-based principles, and it reached Europe in the middle of 19th century for forage and grass cutting (Carena, 1942; Nerli, 1943). The cutting bar consists of three main sections: the carrying frame that supports the other parts, the cutting system (a double or single reciprocating multi-tooth blade), and the drive system that transfers power from the motor directly to the blade. The latter, in most cases an eccentric crank-connecting rod mechanism, has a strong influence on all the working properties.

Over the years, in spite of this influence and the increased use of cutter bars for pruning, thinning, and even leaf removal (Pollock et al., 1977; Gubiani et al., 1994; Morris, 2000; Corradi, 2004), the most common drive system has never been substantially modified, nor replaced by different mechanisms (Pellizzi, 1963; Manfredi, 1995). This system is far from ideal in its basic design (Coates and Porterfield, 1975), and as trees and vineyards are pruned, the increased cutting resistance requires a larger amount of power. Hence, with the typical cantilever orientation of the cutter bar in such operations, the existing vibratory phenomena increase, which considerably decreases both cutting quality and safety (Monroe and Peterson, 1977).

To avoid these problems and reduce the oscillation of the cutter bar tip during pruning, manufacturers tend to limit the total overhang cutting width, or suggest the use of double-

blade mechanisms (Filippi, 1967; Wenner, 1986). However, in the former case, the versatility of the system is significantly reduced, while in the latter case, cost, wear, and chances of jamming increase (Manfredi and Capelli, 1992). To evaluate the cause and the extent of these vibratory phenomena, the system dynamics have to be analyzed and the cutting resistance of the plants mathematically estimated, in order to obtain a quantitative description of the system behavior.

Early studies of this sort of cutting system considered cutting area optimization under different tool configurations and evaluated cutting speed in relation to geometric parameters (Casini Ropa, 1953; McClelland and Spielrein, 1958; Harbage and Morr, 1962). These studies, which only involved kinematic and geometric analyses, considered cutting action optimization only for grasses and forages. They are not suitable for larger shrubs (Hansen et al., 1968; Francia, 1972). The latter situation includes such factors as counterbar configuration, deflection, resistance of the plant material (Scotton, 1947; Bosoi et al., 1991) and dynamic factors like the instantaneous cutting force on teeth, torque, or motion over time.

Later studies evaluated the cutting force for different configurations of the teeth and counterbar (Young, 1984; Chen et al., 2004). Moreover, empirical models for cutting resistance have been developed using energy criteria (Srivastava et al., 1996; Chancellor, 2000). However, even when dynamic analysis has been carried out (Klenin et al., 1985; Baruah and Panesar, 2005), the vibratory phenomena have never been highlighted, their causes analyzed, nor solutions theoretically proposed. Several aspects have still to be clarified, like the causes of system disequilibrium and the magnitude of this phenomenon for the different working parameters and variables. These matters become particularly important when cutter bars are used for heavier purposes, like shrub pruning.

The aim of this article is to develop a mathematical model of a single-blade cutter bar with a crank-conrod drive system to analyze the cutter bar behavior in pruning. This will allow us to clarify the causes of system disequilibrium and

Submitted for review in May 2006 as manuscript number PM 6496; approved for publication by the Power & Machinery Division of ASABE in February 2007.

The authors are **Adriano Guarnieri**, ASABE Member Engineer, Full Professor, **Cesare Maglioni**, PhD Student, and **Giovanni Molari**, Researcher, Department of Agricultural Economics and Engineering (DEIAgra), University of Bologna, Bologna, Italy. **Corresponding author:** Giovanni Molari, DEIAgra, University of Bologna, via G. Faini 50, 40127 Bologna, Italy; phone: +39-051-2096191; fax: +39-051-2096178; e-mail: giovanni.molari@unibo.it.

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF A CONTINUOUS-BLADE CUTTING SYSTEM FOR LEAFY VEGETABLES

D. Brown, J. L. Glancey

ABSTRACT. To address the high costs associated with maintaining current reciprocating cutter bars used for harvesting spinach, a project was initiated to develop a lower-cost bandsaw cutting system. A model of the stresses generated in the saw blade under several loading scenarios was developed and used to evaluate the potential for fatigue failure with different support pulley and blade designs. For hardened steel blades, fatigue failure does not seem likely for pulley diameters equal to or greater than 300 mm. Torsional stiffness of a wide-span blade was modeled and used to determine the critical in-plane feed force exerted by the crop above which the blade will buckle. Laboratory tests with an instrumented bandsaw blade testing apparatus confirmed the predictions from the stability model that the critical forces necessary to induce buckling are low. The effects of blade thickness and tension on stability were examined and indicated that the resistance to buckling could be improved with increasing thickness and tension at the expense of fatigue life. For spans greater than 1.5 m, the blade tension required to prevent buckling was not practical, which suggested that the blade must be supported across the cutting width in order to achieve the required forces for cutting. A prototype bandsaw-type harvester was developed that included a continuous polymer blade guide to prevent blade twisting and buckling. Field capacity averaged 1.6 ha/h, corresponding to a throughput capacity in excess of 26 Mg/ha in spinach grown for processing. In-field recovery measurements and an N-way analysis of variance revealed no significant difference in harvest loss between semi-Savoy and smooth leaf spinach varieties. On average, harvest loss was about 5% of the commercial yield; approximately 1% of this loss was attributed to the harvester cutting mechanism as leaves still attached to the spinach crown. The remaining losses were significantly higher, consisting of loose leaves cut by the bandsaw but not gathered by the intake conveyor.

Keywords. Harvesting, Specialty crops.

Spinach is a crop grown in Delaware, New Jersey, and the eastern shore of Maryland for both fresh market and processing use, and virtually all production is machine harvested. When grown for processing, spinach is planted for three different growing/harvesting periods. Spring crops are planted between 12 March and 20 April and harvested between 20 May and 7 June. Fall crops are planted between 10 August and 2 September and harvested between 20 September and 28 October. Overwinter crops are planted between 1 and 15 October and harvested in the spring. In each case, plantings may be harvested as many as three times, provided the plant crown is not damaged during harvest, sufficient re-growth exists, and only a few plants have started to produce seed.

Spinach is a low-growing, fleshy-leaved annual that forms a heavy rosette of broad, crinkly, tender leaves. Spinach is classified as a very hardy cool-season crop that grows best at a mean temperature of 10°C to 15°C. It does not germinate

well in hot weather, and if planted in the late spring when hot weather is approaching, the plant will quickly produce a flower stalk and go to seed after the development of only a few leaves.

Spinach for processing is grown on beds planted with narrow, high-density, precision-seeded rows; beds are typically 1.5 m wide and consist of 5 to 8 rows. Bed configuration is often a function of the harvesting equipment attributes and the width of the cutter on the harvester. Final stands should be 7 to 8 plants per 30 cm, although 10 plants per 30 cm are acceptable. Thinner populations will not only enhance control of foliar diseases because of better air circulation, but also produce larger plants and leaves.

Annually, about 2000 ha of spinach are planted in Delaware and Maryland, and another 2000 ha are planted in New Jersey. Average yield is about 15 Mg/ha. The cash farm income to spinach producers in Delaware was approximately \$1.3 million in 2003 (Brown and Glancey, 2006).

OVERVIEW OF CURRENT HARVESTING METHODS

Most growers use towed cutters for harvesting (fig. 1). On-the-go transfer into transport carts is required since harvesters do not have on-board storage for harvested spinach. Carts are unloaded into open transport trailers where the spinach is manually bulk packed by several workers.

The conventional cutting mechanism on these harvesters is a reciprocating blade similar to a sickle bar cutter. As shown in figure 2, the blade slides along guards that form a second surface upon which the spinach stem is sheared.

Submitted for review in October 2006 as manuscript number PM 6716; approved for publication by the Power & Machinery Division of ASABE in January 2007. Presented at the 2006 ASABE Annual Meeting as Paper No. 061139.

The authors are **Darren Brown**, Graduate Student, Department of Mechanical Engineering, and **James L. Glancey**, ASABE Member Engineer, Associate Professor, Departments of Bioresources Engineering and Mechanical Engineering, University of Delaware, Newark, Delaware. **Corresponding author:** James L. Glancey, Departments of Bioresources Engineering and Mechanical Engineering, University of Delaware, 263 Townsend Hall, Newark, DE 19717; phone: 302-831-1179; fax: 302-831-3651; e-mail: jglancey@udel.edu.

Transactions of the ASABE

Vol. 50(3): 803-813

© 2007 American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0001-2351

803

ASAE D251.2 APR03
Friction Coefficients of Chopped Forages



American Society of
Agricultural and Biological Engineers

**S
T
A
N
D
A
R
D**

ASABE is a professional and technical organization, of members worldwide, who are dedicated to advancement of engineering applicable to agricultural, food, and biological systems. ASABE Standards are consensus documents developed and adopted by the American Society of Agricultural and Biological Engineers to meet standardization needs within the scope of the Society; principally agricultural field equipment, farmstead equipment, structures, soil and water resource management, turf and landscape equipment, forest engineering, food and process engineering, electric power applications, plant and animal environment, and waste management.

NOTE: ASABE Standards, Engineering Practices, and Data are informational and advisory only. Their use by anyone engaged in industry or trade is entirely voluntary. The ASABE assumes no responsibility for results attributable to the application of ASABE Standards, Engineering Practices, and Data. Conformity does not ensure compliance with applicable ordinances, laws and regulations. Prospective users are responsible for protecting themselves against liability for infringement of patents.

ASABE Standards, Engineering Practices, and Data initially approved prior to the society name change in July of 2005 are designated as 'ASAE', regardless of the revision approval date. Newly developed Standards, Engineering Practices and Data approved after July of 2005 are designated as 'ASABE'.

Standards designated as 'ANSI' are American National Standards as are all ISO adoptions published by ASABE. Adoption as an American National Standard requires verification by ANSI that the requirements for due process, consensus, and other criteria for approval have been met by ASABE.

Consensus is established when, in the judgment of the ANSI Board of Standards Review, substantial agreement has been reached by directly and materially affected interests. Substantial agreement means much more than a simple majority, but not necessarily unanimity. Consensus requires that all views and objections be considered, and that a concerted effort be made toward their resolution.

CAUTION NOTICE: ASABE and ANSI standards may be revised or withdrawn at any time. Additionally, procedures of ASABE require that action be taken periodically to reaffirm, revise, or withdraw each standard.

Copyright American Society of Agricultural and Biological Engineers. All rights reserved.

ASABE, 2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49065-9659, USA ph. 269-429-0300, fax 269-429-3852, hq@asabe.org

ASAE S358.2 FEB03
Moisture Measurement—Forages



American Society of
Agricultural and Biological Engineers

**S
T
A
N
D
A
R
D**

ASABE is a professional and technical organization, of members worldwide, who are dedicated to advancement of engineering applicable to agricultural, food, and biological systems. ASABE Standards are consensus documents developed and adopted by the American Society of Agricultural and Biological Engineers to meet standardization needs within the scope of the Society; principally agricultural field equipment, farmstead equipment, structures, soil and water resource management, turf and landscape equipment, forest engineering, food and process engineering, electric power applications, plant and animal environment, and waste management.

NOTE: ASABE Standards, Engineering Practices, and Data are informational and advisory only. Their use by anyone engaged in industry or trade is entirely voluntary. The ASABE assumes no responsibility for results attributable to the application of ASABE Standards, Engineering Practices, and Data. Conformity does not ensure compliance with applicable ordinances, laws and regulations. Prospective users are responsible for protecting themselves against liability for infringement of patents.

ASABE Standards, Engineering Practices, and Data initially approved prior to the society name change in July of 2005 are designated as 'ASAE', regardless of the revision approval date. Newly developed Standards, Engineering Practices and Data approved after July of 2005 are designated as 'ASABE'.

Standards designated as 'ANSI' are American National Standards as are all ISO adoptions published by ASABE. Adoption as an American National Standard requires verification by ANSI that the requirements for due process, consensus, and other criteria for approval have been met by ASABE.

Consensus is established when, in the judgment of the ANSI Board of Standards Review, substantial agreement has been reached by directly and materially affected interests. Substantial agreement means much more than a simple majority, but not necessarily unanimity. Consensus requires that all views and objections be considered, and that a concerted effort be made toward their resolution.

CAUTION NOTICE: ASABE and ANSI standards may be revised or withdrawn at any time. Additionally, procedures of ASABE require that action be taken periodically to reaffirm, revise, or withdraw each standard.

Copyright American Society of Agricultural and Biological Engineers. All rights reserved.

ASABE, 2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659, USA ph. 269-429-0300, fax 269-429-3852, hq@asabe.org



American Society of
Agricultural and Biological Engineers

An ASABE Meeting Presentation

Paper Number: 061139

Fatigue and Stability Analysis of a Continuous Blade Band-type Cutter for Leafy Vegetables

Darren Brown and James L. Glancey

University of Delaware, Newark, DE
jglancey@udel.edu

**Written for presentation at the
2006 ASABE Annual International Meeting
Sponsored by ASABE
Portland Convention Center
Portland, Oregon
9 - 12 July 2006**

Abstract. A continuous blade, high speed, low maintenance cutter has been developed for fresh market and processed spinach. Fatigue analysis of a 1 mm thick blade indicated that failure would occur with support pulleys smaller than 300 mm. Analysis of the blade stiffness and torsional stability analysis, and results from preliminary field tests revealed that excessive blade deflection for a 2 m free cutting span was a concern. A polymer blade guide was designed and tested which provided continuous support for the blade across the cutting width. Fielding testing revealed that at a cutting height of 80 mm, harvesting speeds in excess of 12 km/h are possible without inducing damage to the spinach crown. Inspection of the plant stems after harvest revealed that cut quality was consistently high.

Keywords. Continuous Blade, Fatigue, Spinach, Mechanical Harvest

The authors are solely responsible for the content of this technical presentation. The technical presentation does not necessarily reflect the official position of the American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE), and its printing and distribution does not constitute an endorsement of views which may be expressed. Technical presentations are not subject to the formal peer review process by ASABE editorial committees; therefore, they are not to be presented as refereed publications. Citation of this work should state that it is from an ASABE meeting paper. EXAMPLE: Author's Last Name, Initials, 2006, Title of Presentation, ASABE Paper No. 06xxxx, St. Joseph, Mich.: ASABE. For information about securing permission to reprint or reproduce a technical presentation, please contact ASABE at ruttner@asabe.org or 269-429-0300 (2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659 USA).



The Society for engineering
in agricultural, food, and
biological systems

This is not a peer-reviewed article

Paper Number: 026154
An ASAE Meeting Presentation

Cutting Properties of Rice Straw

Matt W Yore

Department of Biological and Agricultural Engineering, University of California, One Shields Avenue, Davis, California 95616 mattyore@ucdavis.edu

Bryan M Jenkins

Department of Biological and Agricultural Engineering, University of California, One Shields Avenue, Davis, California 95616 bmjenkins@ucdavis.edu

Matthew D Summers

Department of Biological and Agricultural Engineering, University of California, One Shields Avenue, Davis, California 95616 mdsummers@ucdavis.edu

Written for presentation at the
2002 ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress
Sponsored by ASAE and CIGR
Hyatt Regency Chicago
Chicago, Illinois, USA
July 28-July 31, 2002

Abstract. *As part of an effort to integrate straw and grain harvesting operations, an investigation was undertaken of the cutting properties of straw to aid the development of novel header systems for combines. Results can also be extended to other industrial operations involving straw handling and size reduction. Average cutting force and energy for stems were measured using a custom designed double sickle knife mechanism. Treatments involved single and multiple stems. Cutting properties were determined at regular intervals along the stem, including both internode and node sections up to the third stem internode, with detailed force and energy profiles developed in the immediate vicinity of the nodes. Cutting energy per stem was found to decrease as the number of stems cut simultaneously increased, partly as a result of the sensitivity of cutting force to location relative to the stem nodes, and partly due to the failure mode when multiple stems are cut. Results were compared against field measurements of operating sickle cutters used for on-combine stubble cutting. Theoretical power required for cutting the stems amounts to only 5 -15% of total cutter power due to other factors relating to increased machine friction and cutting force. Results for rice straw are compared with data from other forage crops.*

Keywords. rice, straw, stubble, shearing, cutting, force, energy

The authors are solely responsible for the content of this technical presentation. The technical presentation does not necessarily reflect the official position of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE), and its printing and distribution does not constitute an endorsement of views which may be expressed. Technical presentations are not subject to the formal peer review process by ASAE editorial committees; therefore, they are not to be presented as refereed publications. Citation of this work should state that it is from an ASAE meeting paper. EXAMPLE: Author's Last Name, Initials, 2002. Title of Presentation. ASAE Meeting Paper No. 02xxxx. St. Joseph, Mich.: ASAE. For information about securing permission to reprint or reproduce a technical presentation, please contact ASAE at hq@asae.org or 616-429-0300 (2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659 USA).

DEVELOPMENT AND FIELD PERFORMANCE OF A WILLOW CUTTER-SHREDDER-BALER

F. Lavoie¹, P. Savoie², L. D'Amours² and H. Joannis²

¹ Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Québec, QC, G1K 7P4

² Soils and Crops Research and Development Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, 2560
Hochelaga Blvd., Québec, QC, Canada, G1V 2J3; corresponding author: philippe.savoie@fsaa.ulaval.ca

Abstract. Willow is a fast-growing crop with a biomass potential between 10 and 20 t of dry matter (DM) per ha per year in a northern climate like Canada. Once established, willow reaches optimal yield under a 3-year cutting rotation. One method of harvesting is to cut and chip the whole plant for immediate use or wet storage. Alternately, willow can be cut and either bundled or baled for natural drying in storage. Near-commercial harvesters for willow are available to cut and chip with a forage-harvester platform. However, no commercial harvester of long-stem willow in the form of bundle or bale is available. Design criteria were developed to optimize cutting, perform light shredding and bale willow stems. A round baler was chosen as the harvesting platform. Modifications to the baler included replacing the narrow compression chamber belts by a single full-width belt to better contain the long stems within the chamber. A swing-pivot tongue was added to offset the baler from the tractor's drive line. Four rotary saws, integrated in a disc mower frame, were installed in front of the baler. A modified hammer type shredder was placed between the saws and the baler to break the willow stems and make them more pliable. Five field trials were carried out in 2006 to test and improve various functional components of this novel willow harvester. By the end of the year, more than 90 round bales of willow had been harvested. The continuous bale forming capacity ranged from 8 to 12 wet t/h. Considering idle time, wrapping time and turning time, the actual harvest capacity would be in the range of 5 to 8 wet t/h. Bale size ranged from 0.99 to 1.54 m in diameter (fixed width of 1.22 m). Average moisture content of willow for the five trials ranged from 44 to 51%. Dry matter density ranged between 111 and 167 kg DM/m³ with a typical value of 140 kg DM/m³.

Keywords. Biomass, willow, woody crop, harvest, baler, shredder, cutter

INTRODUCTION

Short rotation intensive culture (SRIC) of willow has been suggested as a means of maintaining or enhancing crop production on marginal and abandoned agricultural land (Labrecque and Teodorescu, 2003). SRIC may also provide considerable environmental benefits as a sink for excess greenhouse gas, industrial waste and municipal sludge (Perttu and Kovalik, 1997) and as a source of biomass for energy and the chemical industry (Morris and Ahmed, 1992).

The agricultural land base in Canada is about 67 Mha (Statistics Canada, 2005). It is large enough to consider using part of it for non-agricultural production. Indeed, land area covered by cultivated crops increased by more than 5 Mha between 1981 and 2001 to reach today about 36 Mha. There are still 31 Mha of farmland not considered as cultivated crop area: 4.8 Mha in seeded pasture, 15.4 Mha in natural pasture, 6.2 Mha in woodland and 4.7 Mha in summer fallow (Statistics Canada, 2005). Large areas not yet cultivated represent a good potential for new perennial crops such as SRIC of willow and poplar. Over the next twenty years, a projection of 1 Mha of new plantations in SRIC in Canada to provide new crops for energy and bioproducts would not appear unreasonable.

Willow is a good candidate for future SRIC partly because of its high growth potential crop with annual yields between 10 and 20 t dry matter (DM)/ha/yr (Labrecque and Teodorescu, 2003). As the area in willow might grow quickly over the next two decades, harvest machinery must also keep pace to handle the potentially large volume of biomass. The present work was initiated to provide up-to-date technology related to willow harvesting. The objective of this project was to develop a willow harvester that could contribute both to experimental and early commercial needs to remove the crop quickly and efficiently from the field.



The Society for engineering
in agricultural, food, and
biological systems

This is not a peer-reviewed article.

Paper Number: 01-1087
An ASAE Meeting Presentation

Development of a Stubble Cutting System for a Combine Harvester

M.W. Yore

Department of Biological and Agricultural Engineering, University of California
One Shields Avenue, Davis, California 95616

M.D. Summers

Department of Biological and Agricultural Engineering, University of California
One Shields Avenue, Davis, California 95616

B.M. Jenkins

Department of Biological and Agricultural Engineering, University of California
One Shields Avenue, Davis, California 95616

Written for presentation at the
2001 ASAE Annual International Meeting
Sponsored by ASAE
Sacramento Convention Center
Sacramento, California, USA
July 30-August 1, 2001

Abstract. *Off-field utilization of rice straw has initiated improvements in straw handling techniques. One possible improvement involves using the combine to increase straw yield, either through ground level harvest or through the attachment of a stubble cutting device operating behind the main header. Alternative designs for stubble cutters were examined and a sickle cutter prototype was fabricated and tested. The stubble cutter did increase straw yield compared to standard harvest practice, although the theoretical yield was not achieved. Field capacity of the harvester was slightly decreased while operating the stubble cutter. Ground level harvesting also resulted in lower harvester capacity but better overall cutting compared with the secondary stubble cutter. Several potential improvements in the stubble cutting design are under investigation.*

Keywords. rice, stubble, straw, harvesting, yield, combine harvesters, utilization, equipment

The authors are solely responsible for the content of this technical presentation. The technical presentation does not necessarily reflect the official position of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE), and its printing and distribution does not constitute an endorsement of views which may be expressed. Technical presentations are not subject to the formal peer review process by ASAE editorial committees; therefore, they are not to be presented as refereed publications. Citation of this work should state that it is from an ASAE meeting paper. EXAMPLE: Author's Last Name, Initials, 2001, Title of Presentation, ASAE Meeting Paper No. xx-xxxx, St. Joseph, Mich.: ASAE. For information about securing permission to reprint or reproduce a technical presentation, please contact ASAE at hq@asae.org or 616-429-0300 (2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659 USA).

제 7 장 참고문헌

1. Ball, C. E and Barger, R. L. 1948 Reconditioning overdried hat. Agr. Engg. 29(7) 229-300
2. Curley, R. G. Dobie, J.B. and Parson, P.S. 1973, Comparison of stationary and field cubing of forage. Trans. ASAE 18(5)864-866.
3. Davis, R. B.and Barlow, G.E. 1947 Supplemental heat in mow drying of hay. Agri. Engg. 28(7)289-290,293.
4. Feed Manufacturing Technology IV. Robert R. McElhiney. American Feed Industry Association. 1994.
5. 가축분뇨자원화를 위한 기술 지침서 , 축산기술연구소, 1995
6. 기광석 외. 젓소 TMR이용기술 및 부존자원 활용 연구. 축산시험연구보고서. 2001.
7. 김정갑. 조사료 이용 및 효율성 증대방안. 1998.
8. 김창호 외. 파종기와 예취시기가 답리작 호밀의 생육 및 건물수량에 미치는 영향. 1995.
9. 김혁주, 박경규, 서종혁, 신승열. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 시스템 모델 개발(1). 한국농업기계학회지. 28(2):pp107-116. 2003.
10. 김혁주, 박경규, 김태한, 구영모. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 시스템 모델 개발(2). 한국농업기계학회지. 28(3):pp199-208. 2003.
11. 김혁주 외. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계화 시스템 모델 개발(3). 바이오시

- 스텝공학. 29(1):pp1-8. 2004
12. 김혁주, 박경규, 하유신, 홍동혁. 답리작 맥류 랩-사일리지의 기계회 시스템 모델 개발(4). 바이오시스템공학. 29(4):293-300. 2004
 13. 농림사업시행지침[축산]. 농림부. 2005.
 14. 농림통계연보. 농림부. 2005.
 15. 농업기계가격. 한국농기계공업협동조합. 2005.
 16. 농업기계연감. 한국농기계공업협동조합. 1996-2004.
 17. 농업법인의 운영실태와 정책과제, 정책연구보고 P24, 한국농촌경제연구원, 1997.
 18. 농업전망 1999, 한국농촌경제연구원, 1999.
 19. 목장종합실태조사서. 서울우유협동조합. 2005.
 20. 박경규외. 사료가공학. 선진문화사. 1993.
 21. 박경규외. 축산기계 및 시설. 문운당. 1996.
 22. 박경규 외. 개정사료학. 선진문화사. 1995.
 23. 박경규외, “답리작 조사료의 랩사일리지 기계화 생산모델”, 한국농업기계학회지, 1998.
 24. 박경규 외. 트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발(I). 한국농업기계학회지. 25(4):pp265-272. 2000.

25. 박경규 외. 트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발(II). 한국농업기계학회지. 25(4):pp257-264. 2000.
26. 박경규 외. 트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발(III). 한국농업기계학회지. 25(3):pp203-212. 2000.
27. 사료가공핸드북. 한인규. 1979.
28. 쌀 농업의 비용 절감을 위한 경영모델과 지역시스템 개발」, C98-10, 한국농촌경제연구원, 1998.
29. 생산성 향상을 위한 올바른 TMR의 적용. TMR연구회. 2004.
30. 섬유질 배합사료의 현황과 효율적 이용방안. TMR연구회. 2005.
31. 수도작 기계화의 적정규모에 관한 연구, 연구보고 R329, 한국농촌경제연구원, 1999.
32. 시험연구결과 경제성분석기준자료. 농촌진흥청. 2000.
33. 시험연구보고서. 축산시험장. 1995.
34. 정창주 외. 농업기계학. 향문사. 1995.
35. 정광용 외. 밭농사의 환경보전기능 계량화. 농촌진흥청 농업과학기술원. 1997.
36. 조사료 이용 및 효율성 증대방안. 축산기술연구소. 1997.
37. 조사료생산 이용 교육 교재, 농림부·축협중앙회, 1998.
38. 조사료생산·이용 확대 추진. 농림부. 1999.

39. 조사료표준영농교본-91, 농촌진흥청, 1998. 10.
40. 주경노. 쌀농사의 규모화에 따른 적정 농기계의 투입. 농업기계화연구소. 1997.
41. 최신축산경영학. 향문사. 1990.
42. 축산물생산비2005. 국립농산물품질관리원. 2006.
43. 축산물생산과 연구의 국내동향. 축산시험장. 1990.
44. 축산경쟁력 제고를 위한 총체사료 생산이용 기술개발. 농촌진흥청. 1992.
45. 축산물 수입 자유화 과제. 한국축산학회 춘계심포지움. 1997.
46. 축산경영 안정을 위한 '99 조사료생산 시책, 농림부, 1999.
47. 한정대외. 양질의 조사료의 저장·가공 및 이용기술. 양질의 조사료 생산이용심포지움 1993.
48. 환경보전형 농업발전을 위한 정책과제, 한국농촌경제연구원, 1997.
49. 친환경답리작 조사료 생산기술 및 일관작업을 위한 기계화 모델, 조사료 생산 관련 심포지움(농림부, 경북대학교). 1999.
50. 하유신, 박경규, 홍동혁. 한우젓소용 TMR사료 일관 조제를 위한 농가용 소형 플랜트 개발(I). 한국농업기계학회 동계학술대회논문집 11(1):139-142. 2006.
51. 한우용 TMR 급여지침서. 농림부. 2004.
52. 홍동혁 외. 원형베일 조사료용 트랙터 견인형 세절-급여기 개발(I). 한국농업기계학회 2005년 하계학술대회논문집. 10(2):pp74-79. 2005.

53. 홍동혁 외. 원형베일 조사료용 트랙터 견인형 세절-급여기 개발(II). 한국농업기계학회 2005년 하계학술대회논문집. 10(2):pp80-88. 2005.
54. 홍동혁 외. 원형베일 조사료용 트랙터 견인형 세절-급여기 개발(III). 한국농업기계학회 2005년 하계학술대회논문집. 10(2):pp89-94. 2005.
55. IMF시대의 조사료 대책, 한국초지학회 심포지엄 Proceedings, 1998.
56. TMR산업의 당면현황과 대책. TMR연구회. 2004.
57. TMR을 위한 조사료 이용의 효율화. TMR연구회. 2003.
58. TMR 핸드북. 서울우유협동조합. 1996

[부 록]

■ 특허등록 제0834707호

【요약서】

【요약】

본 발명은 단단하게 압축되어 감겨진 원형베일 형태의 마른 볏짚, 생볏짚 곤포사일리지(wrap silage) 또는 맥류(보리 또는 호맥 등) 곤포사일리지 등의 조사료를 간편하게 계량하고 TMR 플랜트나 TMR 배합기에 투입하여 타 원료들과 배합작업을 효율적으로 할 수 있도록 원형베일의 조사료의 길이를 잘게 세절하고, 세절된 조사료를 일정량의 크기로 소형화·규격화하기 위한 TMR 배합을 위한 원형베일 전처리 가공시스템 및 이를 이용하는 원형베일 전처리 가공방법에 관한 것이다.

이러한 본 발명의 TMR 배합을 위한 원형베일 전처리 가공시스템은, 원형베일 형태의 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 적재·이송 컨베이어와; 상기 적재·이송 컨베이어를 통해 공급된 원형베일 형태의 단단하게 압축되어 감겨진 조사료를 규정된 길이로 세절하는 세절기와; 상기 세절기를 통해 세절된 조사료에 섞인 흙먼지 등 이물질들을 분리 제거하는 집진 시설과; 상기 집진시설로부터 흙먼지 등 이물질이 배출된 세절된 조사료를 일정량의 무게와 크기로 규격화하는 가공기(사각베일러)로 이송시키는 제 1 이송컨베이어와; 상기 컨베이어를 통해 공급된 세절 조사료를 가압하여 TMR 배합기에 원활히 공급할 수 있도록 크기와 무게를 사각베일 형태로 소형·규격화 시키는 규격화 가공기(사각베일러)를 포함한다.

【대표도】

도 1

【색인어】

티엠알(TMR) 사료, 티엠알(TMR) 배합기, 티엠알(TMR) 플랜트, 조사료, 원형베일, 사일리지, 곤포 사일리지, 세절기, 집진시설, 사각베일

【명세서】

【발명의 명칭】

TMR 배합용 원형베일 조사료의 전처리 가공시스템 및 이를 이용한 원형베일 전처리 가공방법{Round bale pre-processing system and round bale pre-processing method for using TMR mixer}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 조사료의 전처리 가공시스템을 개략적으로 나타낸 구성도.

도 2는 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 조사료의 전처리 가공시스템 중 적재·이송 컨베이어의 사시도.

도 3은 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 조사료의 전처리 가공시스템 중 세절·연화기의 단면도.

도 4는 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 조사료의 전처리 가공시스템 중 집진시설의 단면도.

도 5는 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 조사료의 전처리 가공시스템 중 규격화 가공기(사각 베일러)의 단면도.

도 6은 본 발명에 대한 TMR 배합용 원형베일 조사료의 전처리 가공시스템의 또 다른 실시 예를 개략적으로 나타낸 구성도.

도 7은 도 6에 도시된 또 다른 실시예의 TMR 배합용 원형베일 조사료 전처리 가공시스템 중 세절기의 단면도.

도 8은 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공공정을 나타낸 블록도.

도 9는 본 발명에 대한 또 다른 실시예의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공공정을 나타낸 블록도.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

1, 1a. 원형베일 전처리 가공시스템

10. 적재·이송 컨베이어 11. 조사료 적재부

12, 17. 가이드판 13, 44. 구동모터

14. 체인 15. 이송봉체

16. 지지판넬 20, 20a. 세절기

21, 31, 41. 하우징 22. 컨베이어

- | | |
|----------------|--------------|
| 23. 회전바디부 | 23b. 회전커터열 |
| 24. 절단부 | 24b. 고정커터 |
| 25. 원심팬 | 26. 팬덮개 |
| 27. 토출구 | 27a. 조사료 배출구 |
| 28. 집진연결관로 | 30. 집진시설 |
| 32. 조사료 유입구 | 33. 집진관로 연결관 |
| 34. 집진팬 | |
| 37. 제 1 이송컨베이어 | 40. 규격화 가공기 |
| 42. 플런저 | 43. 크랭크부재 |
| 45. 동력전달기어 | 46. 결속장치 |
| 47. 덮개부재 | 50. 저장소 |
| 52. 제 2 이송컨베이어 | 60. TMR 배합기 |

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

본 발명은 TMR 배합용 원형베일 조사료의 전처리 가공시스템 및 이를 이용한 원형베일 전처리 가공방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 원형베일 형태의 국내산 마른 볏짚, 생볏짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지 등으로 이루어진 조사료를 반입, 반입된 조사료 세절, 흙먼지 등 이물질 제거, 세절된 조사료의 크기와 무게를 소형으로 규격화(사각베일) 시키는 등의 공정을 실행하기 위한 시스템을 구성함으로써, 다수의 원형베일 형태인 조사료를 동시에 적재하여 세절기 측에 연속적인 공급이 가능하도록 함과 동시에 상기 세절기에 의해 잘게 세절된 조사료에 섞여 있는 흙먼지 등 이물질들을 집진시설에서 보다 간편하게 분리 제거하고 규격화 가공기(사각베일러)를 통해 세절된 조사료를 사각베일형태로 가압하여 상기 조사료의 크기와 무게를 일정하게 소형으로 규격화시킴에 따라 TMR 배합기에 투입하는데 대한 조사료의 투입시간 단축과 아울러 정량 투입이 보다 간편하게 이루어질 수 있도록 한 TMR 배합용 원형베일 조사료 전처리 가공시스템 및 이를 이용한 원형베일 전처리 가공방법에 관한 것이다.

최근 국내의 한우 및 젖소의 사육두수는 약 200만여 두 이상이 사육되고 있지만, 축산 선진국에 비하여 매우 영세하고 개선해야 할 많은 문제점을 가지고 있으며,

그 중에서 조사료의 자급에 대한 문제는 매우 심각한 수준에 있다.

표 1. 국내 및 외국에서 젖소의 조사료와 농후사료 급여비율

	조사료	농후사료
한국	47%	53%
일본	48%	52%
미국	66%	34%
최소한계	40% 이상	60% 미만
최적비율	60%	40%

표 1 에서 보는 바와 같이 조사료의 급여 비율이 정부의 꾸준한 노력으로 30%에서 47% 정도로 올렸지만 공급되는 조사료 중 50% 정도가 대부분 볏짚에 의존을 하고 있어 조사료의 품질이 매우 열악한 실정이며 현재의 수준은 정부의 양질 조사료 공급 60%의 목표와는 아직도 많은 차이를 가지고 있다.

이러한 조사료의 부족 문제를 해결하기 위하여 국내에서는 ①볏짚을 이용하는 방법 이외에, ② 논에서 겨울철에 재배 가능한 맥류(호맥 또는 대맥)를 4월 말부터 5월 중순 사이에 생초로 예취 후에 원형베일리로 압축을 한 후, 베일-래퍼로 밀봉을 하여 사일리지로 가공된 답리작 곤포-사일리지 가 있으며, 또한 ③최근에는 생볏짚 곤포사일리지도 많이 이용되고 있는데 현재 정부의 곤포용 비닐대 지원금의 확대로 생볏짚 곤포사일리지의 생산 증가 추세가 지속될 전망이다.

최근 3년간 조사료의 수요량은 400 만톤 수준으로 이중 15%인 60만톤이 수입에 의존하고 있는데 양축농가 및 TMR 배합소는 국내에서 생산·가공된 곤포 사일리지보다 가격이 높더라도 품질이 좋고 이용이 편리한 수입 조사료를 선호하고 있는 것으로 보고되고 있다.

그러나, 상기 보고된 자료에 의하면 축산농가의 경영비 중 사료비의 비중이 번식우(한우)의 경우 74%, 착유우(젖소)의 경우 64%로 이중 조사료의 비중이 각각 23%와 28%를 차지하고 있어 값싼 양질의 국내산 조사료 공급이 경영비를 감소시킬 수 있는 하나의 주요인으로 사료된다.

이와 같이 축산농가에서 한우 또는 젖소 등에 조사료를 급여하는 방법으로서 조사료와 농후사료를 별도로 급여하는 관행 급여방법과, 조사료와 농후사료를 적정 비율로 혼합하여 급여하는 TMR(Total Mixed Ration; 완전혼합사료) 급여방법으로 구분되게 되는데, 이 때 상기 TMR 급여의 경우 하루에 급여할 조사료와 농후사료, 첨가제 등 모든 사료원을 적정 비율로 혼합한 후 급여하는 방식으로, 한우 또는 젖소의 신체유지, 증체, 비유단계, 번식 등을 고려하여 영양소 요구량을 충족시킴에 따라 소의 경제수명이 늘어나고 생산성의 향상으로 인해 농가의 노동력 절감은 물론 균형있고 경제적인 값싼 사료를 이용할 수 있는 등의 장점을 가지고 있으며, 상

기한 TMR 급여방식은 사료회사에서 제조 판매하는 TMR 사료를 구입하여 급여하거나 또는 공동 배합소에서 배합한 TMR 사료를 급여하는 방식이 주로 사용되고 있다.

그러나, 상기한 TMR 급여방식에 있어 국내에서는 한우 및 젖소 사육농가의 경영비 중 사료의 비용이 74%와 64% 임에도 불구하고 양축농가 및 TMR 플랜트에서 국내 가공된 값싼 곤포 사일리지를 기피하고 있는데, 이중 첫째로는 매우 단단하게 감겨진 원형베일을 가축에 공급하기 위하여 다시 풀어 해치는데 많은 시간과 노동력이 필요(관행의 벧짚 절단기를 이용하여 원형베일 하나를 세절하는데 2사람이 약 2시간 소요됨)하고, 둘째로는 가공된 벧짚 또는 맥류 사일리지는 매우 질기고 거칠기 때문에 세절이 어려우면서 배합하는데 많은 시간과 동력이 소요되며, 셋째로는 논에서 벧짚을 베일로 가공 시 논바닥에 깔려있는 벧짚을 베일러로 수거하기 때문에 상당량의 논바닥 흙과 이물질들이 혼합됨에 따라 이로 인한 조사료의 품질이 크게 떨어질 뿐만 아니라 이를 소에 급여할 경우 소의 위점막 용탈 사이에 흙먼지가 침적되어 반추위의 역할을 저하시켜 대사성 질병 발생 및 생산성 저하로 이어지게 되는 등의 커다란 문제점이 있었다.

또한, 국내 대부분의 TMR 배합소에는 벧짚과 같이 질긴 조사료를 반입 연화시켜 적절한 길이로 세절하는 시설이 구비되어 있지 않기 때문에 대부분 건조로 이루어져 사각베일(사각 형태로 압축된 베일로 상기 베일 1개당 무게가 약 20kg으로 이루어짐) 형태로 수입되는 수입 조사료를 섞어 쓰지만 배합기 내에서 잘 부스러지기 때문에 첨가 양은 그리 많지 않으며, 이로 인해 양축 농가에서는 TMR 배합소에서 구입한 TMR 사료에 국내산 조사료를 추가 공급해야하는 등의 번거로운 문제점도 있었다.

이와 같은 종래의 문제점을 해소하기 위하여 본 출원인에 의해서 출원된 후에 2006년 7월 11일자로 공개된 티엠알(TMR) 사료 조제 농가용 소형 플랜트(특허 공개번호 2006-0080877호)가 제안된 바 있는데, 이는 조사료 원형베일을 세절하여, 그 조사료에 포함된 흙먼지를 분리 배출하는 세절기와; 상기 세절된 조사료를 이동시키며, 조사료에 포함된 흙먼지를 제거하는 기능이 있는 조사료 투입용 사이클론을 구비하는 뉴메틱컨베이어와; 상기 뉴메틱컨베이어를 통해 투입되는 세절된 조사료와 기타 투입된 조사료 및 농후사료를 적정비율로 배합함과 아울러 다시 부드럽게 세절이 가능한 기능을 가진 배합기(TMR 배합기)와; 상기 배합기에서 세절 및 배합된 TMR 사료를 이송하는 제1컨베이어와; 상기 제1컨베이어를 통해 이송된 TMR 사료를 저장하는 제품탱크와; 상기 제품탱크에 저장된 TMR 사료를 배출하는 제2컨베

이어와; 상기 제2컨베이어를 통해 이송된 TMR 사료를 계량 및 포장하는 포장기를 포함하여 구성되어 있다.

이와 같이 구성된 종래 티엠알(TMR) 사료 조제 농가용 소형 플랜트의 경우 세절기를 이용해 조사료 원형베일을 세절함과 동시에 상기 세절된 조사료에 포함된 흙먼지를 집진 사이클론을 통해 분리 제거한 후 상기 배합기에 세절된 조사료와 함께 농후사료 및 첨가제 등을 적정비율로 첨가 배합함으로써, 티엠알(TMR) 사료의 제조과정의 자동화에 따른 인력 소모의 최소화에 더불어 부작용이 없는 양질의 티엠알(TMR) 사료를 제공할 수 있으며, 특히 상기 세절기에 의해 원형베일이 세절된 후 배합기에 상기 세절된 조사료와 함께 농후사료 및 첨가제 등을 첨가 배합하면서 다시 조사료와 농후사료 및 첨가제가 세절됨에 따라 농후사료 및 첨가제가 분말형태로 형성되는 것을 방지함과 아울러 조사료와 농후사료 및 첨가제의 배합시간을 연장하여 보다 양질의 티엠알(TMR) 사료를 제조할 수 있는 등의 장점이 있다.

하지만, 상기 배합기에 의한 조사료와 농후사료 및 첨가제를 배합하여 양질의 티엠알(TMR) 사료를 제조하기 위하여 세절기를 이용해 원형베일 형태의 조사료를 세절함과 동시에 상기 세절된 조사료에 포함된 흙먼지를 집진 사이클론의 사이클론 작용을 통해 분리 제거시킬 경우 상기 부드럽게 세절된 벧짚 즉, 조사료의 부피가 배합기의 수용 체적 보다 더욱 커지면서 300kg 정도 되는 원형베일의 조사료를 세절하여 2톤 배합기에 투입할 시 조사료만으로도 배합기를 넘쳐나게 되며 이럴 경우 타 원료인 농후사료와 첨가제를 투입하기가 매우 곤란해지는 등의 문제점이 있었다.

또한, 상기와 같이 세절기 및 집진 사이클론을 통해 세절 및 흙먼지 등 이물질들을 제거하여 부피가 커진 벧짚 즉, 조사료를 배합기에 투입함에 있어 정량의 무게를 계량하기도 불편하고 이에 소요되는 시간이 매우 길어지기 때문에 이에 따른 작업 소요시간이 길어지게 되면서 생산성이 크게 저하되게 되는 문제점이 발생하였다.

따라서 상기한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 국내산 원형베일로 가공된 마른 벧짚, 생벧짚 곤포 사일리지 또는 맥류 곤포사일리지의 조사료를 부드럽게 세절할 수 있는 기능을 구비함과 동시에, 상기 조사료에 포함된 흙먼지 등의 이물질들을 제거하는 기능이 있으며 정량으로 배합기에 투입이 가능하도록 부피 큰 조사료를 사각베일 형태의 일정량의 무게와 크기로 소형화·규격화 가공이 가능한 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템의 개발이 요구되어지고 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

상기와 같은 종래의 문제점을 해소하기 위하여 안출된 본 발명은, 원형베일 형태의 국내산 마른 볏짚, 생볏짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지로 이루어진 조사료 반입, 반입된 조사료 세절, 흙먼지 등 이물질 제거, 세절된 조사료를 사각베일 형태로 일정한 크기와 무게를 지닌 소형화·규격화 시키는 등의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 구성함으로써, 상기한 시스템 중 적재·이송 컨베이어에 다수의 원형베일 형태인 조사료를 동시에 적재하여 세절기 측에 연속적인 공급이 가능하도록 함과 동시에 상기 세절기에 의해 원형베일 형태의 조사료를 TMR 배합에 적합한 길이로 세절시키고 아울러 조사료에 섞여 있는 흙먼지 등 이물질들을 집진시설을 통해 보다 간편하게 분리 제거하여 양질의 조사료를 공급할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

또한, 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 통하여 규격화 가공기를 통해 원형베일로부터 세절된 조사료를 사각베일형태로 가압하여 상기 조사료의 크기와 무게를 일정하게 소형으로 규격화시킴으로서, TMR 배합기에 투입하는데 대한 조사료의 투입시간 단축과 아울러 정량 투입이 보다 간편하게 이루어질 수 있도록 하는데 또 다른 목적이 있다.

또 다른 본 발명의 세 번째 목적은 상기의 2가지 목적을 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 통하여 하나의 일관 공정으로 작업이 가능하도록 한 것이다.

【발명의 구성】

본 발명에 따른 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템은, 원형베일의 조사료를 세절 가공하는 시스템에 있어서; 원형베일 형태의 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 적재·이송 컨베이어와; 상기 적재·이송 컨베이어를 통해 공급된 원형베일 형태의 조사료를 규정된 길이로 세절하는 세절기와; 상기 세절기를 통해 세절된 조사료의 볏짚에 섞인 흙먼지 등 이물질들을 분리 제거하는 집진시설과; 상기 집진시설로부터 흙먼지 등 이물질이 배출된 세절된 조사료를 사각베일 형태로 가압하여 TMR 배합기에 원활히 공급할 수 있도록 일정한 크기와 무게로 소형화·규격화 시키는 규격화 가공기로 구성된 것을 특징으로 한다.

그리고, 본 발명은 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템에 있어서; 원형베일 형태의 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 적재·이송 컨베이어와; 상기 적재·이송 컨베이어를 통해 공급된 원형베일 형태의 조사료를 규정된 길이로 세절하는 세절기와; 상기 세절기로부터 배출되어 제 1 이송컨베이어를 통해 공급된 세절된 조사료를 가압하여 TMR 배합기에 원활히 공급할 수 있도록 크기와 무게를 소

형화·규격화 시키는 규격화 가공기로 구성된 것을 특징으로 한다.

이 때, 상기 원형베일은 국내산 마른 벚짚, 생벚짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지 등의 조사료인 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 적재·이송 컨베이어의 일단에는 원형베일 형태의 조사료를 안착시키 이를 적재·이송 컨베이어 측으로 회동 이송시킬 수 있도록 조사료 적재부가 회동 가능하게 설치되되, 힌지에 의한 상하 회동시 유압 또는 공압 실린더가 신축되는 연계작용을 통해 상기 조사료 적재부의 회동작용이 이루어지며, 상기 조사료 적재부의 양측면에는 적재·이송 컨베이어 측으로 안착된 원형베일의 조사료를 회동 이송시 측방향으로 낙하하지 않도록 지지하는 가이드판이 설치된 것을 특징으로 한다.

더욱 바람직하게는 상기 적재·이송 컨베이어는 구동축에 스프라켓이 설치된 구동모터와; 상기 구동모터의 스프라켓에 대응 결합되는 폐곡선 형태의 체인과; 상기 체인에 양단축이 결합되어 모터 회전력에 따라 체인과 함께 회전하면서 조사료 적재부를 통해 공급된 원형베일 형태의 조사료를 이송시키는 이송 본체와; 상기 체인 내부에 설치되어 조사료를 이송하는 상측 체인의 이송 본체를 지지하면서 원형베일로부터 떨어진 잔량의 조사료 역시 면착되는 이송 본체에 의해 이송될 수 있도록 하는 지지관벨로 구성된 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명에 대한 일실시예의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템에 있어, 상기 세절기는 적재·이송 컨베이어로부터 공급된 원형베일의 조사료가 잘 풀릴 수 있게 커팅 반대방향으로 회전시키는 컨베이어와; 축을 중심으로 회전하는 바디 및 상기 바디의 외주면에 나선형태로 배열 설치되어 컨베이어에 안착 회전하는 조사료의 일단을 결속 이송시키는 회전커터열로 이루어진 회전바디부와; 상기 회전커터열에 의해 이송된 조사료의 일단을 고정시키는 고정판 및 상기 고정판에 의해 고정된 조사료의 일단을 회전커터열과 대응되어 규정된 길이로 절단하는 고정커터로 이루어진 절단부와; 상기 회전커터열과 고정커터의 대응작용에 의해 세절된 조사료를 일측 상단의 토출구를 통해 집진시설 측으로 배출 공급하는 원심팬과; 상기 조사료의 세절시 발생하는 흙먼지 등 이물질들이 집진시설에 의해 1차 집진이 이루어지도록 세절기의 상단과 집진시설의 상단을 연결하는 집진연결관으로 구성된 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명에 대한 또 다른 실시예의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템에 있어, 상기 세절기는 적재·이송 컨베이어로부터 공급된 원형베일의 조사료가 잘 풀릴 수 있게 커팅 반대방향으로 회전시키는 컨베이어와; 축을 중심으로 회전하

는 바디 및 상기 바디의 외주면에 나선형태로 배열 설치되어 컨베이어에 안착 회전하는 조사료의 일단을 결속 이송시키는 회전커터열로 이루어진 회전바디부와; 상기 회전커터열에 의해 이송된 조사료의 일단을 고정시키는 고정판 및 상기 고정판에 의해 고정된 조사료의 일단을 회전커터열과 대응되어 규정된 길이로 절단하는 고정커터로 이루어진 절단부와; 상기 회전커터열과 고정커터의 대응작용에 의해 세절된 조사료를 하방의 제 1 이송컨베이어 측에 배출하여 규격화 가공기(베일러) 측으로 공급이 이루어지도록 하는 조사료 배출구와; 상기 조사료의 세절시 발생하는 흙먼지 등 이물질들을 집진팬 구동에 의해 흡입하여 별도의 집진함체 내에 집진시키는 집진부로 구성된 것을 특징으로 한다.

이와 더불어, 본 발명에 따른 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템과 또 다른 실시예의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템에 있어, 상기 규격화 가공기(사각베일러)는 집진시설 또는 세절기로부터 배출되어 제 1 이송컨베이어를 통해 이송된 세절 조사료의 유입 및 규격화된 조사료가 배출되도록 상하단에 유입구와 배출구가 형성된 하우징과; 상기 하우징 내부를 직선왕복운동 하면서 유입된 세절 조사료를 가압하여 크기 및 양(무게)을 소형화·규격화(사각베일) 시키는 플런저와; 상기 플런저의 가압작용을 통해 규격화(사각베일)된 조사료를 끈 등으로 결속시키는 결속장치와; 상기 하우징 하단 일측에 설치되어 플런저를 구동시키기 위한 회전력을 발생시키는 구동모터와; 상기 플런저의 일단에 회전 가능하게 설치되어 모터의 회전력을 플런저의 직선왕복운동으로 변화시키는 크랭크부재와; 상기 구동모터의 구동축과 크랭크부재 하단의 편심축에 각각 설치 치합되어 구동모터의 회전력을 크랭크부재에 전달하는 동력전달기어와; 상기 하우징 하단의 배출구 일측에 슬라이드 가능하도록 설치되어 실린더의 신축작용을 통해 배출구를 개폐하는 덮개부재로 구성된 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명에 따른 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템과 또 다른 실시예의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템에는 규격화 가공기를 통해 소형화·규격화(사각베일) 처리된 세절 조사료를 저장하기 위한 저장소가 더 구비된 것을 특징으로 한다.

그리고, 본 발명에 따른 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템과 또 다른 실시예의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템에 있어, 상기 규격화 가공기를 통해 소형으로 규격화(사각베일) 처리된 세절 조사료를 이웃한 TMR 배합기 측에 바로 이송 공급시킬 수 있도록 상기 규격화 가공기(베일러)와 TMR 배합기 사이에 제 2 이송컨베이어가 더 구비된 것을 특징으로 한다.

그 다음, 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공방법은, 원형베일을 전처리 시스템 중 적재·이송 컨베이어를 통해 원형베일 형태의 마른 볏짚이나 생볏짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지인 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 단계와; 상기 공급된 원형베일 형태의 조사료를 세절기를 통해 규정된 길이로 세절 및 배출하는 단계와; 상기 배출된 세절 조사료에 섞인 흙먼지 등 이물질들을 집진시설을 통해 조사료와 분리시키는 흙먼지 등 이물질을 제거하는 단계와; 상기 집진시설로부터 이물질들이 제거된 세절된 조사료를 제 1 이송컨베이어를 통해 규격화 가공기(사각 베일러)로 이송시키는 단계와; 상기 규격화 가공기(사각 베일러)로 이송된 세절 조사료를 사각베일의 형태로 가압하여 크기와 무게를 소형화·규격화(사각베일) 시키는 단계와; 상기 규격화(사각베일)된 조사료를 결속장치를 통해 끈 등으로 결속시키는 단계와; 상기 규격화 가공기(사각 베일러)로부터 소형화·규격화(사각베일)된 상태로 결속 배출된 조사료를 제 2 이송컨베이어를 통해 이웃한 TMR 배합기 측으로 이송시키거나 또는 상기 조사료의 별도 저장을 위해 이웃한 저장소에 이송시키는 단계 등의 일련의 일관 가공공정으로 구성된 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명의 또 다른 실시예의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공방법은, 원형베일 전처리 가공시스템 중 적재·이송 컨베이어를 통해 원형베일 형태의 국내산 마른 볏짚이나 생볏짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지인 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 단계와; 상기 공급된 원형베일 형태의 조사료를 세절기를 통해 규정된 길이로 세절 및 배출하는 단계와; 상기 배출된 세절 조사료를 제 1 이송컨베이어를 통해 규격화 가공기로 이송시키는 단계와; 상기 규격화 가공기(사각 베일러)로 이송된 세절 조사료를 사각베일의 형태로 가압하여 크기와 무게를 소형화·규격화(사각베일) 시키는 단계와; 상기 규격화(사각베일)된 조사료를 결속장치를 통해 끈 등으로 결속시키는 단계와; 상기 규격화 가공기(사각 베일러)로부터 소형화·규격화(사각베일)된 상태로 결속 배출된 조사료를 제 2 이송컨베이어를 통해 이웃한 TMR 배합기 측으로 이송시키거나 또는 상기 조사료의 별도 저장을 위해 이웃한 저장소에 이송시키는 단계 등의 일련의 일관 가공공정으로 구성된 것을 특징으로 한다.

이 때, 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공방법에 있어, 상기 세절기를 통해 조사료를 규정된 길이로 세절하는 과정에서 이에 발생하는 흙먼지 등 이물질들을 집진시설의 상단에 연결 설치된 집진팬 구동에 따라 세절기 상단과 집진시설 상단을 연결하는 집진연결관로를 통해 흡입하

여 별도의 집진함체 내에 집진시키는 과정이 동시에 이루어지는 것을 특징으로 한다.

이와 더불어, 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공방법에 있어, 상기 세절기에 의해 규정된 길이로 세절된 조사료의 배출은 원심팬 구동에 의한 송풍작용을 통해 상기 원심팬과 연통되도록 세절기의 일측 상단에 형성된 토출구를 거쳐 집진시설 측으로 배출되는 것을 특징으로 한다. 그리고, 본 발명의 또 다른 실시예의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공방법에 있어, 상기 세절기를 통해 조사료를 규정된 길이로 세절하는 과정에서 이에 발생하는 흙먼지 등 이물질들을 집진팬 구동에 의해 흡입하여 별도의 집진함체 내에 집진시키는 과정이 동시에 이루어지는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템과 또 다른 실시예의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공방법에 있어, 상기 규격화 가공기로부터 배출되어 저장소에 저장되어 있는 소형화·규격화(사각베일)된 조사료가 제 2 이송컨베이어 측으로 배출됨과 동시에 이웃한 TMR 배합기 측으로 이송이 이루어지도록 하는 단계가 더 포함되는 것을 특징으로 한다. 이하, 본 발명에 따른 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템(이하, 원형베일 전처리 가공시스템이라 함.) 및 이를 이용한 원형베일 전처리 가공방법을 도면과 대비하여 상세히 설명한다.

도 1은 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 개략적으로 나타낸 구성도이고, 도 2는 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템 중 적재·이송 컨베이어의 사시도를 나타낸 것이며, 도 3은 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템 중 세절기의 단면도를 나타낸 것이다.

또한, 도 4는 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템 중 집진시설의 단면도를 나타낸 것이고, 도 5은 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템 중 규격화 가공기의 단면도를 나타낸 것이다.

먼저, 본 발명에 대한 원형베일 전처리 가공시스템(1)의 경우 TMR 배합기(60)에 세절된 조사료와 농후사료, 첨가제 등을 적정비율로 첨가 배합하는 공정에 앞서, 국내산 마른 볏짚, 생볏짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지로 이루어진 원형베일 형태의 조사료를 반입하여 상기 반입된 조사료를 세절한 후 상기 세절된 조사료에 섞인 흙먼지 등 이물질들을 제거하는 공정에 규격화 가공기(40)를 설치하여 흙

먼지 등 이물질들이 제거되어진 세절된 조사료를 상기 규격화 가공기(40)를 이용해 가압하여 크기 및 양(무게)을 소형화·규격화(사각베일) 시키는 장치로서, 이는 도 1에 도시한 바와 같이 원형베일 형태의 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 적재·이송 컨베이어(10)와; 상기 적재·이송 컨베이어(10)를 통해 공급된 원형베일 형태의 조사료를 규정된 길이로 세절하는 세절기(20)와; 상기 세절기(20)를 통해 세절된 조사료에 섞인 흙먼지 등 이물질들을 분리 제거하는 집진시설(30)과; 상기 집진시설(30)로부터 배출되어 공급된 세절 조사료를 가압하여 TMR 배합기(60)에 원활히 공급할 수 있도록 크기 및 양(무게)을 소형화·규격화(사각베일) 시키는 규격화 가공기(40)로 구성되어 있다.

여기서, 상기와 같이 구성된 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1) 중 적재·이송 컨베이어(10)에 적재되어 세절기(20)에 연속적으로 공급이 이루어지는 상기 원형베일의 경우 국내산 마른 볏짚 및 생볏짚을 가공한 곤포사일리지 또는 맥류를 가공한 곤포사일리지 등이 사용된다.

이 때, 국내의 한우 및 젓소 사육농가에서는 종래 기술에서 기술한 바와 같이 단단하게 감겨진 원형베일을 가축에 공급하기 위하여 다시 풀어 헤치는데 많은 시간과 노동력이 필요하고, 가공된 볏짚 또는 맥류 사일리지는 매우 질기고 거칠기 때문에 세절이 어려우면서 배합하는데 많은 시간과 동력이 소요되며, 논에서 볏짚을 베일로 가공 시 논바닥에 깔려있는 볏짚을 베일러로 수거하기 때문에 상당량의 논바닥 흙과 이물질들이 혼합됨에 따라 이로 인한 조사료의 품질이 크게 떨어질 뿐만 아니라 이를 소에 급여할 경우 소의 위점막 용탈 사이에 흙먼지가 침적되어 반추위의 역할을 저하시켜 대사성 질병 발생 및 생산성 저하로 이어지게 되는 등의 문제점 때문에 경영비 중 사료의 비용이 74%와 64% 임에도 불구하고 양축농가 및 TMR 플랜트에서 사용하기를 기피하고 있는 실정이다.

이와 같이 국내산 마른 볏짚 및 생볏짚을 가공한 곤포사일리지 또는 맥류를 가공한 곤포사일리지 사용에 따른 문제점의 경우 후술하는 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1) 중 세절기(20) 및 집진시설(30)을 통해 해소할 수 있으며, 상기세절기(20)를 통해 거칠고 긴 볏짚, 생볏짚 곤포 사일리지 또는 맥류 곤포사일리지 등을 연화하고 적절한 길이로 세절 할 경우 소의 씹는 노력에 필요한 에너지를 줄이고 반추위 내 미생물이 작용할 수 있는 면적이 넓어지기 때문에 소화율을 증대시킬 수 있음과 동시에 이용효율의 향상으로 정미에너지 역시 증대됨에 따라 상기와 같이 조사료를 부드럽게 세절하는 것은 여타 다른 방법보다 경제적인 사료 가치 증대 방안이 될 수 있다 할 것이며, 이러한 세절의 방법에서 조사료의 입자도가 적을수록 소

화율이 증가한다는 것을 표 2에 나타내었다.

표 2. 조사료의 세절정도가 cellulose 소화율에 미치는 영향(볏짚)

입자도(cm)	소화율(%)
0.5	70.9
1.0	63.4
2.5	49.9
5.0	40.7

또한, 수확 중에 혼입되는 흙과 같은 이물질들이 조사료의 품질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 사료로 급이시 소의 위점막 용털 사이에 흙먼지가 침적되어 반추위의 역할을 저하시켜 대사성 질병 발생 및 생산성을 저하시키는 등의 문제점을 제거함으로써 조사료의 사료가치를 크게 향상시킬 수 있다 하겠다.

이상과 같이 국내산 마른 볏짚 및 생볏짚을 가공한 곤포사일리지 또는 맥류를 가공한 곤포사일리지로 이루어진 원형베일의 세절에 의한 조사료의 특성을 갖도록 하는 원형베일 전처리 가공시스템(1)의 세부 구성은 다음과 같다.

먼저, 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1) 중 상기 적재·이송 컨베이어(10)는, 원형베일 형태의 조사료를 적재하여 다음 공정인 세절기(20)에 연속적으로 공급하는 장치로서 그 일단에 원형베일 형태의 조사료를 안착시켜 이를 적재·이송 컨베이어(10) 측으로 회동 이송시킬 수 있도록 조사료 적재부(11)가 회동 가능하게 설치되되, 힌지에 의한 상하 회동시 유압 또는 공압 실린더(11a)가 신축되는 연계작용을 통해 상기 조사료 적재부(11)의 회동작용이 이루어지게 되며, 특히 상기 조사료 적재부(11)의 양측면에는 적재·이송 컨베이어(10) 측으로 안착된 원형베일의 조사료를 회동 이송시 측방향 즉, 하방(下方)으로 낙하하지 않도록 지지하기 위한 가이드판(12)이 설치되어 있다.

이와 같이 일단에 조사료 적재부(11)가 회동 가능하게 설치된 상기 적재·이송 컨베이어(10)의 경우 도 2에 도시한 바와 같이 구동축에 스프라켓(13a)이 설치된 구동모터(13)와; 상기 구동모터(13)의 스프라켓(13a)에 대응 결합되는 폐곡선 형태의 체인(14)과; 상기 체인(14)에 양단축이 결합되어 모터 회전력에 따라 체인(14)과 함께 회전하면서 조사료 적재부(11)를 통해 공급된 원형베일 형태의 조사료를 세절기(20) 측으로 이송시키는 이송봉체(15)와; 상기 체인(14) 내부에 설치되어 조사료를 이송하는 상측 체인(14)의 이송봉체(15)를 지지하면서 원형베일로부터 떨어진 잔량의 조사료 역시 면착되는 이송봉체(15)에 의해 이송될 수 있도록 하는 지지판벨(16)로 구성되어 있다.

이 때, 상기 적재·이송 컨베이어(10)의 양측에는 원형베일의 조사료가 하방(下方)으로 낙하하지 않고 원활하게 이송이 이루어질 수 있도록 안내하는 가이드판(17)이

설치되어 있다.

또한, 상기 체인(14) 상에 양단축이 결합 고정되는 이송봉체(15)의 경우 사각 단면 형상으로 이루어져 있으며, 상기한 적재·이송 컨베이어(10)의 일단에 설치된 조사료 적재부(11)를 통해 공급된 원형베일의 조사료를 보다 원활하게 세절기(20) 측으로 이송시킬 수 있도록 상기 체인(14) 양단에 등간격으로 이격 설치되어 있다.

그리고, 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1) 중 상기 세절기(20)의 경우 적재·이송 컨베이어(10)를 통해 공급된 원형베일 형태의 국내산 마른 볏짚 및 생볏짚을 가공한 곤포사일리지 또는 맥류를 가공한 곤포사일리지인 조사료를 규정된 길이로 세절하는 장치로서, 도 3에 도시한 바와 같이 적재·이송 컨베이어(10)로부터 공급된 원형베일의 조사료가 잘 풀릴 수 있게 컷팅 반대방향으로 회전시키는 컨베이어(22)와; 축을 중심으로 회전하는 바디(23a) 및 상기 바디(23a)의 외주면에 나선형태로 배열 설치되어 컨베이어(22)에 안착 회전하는 조사료의 일단을 계속 이송시키는 회전커터열(23b)로 이루어진 회전바디부(23)와; 상기 회전커터열(23b)에 의해 이송된 조사료의 일단을 고정시키는 고정판(24a) 및 상기 고정판(24a)에 의해 고정된 조사료의 일단을 회전커터열(23b)과 대응되어 규정된 길이로 절단하는 고정커터(24b)로 이루어진 절단부(24)와; 상기 회전커터열(23b)과 고정커터(24b)의 대응작용에 의해 세절된 조사료를 일측 상단의 토출구(27)를 통해 집진시설(30) 측으로 배출 공급하는 원심팬(25)과; 상기 조사료의 세절시 발생하는 흙먼지 등 이물질들이 집진시설(30)에 의해 집진이 이루어지도록 세절기(20)의 상단과 집진시설(30)의 상단을 연결하는 집진연결관로(28)로 구성되어 있다.

여기서, 상기 컨베이어(22)의 경우 전술한 적재·이송 컨베이어(10)와 동일 구조로 형성됨과 동시에 양측면이 개방된 중공의 사각통체인 하우징(21) 내부 하단에 설치되며, 상기 조사료 전방 회전바디부(23)의 회전커터열(23b)을 통해 원형베일 형태로 감겨진 조사료 일단을 계속 절단부(24) 측으로 이송시 이와 대응되어 원형베일의 조사료가 잘 풀릴 수 있게 컷팅 반대방향으로 회전이 이루어지도록 하는 역할을 수행한다.

또한, 상기 회전커터열(23b)과 고정커터(24b)의 대응작용을 통해 규정된 길이로 조사료를 세절하는 회전바디부(23) 및 절단부(24)의 경우 전술한 바와 같이 상기 회전커터열(23b)과 고정커터(24b)의 대응작용으로 조사료를 규정된 길이로 세절하기에 앞서, 상기한 조사료의 질감이 부드러워지도록 하는 연화작용이 이루어지면서 규정된 길이로 세절되게 되며, 특히 상기와 같이 조사료를 연화시키면서 규정된 길이로 세절하는 상기 회전커터열(23b)과 고정커터(24b)는 본 출원인에 의해 선출원되어

2005년 1월 27일자로 특허 등록된 세절기(20)의 커터장치(특허등록번호 제0470326호)와 동일 구조로 이루어져 있기 때문에 이에 대한 중복된 설명은 생략하기로 한다.

이와 더불어, 상기 중공의 사각통체로 형성된 하우징(21)의 일측에는 회전바디부(23)와 절단부(24) 즉, 회전커터열(23b)과 고정커터(24b)의 대응작용을 통해 규정된 길이로 세절된 원형베일의 조사료를 팬구동에 따른 흡입 및 송풍작용을 통해 토출구(27)를 거쳐 상기 토출구(27)와 집진시설(30)의 조사료 유입구(32)를 연결하는 연결관(29) 측으로 배출시키기 위한 원심팬(25)과 더불어, 상기 원심팬(25)과 연통되면서 상단에 세절된 조사료의 배출이 이루어지도록 토출구(27)가 형성된 팬덮개(26)가 설치 고정되어 있다.

더욱이, 상기 하우징(21)의 상단에는 회전커터열(23b)과 고정커터(24b)의 대응작용에 의한 조사료의 세절시 발생하는 흙먼지 등 이물질들을 집진시설(30) 즉, 집진시설(30) 상단의 집진관로 연결관(33)에 연결 설치된 집진팬(34) 구동에 따라 집진시설(30)으로부터 작용되는 흡입력에 의해 집진이 이루어질 수 있도록 상기 집진시설(30)의 집진관로 연결관과 연결을 이루는 집진연결관로(28)가 일체로 형성되어 있다.

그리고, 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1) 중 상기 집진시설(30)의 경우 세절기(20)를 통해 규정된 길이로 세절된 조사료에 섞여 혼입된 흙먼지 등 이물질들을 분리 제거하여 사료로 제공시 소의 위점막 용탈 사이에 흙먼지가 침적되어 반추위의 역할을 저하시켜 대사성 질병 발생 및 생산성 저하를 방지할 수 있도록 클린 상태인 양질의 세절된 조사료가 이웃한 TMR 배합기(60)에 공급되도록 하기 위한 장치로서, 도 4에 도시한 바와 같이 원심팬(25) 구동에 따라 세절기(20)의 토출구(27)를 통해 송풍 배출된 세절 조사료가 유입되도록 일측에 조사료 유입구(32)가 형성되면서 하단이 개방된 중공의 저장빈(31)과; 상기 세절기(20)의 집진연결관로(28)와 연결됨과 동시에 저장빈(31) 상단과 연결되는 집진관로 연결관(33)과; 상기 집진관로 연결관(33)에 연결 설치된 집진연결관로(28)를 통해 집진팬 구동에 의해 흡입된 흙먼지 등 1차 이물질들과 상기 조사료 유입구(32)를 통해 세절된 조사료와 함께 유입된 흙먼지 등 2차 이물질들을 흡입 혼합하여 집진시키는 집진부와; 상기 저장빈 하단을 밀폐하면서 회전 가능하게 설치되어 집진팬(34) 구동에 의해 흙먼지 등 이물질들이 분리 제거된 상태로 낙하하는 조사료를 모아 외부로 배출하는 컨베이어 벨트 형태의 조사료 배출장치(37)로 구성되어 있다.

이 때, 상기와 같이 원심팬(25) 구동에 따라 세절기(20)의 토출구(27)를 통해 송풍

배출된 세절 조사료가 집진시설(30)의 일측 즉, 저장빈(31) 일측에 형성된 조사료 유입구(32)를 통해 내부로 유입되면 저장빈(31) 내부가 확장됨으로써 유속이 느려지게 되고 이때 무게가 무거운 세절된 조사료는 중력에 의하여 저장빈 하방으로 낙하가 이루어지고 무게가 가벼운 조사료에 섞인 흙먼지 등 이물질은 집진팬(34)에 의하여 상방으로 분리된다. 상기 조사료로부터 분리된 흙먼지 등 이물질들은 상기 저장빈(31) 상단의 집진관로 연결관(33)과 연결 설치된 집진부의 집진팬(34) 구동에 따라 저장빈(31) 내측 상부에 작용되는 흡입력에 의해 상기 집진관로 연결관(33) 측으로 흡입되면서 상기 세절기(20)의 집진연결관로(28)를 통해 흡입된 흙먼지 등 1차 이물질들과 함께 별도의 집진함체에 집진되게 되며, 이 때 상기 집진팬(34)은 조사료로부터 분리된 흙먼지 등 이물질들만 흡입할 수 있는 속도로 구동된다.

그리고, 상기 흙먼지 등 이물질들과 분리되어 하방(下方)으로 낙하되는 조사료는 저장빈(31)의 하단을 밀폐하면서 컨베이어 벨트 형태의 조사료 배출장치(37)에 안착되어 모이게 되고, 이후 모터(미도시) 구동에 의해 조사료 배출장치(37)를 구동시켜 이물질들이 제거된 양질의 세절 조사료를 배출시킨다. 여기서 조사료 배출장치를 제1 이송 컨베이어(37)로 하여 설명한다.

또한, 본 발명의 원형배일 전처리 가공시스템(1) 중 상기 규격화 가공기(40)의 경우 집진시설(30)으로부터 클린화 된 양질의 상태로 배출되어 컨베이어 형태의 조사료 배출장치(37)를 통해 공급된 세절 조사료를 가압하여 크기 및 양(무게)을 소형화·규격화(사각베일)하여 TMR 배합기(60)에 정량의 세절된 조사료가 공급되도록 하기 위한 장치로서, 도 5에 도시한 바와 같이 집진시설(30)으로부터 배출되어 제 1 이송 컨베이어(37)를 통해 이송된 세절 조사료의 유입 및 규격화된 조사료가 배출되도록 상하단에 유입구(41a)와 배출구(41b)가 형성된 하우징(41)과; 상기 하우징(41) 내부를 직선왕복운동 하면서 유입된 세절 조사료를 가압하여 크기 및 양(무게)을 소형화·규격화(사각베일) 시키는 플런저(42)와; 상기 플런저(42)의 가압작용을 통해 규격화(사각베일)된 조사료를 끈 등으로 결속시키는 결속장치(46)와; 상기 하우징(41) 하단 일측에 설치되어 플런저(42)를 구동시키기 위한 회전력을 발생시키는 구동모터(44)와; 상기 플런저(42)의 일단에 회전 가능하게 설치되어 모터(44)의 회전력을 플런저(42)의 직선왕복운동으로 변화시킬 수 있도록 상하단에 편심축(43a)을 갖는 크랭크부재(43)와; 상기 구동모터(44)의 회전력을 크랭크부재(43)에 전달하도록 구동모터(44)의 구동축(44a)과 크랭크부재(43) 하단의 편심축(43a)에 각각 설치됨과 동시에 상호 치합된 베벨 형태의 동력전달기어(45)와; 상기 하우징(41) 하단의 배출구(41b) 일측에 슬라이드 가능하도록 설치되어 실린더(47a)의 신축작용을 통해 배출구

(41b)를 개폐하는 덮개부재(47)로 구성되어 있다.

이 때, 상기와 같이 집진시설(30)으로부터 배출되어 제 1 이송컨베이어(37)를 통해 이송된 세절 조사료가 규격화 가공기(40) 즉, 유입구(41a)를 통해 하우징(41) 내부로 유입되게 되면 구동모터(44)의 회전력이 상호 치합된 동력전달기어(45)를 통해 크랭크부재(43)로 전달되어 일방향으로 회전하게 되고, 이와 동시에 상기 회전하는 크랭크부재(43)와 일단이 결합된 플런저(42)가 크랭크부재(43)의 회전력에 대응되어 하우징(41) 내부를 직선왕복운동하면서 상기 하우징(41) 내부로 유입된 세절 조사료를 가압하여 크기 및 양(무게)을 소형화·규격화 즉, 사각베일형태로 형성시킨 후 이를 결속장치(46)를 통해 끈 등으로 결속시킨 다음 상기 실린더(47a)의 신장에 의해 슬라이딩되는 덮개부재(47)에 의해 폐쇄되었던 하우징(41) 하단의 배출구(41b)를 개방시켜 이를 통해 끈 등으로 결속된 사각베일 즉, 규격화된 사각베일 형태의 조사료를 배출시킨다.

그리고, 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)에 있어 규격화 가공기(40)를 통해 소형화·규격화(사각베일) 처리된 조사료를 이웃한 TMR 배합기(60) 측으로 이송 공급시킬 수 있도록 상기 규격화 가공기(40)와 TMR 배합기(60) 사이에 제 2 이송컨베이어(52)가 설치되어 있으며, 이와는 별도로 규격화 가공기(40)를 통해 소형화·규격화(사각베일) 처리된 조사료를 일정기간 저장하기 위한 저장소(50)가 TMR 배합기(60)와 이웃하여 설치되어 있다.

또한, 상기 저장소(50)에 일정기간 저장되어 있는 조사료 즉, 규격화 가공기(40)를 통해 소형화·규격화(사각베일) 처리된 조사료를 배출하여 TMR 배합기(60)에 이송 공급시킬 수도 있는데, 이의 경우 저장소(50)에 저장된 조사료가 상기 규격화 가공기(40) 및 TMR 배합기(60) 사이에 설치된 제 2 이송컨베이어(52) 측으로 배출되어 상기 제 2 이송컨베이어(52)의 이송작용을 통해 상기 TMR 배합기(60) 내부로 공급되어 정량의 조사료와 함께 농후사료 및 첨가제가 적정비율로 배합이 이루어지게 된다.

이 때, 상기 TMR 배합기(60) 내에서 배합이 이루어지는 조사료 및 농후사료, 첨가제 등의 적정 혼합 비율은 표 3과 같다.

표 3. 조사료 및 농후사료, 첨가제의 혼합 비율

구분	사료 종류	배합비율 (중량%)	
조사료	화분과 건초(수단그라스, 버뮤다그라스, 오차드그라스, 툴헤스큐), 알팔파건초, 알팔파큐브, 벯짚, 옥수수사일리지, 사탕수수잎(슈카케인탑)	40~60 중량%	
농후 사료	부산물사 료	비트펄프 펠릿, 면실피 펠릿, 맥주박, 엿밥, 비지, 맥근, 사과박, 감귤박, 땅콩피, 주정박, 옥배아	55.5~39 중량%
	강피류	소맥피, 단백피, 대두피, 루핀피, 옥피, 쌀겨, 탈지강	
	박류	대두박, 면실박, 아마박, 야자박, 임자박, 장유박, 옥배아박, 채종박, 해바라기박	
	곡류	옥수수, 연맥, 루핀	
첨가제	비타민제(대개의 경우 광물질 포함), 염화칼리, 석회석, 린칼제제, 중조, 산화마그네슘, 소금, 징크제, 이스트류, AO제제, 바이패스 지방, 바이패스 단백질	0.5~1.0 중량%	

그리고, 본 발명에 대한 원형베일 전처리 가공시스템(1)의 경우 표 3과 같이 조사료 및 농후사료, 첨가제 등이 혼합된 사료의 생산성을 위해 2-Way 구조로 사용할 수도 있음을 미리 밝혀둔다.

도 6은 본 발명에 대한 TMR 사료용 원형베일 전처리 가공시스템의 또 다른 실시예를 개략적으로 나타낸 구성도이고, 도 7은 도 6에 도시된 또 다른 실시예의 TMR 사료용 원형베일 전처리 가공시스템 중 세절기의 단면도를 나타낸 것이다.

한편, 세절된 조사료에 섞여 혼입된 흙먼지 등 이물질들을 분리시킬 필요가 없는 경우에는 다음과 같은 다른 가공시스템을 따른다. 즉, 본 발명에 대한 또 다른 실시예의 원형베일 전처리 가공시스템(1a)의 경우 도 1에 도시된 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)과 같이 적재·이송 컨베이어(10)를 통해 공급된 원형베일 형태의 조사료를 세절기(20)를 통해 규정된 길이로 세절한 후, 이를 집진시설(30) 측에 공급하지 않고 바로 규격화 가공기(40) 측에 공급하여 가압체인 플런저(42)를 통해 크기 및 양(무게)을 소형화로 조사료를 규격화(사각베일) 시키는 장치로서, 도 5에 도시한 바와 같이 원형베일 형태의 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 적재·이송 컨베이어(10)와; 상기 적재·이송 컨베이어(10)를 통해 공급된 원형베일 형태의 조사료를 규정된 길이로 세절하는 세절기(20a)와; 상기 세절기(20a)로부터 배출되어 제 1 이송컨베이어(37)를 통해 공급된 세절 조사료를 가압하여 TMR 배합기(60)에 원활히 공급할 수 있도록 크기 및 양(무게)을 소형화·규격화(사각베일) 시키는 규격화 가공기(40)로 구성되어 있다.

이 때, 상기와 같이 구성된 본 발명에 대한 또 다른 실시예의 원형베일 전처리 가공시스템(1a)에 적용되는 상기 원형베일의 경우 역시 전술한 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)에 적용되는 원형베일과 마찬가지로 국내산 마른 벯짚, 생벯짚

곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지의 조사료가 사용된다.

그리고, 본 발명에 대한 또 다른 실시예의 원형베일 전처리 가공시스템(1a) 중 상기 적재·이송 컨베이어(10) 및 규격화 가공기(40)의 경우 역시 전술한 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1) 중 적재·이송 컨베이어(10) 및 규격화 가공기(40)와 상호 동일 구조로 이루어져 있기 때문에 이에 따른 구조의 중복된 설명은 생략하기로 한다.

그 다음, 본 발명에 대한 또 다른 실시예의 원형베일 전처리 가공시스템(1a) 중 상기 세절기(20a)의 경우 도 6에 도시한 바와 같이 적재·이송 컨베이어(10)로부터 공급된 원형베일의 조사료가 잘 풀릴 수 있게 커팅 반대방향으로 회전시키는 컨베이어(22)와; 축을 중심으로 회전하는 바디(23a) 및 상기 바디(23a)의 외주면에 나선형태로 배열 설치되어 컨베이어(22)에 안착 회전하는 조사료의 일단을 결속 이송시키는 회전커팅열(23b)로 이루어진 회전바디부(23)와; 상기 회전커팅열(23b)에 의해 이송된 조사료의 일단을 고정시키는 고정판(24a) 및 상기 고정판(24a)에 의해 고정된 조사료의 일단을 회전커팅열(23b)과 대응되어 규정된 길이로 절단하는 고정커팅(24b)로 이루어진 절단부(24)와; 상기 회전커팅열(23b)과 고정커팅(24b)의 대응작용에 의해 세절된 조사료를 하방(下方)의 제 1 이송컨베이어(37) 측에 배출하여 규격화 가공기(40) 측으로 공급이 이루어지도록 하는 조사료 배출구(27a)와; 상기 조사료의 세절시 발생하는 흙먼지 등 이물질들을 집진시설에 의해 1차 집진이 이루어지도록 세절기의 상단과 집진시설의 상단을 연결하는 집진연결관으로 구성되어 있다. 여기서, 상기 컨베이어(22)의 경우 전술한 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1) 중 세절기(20)에 적용된 컨베이어(22)와 동일 구조로 이루어짐과 동시에 적재·이송 컨베이어(10)로부터 공급된 원형베일의 조사료가 유입되도록 일측면이 개방된 사각통체의 하우징(21) 내부 하단에 설치되며, 상기한 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1) 중 세절기(20)에 적용된 컨베이어(22)와 마찬가지로 동일 작용에 따른 동일 역할을 수행하게 된다.

또한, 상기 회전바디부(23) 및 절단부(24)의 경우 역시 전술한 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1) 중 세절기(20)에 적용된 회전바디부(23) 및 절단부(24)와 동일 구조로 이루어져 있기 때문에 이에 따른 중복된 설명은 생략하기로 하며, 전술한 바와 같이 상기 회전커팅열(23b)과 고정커팅(24b)의 대응작용으로 조사료를 규정된 길이로 세절하기에 앞서 상기한 조사료의 질감이 부드러워지도록 하는 연화작용이 이루어지면서 규정된 길이로 세절되게 된다.

그리고, 상기 하우징(21) 하단 일측에는 원형베일의 조사료가 잘 풀릴 수 있도록 컷

팅 반대방향으로 회전시키는 컨베이어(22)와 대응되어 상기 회전커터열(23b)과 고정 커터(24b)의 대응작용을 통해 세절되는 조사료를 상기 하우징(21) 하방(下方)에 위치된 제 1 이송컨베이어(37) 측으로 바로 배출시킬 수 있도록 조사료 배출구(27a)가 관통 형성되어 있다.

이와 더불어, 상기 하우징(21)의 상단에는 회전커터열(23b)과 고정커터(24b)의 대응작용에 의한 조사료의 세절시 발생하는 흙먼지 등 이물질들을 집진팬 구동에 의해 흡입하여 별도의 집진함체 내에 집진시키는 등 연결관(28a)에 의한 별도의 집진시설이 설치되게 되는데, 이 때 상기한 집진시설은 연결관(28a) 내에 설치된 집진팬 및 상기 집진팬과 연결된 집진함체, 그리고 상기 집진팬을 구동시키기 위한 구동모터(미도시)로 구성되어 있다.

이상과 같이 적재·이송 컨베이어(10)를 통해 공급된 원형베일 형태의 조사료를 규정된 길이로 세절하는 세절기(20,20a) 즉, 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)과 본 발명에 대한 또 다른 실시예의 원형베일 전처리 가공시스템(1a)에 각각 적용된 세절기(20,20a)의 경우 도 3 및 도 6과 같이 구성된 각 세절기(20,20a) 구조 이외에 유럽연합 특허등록번호 EP 0147670A2에 기재된 세절기와 동일 구조로 하여 이를 적용해 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)과 본 발명에 대한 또 다른 실시예의 원형베일 전처리 가공시스템(1a)을 각각 구성할 수도 있음을 미리 밝혀둔다. 또한, 상기한 또 다른 실시예의 원형베일 전처리 가공시스템(1a)의 경우 역시 전술한 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)과 마찬가지로 규격화 가공기(40)를 통해 소형화·규격화(사각베일) 처리된 조사료를 이웃한 TMR 배합기(60) 측으로 이송 공급시킬 수 있도록 상기 규격화 가공기(40)와 TMR 배합기(60) 사이에 제 2 이송컨베이어(52)가 설치되어 있으며, 이와는 별도로 규격화 가공기(40)를 통해 소형화·규격화(사각베일) 처리된 조사료를 일정기간 저장하기 위한 저장소(50)가 TMR 배합기(60)와 이웃하여 설치되어 있다.

이와 더불어, 상기 저장소(50)에 일정기간 저장되어 있는 조사료 즉, 규격화 가공기(40)를 통해 소형화·규격화(사각베일) 처리된 조사료를 배출하여 TMR 배합기(60)에 이송 공급시킬 수도 있는데, 이의 경우 역시 전술한 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)과 마찬가지로 저장소(50)에 저장된 조사료가 상기 규격화 가공기(40) 및 TMR 배합기(60) 사이에 설치된 제 2 이송컨베이어(52) 측으로 배출되어 상기 제 2 이송컨베이어(52)의 이송작용을 통해 상기 TMR 배합기(60) 내부로 공급되어 정량의 조사료와 함께 농후사료 및 첨가제가 적정비율로 배합이 이루어지게 된다. 이 때, 상기 TMR 배합기(60) 내부로 공급된 조사료 및 농후사료, 첨가제의 적정

혼합 비율은 표 3과 같다.

도 8는 본 발명의 TMR 사료용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공공정의 블록도를 나타낸 것이고, 도 9은 본 발명에 대한 또 다른 실시예의 TMR 사료용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공공정의 블록도를 나타낸 것이다.

그 다음, 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)을 이용한 원형베일 전처리 가공방법은, 도 8에 도시한 바와 같이 원형베일 전처리 가공시스템(1) 중 적재·이송 컨베이어(10)를 통해 원형베일 형태의 국내산 마른 볏짚이나 생볏짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지인 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 단계(S100)와; 상기 공급된 원형베일 형태의 조사료를 세절기(20)를 통해 규정된 길이로 세절 및 배출하는 단계(S110)와; 상기 배출된 세절 조사료에 섞인 흙먼지 등 이물질들을 집진시설(30)의 사이클론 작용을 통해 조사료와 분리시키는 흙먼지 등 이물질을 제거하는 단계(S120)와; 상기 집진시설(30)으로부터 이물질들이 제거된 상태로 배출되는 세절 조사료를 제 1 이송컨베이어(37)를 통해 규격화 가공기(40)로 이송시키는 단계(S130)와; 상기 규격화 가공기(40)로 이송된 세절 조사료를 가압하여 크기 및 양(무게)을 소형화·규격화(사각베일) 시키는 단계(S140)와; 상기 규격화(사각베일)된 조사료를 결속장치(46)를 통해 끈 등으로 결속시키는 단계(S150)와; 상기 규격화 가공기(40)로부터 소형화·규격화(사각베일)된 상태로 결속 배출된 조사료를 제 2 이송컨베이어(52)를 통해 이웃한 TMR 배합기(60) 측으로 이송(S160)시키거나 또는 상기 조사료의 별도 저장을 위해 이웃한 저장소(50)에 이송시키는 단계(S160a)를 포함하여 구성되어 있다.

이 때, 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)을 이용한 원형베일 전처리 가공방법에 있어, 상기 세절기(20)를 통한 조사료의 연화 및 규정된 길이로의 세절하는 과정(S110)에서 이에 발생하는 흙먼지 등 이물질들을 집진시설(30)의 상단에 연결 설치된 집진팬(34) 구동에 따라 세절기(20) 상단과 집진시설(30) 상단을 연결하는 집진연결관로(28)를 통해 흡입하여 별도의 집진함체 내에 1차적으로 집진(S110a)시키는 과정이 동시에 이루어지는 것을 특징으로 한다.

이와 더불어, 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)을 이용한 원형베일 전처리 가공방법에 있어, 상기 세절기(20)에 의해 규정된 길이로 세절된 조사료의 배출은 원심팬(25) 구동에 의한 송풍작용을 통해 상기 원심팬(25)과 연통되도록 세절기(20)의 일측 상단에 형성된 토출구(27)를 거쳐 집진시설(30) 측으로 배출되는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)을 이용한 원형베일 전처리 가공방법에 있어, 상기 규격화 가공기(40)로부터 배출되어 저장소(50)에 저장되어 있는 소형화의 규격화(사각베일)된 조사료가 제 2 이송컨베이어(52) 측으로 배출됨과 동시에 이웃한 TMR 배합기(60) 측으로 이송이 이루어지도록 하는 단계(S170)가 더 포함되는 것을 특징으로 한다.

한편, 본 발명에 대한 또 다른 실시예의 원형베일 전처리 가공시스템(1a)을 이용한 원형베일 전처리 가공방법은, 도 8에 도시한 바와 같이 원형베일 전처리 가공시스템(1a) 중 적재·이송 컨베이어(10)를 통해 원형베일 형태의 국내산 마른 볏짚이나 생볏짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지인 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 단계(S200)와; 상기 공급된 원형베일 형태의 조사료를 세절기(20a)를 통해 규정된 길이로 세절 및 배출하는 단계(S210)와; 상기 배출된 세절 조사료를 제 1 이송컨베이어(37)를 통해 규격화 가공기(40)로 이송시키는 단계(S220)와; 상기 규격화 가공기(40)로 이송된 세절 조사료를 사각베일의 형태로 가압하여 크기 및 양(무게)을 소형화·규격화(사각베일) 시키는 단계(S230)와; 상기 규격화(사각베일)된 조사료를 결속장치(46)를 통해 끈 등으로 결속시키는 단계(S240)와; 상기 규격화 가공기(40)로부터 소형화의 규격화(사각베일)된 상태로 결속 배출된 조사료를 제 2 이송컨베이어(52)를 통해 이웃한 TMR 배합기(60) 측으로 이송(S250)시키거나 또는 상기 조사료의 별도 저장을 위해 이웃한 저장소(50)에 이송시키는 단계(S250a)를 포함하여 구성되어 있다.

이 때, 본 발명에 대한 또 다른 실시예의 원형베일 전처리 가공시스템(1a)을 이용한 원형베일 전처리 가공방법에 있어, 상기 세절기(20a)를 통한 조사료의 규정된 길이로 세절하는 과정(S210)에서 이에 발생하는 흙먼지 등 이물질들을 집진팬 구동에 의해 흡입하여 별도의 집진함체 내에 집진시키는 과정(S210a)이 동시에 이루어지는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명에 대한 또 다른 실시예의 원형베일 전처리 가공시스템(1a)을 이용한 원형베일 전처리 가공방법에 있어, 이 역시 전술한 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)을 이용한 원형베일 전처리 가공방법과 마찬가지로 상기 규격화 가공기(40)로부터 배출되어 저장소(50)에 저장되어 있는 소형화의 규격화(사각베일)된 조사료가 제 2 이송컨베이어(52) 측으로 배출됨과 동시에 이웃한 TMR 배합기(60) 측으로 이송이 이루어지도록 하는 단계(S260)가 더 포함되는 것을 특징으로 한다.

이상과 같이 구성된 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)과 또 다른 실시예의 원형베일 전처리 가공시스템(1a)을 이용한 원형베일 전처리 가공공정 중 본 발명의

원형베일 전처리 가공시스템(1)을 이용한 원형베일 전처리 가공공정에 대해서만 도 1 및 도 7과 대비하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

실시에

먼저, 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)에 이웃하여 설치된 TMR 배합기(60)에 조사료 및 농후사료, 첨가제 등을 첨가 배합하여 사료로 급여하기 위해 도 7에 도시한 바와 같이 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1) 중 세절기(20)의 입구측과 연결된 적재·이송 컨베이어(10)의 일단에 회동 가능하게 설치된 조사료 적재부(11)를 이용하여 원형베일 형태의 국내산 마른 볏짚이나 생볏짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지인 조사료를 상기 적재·이송 컨베이어(10)에 다수 적재하여 상기 세절기(20)측 컨베이어(22)에 연속적인 공급(S100)이 이루어지도록 한 다음 상기 세절기(20) 작동에 따른 회전바디부(23) 및 절단부(24) 즉, 일방향으로 회전하는 회전바디부(23)의 회전커터열(23b)이 상기 세절기(20)측 컨베이어(22)에 안착 회전하는 원형베일의 조사료 일단에 결속되어 절단부(24) 측으로 이송시킴과 동시에 상기 회전커터열(23b)과 절단부(24)측 고정커터(24b)의 대응작용을 통해 상기 이송된 원형베일의 조사료를 규정된 길이로 세절한 후 상기 세절기(20)의 일측 즉, 회전바디부(23) 및 절단부(24)와 연통되도록 후방(後方)에 설치된 원심팬(25)의 팬구동에 따른 흡입 및 송풍작용을 통해 토출구(27)를 거쳐 상기 토출구(27)와 집진시설(30)의 조사료 유입구(32)를 연결하는 연결관(29) 측으로 세절된 조사료를 배출(S110)시킨다.

또한, 상기와 같이 회전커터열(23b)과 고정커터(24b)의 대응작용을 통해 조사료를 규정된 길이로 세절하는 과정에서 흙먼지 등 이물질들이 발생하게 되는데, 이 때 상기와 같이 발생된 흙먼지 등 이물질들은 상기 세절기(20)의 상단과 집진시설(30)상단의 집진관로 연결관(33)을 연결하는 집진연결관로(28)를 통해 상기 집진시설(30)으로부터 작용되는 흡입력 즉, 상기 집진관로 연결관(33)에 연결 설치된 집진부의 집진팬(34) 구동에 따라 집진시설(30)으로부터 작용되는 흡입력에 의해 별도의 집진함체로 이송되면서 1차 집진(S110a)이 동시에 이루어지게 된다.

그리고, 상기와 같이 세절기(20)의 토출구(27)와 집진시설(30)의 조사료 유입구(32)를 연결하는 연결관(29)을 통해 상기 세절기(20)의 토출구(27)로부터 집진시설(30)의 일측에 형성된 조사료 유입구(32)를 통해 내부로 유입되면 상기 집진시설(30)을 통과하면서 중력의 작용에 의해 조사료에 섞인 흙먼지 등 이물질들과 분리되어 하방(下方)으로 낙하되고, 이와 동시에 상기 조사료로부터 분리된 흙먼지 등 이물질들은 상기 저장빈(31) 상단의 집진관로 연결관(33)과 연결 설치된 집진부의 집진팬(34)

구동에 따라 저장빈(31) 내측 상부에 작용되는 흡입력에 의해 상기 집진관로 연결관(33) 측으로 흡입되면서 상기 세절기(20)의 집진연결관로(28)를 통해 흡입된 흡먼지 등 1차 이물질들과 함께 별도의 집진함체에 집진 제거(S120)하게 된다.

이와 더불어, 상기 흡먼지 등 이물질들과 분리되어 하방(下方)으로 낙하되는 세절 조사료는 저장빈(31)의 하방(下方)에 위치한 조사료 배출장치인 제 1 이송컨베이어(37) 측에 흡먼지 등 이물질들이 제거된 양질의 세절 조사료를 배출시킴과 동시에 상기 제 1 이송컨베이어(37)를 통해 상기 양질의 세절 조사료를 규격화 가공기(40) 내부로 이송(S130) 공급한다.

그리고, 상기와 같이 제 1 이송컨베이어(37)의 이송작용을 통해 양질의 세절 조사료가 규격화 가공기(40) 내부로 이송 공급되게 되면 구동모터(44)의 회전력이 상호 치합된 동력전달기어(45)를 통해 크랭크부재(43)로 전달되어 일방향으로 회전하게 되고, 이와 동시에 상기 회전하는 크랭크부재(43)와 일단이 결합된 플런저(42)가 크랭크부재(43)의 회전력에 대응되어 규격화 가공기(40) 내부를 직선왕복운동하면서 유입된 세절 조사료를 가압하여 가로×세로는 30×40cm~35×45cm 길이는 70~100cm 정도의 크기와 15~20kg 정도 무게의 소형화·규격화 즉, 사각베일 상태로 형성(S140)시킴과 아울러, 이를 결속장치(46)를 통해 소형화·규격화시킨 사각베일 상태에서 흩어지지 않도록 자동 결속(S150)시킨 다음 상기 실린더(47a) 신장에 의해 슬라이딩되는 덮개부재(47)에 의해 폐쇄되었던 하우징(41) 하단의 배출구(41b)를 개방시켜 이를 통해 끈 등으로 결속된 사각베일 즉, 규격화된 사각베일 형태의 조사료를 이웃한 TMR 배합기(60) 측으로의 이송을 위한 제 2 이송컨베이어(52) 측으로 배출시킨 후 상기 제 2 이송컨베이어(52)의 이송작용을 통해 TMR 배합기(60) 내부로 규격화된 사각베일 형태의 조사료를 이송(S160) 공급한다.

그 다음, 상기와 같이 TMR 배합기(60) 내부로 유입된 정량의 조사료와 더불어 농후사료 및 첨가제 등을 표 3과 같이 첨가 배합함으로써, 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)을 이용한 TMR 사료가 제조되게 된다.

이와는 반대로, 상기와 같이 규격화 가공기(40)를 통해 가로×세로는 30×40cm~35×45cm 길이는 70~100cm 정도의 크기와 15~20kg 정도 무게의 소형화·규격화 즉, 사각베일 상태로 형성(S140)시킴과 동시에 결속장치(46)를 통해 소형화·규격화시킨 사각베일 상태에서 흩어지지 않도록 자동 결속(S150)시킨 상태에서 상기 규격화된 조사료를 별도의 컨베이어(미도시)를 이용해 규격화 가공기(40)와 이웃하게 설치된 별도의 저장소(50)에 이송(S160a)시켜 일시적이거나 일정기간동안 저장하면서 다른 TMR 배합소나 양축 농가에 판매한다.

또한, 상기와 같이 저장소(50)에 저장되어 있는 조사료 즉, 사각베일 상태의 소형화·규격화된 조사료를 이웃한 TMR 배합기(60)에 이송 공급하기 위해서는 상기 저장소(50)로부터 배출구(미도시) 하방(下方)에 위치한 제 2 이송컨베이어(52) 측으로 저장된 조사료를 배출시킴과 아울러, 상기 제 2 이송컨베이어(52)의 이송작용을 통해 TMR 배합기(60) 내부로 규격화된 조사료를 이송(S170) 공급한 후 상기 TMR 배합기(60) 내부로 유입된 정량의 조사료와 더불어 농후사료 및 첨가제 등을 첨가 배합함으로써, 본 발명의 원형베일 전처리 가공시스템(1)을 이용한 TMR 사료의 제조가 완료된다.

이상에서와 같이 상술한 실시 예는 본 발명의 가장 바람직한 예에 대하여 설명한 것이지만 상기 실시 예에만 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변형이 가능하다는 것은 당업자에게 있어서 명백한 것이다.

【발명의 효과】

본 발명의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템 및 이를 이용한 원형베일 전처리 가공방법은, 원형베일 형태의 국내산 마른 볏짚, 생볏짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지로 이루어진 조사료 반입, 반입된 조사료 세절, 흙먼지 등 이물질 제거, 세절된 조사료를 사각베일형태로 가압하여 상기 조사료의 크기와 무게를 일정하게 소형으로 규격화(사각베일) 시키는 등의 TMR 사료용 원형베일 전처리 가공시스템을 구성함으로써, 상기한 TMR 사료용 원형베일 전처리 가공시스템 중 적재·이송 컨베이어에 다수의 원형베일 형태인 조사료를 동시에 적재하여 세절기 측에 연속적인 공급이 가능하도록 함과 동시에 상기 세절기에 의해 잘게 세절과정을 거치는 과정에서 세절된 조사료에 섞여 있는 흙먼지 등 이물질들을 집진시설을 통하여 간편하게 분리 제거하여 청결한 상태인 양질의 조사료를 공급할 수 있는 등의 탁월한 효과가 있다.

또한 본 발명에 따라 이물질을 제거할 필요가 없는 원형베일의 경우에 본 가공시스템 및 가공방법은 원형베일 형태의 국내산 마른 볏짚, 생볏짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지 등으로 이루어진 조사료를 반입, 반입된 조사료 세절, 세절을 후에 집진 시스템을 거치지 않고 직접 세절된 조사료의 크기와 무게를 사각베일형태로 소형화·규격화시키는 등의 공정을 위한 시스템을 구성함으로써 보다 단순하게 구성을 할 수도 있다. 이 시스템 역시 다수의 원형베일 형태인 조사료를 동시에 적재하여 세절기 측에 연속적인 공급이 가능하도록 함과 동시에 상기 세절기에 의

해 규정된 길이로 세절된 조사료를 규격화 가공기를 통해 세절된 조사료를 가압하여 상기 조사료의 크기와 무게를 소형으로 규격화(사각베일) 시킬 수 있어 TMR 배합기에 투입하는데 대한 조사료의 투입시간 단축과 아울러 정량 투입이 보다 간편하게 이루어질 수 있도록 한 또 다른 TMR 배합용 원형베일 조사료 전처리 가공시스템 및 이를 이용한 원형베일 전처리 가공방법의 예가 된다.

또한, 본 발명의 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템은, 이물질들이 제거된 청결한 세절된 조사료를 규격화 가공기를 통해 사각베일형태로 가압하여 상기 조사료의 크기와 무게를 일정하게 소형으로 규격화시킴으로써, 종래 세절이 되지 않은 조사료를 TMR 배합공정인 TMR 배합기에 바로 투입하여 농후사료와 함께 혼합하는 방식에 비해 상기 소형화·규격화시킨 조사료를 TMR 배합기에 투입하는데 대한 조사료의 투입시간 단축과 아울러 정량 투입이 보다 간편하게 이루어질 수 있고, 또한 잘게 세절된 조사료는 타 원료들과 단시간에 효율적으로 배합이 되어 배합효율을 높일 수 있는 등의 효과 역시 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

TMR 배합을 위한 원형베일 전처리 가공시스템에 있어서;
상기 원형베일 형태의 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 적재·이송 컨베이어와;
상기 적재·이송 컨베이어를 통해 공급된 원형베일 형태의 조사료를 규정된 길이로 세절하는 세절기와;
상기 세절기를 통해 세절된 조사료에 섞인 흙먼지 등 이물질들을 분리 제거하는 집진시설과;
상기 집진시설로 부터 이물질 등이 제거된 세절된 청결한 조사료를 TMR 배합기에 원활히 공급할 수 있도록 일정량의 크기와 무게를 가진 사각베일형태로 소형화·규격화 시키는 규격화 가공기(사각베일러) 등으로 구성된 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일의 전처리 가공시스템.

【청구항 2】

TMR 배합을 위한 원형베일 전처리 가공시스템에 있어서;
상기 원형베일 형태의 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 적재·이송 컨베이어와;
상기 적재·이송 컨베이어를 통해 공급된 원형베일 형태의 조사료를 규정된 길이로

세절하는 세절기와;

상기 세절기로부터 배출되어 공급된 세절 조사료를 가압하여 TMR 배합기에 원활히 공급할 수 있도록 크기와 무게를 소형화·규격화(사각베일) 시키는 규격화 가공기로 구성된 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템.

【청구항 3】

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 원형베일은 국내산 마른 벚짚, 생벚짚 곤포사 일리지 또는 맥류 곤포사일리지 등의 조사료인 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템.

【청구항 4】

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 적재·이송 컨베이어의 일단에는 원형베일 형태의 조사료를 안착시켜 이를 적재·이송 컨베이어 측으로 회동 이송시킬 수 있도록 조사료 적재부가 회동 가능하게 설치되되, 힌지에 의한 상하 회동시 유압 또는 공압 실린더가 신축되는 연계작용을 통해 상기 조사료 적재부의 회동작용이 이루어지며, 상기 조사료 적재부의 양측면에는 적재·이송 컨베이어 측으로 안착된 원형베일의 조사료를 회동 이송시 측방향으로 낙하하지 않도록 지지하는 가이드판이 설치된 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템.

【청구항 5】

제 4 항에 있어서, 상기 적재·이송 컨베이어는 구동축에 스프라켓이 설치된 구동모터와;

상기 구동모터의 스프라켓에 대응 결합되는 폐곡선 형태의 체인과;

상기 체인에 양단축이 결합되어 모터 회전력에 따라 체인과 함께 회전하면서 조사료 적재부를 통해 공급된 원형베일 형태의 조사료를 이송시키는 이송봉체와;

상기 체인 내부에 설치되어 조사료를 이송하는 상측 체인의 이송봉체를 지지하면서 원형베일로부터 떨어진 잔량의 조사료 역시 면착되는 이송봉체에 의해 이송될 수 있도록 하는 지지판넬로 구성된 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템.

【청구항 6】

제 1 항에 있어서, 상기 세절기는 적재·이송 컨베이어로부터 공급된 원형베일의 조사료가 잘 풀릴 수 있게 커팅 반대방향으로 회전시키는 컨베이어와;

축을 중심으로 회전하는 바디 및 상기 바디의 외주면에 나선형태로 배열 설치되어 컨베이어에 안착 회전하는 조사료의 일단을 결속 이송시키는 회전커터열로 이루어진 회전바디부와;

상기 회전커터열에 의해 이송된 조사료의 일단을 고정시키는 고정판 및 상기 고정판에 의해 고정된 조사료의 일단을 회전커터열과 대응되어 규정된 길이로 절단하는 고정커터로 이루어진 절단부와;

상기 회전커터열과 고정커터의 대응작용에 의해 세절된 조사료를 일측 상단의 토출구를 통해 집진시설 측으로 배출 공급하는 원심팬과;

상기 조사료의 세절시 발생하는 흙먼지 등 이물질들이 집진되도록 세절기의 상단과 집진시설의 상단을 연결하는 집진연결관으로 구성된 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템.

【청구항 7】

제 2 항에 있어서, 상기 세절기는 적재·이송 컨베이어로부터 공급된 원형베일의 조사료가 잘 풀릴 수 있게 컷팅 반대방향으로 회전시키는 컨베이어와;

축을 중심으로 회전하는 바디 및 상기 바디의 외주면에 나선형태로 배열 설치되어 컨베이어에 안착 회전하는 조사료의 일단을 결속 이송시키는 회전커터열로 이루어진 회전바디부와;

상기 회전커터열에 의해 이송된 조사료의 일단을 고정시키는 고정판 및 상기 고정판에 의해 고정된 조사료의 일단을 회전커터열과 대응되어 규정된 길이로 절단하는 고정커터로 이루어진 절단부와;

상기 회전커터열과 고정커터의 대응작용에 의해 세절된 조사료를 하방으로 배출하여 규격화 가공기 측으로 공급이 이루어지도록 하는 조사료 배출구와;

상기 조사료의 세절시 발생하는 흙먼지 등 이물질들을 집진팬 구동에 의해 흡입하여 별도의 집진함체 내에 집진시키는 집진부로 구성된 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템.

【청구항 8】

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서, 상기 세절기는 회전커터열과 고정커터의 대응작용을 통해 규정된 길이로 조사료의 세절시 상기 조사료를 연화시키면서 규정된 길이로 세절이 이루어지는 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템.

【청구항 9】

제 6 항에 있어서, 상기 집진시설은 원심팬 구동에 따라 세절기의 토출구를 통해 송풍 배출된 세절 조사료가 유입되도록 일측에 조사료 유입구가 형성되면서 하단이 개방된 증공의 저장빈과;

상기 세절기의 집진연결관로와 연결됨과 동시에 저장빈 상단과 연결되는 집진관로

연결관과;

상기 집진관로 연결관에 연결 설치된 집진연결관로를 통해 집진팬 구동에 의해 흡입된 흙먼지 등 1차 이물질들과 상기 조사료 유입구를 통해 세절된 조사료와 함께 유입된 흙먼지 등 2차 이물질들을 흡입 혼합하여 집진시키는 집진부와;

상기 저장빈 하부에 설치되며, 흙먼지 등 이물질들이 분리 제거된 상태로 낙하하는 조사료를 모아 외부로 배출하는 컨베이어 벨트 형태의 조사료 배출장치로 구성된 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템.

【청구항 10】

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 규격화 가공기는 집진시설 또는 세절기로부터 배출되어 제 1 이송컨베이어를 통해 이송된 세절 조사료의 유입 및 규격화된 조사료가 배출되도록 상하단에 유입구와 배출구가 형성된 하우징과;

상기 하우징 내부를 직선왕복운동 하면서 유입된 세절 조사료를 가압하여 크기 및 양(무게)을 소형화·규격화(사각베일) 시키는 플런저와;

상기 플런저의 가압작용을 통해 규격화(사각베일)된 조사료를 끈 등으로 결속시키는 결속장치와;

상기 하우징 하단 일측에 설치되어 플런저를 구동시키기 위한 회전력을 발생시키는 구동모터와;

상기 플런저의 일단에 회전 가능하게 설치되어 모터의 회전력을 플런저의 직선왕복운동으로 변화시키는 크랭크부재와;

상기 구동모터의 구동축과 크랭크부재 하단의 편심축에 각각 설치 치합되어 구동모터의 회전력을 크랭크부재에 전달하는 동력전달기어와;

상기 하우징 하단의 배출구 일측에 슬라이드 가능하도록 설치되어 실린더의 신축작용을 통해 배출구를 개폐하는 덮개부재로 구성된 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템.

【청구항 11】

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 원형베일 전처리 가공시스템에는 규격화 가공기를 통해 소형화·규격화(사각베일) 처리된 세절 조사료를 저장하기 위한 저장소가 더 구비된 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템.

【청구항 12】

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 규격화 가공기를 통해 소형화·규격화(사각베일) 처리된 세절 조사료를 이웃한 TMR 배합기 측에 바로 이송 공급시킬 수 있도록 상기 규격화 가공기와 TMR 배합기 사이에 제 2 이송컨베이어가 더 구비된 것

을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템.

【청구항 13】

원형베일 전처리 가공시스템 중 적재·이송 컨베이어를 통해 원형베일 형태의 국내산 마른 볏짚이나 생볏짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지인 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 단계와;

상기 공급된 원형베일 형태의 조사료를 세절기를 통해 규정된 길이로 세절 및 배출하는 단계와;

상기 배출된 세절 조사료에 섞인 흙먼지 등 이물질들을 집진시설을 통해 조사료와 분리시키는 흙먼지 등 이물질을 제거하는 단계와;

상기 집진시설로부터 이물질들이 제거된 세절된 조사료를 제 1 이송컨베이어를 통해 규격화 가공기로 이송시키는 단계와;

상기 규격화 가공기로 이송된 세절 조사료를 사각베일의 형태로 가압하여 크기와 무게를 소형화·규격화 시키는 단계와;

상기 규격화된 조사료를 결속장치를 통해 끈 등으로 결속시키는 단계와;

상기 규격화 가공기로부터 소형화·규격화된 상태로 결속 배출된 조사료를 제 2 이송컨베이어를 통해 이웃한 TMR 배합기 측으로 이송시키거나 또는 상기 조사료의 별도 저장을 위해 이웃한 저장소에 이송시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공방법.

【청구항 14】

원형베일 전처리 가공시스템 중 적재·이송 컨베이어를 통해 원형베일 형태의 국내산 마른 볏짚이나 생볏짚 곤포사일리지 또는 맥류 곤포사일리지인 조사료를 적재하여 연속적으로 공급하는 단계와;

상기 공급된 원형베일 형태의 조사료를 세절기를 통해 규정된 길이로 세절 및 배출하는 단계와;

상기 배출된 세절 조사료를 제 1 이송컨베이어를 통해 규격화 가공기로 이송시키는 단계와;

상기 규격화 가공기로 이송된 세절 조사료를 사각베일의 형태로 가압하여 크기와 무게를 소형화·규격화 시키는 단계와;

상기 규격화된 조사료를 결속장치를 통해 끈 등으로 결속시키는 단계와;

상기 규격화 가공기로부터 소형화·규격화된 상태로 결속 배출된 조사료를 제 2 이송컨베이어를 통해 이웃한 TMR 배합기 측으로 이송시키거나 또는 상기 조사료의 별도 저장을 위해 이웃한 저장소에 이송시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하

는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공방법.

【청구항 15】

제 13 항에 있어서, 상기 세절기를 통한 조사료를 규정된 길이로의 세절하는 과정에서 이에 발생하는 흙먼지 등 이물질들을 집진시설의 상단에 연결 설치된 집진팬 구동에 따라 세절기 상단과 집진시설 상단을 연결하는 집진연결관로를 통해 별도의 집진함체 내에 1차적으로 집진시키는 과정이 동시에 이루어지는 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공방법.

【청구항 16】

제 13 항에 있어서, 상기 세절기에 의해 규정된 길이로 세절된 조사료의 배출은 원심팬 구동에 의한 송풍작용을 통해 상기 원심팬과 연통되도록 세절기의 일측 상단에 형성된 토출구를 거쳐 집진시설 측으로 배출되는 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공방법.

【청구항 17】

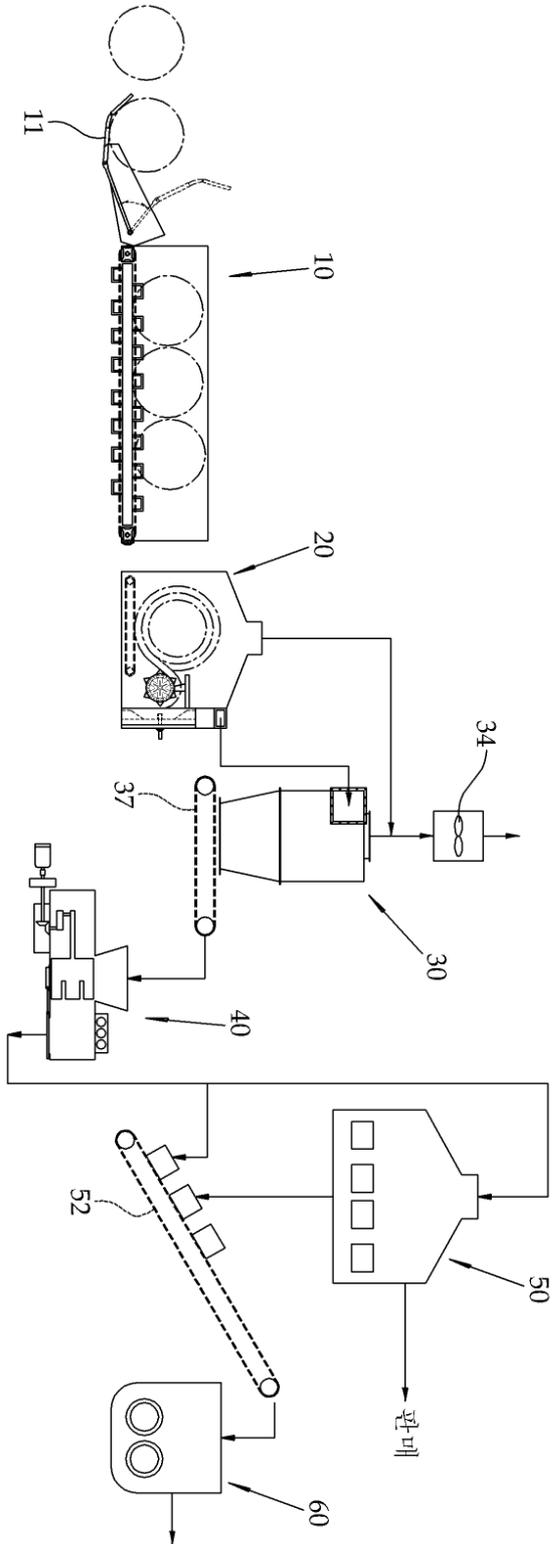
제 14 항에 있어서, 상기 세절기를 통한 조사료의 연화 및 규정된 길이로의 세절하는 과정에서 이에 발생하는 흙먼지 등 이물질들을 집진팬 구동에 의해 흡입하여 별도의 집진함체 내에 집진시키는 과정이 동시에 이루어지는 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공방법.

【청구항 18】

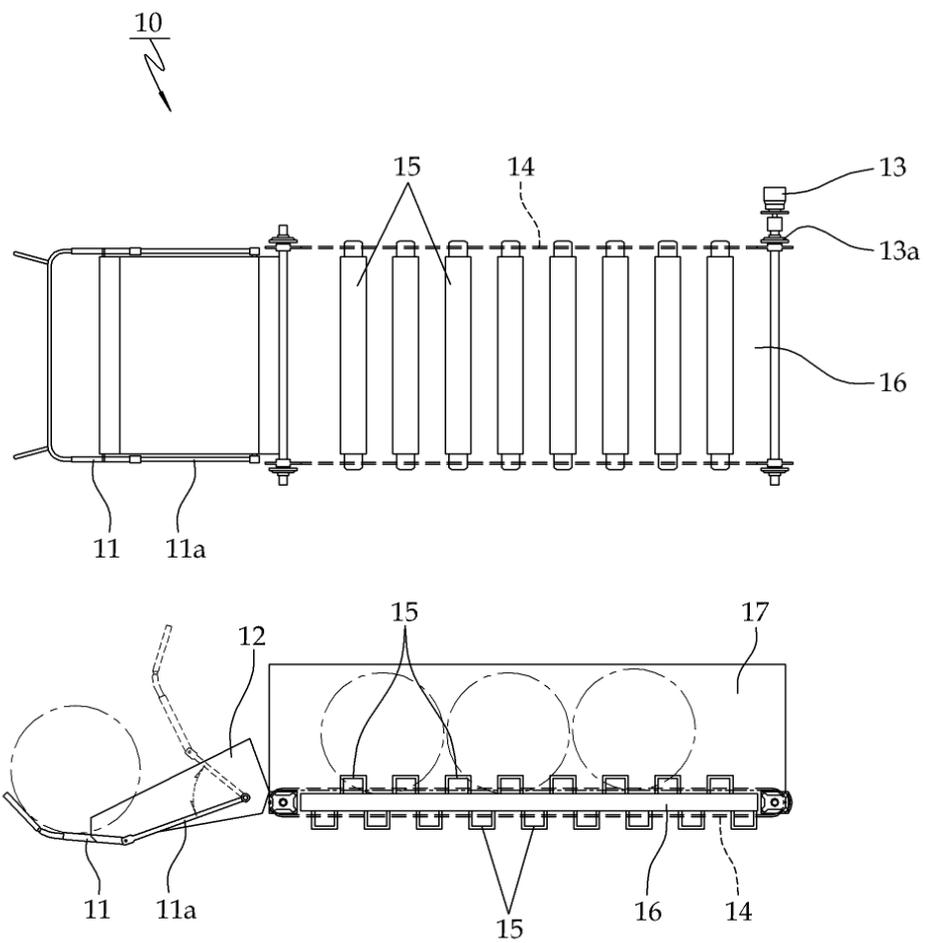
제 13 항 또는 제 14 항에 있어서, 상기 규격화 가공기로부터 배출되어 저장소에 저장되어 있는 소형화·규격화(사각베일)된 조사료가 제 2 이송컨베이어 측으로 배출됨과 동시에 이웃한 TMR 배합기 측으로 이송이 이루어지도록 하는 단계가 더 포함되는 것을 특징으로 하는 TMR 배합용 원형베일 전처리 가공시스템을 이용한 원형베일 전처리 가공방법.

【도면】

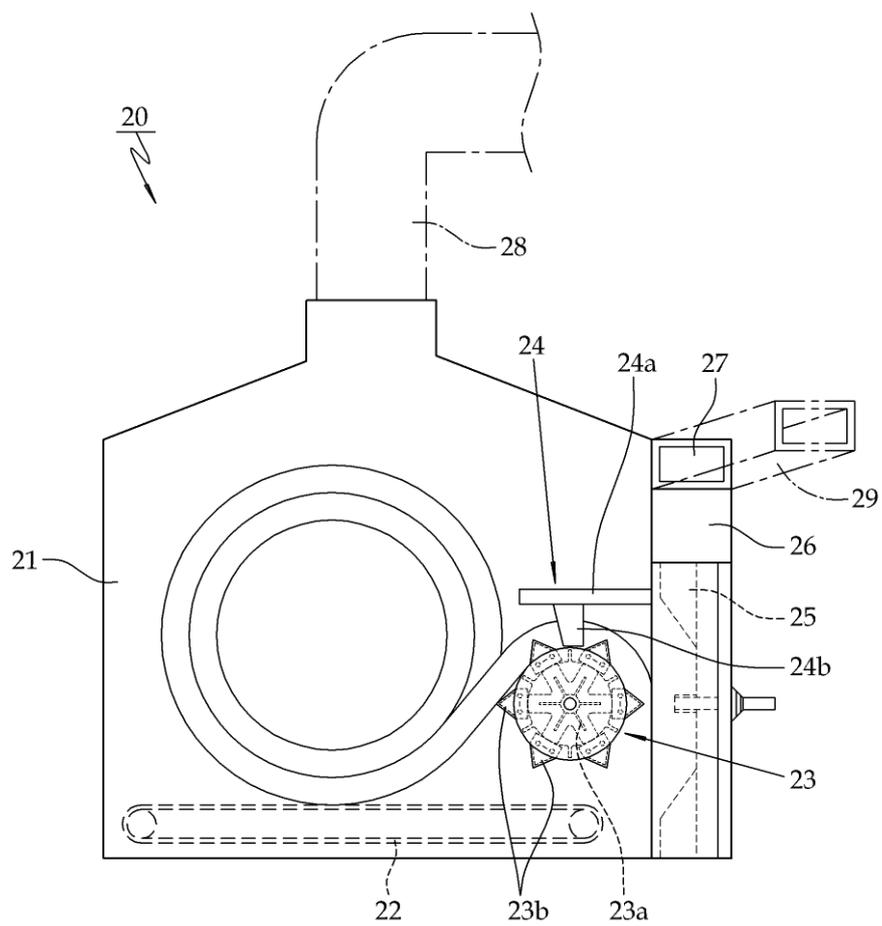
【도 1】



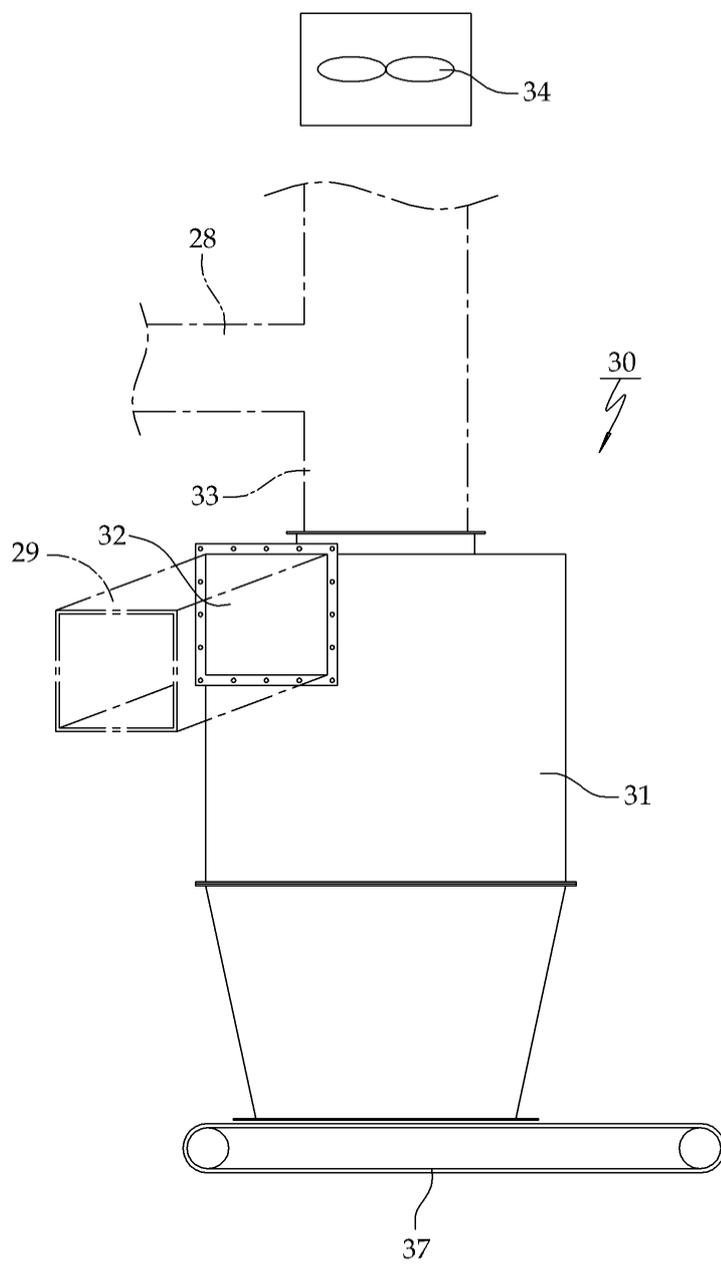
【도 2】



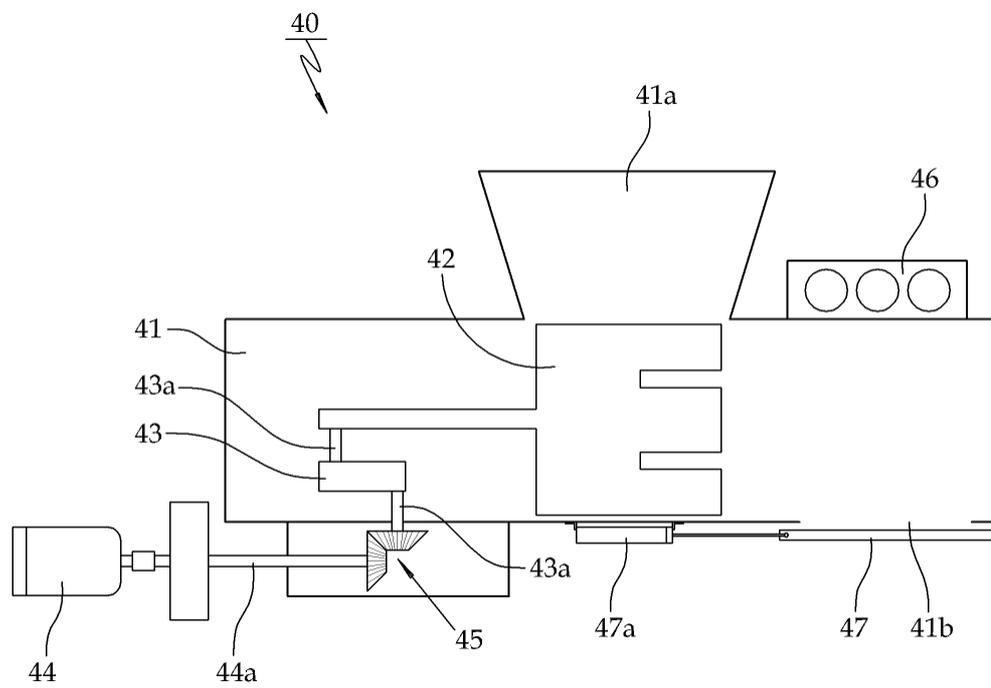
【도 3】



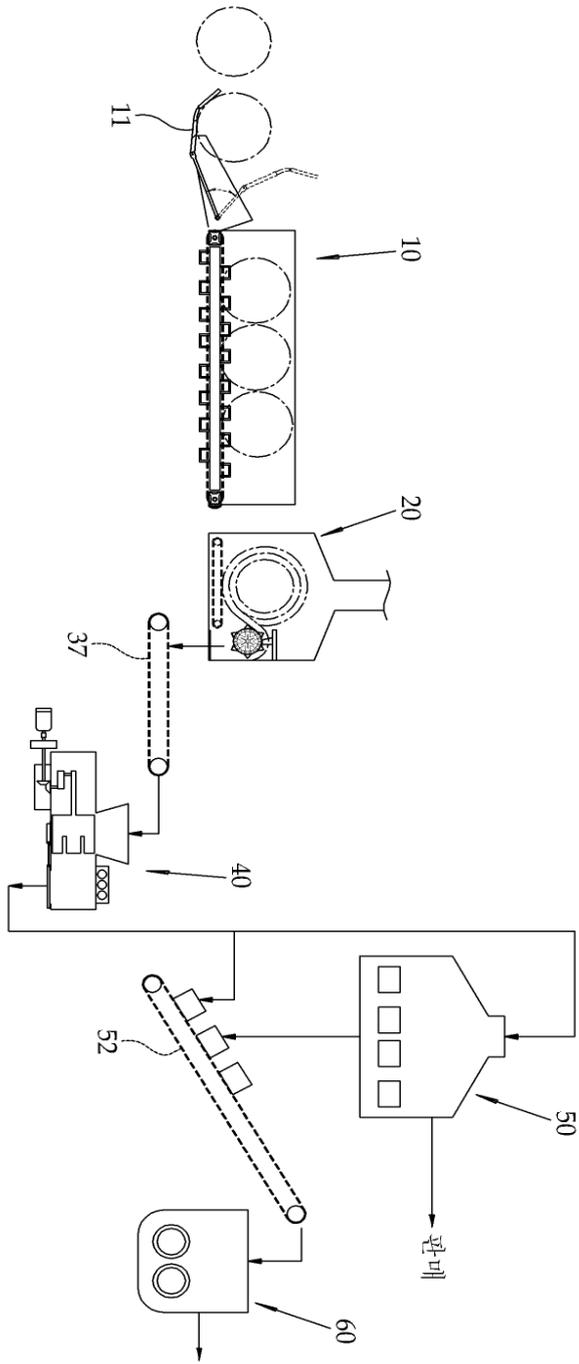
【도 4】



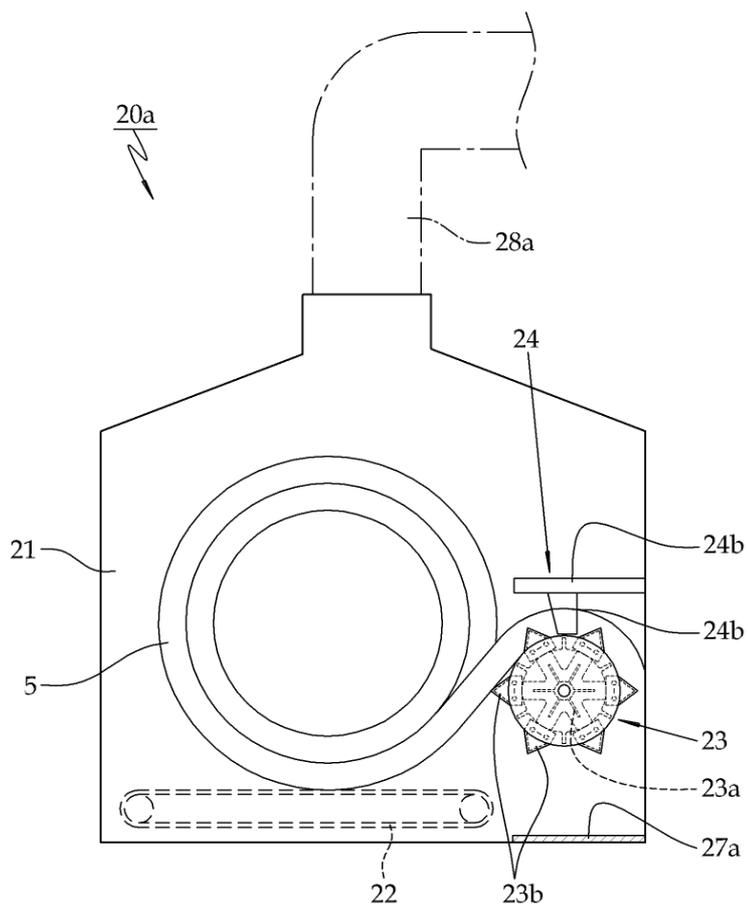
【도 5】



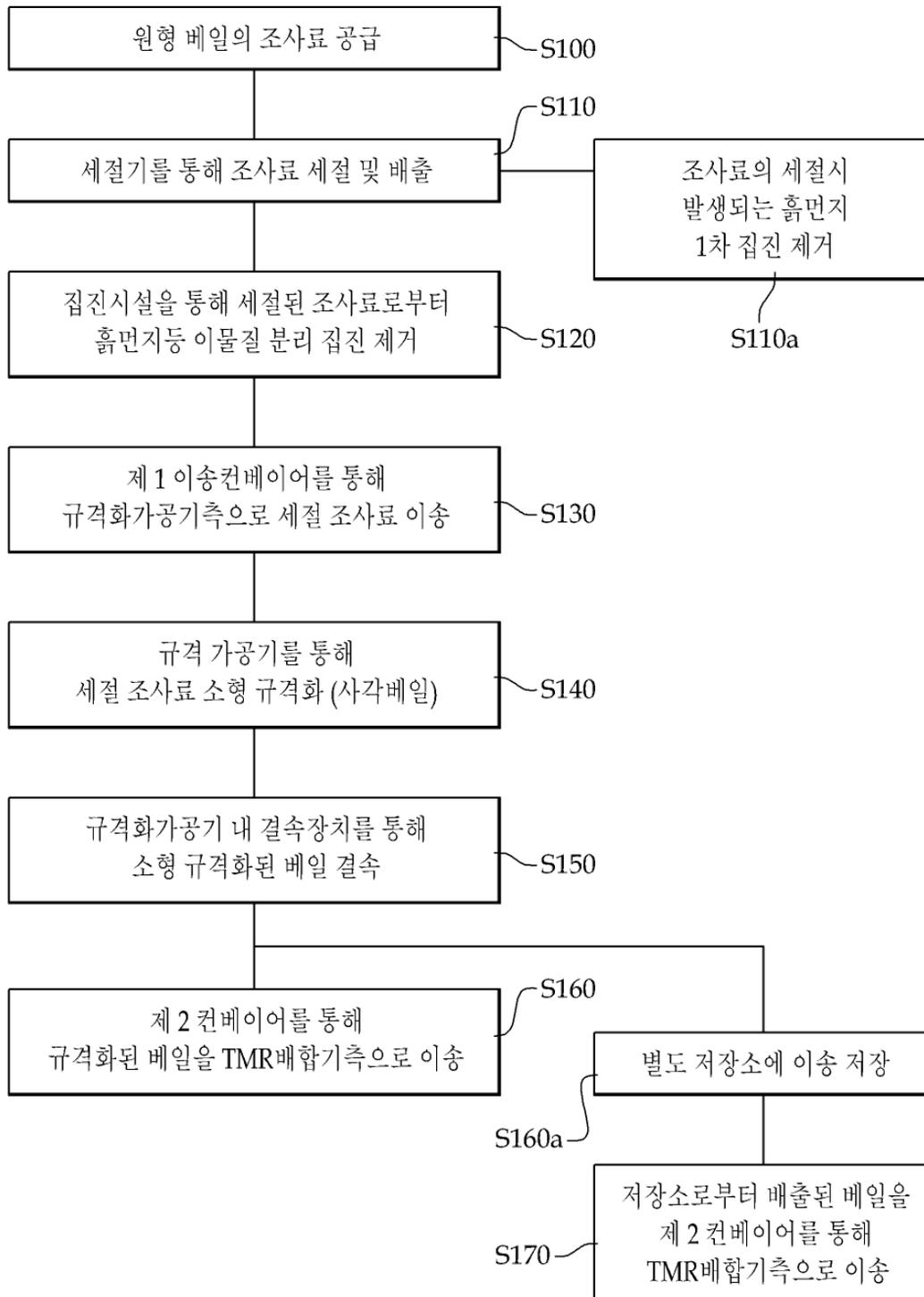
【도 6】



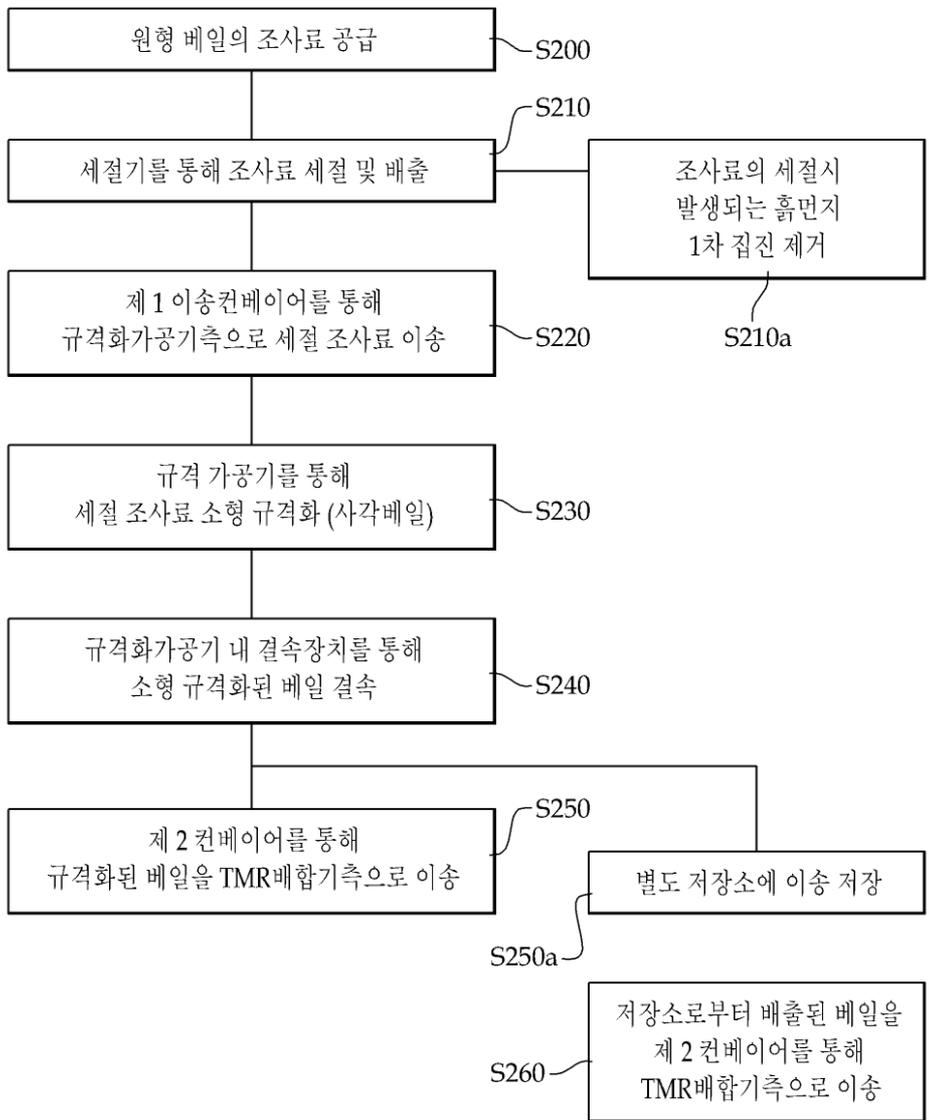
【도 7】



【도 8】



【도 9】



주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.