

발 간 등 록 번 호

11-1541000-001217-01

수출전략형 일체형-소형도정기의 개발

Development of an integrated compact rice mill
for strategic export

경 북 대 학 교

농 립 수 산 식 품 부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “수출전략형 일체형-소형도정기의 개발”에 관한 연구과제의 보고서로 제출합니다.

2011년 12월 19일

주관연구기관명 : 경북대학교

주관연구책임자 : 박 경 규

연 구 원 : 하 유 신

연 구 원 : 손 철 민

연 구 원 : 홍 동 혁

연 구 원 : 남 상 현

연 구 원 : 김 경 수

참여연구기관명 : 이화산업사

연 구 원 : 이 석 진

연 구 원 : 이 선 영

요 약 문

I. 제 목

수출 전략형 일체형-소형도정기의 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

동남아 및 서남아시아 지역의 대부분의 도정공장은 일본의 메이커들인 사다케, 안마, 가네코 등이 도정관련 기계의 공급에 선점을 하면서 확고하게 자리를 잡고 있으며 또한 이러한 도정공장의 운영은 화교들이 상권을 쥐고 있다. 반면 토착 지역인들이 운영하는 도정시스템은 재래식으로 대부분 기계가 낡고 정미효율도 매우 떨어지는 실정이다.

이에 따라 우리나라에서는 최근 이 지역으로 년 간 1,200대의 소형정미기(300kg/시간 미만)가 단위기계로 수출이 되고 있으며, 시간당 500kg~1,000kg 규모의 플랜트도 년 간 30개소 정도 수출이 되고 있다. 또한 수출액은 색채 선별기를 포함하여 년 간 350만 달러 정도에 이르고 있다. 그러나 플랜트용 정미기는 이들 소형 도정업자들에게는 설치비 및 운영이 부담스러워 수출은 완만하게 증가하고 있다. 대신에 국내 농가에서 사용되는 가정용 도정기의 수출이 급격하게 증가하고 있다. 그러나 가정용 도정기는 운반 및 설치에는 편리하지만 용량이 시간당 200kg으로 그들이 상업적으로 사용하기에는 많이 부족하고 또한 가정용으로 제작된 것이기 때문에 내구성이 짧은 것이 문제가 되고 있다. 따라서 이 지역 쌀 가공업자들로 부터 최소 시간당 500kg의 도정 성능을 가진 내구성이 높은 가정용 도정기와 유사한 제품의 문의가 잇따르고 있다. 또한 이 가정용 도정기는 국내산 벼 단립종(자포니카)의 도정에 적합하고 이들 지역에서 생산되는 장립종 벼(인디카)에는 적합하지가 않아 도정 수율이 많이 떨어지는 실정이다.

따라서 이러한 신흥 개발국에서 기존 일본의 대형 도정기계메이커와 경쟁을 피하고, 소규모 도정업자들이 선호하는 시간당 500kg 정도의 용량과 내구성을 가진 인디카형 벼의 도정에 적합한 “벼의 반입 → 조선 → 현미 → 현미분리 → 선별 → 석발 → 정미 → 등급 → 배출”의 공정의 일관 기능을 가지고, 이동 및 관리가 편리한 일체형-셋트 정미기로 매우 컴팩트한 가격경쟁력이 있는 “일체형 셋트식 소형도정기의 개발”은 수출용으로 시기가 매우 적절하다 하겠다.

따라서 본 연구 개발의 목적은,

일본의 선진 기술이 장악하고 있는 도정기계의 해외시장을 공략하기 위하여,

- (1) 장립종(Indica type) 벼의 도정용으로
- (2) 시간당 500kg 정도의 도정 성능을 가지고,
- (3) “벼의 반입 → 조선 → 현미 → 현미분리 → 선별 → 석발 → 정미 → 등급 → 배출”의 공정의 일관 기능을 가지고,
- (4) 콤팩트하며, 일체형으로 이동 및 관리가 편리하고,
- (5) 궁극적으로 판매 가격은 1000만원 정도로 가격경쟁력이 있는 “수출전략형 일체형-셋트식 소형도정기의 개발”에 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 동남아, 서아시아, 중동, 중남미, 아프리카 등 장립종 벼를 도정하는 소규모 도정업자들에게 수출을 목적으로 “벼의 반입 → 조선 → 현미 → 현미분리 → 선별 → 석발 → 정미 → 등급 → 배출”의 공정을 거치는 시간당 500kg 생산 용량을 가진 일체형 소형 도정기의 개발이다. 따라서 본 연구의 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 내용으로 수행하였다.

1. 국내에서 재배된 장립종을 이용하여 장립종 벼의 형상, 크기, 밀도 등 기하학적 특성, 압축특성, 항복강도 등의 기계적 특성 및 도정특성을 실험하였다.
2. 이러한 결과를 토대로 장립종 벼에 적합한 벼의 현미공정에 적합한 성능이 정미부의 500kg/시간에 대응할 수 있는 현미부를 개발하였다. 아울러 현미공정 후에 현미와 벼를 효과적으로 모델에 적합한 현미 분리기를 개발하였다.
3. 정미부는 연삭식과 마찰식을 조합한 장립형 벼의 도정에 적합한 최적 수율을 생산할 수 있는 조건을 연구하여 이에 알맞은 장립종 도정을 위한 멀티패스 정미부를 개발하였다.
4. 본 연구에서 개발된 모델의 주공정인 현미, 현미분리, 정미부 이외에 선별부, 석발부 그리고 이러한 공정을 연결하여주는 3대의 승강기가 개발되었으며 모두 시간당 500kg 이상 처리가 가능하도록 하였다.
5. 개발된 현미기, 현미분리기, 선별기, 석발기, 정미기셋트 등을 일체형으로 연결시킬 수 있는 반송기와 이 모든 단위 기계들을 고정시키는 프레임 등을 개발하였으며, 조립된 시작기는 단위기기별 시험과 전체시스템을 가동시키는 시험을 통하며 수정 및 보완을 거친 후에 최종 제작되었다. 해당 생산가격은 약 1000만원 정도가 될 수 있도록 설계·제작을 하였다.

IV. 연구개발결과

일본의 선진 기술이 장악하고 있는 도정기계의 해외시장을 공략하기 위하여,

- (1) 장립종(Indica type) 벼의 도정용으로,
- (2) 시간당 500kg 정도의 도정 성능을 가지고,
- (3) “벼의 반입 → 조선 → 현미 → 현미분리 → 선별 → 석발 → 정미 → 등급 → 배출”의 공정의 일관 기능을 가지고,
- (4) 콤팩트하며, 일체형으로 이동 및 관리가 편리하고,
- (5) 궁극적으로 판매 가격은 800만원 정도로 가격경쟁력이 있는 “수출전략형 일체형 소형도정기의 개발”을 위한 연구의 결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 공시재료인 장립종벼는 수입된 현미, 국내산 흑벼 그리고 교내 부속농장에서 재배한 장립종벼(IR-36)을 확보하여 장립종 벼의 기하학적 특성 조사 및 기계적 특성 조사를 실시하였으며 본 시험을 위해 국내에서 재배된 장립종 벼와 동남아 지역에서 재배되는 장립종 벼와 같은 특성을 가지고 있는 것으로 나타나 본 연구의 공시재료로 사용이 가능함을 보여 주었다.
2. 또한 사전 시험으로 실험실용 도정 기기들을 이용하여 설계에 필요한 요인들을 확인하였으며, 아울러 동남아 현지에서 판매되고 있는 참조 모델들을 활용하여 사전에 현미기와 연삭식 정미기, 마찰식 정미기에 대한 사전 시험 등을 수행하였다.
3. 다양한 시험결과를 활용하여 현미부, 선별부, 정미부에 해당하는 각각의 단위 기기들을 설계 및 제작하였는데 현미부는 고무롤러 방식을 채택하여 4“×8 $\frac{3}{4}$ ”의 롤러를 사용하였으며, 수동으로 롤러의 간격을 조정하여 탈부량을 조정할 수 있도록 설계 및 제작하였다.
4. 왕겨풍구는 가로 130mm, 세로 260mm의 임펠러 4개를 90°간격으로 부착하여 제작하였다.
5. 선별부는 현미분리기와 선별기로 구성하였다. 현미 분리기는 편심 베어링을 이용하여 요동하게 제작하였으며, 1개의 판이 약 250kg의 처리 능력을 가진 것으로 3개를 설치하였으며, 추가로 4개까지 설치가 가능한 형태로 제작하였다. 선별기의 선별형식은 기류식으로 규격은 4.4×2mm로 선별 홈의 폭과 높이를 결정하였

으며, 전체 385×430mm 크기로서 SB41 1.6T 재질로 타공하여 제작하였다.

6. 정미부는 연삭식 정미기와 마찰식 정미기로 구성하였으며, 연삭식 정미기는 Φ 160mm, 길이 360mm의 금망과 그 내부에 금강사 롤러로 구성하였다. 마찰식 정미기는 Φ 150mm, 길이 278mm의 금망 하우징 내에 폭 98mm의 금망을 설치하여 스크류에 의하여 마찰을 하도록 제작하였다.
7. 본 연구에서 개발된 정미기는 수출용 일체형 도정기로 프레임은 수출형 컨테이너 적재에 적합하도록 설계 및 제작하였는데 폭과 높이는 컨테이너와 비교하여 10% 정도 작게 설계하여 폭 1,800mm × 높이 2,150mm × 길이 900mm 로 제작·설계하였으며, 1열은 현미기와 왕겨풍구, 2열은 현미 분리기와 선별기, 3열에는 연삭식 정미기와 마찰식정미기를 각각 설치하였다. 이에 따라 3개의 승강기가 각각의 열로 이송하여주는 역할을 하도록 제작·설치되었다.
8. 최종 성능시험을 각각의 단위 기기별 및 전체 기기를 대상으로 실시하였는데 다음과 같다.
 - (1) 현미기의 롤러 간격을 1.2mm 때 처리 능력이 580~640kg/hr 정도로 가장 우수하게 나타났으며, 현미분리기는 분리판의 각도가 10.5°에서 평균적으로 약 630kg/hr의 분리 능력을 나타내었다.
 - (2) 정미부는 연삭식과 마찰식 정미기의 압력을 5 단계를 조정하며 성능 시험을 실시하였는데 압력 단계별로 처리능력은 500.4~545.2 kg/hr, 현백율은 84.3~86.9%, 백미완전미율은 59.8~67.6%, 백도는 34.9~36.90%로 나타나 양호한 결과를 얻을 수 있었다.
9. 결과적으로 본 연구에서 개발된 정미기는 장립종 벼를 시간당 540kg을 도정할 수 있는 매우 컴팩트한 일체형 도정기로 우리나라 도정기 수출에 크게 기여할 것으로 기대된다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

○ 기대효과로는,

신흥 개발도상국에서 기존의 벼의 도정용 기계의 판매 시장은 일본 업체들이 대부분 장악하고 있다. 그러나 지역의 소규모 도정업자들에게는 일본 제품은 가격 측면에서 매우 비싸기 때문에 지역 자체에서 생산된 매우 낙후된 도정기들을 사용하

고 있는데 도정효율이 매우 낮은 것으로 알려지고 있다. 또한 대형 정미소는 값 비싼 일본 제품을 들여와 운영을 하기 때문에 운영비용이 높아 채산성이 낮은 것으로 보고되고 있다. 그러나 이러한 낮은 정미기를 대체하고 대형 정미소의 문제점을 보완할 수 있는 시간당 500kg 정도의 간단한 형태의 정미기 요구가 급증하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서 개발된 도정기는 시간당 500kg 이상 도정이 가능하고, 벼의 반입-조선-현미-석발-정미의 통합기능을 가진 일체형 도정기다. 따라서 이러한 소규모 도정업자들이 선호하는, 기존의 낮은 정미기를 대체할 수 있는 기종이 될 것임을 확신하고 있다.

특히 본 연구에서 개발된 도정기의 주요 특징은

- (1) 가공 성능은 백미를 기준으로 시간당 500kg이고,
- (2) 수출용으로 콤팩트하게 설계되었지만 원료의 정선부, 현미분리부 석발부, 세미선별부 등이 있으며,
- (3) 도정은 연삭식과 마찰식을 조합한 멀티패스 시스템으로 하였고,
- (4) 소요 동력은 단상 또는 삼상 모터 220/380V, 가능하면 엔진형도 병행 가능하도록 제작되었다.
- (5) 영업용을 고려하여 연속가동이 되도록 개발하였고,
- (6) 모든 작동은 아날로그형으로 수리, A/S 및 부품 조달에 가능한 편리하게 하였다.
- (7) 수출용임을 고려하여 폭과 높이는 컨테이너와 비교하여 10% 정도 작게 설계하였고, 판매 가격은 대당 1000만원 정도가 될 수 있도록 하였다.

o 사업화 방안으로,

(1) 수출 유망국가

- 동남아: 베트남, 인도네시아, 필리핀, 태국, 말레이시아 등
- 서아시아: 인도, 스리랑카, 파키스탄 등
- 중동: 예멘, 시리아, 이집트 등
- 아프리카: 나이지리아, 수단, 탄자니아, 가나 등
- 중남미: 콜롬비아, 쿠바 등 이다.

(2) 판매 방법

- 본 제품은 한국농업기계협동조합과 공동 브랜드로 수출을 할 예정이고,
- 주요 해외 농업기계 박람회 및 전시회에 참가 및 판촉을 하여 판매를 촉진시키고,

- KOICA, KOTRA, 중소기업진흥공단 등 수출 유관 기관을 통한 거점사업에 참여함.

SUMMARY

I. Title

Development of an integrated compact rice mill for strategic export

II. Objective and Necessity

Currently total production rate of indica variety is about 96% of the total paddy rice produced in the world. Most of the rice mill equipment and facilities for indica type variety have been installed and supplied from Japanese manufacturing company such as Sadake, Yanma and Kaneko etc. Also, most of rice milling system are very large scale facilities. Japanese manufacturing companies have controlled these rice mill equipment manufacturing market in the world. Thus, the traditional small scale rice processing mills managed by native people have been in trouble to overcome against these huge gigantic rival.

Recently these small native rice mill managers started to purchase rice mill equipment from Korea whose size having the capacity range from 1 ton/hr to 2 ton/hr and color sorter as well. Also, the demands on small scale household rice mill having the capacity of 200kg/hr are increasing rapidly. However, these household type rice mills manufactured in Korea are known as some serious problems such as its low capacity and short durability. However, it is manufactured for japonica variety milling machine not for indica variety. Thus rice recovery rate of indica variety by the farm household scale milling machine is very low compare with that of japonica variety. Also, major demands from these countries is a compacted system having the capacity of 500 kg/hr. In order to fulfill such demands and

improve the milling recovery rate, also, in order to make it to overseas market without heading off the collision to Japanese rice mill equipment manufacturing companies who dominate market in advance, the followings are the detailed objectives for this research.

(1) to develop a rice mill for Indica variety

(2) having a 500 kg/hr milling capacity

(3) having a function such as a sequence operation in a row, "paddy receiving → cleaning → hulling → brown rice separation → sorting → remove stone → milling → grading → packing and shipping out"

(4) having a compacted and all in one system so that it is easy to move and maintain

(5) ultimately to develop "an integrated compact rice mill for strategic export whose selling price is lower than 10,000,000 won."

III. Methods of studies

The research have been performed for 3 years to develop an integrated compact rice mill for indica variety. Also, this milling machine has 500kg/hr milling capacity and has functions such as a sequence operation in a row as follows:

"paddy receiving → cleaning → hulling → brown rice separation → sorting → remove stone → milling → grading → packing and shipping out"

In order to develop the rice mill for this purpose, the following steps were conducted;

(1) In order to obtain various properties of indica variety, IR36 variety was cultivated at the farm affiliated with the Kyungpook national university at Daegu.

(2) Physical properties, geometric shape and mechanical properties of indica variety were obtained and its milling properties as well from IR36.

(3) A rice huller having the 500kg/hr production capacity of indica variety can be developed based on data obtained at the previous stage.

(4) Also, multi-pass rice whitening mill which was combined with abrasive type and friction type mills.

(5) Besides above two major sub-systems, brown rice separator, stone remover, husk aspirator, were developed.

(6) Also, three bucket elevators were developed and equipped with this milling machine and all of these individual machine were designed to handle more than 500kg/hr without any difficulties.

(7) Frame which enable to install and fastening all of individual machine was developed so that this system can be properly operated.

(8) Also, this frame height and width was designed 10% smaller than container so that it can easily be shipped for export purpose.

(9) Various tests and modification were made so that it is properly operated.

IV. Results and conclusion of the research

This study is to develop "an integrated compact rice mill for strategic export". Main purpose to develop this small scale compact rice mill for indica variety is to find an overseas market without heading off the collision to Japanese rice mill equipment manufacturing companies which dominate market in advance.

The followings are the detailed goal to perform the study.

- (1) to develop a rice mill for indica variety
- (2) having a 500 kg/hr milling capacity
- (3) having a function such as a sequence operation in a row, "paddy receiving → cleaning → hulling → brown rice separation → sorting → remove stone → milling → grading → packing and shipping out"
- (4) having a compacted and all in one system so that it is easy to move and maintain
- (5) ultimately to develop "an integrated compact rice mill for strategic export whose selling price is lower than 10,000,000 won."

As results of the study the followings can be concluded;

1. In order to obtain various properties of indica variety, IR36 variety was cultivated at the farm affiliated with the Kyungpook national university at Daegu.
2. Also, physical properties, geometric shape and mechanical properties of indica variety were obtained and its milling properties as well from IR36. Based on the results of the studies, all of properties are similar to that of indica variety which cultivated in south east Asia. It can be judged that it is possible to use these paddy as a testing material for development of the rice mill.
3. By utilizing the results of various tests in previous stage, unit machines such as hulling, separator and whitening machine could be designed and manufactured. Robber roll huller was applied at this rice mill. $4\frac{1}{2}\times 8\frac{3}{4}$ roller is judged as optimum size for this mill. Also the clearance between rollers can be adjusted by manual operation.
4. Size of husk aspirator is designed as 130mm by 260mm. Also, four impellers as blowers are equipped.
5. Separator after hulling process is consist of paddy separator and air flow separator. As a paddy separator, three layer oscillating sieve are installed. And one layer has a capacity of 250kg/hr. After paddy separator, sorting by air flow system is installed. and its size is 385×430mm.
6. Rice whitening system is a kinds of multi-pass mill which is combined with abrasive type and friction type mills. Diameter of abrasive type is 160 mm and its length is 360mm. Also, Diameter of the friction type mills is 150mm and length is 278mm.
7. Frame which enable to install and fastening all of individual machine was developed so that this system can be properly operated. Also, this frame height and width is designed 10% smaller than container so that it can easily be shipped for export as follows; Width is 1,800mm x height 2,150mm x length 900mm.
- 8 The mill forms three columns. One column is husking machine and husk aspirator. 2nd one is paddy separator and sorting machine. The third one is abrasive and friction type mill. Thus it has three bucket elevators.

- 9 The mill developed in this study was tested, analyzed and modified and results of its performance test were as follows;
- (1) Capacity of hulling machine of this mill is from 580 to 640kg/hr when roller's clearance is 1.2mm. Paddy separation has a 630kg/hr processing capacity when its angle is 10.5° angle.
 - (2) In the test of whitening machine, 5 levels of its pressure are controled. Its processing capacity is range within 500.4~545.2 kg/hr, milled rice recovery rate per brown rice is 84.3~86.9%, head rice recovery rate per paddy is 59.8~67.6%, and degree of whitening is 34.9~36.9%. As a results, it can be judged that this mill.
10. As an overall conclusion, the integrated compact small scale rice mill developed in this study is good enough for milling of indica variety. Also, it will contribute a lot to export to overseas market in the near future.

CONTENTS

Chapter I. Introduction	19
Section 1. Necessity and Objectives	19
1. Necessity	19
2. Objectives	22
Section 2. Objectives and Contents	23
1. Objectives	23
2. Contents	25
3. Appraisal	29
Chapter II. Present conditions and points	32
Section 1. Technology level	32
Section 2. Research level	39
Chapter III. Results of the research	42
Section 1. research of Physical Properties	42
1. Introduction	42
2. Methods	43
3. Result and Discussion	47
Section 2. Factor Test	57
1. Experimental Equipmente	57
2. Reference Model	63
Section 3. Development of Hulling Part	72
1. Introduction	72
2. Methods	73
3. Result and Discussion	96
Section 4. Development of Polishing Part	97
1. Introduction	97
2. Methods	97

3. Result and Discussion	119
Section 5. Development of Elevator and Frame	120
1. Introduction	120
2. Methods	120
3. Result and Discussion	127
Section 6. Assembly	129
1. Introduction	129
2. Methods	129
3. Result and Discussion	136
Section 7. Correction and Supplementation	138
Section 8. Test	141
1. Introduction	141
2. Methods	142
3. Result and Discussion	157
Section 8. General Result	159
Chapter IV. Achievement and Contribution	162
Section 1. Achievement	162
Section 2. Contribution	163
Chapter V. Plan of application use	166
Chapter VI. Foreign Information	167
Chapter VII. References	171

목 차

제 출 문	1
요 약 문	3
SUMMARY	9
CONTENTS	14
목 차	16
제 1 장 연구개발과제의 개요	19
제1절 연구개발 목적 및 필요성	19
1. 연구개발의 필요성	19
2. 연구개발의 목적	22
제2절 연구개발 목표 및 내용	23
1. 연구개발의 최종목표 및 주요내용	23
2. 과제별(세부) 연구개발의 목표 및 내용	25
3. 연차별 연구개발의 목표 및 내용	29
제 2 장 국내외 기술개발 현황	32
제1절 국내·외 기술 현황	32
제2절 국내·외 연구 현황	39
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	42
제1절 장립중 벼(IR-36)의 물성 조사	42
1. 서론	42
2. 재료 및 방법	43
가. 기하학적 특성 조사	43
나. 기계적 특성 조사	46
3. 결과 및 고찰	47
가. 기하학적 특성 조사 결과	47
나. 기계적 특성 조사 결과	51
다. 고찰	55
제2절 참조 모델의 요인 시험	57

1. 시험용 기기를 이용한 도정시험	57
가. 서론	57
나. 재료 및 방법	57
다. 결과 및 고찰	59
2. 참조 모델의 요인 시험	63
가. 서론	63
나. 재료 및 방법	64
다. 결과 및 고찰	70
제3절 장립중 벼의 현미부 개발	72
1. 서론	72
2. 재료 및 방법	73
가. 현미 롤러	73
나. 왕겨 풍구	76
다. 현미기	80
라. 현미분리기	88
3. 결과 및 고찰	96
제4절 장립중 벼의 멀티패스 정미부 개발	97
1. 서론	97
2. 정미부 설계요인시험	97
가. 연삭식 정미기 설계요인 시험	97
나. 마찰식 정미기 설계요인 시험	99
3. 설계 및 제작	102
3. 요약 및 결론	124
제5절 일체형 정미기의 반송기 및 프레임 개발	125
1. 서론	125
2. 재료 및 방법	125
가. 승강기	125
나. 반입호퍼	127
다. 프레임	129
3. 결과 및 고찰	132
제6절 시작기 조립	134
1. 서론	134

2. 재료 및 방법	134
3. 결과 및 고찰	141
제7절 수정 및 보완	143
제8절 성능시험	146
1. 서론	146
2. 재료 및 방법	147
가. 시험 장비	147
나. 시험 결과	148
3. 결과 및 고찰	162
제9절 종합 결론	164
제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도	167
제1절 목표 달성도	167
제2절 관련분야 기여도	168
1. 기술적 측면	168
2. 경제적·산업적 측면	169
제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	172
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	173
제 7 장 참고문헌	177

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발 목적 및 필요성

1. 연구개발의 필요성

동남아 및 서남아시아 지역의 대부분의 도정공장은 일본의 메이커들인 사다케, 안마, 가네코 등이 기계 및 시설을 공급에 선점하면서 확고하게 자리를 잡고 있으며 또한 이들의 도정공장 운영은 화교들이 상권을 쥐고 있다. 그림 1은 일본의 SATAKE사가 장립종 벼 재배지역에 공급하는 도정시설의 지역별 수출 통계자료로서 약 70%의 점유율을 가지고 있는 것을 보여주고 있는데 일본에서 수출되는 정미기기는 2008년 1월~8월 동안에 149,083,000엔(일본 농업기구공업회, 2008)으로 보고되고 있다.

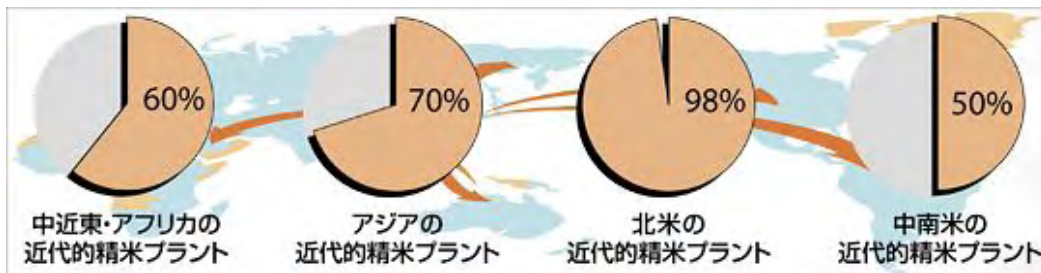


그림 1 (주)사다케(일본)사의 제품을 도입한 정미 플랜트의 비율(2008, 사다케)

반면 토착인들이 운영하는 도정시스템은 재래식으로 대부분 기계가 낡고 정미효율도 매우 떨어지는 실정이지만 최근 우리나라에서는 이들에게 국내의 플랜트에 일부 기계 및 가정용 도정기계 등의 소형의 제품들이 미비하게나마 이들 지역으로 수출되고 있다.

다음 표 1에서 나타낸 것과 같이, 국내 도정기기 생산 업체들은 국내 시장에서는 우리보다 선진 기술을 가진 일본의 업체들과 힘겨운 경쟁을 하고 있는 것을 보여주고 있는데, 최근에는 중형 미니플랜트 및 일체형 소형 도정기(쌀 자판기 포함)를 생산하며 국내에서 신규시장 형성 및 국외로의 수출을 위해 눈을 돌리고 있는 실정이다. 하지만 수출의 주요 타겟인 동남아 시장에서는 국내와 다른 장립종의 벼를 생산하고 있어, 중형의 가공 시스템을 원하면서도 미니플랜트와 같은 단위기기들을 세트로 묶어서 판매하는 시스템에 대해 거부감을 가지고 있어 컴팩트한 일체형 도정기 개발이 국

내 업체들의 수출시장에 필수 요소가 되고 있다.

표 1 주요 도정 기계의 수출입 현황

(단위 : US 천\$)

년도별	수출	수입	수지	비고
2007년	3,533	2,909	624	
2006년	3,519	2,829	690	
2005년	2,951	3,517	△566	

※ 자료 : 한국무역협회 통관기준 HS. Code : 8437 80 2000 (2007년)

(주요 도정 단위기계 : 정미기, 정선기, 석받기, 청결미기 등)

따라서 우리나라에서는 최근 이 지역으로 년 간 1,200대의 소형정미기(300kg/시간 미만)가 단위기계로 수출이 되고 있으며, 시간당 500kg~1,000kg 규모의 플랜트도 년 간 30개소 정도에 수출이 되고 있으며, 수출액은 색채 선별기를 포함하여 년 간 350만 달러 정도에 이르고 있다. 그러나 플랜트용 정미기는 이들 소형 도정 업체들에게는 설치비 및 운영이 부담스러워 수출은 완만하게 증가하고 있다.

이에 반하여 국내 농가에서 사용되는 가정용 소형 도정기의 수출이 이들 지역에 급격하게 증가하고 있다. 그러나 가정용 소형 도정기는 운반 및 설치의 편리하지만 처리 능력이 시간당 200kg 정도로 그들이 상업적으로 사용하기에는 많이 부족하고, 가정용으로 제작된 것이기 때문에 내구성이 짧은 것이 문제가 되고 있다. 또한 이러한 도정기는 모두 국내산인 단립종(자포니카)의 도정용으로 장립종(인디카)벼의 도정에는 적합하지가 않아 도정수율이 매우 떨어지는 문제가 있다. 따라서 이 지역 쌀 가공 업체들로 부터 최소 시간당 500kg의 도정 성능을 가진 내구성과 도정수율이 높은 가정용 도정기와 유사한 제품의 문의가 잇따르고 있다.

국내 시장은 1960년 이전 재래식 정미소에서 출발한 정미기계는 현재 영업을 목적으로 하는 미곡종합처리장과 농가 가정용 정미기로 크게 나뉘어져 있으며, 가공능력 면에서 대형미곡처리장에선 시간당 1톤 이상의 정미를 할 수 있는 고품질 상품 위주이며, 가정용 정미기는 대부분 시간당 250kg미만의 보통 품질의 자가 수요용으로 활용하고 있으며, 최근에는 쌀 재배 농가, 작목반 및 재래식 정미소에 사용되는 시간당 500kg~1,500kg 규모의 소형 도정기 세트(미니 플랜트)가 보급되고 있다.

표 2 생산 및 보유 현황

가공능력별	보유수량	연간수요	수출규모	비 고
대형(1톤 이상/h)	380 개소	200개소	50 개소	플랜트
중형(500~1,000kg/h)	2,300 개소	120개소	30 개	플랜트
소형(300kg/h미만)	950,000 대	50,000 대	1,200 대	단위기계

※자료: 한국농기계공업협동조합, 도정기계 주요 생산업체 동향조사 집계(2007)

상기 표 2에 나타난 것과 같이, 현재 도정기 생산수량을 보면 국내에서는 대형의 도정업체인 미곡종합처리장의 교체수요로 연간 200여대가 소모되고 있으며, 중형의 소형 도정기 세트(미니플랜트)는 쌀 농가 작목반 위주로 연간 120여대가 신규로 생겨나고 있으며, 소형인 가정용 정미기는 연간 약 50,000대가 소요되는 것으로 나타났다.

현재 국내 시장은 거의 낙후 시설에 대한 교체 수요가 일어나고 있으며, 중형의 소형 도정기 세트(미니 플랜트)만이 신규 시장을 형성하고 있으며, 이 또한 국내 및 일본 업체의 치열한 경쟁 속에서 국내 업체들의 어려움이 지속되고 있는 현실이다. 이러한 어려움을 극복하고 고가의 일본 업체와 경쟁하기 위하여, 고객의 입장에서는 설치비용이 낮고 생산자 입장에서는 설치 및 인건비를 대폭 줄일 수 있는 경쟁 모델이 필요한 실정이다. 생산 현장에서 대부분을 제조·조립 후, 설치 현장에서는 간단한 조립과 시운전만으로 작업자가 기기를 운전 할 수 있다면, 가정용 소형 정미기와 같이 국내 시장에서도 가격 및 A/S에 대한 우위로 경쟁 우위를 차지할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

장립종 벼를 생산하는 주요 국가에서 요구되어지는 일체형의 도정기는 정미능력이 시간당 500kg 이상은 되어야 하며, 장립종에 대한 절미 발생을 최소화하고, 내마모성을 강화하여 소모품에 대한 부담감을 줄일 수 있으며, 원료의 정선 기능을 강화하여 품질 좋은 쌀을 생산함과 동시에 기계를 보호할 수 있어야 하며, 별도의 시공 설치 없이 단위기계를 설치하고 간단하게 전원만 공급하면 사용이 가능하도록 일체형으로 개발되어 진다면 수출시장에서 주요국가 10개국(필리핀, 태국, 베트남, 인도네시아, 말레이시아 등)의 경우 국가별 연간 수요가 800~ 2,000대 정도가 될 것으로 예상되어 진다.

그리고 일체형인 장립종용 도정기기를 수정하여 단립종용으로 사용할 수 있도록 한다면, 수출 뿐 만 아니라 국내 시장에서 기존 가정용 소형 정미기 판매 및 대형 미

곡처리장 설비 이외의 틈새시장에서 일본 경쟁업체와의 점유율을 향상시킬 수 있는 모델로 발전할 수 있을 것이다.

따라서 이러한 신흥 개발국에서 기존 일본의 대형 도정기계 메이커와 경쟁을 피하고, 소규모 도정업자들이 선호하는 시간당 500kg 정도의 용량과 내구성을 가진 인디카형 벼의 도정에 적합한 “벼의 반입 → 조선 → 현미 → 현미분리 → 선별 → 석발 → 정미 → 등급 → 배출”의 공정의 일관 기능을 가지고, 이동 및 관리가 편리한 일체형-셋트 정미기로 매우 컴팩트한 가격경쟁력이 있는 “일체형 셋트식 소형도정기의 개발”은 수출용으로 시기가 매우 적절하다고 하겠다.

2. 연구개발의 목적

본 연구 개발의 목적은,

일본의 선진 기술이 장악하고 있는 도정기계의 해외시장을 공략하기위하여,

- (1) 장립종(Indica type) 벼의 도정을 위한 도정기로,
- (2) 시간당 500kg 정도의 도정 성능을 가지고,
- (3) “벼의 반입 → 조선 → 현미 → 현미분리 → 선별 → 석발 → 정미 → 등급 → 배출”의 공정의 일관 기능을 가지고,
- (4) 컴팩트하며, 일체형으로 이동 및 관리가 편리하고,
- (5) 궁극적으로 판매 가격은 800만원 정도로 가격경쟁력이 있는 “수출전략형 일체형-셋트식 소형도정기의 개발”에 있다.

제2절 연구개발 목표 및 내용

1. 연구개발의 최종목표 및 주요내용

가. 연구개발의 최종 목표

일본의 선진 기술이 장악하고 있는 도정기계의 해외시장을 공략하기 위하여,
본 연구의 목표는

- (1) 장립종(Indica type) 벼의 도정을 위한 도정기로,
- (2) 시간당 500kg 정도의 도정 성능을 가지고,
- (3) “벼의 반입 → 조선 → 현미 → 현미분리 → 선별 → 석발 → 정미 → 등급 → 배출”의 공정의 일관 기능을 가지고,
- (4) 이동 및 관리가 편리한 일체형-셋트 정미기로 매우 콤팩트하고,
- (5) 궁극적으로 판매 가격은 800만원 정도로 가격경쟁력이 있는 “수출전략형 일체형-셋트식 소형도정기의 개발”에 있다.

나. 주요 내용

본 연구는 동남아, 서아시아, 중동, 중남미, 아프리카 등 장립종 벼를 도정하는 소규모 도정업자들에게 수출을 목적으로 “벼의 반입 → 조선 → 현미 → 현미분리 → 선별 → 석발 → 정미 → 등급 → 배출”의 공정을 거치는 시간당 500kg 생산 용량을 가진 일체형 소형 도정기의 개발이다. 따라서 본연구의 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 내용으로 수행하였다.

1. 국내에서 재배된 장립종을 이용하여 장립종 벼의 형상, 크기, 밀도 등 기하학적 특성, 압축특성, 항복강도 등의 기계적 특성 및 도정특성을 실험하였다.
2. 이러한 결과를 토대로 장립종 벼에 적합한 벼의 현미공정에 적합한 성능이 정미부의 500kg/시간에 대응할 수 있는 현미부를 개발하였다. 아울러 현미공정 후에 현미와 벼를 효과적으로 모델에 적합한 현미 분리기를 개발하였다.
3. 정미부는 연삭식과 마찰식을 조합한 장립형벼의 도정에 적합한 최적 수율을 생산할 수 있는 조건을 연구하여 이에 알맞은 장립종 도정을 위한 멀티패스 정미부를 개발하였다.
4. 본 연구에서 개발된 모델의 주공정인 현미, 현미분리, 정미부 이외에 선별부, 석발부 그리고 이러한 공정을 연결하여주는 3대의 승강기가 개발되었으며 모두 시간당 500kg 이상 처리가 가능하도록 하였다.

5. 개발된 현미기, 현미분리기, 선별기, 석발기, 정미기셋트 등을 일체형으로 연결시킬 수 있는 반송기와 이 모든 단위 기계들을 고정시키는 프레임 등을 개발하였으며, 조립된 시작기는 단위기기별 시험과 전체시스템을 가동시키는 시험을 통하여 수정 및 보완을 거친 후에 최종 제작되었다. 해당 생산가격은 약 800만원정도가 될 수 있는 것으로 예측되었다.

세부 연구개발 공정도는 그림 2와 같으며 개발 내용은 다음과 같다.

- (1) 국내산 장립종 벼의 특성 실험
 - 국내산 장립종 쌀 재배
 - 벼의 형상, 크기, 밀도 등 기하학적 특성 실험
 - 압축특성, 항복강도 등의 기계적 특성 실험
 - 도정특성실험
- (2) 장립종 벼의 현미부 개발
 - 시험용 현미기를 이용한 사전 시험
 - 현미기 설계·제작
(목표처리용량 : 1 Ton/hr)
 - 현미분리기 설계·제작
 - 현미기 성능 시험 : 흑미, IR36 등
(탈부율, 제현율, 현미 완전미율, 제현능력 조사)
 - 최적 작동 조건 구명
- (3) 장립종 벼의 멀티패스 정미부 개발
 - 시험용 정미기를 이용한 사전 시험
 - 연삭식 정미기 설계·제작
 - 마찰식 정미기 설계·제작
(목표처리용량 : 500kg/hr)
 - 정미기 성능 시험 : 태국산현미, IR36 등
(현백율, 백미 완전미율, 백도, 정백능력, 곡온 등 조사)
 - 최적 작동 조건 구명
- (4) 일체형 정미기의 반송기 및 프레임 개발
 - 국내외 모델 조사
 - 버킷엘리베이터 설계·제작
(버킷 용량 및 수량 선정, 풀리 및 구동부 선정 등)

- 현미 반송 분리부 제작
- 최적 작동 조건 구명

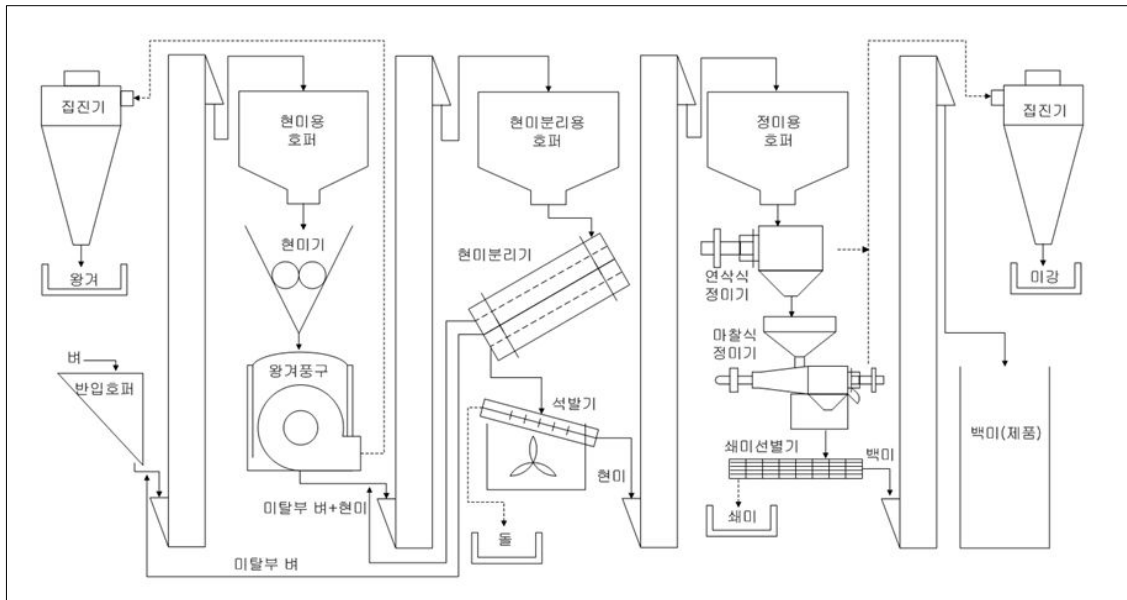


그림 2 수출전략형 일체형-소형도정기의 공정도

2. 과제별(세부) 연구개발의 목표 및 내용

본 연구에서 설정된 목표를 달성하기 위하여 다음과 같이 6가지 세부 과제를 설정하였으며 각각에 대한 연구 내용은, 장립종 벼의 물성 조사, 장립종벼의 기하학적 특성 조사, 현미부 설계·제작, 장립종 벼의 멀티패스 정미부 개발, 장립종벼의 도정을 위한 일체형 정미기의 반송기 및 프레임 개발, 시작기의 수정 및 보완 등이다.

장립종 벼의 물성 조사는 장립종 벼를 경북대학교 부속 농장에서 직접 재배하였으며 동남아에서 수입한 장립종 현미와 폭, 길이, 중량 등의 기하학적 특성을 비교 조사하였고, 레오메타를 이용하여 강도 등의 기계적 특성을 조사하였다. 아울러 국내에서 재배한 장립종과 수입된 장립종벼의 특성을 비교하여 개발되는 정미기에 공시재료로 적합한지를 조사하였다.

장립종 벼의 현미부 개발은 고무롤러 방식의 현미기를 개발하여 그 성능을 시험하였으며, 4개의 임펠러로 구성된 왕겨 풍구를 개발하고, 현미 분리기를 개발하여 전체 현미부를 성능 시험하였다.

장립종 벼의 멀티패스 정미부 개발은 금강사 롤러와 스크린으로 구성된 연삭식 정미기와 정미 스크류와 스크린으로 구성된 마찰식 정미기를 개발하였으며, 정미 시스템의 성능시험과 최적 조건을 구명하였다. 그리고 기류 선별 방식의 선별기를 개발하여 정미부의 성능 시험을 실시하였다.

일체형 정미기의 반송기 및 프레임 개발에서는 투입을 위한 반입 호퍼와 버킷 엘리베이터와 현미 분리 후 되돌림을 위한 버킷 엘리베이터를 개발하였다. 그리고 컨테이너 적재에 최적화된 프레임을 제작하여 3열로 나누어 기기들을 설치할 수 있도록 하였다.

시작품의 조립 및 시운전에서는 제작된 프레임에 현미부, 선별부, 정미부로 나누어 배치하고 조립하였으며, 그 성능 확인을 위하여 시운전을 실시하였다.

시작기의 수정 및 보완에서는 장립종 도정에 적합한지를 판단하기 위하여 각종 수율 측정 및 테스트를 실시하였으며, 도출된 문제점을 해결하기 위하여 수정과 보완을 실시하였다.

세부과제에 따른 연구개발의 목표와 내용을 다음 표 3에 정리하였다.

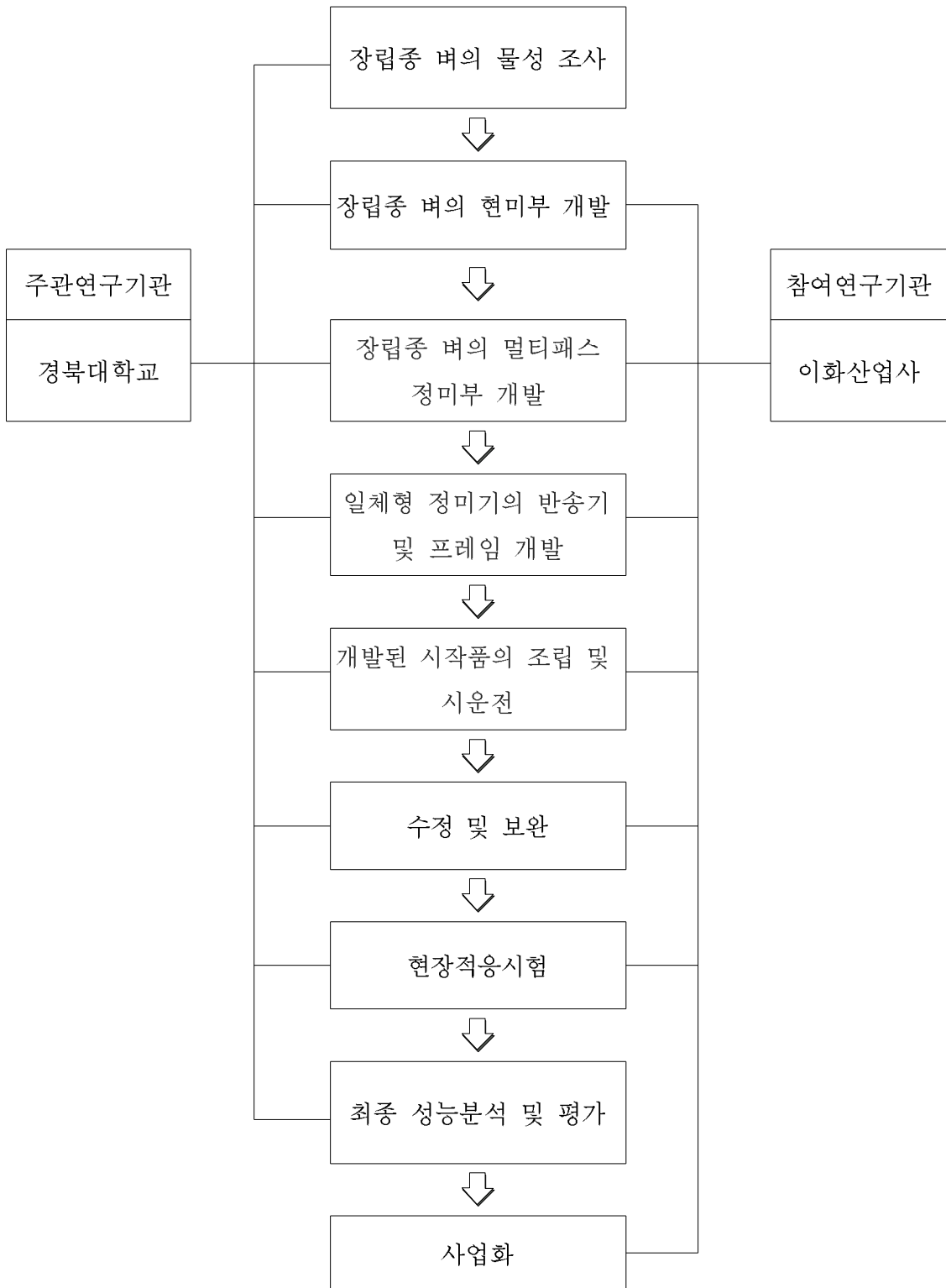
그리고 연구의 진행은 주관기관인 경북대학교에서 6가지의 세부과제에 참여하여 장립종 벼의 물성조사에서부터 개발된 도정기기의 평가에 참여하며, 참여기관인 이화산업사는 세부과제에 따르는 기기의 개발과 시험에 참여하여 차후 사업화를 담당하였다.

표 4에는 연구개발의 업무 분담 및 진행 순서를 차례로 나타내었는데 주관업체인 경북대학교와 참여업체인 이화산업이 상호 협력하여 수행하는 체계를 그림으로 나타낸 것이다.

표 3 연구개발 목표에 따른 내용

과제별	연구개발의 목표	연구개발의 내용
세부	장립종 벼의 물성 조사	1. 기하학적 특성 조사 2. 기계적 특성 조사
	장립종 벼의 현미부의 개발	1. 현미기의 롤러 개발 2. 롤러 현미기의 성능테스트 3. 왕겨 풍구 개발 4. 현미분리 검 석발기 개발 5. 현미부 성능 시험 6. 현미부 설계
	장립종 벼의 멀티패스 정미부 개발	1. 장립종 정미를 위한 연삭식 정미기 개발 2. 장립종 정미를 위한 마찰식 정미기 개발 3. 2-stage 정미시스템 성능 시험 및 최적조건 구명 4. 세미 선별기 개발 5. 정미부 성능시험 6. 정미부 설계
	일체형 정미기의 반송기 및 프레임 개발	1. 반입 호퍼 및 버킷엘리베이터 개발 2. 현미 분리용 버킷엘리베이터 개발
	개발된 시작품의 조립 및 시운전	1. 시작품 조립 2. 공장 시운전 및 수정
	시작기의 수정 및 보완	1. 현장 시운전 2. 현미 및 도정 수율 테스트 3. 내구성 테스트 4. 소요 동력테스트 5. 수정 및 보완 6. 최종 설계 및 상품화 제작

표 4 연구 분담 및 진행 체계도



3. 연차별 연구개발의 목표 및 내용

수출전략형 일체형 소형도정기의 개발을 목표로 하여, 3년에 걸쳐 연구를 수행하였다.

1차년도인 2009년에는 장립종 벼의 물성조사와 장립종 벼의 현미부 개발, 장립종 벼의 멀티패스 정미부 개발을 목표로 하여 연구개발을 진행하였다.

장립종 벼의 물성 조사에서는 태국산 장립종 현미를 수입하고, 그 형상이 장립종 벼와 유사한 흑미를 이용하여 벼의 형상, 크기, 밀도 등 기하학적 특성을 조사하였고, 압축특성, 항복강도 등의 기계적 특성을 조사하였다.

장립종 벼의 현미부 개발에서는 시험용 현미기를 이용한 사전 시험을 실시하였으며, 참조 모델을 활용하여 성능 시험을 실시하였고, 처리 능력이 1Ton/hr을 목표로 하여 연구하였고, 현미기와 왕겨 풍구를 개발하였다.

장립종 벼의 멀티패스 정미부 개발에서는 시험용 정미기와 참조모델인 마찰식 및 연삭식+마찰식 정미기에 대하여 사전 시험을 실시하였고, 장립종용 연삭식 정미기와 마찰식 정미기에 대한 설계 및 제작을 실시하였다.

다음 표 5에 1차년도 연구개발의 목표와 내용을 정리하여 나타내었다.

표 5 1차년도 연구개발 목표 및 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차 년도	2009	장립종 벼의 물성 조사	1. 기하학적 특성 조사 2. 기계적 특성 조사
		장립종 벼의 현미부의 개발	1. 현미기의 롤러 개발 2. 롤러 현미기의 성능테스트 3. 왕겨 풍구 개발
		장립종 벼의 멀티패스 정미부 개발	1. 장립종 정미를 위한 연삭식 정미기 개발 2. 장립종 정미를 위한 마찰식 정미기 개발 3. 2-stage 정미시스템 성능 시험 및 최적조건 구명

2차년도인 2010년에는 1차년도에 이어 장립종 벼의 현미부 개발과 장립종 벼의 멀티패스 정미부 개발, 일체형 정미기의 반송기 및 프레임 개발이 이루어졌다.

장립종 벼의 현미부 개발에서는 현미 분리기를 개발하여 성능 시험을 실시하였으며, 탈부율, 제현율, 현미완전미율 등 현미기의 성능을 측정하였으며, 최적의 작동 조건을 구명하였다.

장립종 벼의 멀티패스 정미부 개발에서는 기류 선별 방식의 선별기를 개발하였으며, 정미부의 성능 시험으로 도정수율, 백도 등을 측정하였다. 그리고 측정된 결과를 바탕으로 정미부의 최적 조건을 구명하였다.

일체형 정미기의 반송기 및 프레임 개발에서는 버킷의 용량 및 폴리와 구동부를 선정하여 버킷 엘리베이터를 설계·제작하였다. 현미 분리기에서 되돌림을 위한 반송 버킷 엘리베이터를 제작하였으며, 수출용 컨테이너의 규격을 고려하여 프레임을 설계하였으며, 컨테이너와 비교하여 약 10% 정도의 공간을 두어 여유를 가지도록 하였다.

다음 표 6에 2차년도 연구개발 목표와 내용을 정리하였다.

표 6 2차년도 연구개발 목표 및 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
2차 년도	2010	장립종 벼의 현미부의 개발	4. 현미분리 겸 석발기 개발 5. 현미부 성능 시험 6. 현미부 설계
		장립종 벼의 멀티패스 정미부 개발	4. 쇄미 선별기 개발 5. 정미부 성능시험 6. 정미부 설계
		일체형 정미기의 반송기 및 프레임 개발	1. 반입 호퍼 및 버킷엘리베이터 개발 2. 현미 분리용 버킷엘리베이터 개발

3차년도인 2011년도에는 시작품의 조립 및 시운전과 그에 따른 수정과 보완을 실시하였다.

시작품의 조립과 시운전에서는 제작된 프레임 위에 3열로 현미부, 선별부, 정미부로 나누어 배치하였으며, 2차년도와 3차년도에 수확된 국내산 장립종 벼를 이용하여 그 시운전을 실시하였다. 2차년도에는 1.3Ton, 3차년도에는 1.5Ton의 장립종 벼를 수확하였으며, 그로 인하여 시운전에 필요한 충분한 원재료를 확보할 수 있었다.

수정 및 보완에서는 시운전 중 도출된 문제점을 수정하였다. 현미 분리기에서 벼+

현미 배출구의 막힘 현상을 해결하고자 배출구의 경사각을 조절하였고, 연삭식 정미기의 스크린이 과부하로 인하여 회전을 막아주는 홈이 파손되어 홈을 보강하여 과부하시에도 스크린이 회전하는 것을 방지하였다.

다음 표 7에는 3차년도에 실시한 연구개발의 목표와 내용을 나타내었다.

표 7 3차년도 연구개발 목표 및 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
3차 년도	2011	개발된 시작품의 조립 및 시운전	1. 시작품 조립 2. 공장 시운전 및 수정
		시작기의 수정 및 보완	1. 현장 시운전 2. 현미 및 도정 수율 테스트 3. 내구성 테스트 4. 소요 동력테스트 5. 수정 및 보완 6. 최종 설계

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내·외 기술 현황



기존의 기술은 주로 대형 미곡종합처리장에서 사용되어지는 정미기에 관한 단위 기계에 대하여 제출된 것들이 많으며, 최근에 등록된 특허 중에서 투입부, 도정부, 쇄미 분리부, 이물 선별부, 배출부를 가지는 일체형의 도정시스템으로서 제현과 정백이 동시에 이루어지는 정미기와 쇄미와 이물질 선별기를 구성하여, 본 연구에서 개발한 시스템과 유사한 시스템을 가지고 있다. 그러나 기존 기술에서는 대형 마트 등에서 자판기 형태로 설치되어 주로 현미를 투입하고 정미하는 시스템으로, 한 번에 약 10kg 정도를 가공하여 판매하는 것으로, 시간당 500kg 이상을 연속적으로 처리할 수 있는 플랜트 대체 형태와는 근본적으로 차이가 있다.

표 8 시판되고 있는 국내·외 가정용 정미기, 미니플랜트, 벼 전용 자판기

명칭	가정용 정미기	미니플랜트	벼 전용 자판기
국내			
일본			

상기 표 8에는 시판되고 있는 국내·외 가정용 정미기, 미니플랜트, 벼 전용 자판기의 제품을 나열한 것이며, 표 9에는 판매되고 있는 국내·외 주요 제품들의 특징을 나타내었다.

표 9 국내·외 주요 제품 특징

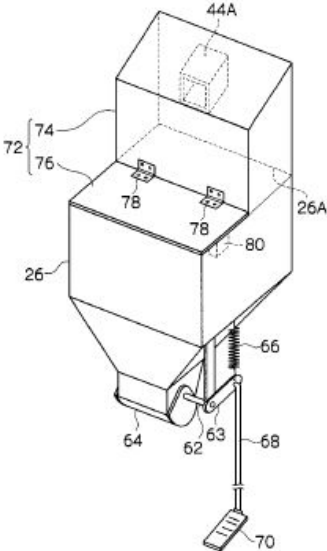
판매업체	제품특징
이화산업	<p>○ 쌀 자판기</p> <p>- 즉석에서 오천원권, 만원권을 사용하여 5분도, 7분도, 9분도, 백미까지 원하는 대로 즉석도정이 가능하며 할인마트 백화점 등의 미곡취급점에 설치하여 관리할 수 있도록 하였으며, 하나의 본체에서 중격식 제현기, 마찰식 도정기, 쇄미 선별 및 석발기를 통합하여 도정이 가능하도록 개발 됨.</p> 
성산기업	<p>○ 농가형 5단 셋트 정미기(미니 플랜트)</p> <p>- 투입부 →석발부 및 이물질 선별부 →현미부 →현미분리부 →4단 정미부 →색채선별부 →연미부 →등급선별부 →포장부의 단위기계들로 구성되며, 시간당 500kg-600kg의 처리용량을 가지는 농가형 셋트 정미기(미니 플랜트)를 개발 함.</p> 

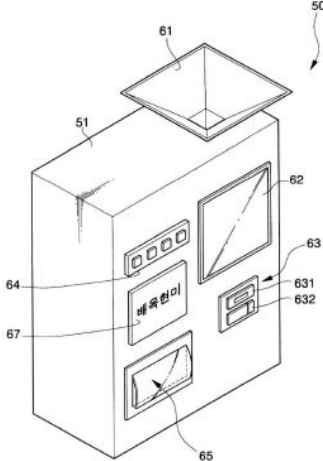
<p>야마모토 (일본)</p>	<p>○ 자동 정미 장치(자동 판매기) - 제현, 석발, 정미, 쇄미 선별, 이물 선별등의 작업을 하나의 본체에서 할 수 있도록 하였으며, 8kW의 소요동력으로 고품질의 백미를 소비자가 원하는 분도로 가공할 수 있는 다기능 일체형 도정기 개발. 해당 가격은 약 7천만원 정도임.</p> 
<p>사다케 (일본)</p>	<p>○ 소형 미니플랜트 - 투입부 →석발부 →현미부→현미분리부→ 정미부→색채선별부→포장부의 단위기계들로 구성되며, 시간당 500kg 처리용량을 가지며 소요동력이 8kw이며, 중량이 950kg인 농가형 소형 도정기 셋트를 개발함. 해당 가격은 약 1억5천만원 정도임.</p> 

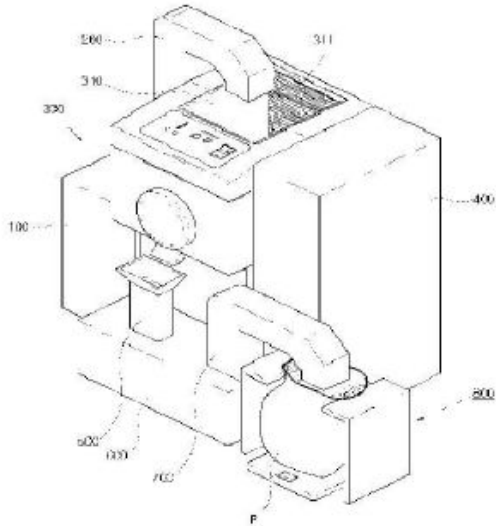
국내 및 국외(미국, 일본, 유럽)을 대상국가로 하여, 최근 20년간의 관련 기술을 특허정보원 자료 검색을 통해 분석하였으며, 그 관련성을 다음 표 10에 나타내었다.

표 10 특허 분석에 따른 본 연구 과제와의 관련성

개발기술명		수출전략형 일체형-소형도정기의 개발
Keyword		도정기
검색건수		162
유효특허건수		6
핵심특허 및 관련성	특허명	자동정미장치
	보유국	일본
	등록년도	2004(2004-130183)
	관련성(%)	50
	유사점	<p>본 특허는 벼를 투입하는 투입부와 현미기, 석발기, 정미기, 색채선별기, 이물선별기를 갖춘 잔량이 남지 않아 소량 가공 시에도 최상의 효과를 낼 수 있는 무인자동정미장치로 금액을 지불한 다음 가공할 수 있는 장치이며, 본 연구에서 개발하고자 하는 소형 도정기의 전체 시스템과 매우 유사한 시스템을 가진다.</p>
차이점	<p>본 연구에서 개발하고자 하는 시스템과 매우 유사한 형태를 하고 있으나, 본 연구에서는 쇄미 발생율이 큰 장립종의 벼를 가공할 수 있는 시스템을 구축하여야 하므로 본 특허의 자포니카 전용 도정기기들과는 차이가 있으며, 소량을 투입하여 가공하는 자판기형태의 시스템과는 달리 500kg/hr 이상을 가공하는 일체형 도정시스템을 구축하여야 한다.</p>	

개발기술명		수출전략형 일체형-소형도정기의 개발
Keyword		도정기
검색건수		162
유효특허건수		6
핵심특허 및 관련성	특허명	자동정미장치
	보유국	일본
	등록년도	2006(2006-231257)
	관련성(%)	50
	유사점	<p>본 특허는 투입부, 도정부, 쇄미 분리부, 이물 선별부, 배출부를 가지는 일체형의 도정시스템으로서 제현과 정백이 동시에 이루어지는 정미기와 쇄미기와 이물 선별기를 갖춘 특징을 가지고 있으며, 본 연구에서 개발하고자 하는 시스템과 유사한 시스템을 가지고 있다.</p> 
	차이점	<p>본 연구에서 필요로 하는 장립종의 벼를 가공하기 위해서는 현미부와 현미분리부가 반드시 필요하며, 도정부에서도 쇄미율을 낮출 수 있는 연삭식 및 마찰식 2단 도정부가 필요하며 이들 전체를 일체형으로 구성할 수 있는 시스템이 필요하다. 본 특허에서는 제현과 정백을 동시에 진행하는 시스템을 구축하여 장립종의 벼 가공에는 적합하지 않다.</p>

개발기술명		수출전략형 일체형-소형도정기의 개발
Keyword		가정용 정미기
검색건수		184
유효특허건수		17
핵심특허 및 관련성	특허명	현미 자동판매기
	보유국	대한민국
	등록년도	2007(10-0771580)
	관련성(%)	40
	유사점	<p>본 특허는 1분도의 현미가 저장되는 저장부, 현미를 희망하는 분도의 현미 또는 백미로 도정하는 도정부 및 도정된 현미, 백미를 포장하는 포장부가 내부에 구비된 본체와 정량배출장치 및 비용결제부로 구성되어 있으며, 본 연구에서 개발하고자 하는 소형 도정기의 정미공정과 유사한 시스템을 가진다.</p> 
차이점	<p>본 연구에서 개발하고자 하는 기대는 벼 상태에서 투입하여 제현→현미분리→석발→정미→배출 하는 가공공정을 거쳐야 하는데, 본 특허는 현미 및 석발의 단계를 포함하지 않고 있으며, 동남아 지역에서 생산되는 장립종을 가공하는 도정시스템에는 적합하지 않는 것으로 판단된다.</p>	

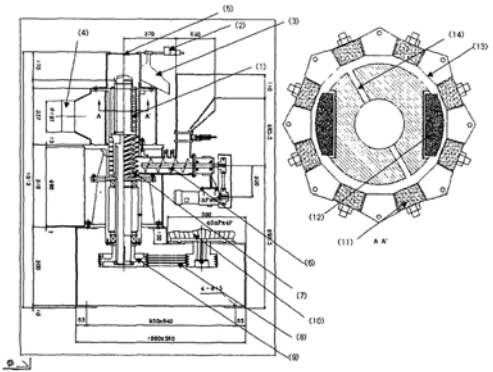
개발기술명		수출진략형 일체형-소형도정기의 개발
Keyword		가정용 정미기
검색건수		184
유효특허건수		17
핵심특허 및 관련성	특허명	도정기
	보유국	대한민국
	등록년도	2006(20-0405513)
	관련성(%)	40
	유사점	<p>본 특허는 투입부, 승강부, 도정부, 연미부, 포장부로 구성되어지며, 도정부에서는 체현과 정미가 동시에 이루어지도록 되어 있으며, 기존의 가정용 정미기에서 연미를 하는 기기를 추가로 설치하여 시스템을 구성하여, 본 연구에서 개발하고자 하는 일체형 시스템과 유사한 구조를 가지고 있다.</p> 
차이점	<p>본 연구에서 개발하고자 하는 시스템과 유사한 구조를 가지고 있으나, 현미기, 석발기 등의 시스템을 구성하지 않고 있으며, 마찰형 도정시스템에서 체현과 정백을 동시에 진행함으로써 쇄미율이 높은 장립종의 벼를 도정하기에는 적합하지 않는 시스템을 가지고 있음.</p>	

제2절 국내·외 연구 현황

기존의 연구 논문은 전체 시스템의 구성에 관한 내용보다는 대형 미곡종합처리장 내에 설치되는 정미부에서의 도정 특성을 분석하기 위하여, 연삭식 정미기, 마찰식 정미기의 각 정미 시스템 간의 효율적인 도정 배분과 정미기 자체의 축 회전수, 연삭 입자 형태, 출구 저항 등에 관련된 도정 특성을 분석하는데 치중해 있어, 전체 벼 가공 시스템을 컴팩트한 소형 본체 내에 효율적으로 구축하면서도, 플랜트를 대체할 만한 성능을 가지기 위한 각 공정에 필요한 기기들의 개발이 필요하다.

다음 표 11에 한국, 미국, 일본, 유럽 국가를 대상으로 한국학술정보 및 미국농공학 회 Database에 대해서 최근 20년간 자료를 검색하여 그 관련성을 나타내었다.

표 11 논문 분석에 따른 본 연구 과제와의 관련성

개발기술명		수출전략형 일체형-소형도정기의 개발
Keyword		쌀 가공
검색건수		60
유효논문건수		1
핵심논문 및 관련성	논문명	입형 정미기를 이용한 청결배아미 제조기 개발
	학술지명	바이오시스템공학 Vol.29.No.2, pp.121-130(2004)
	저 자	엄천일, 정종훈
	게재년도	2004
	관련성(%)	30
	유사점	<p>본 연구 논문은 입형 정미기를 사용하여 현미의 강층 부분을 제거하면서도 영양분이 많은 배아가 떨어지는 것을 막기 위하여 현미의 함수율, 연삭물의 입자크기, 축의 회전수, 출구저항, 전체 처리량의 관계를 실험을 통하여 구명하였다. 본 연구에서는 장립종 벼의 정미 시 쉼미의 발생율을 낮출 수 있는 가공 시스템이 필요하며, 본 논문에서 제시하는 입형 정미기의 회전수, 출구저항 등의 실험자료를 통해서 배아의 부착율이 높은 환경을 구축한다면 장립종에서도 쉼미발생율을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.</p> 
차이점	<p>본 연구에서 입형 정미기가 아니라 소형의 연삭식 정미기 1대와 마찰식 정미기 1대로 구성되어지는 가공시스템을 구축하고, 장립종에 알맞은 금망 개발 등으로 본 논문에서 제시하는 정미 환경과는 차이가 있을 것으로 판단되며, 본 연구에서 하고자 하는 일체형의 가공 시스템을 구축해야 하므로 본 논문의 대형 입형 정미기에 대한 분석뿐만 아니라 전체 시스템에 관한 연구진행이 필요하다.</p>	

개발기술명		수출전략형 일체형-소형도정기의 개발																											
Keyword		정미기																											
검색건수		4																											
유효논문건수		1																											
핵심논문 및 관련성	논문명	정미시스템의 도정배분 별 도정특성																											
	학술지명	한국농업기계학회 2007 하계 학술대회 논문집 12(2):233-237																											
	저 자	김의웅, 김동철, 김훈, 강성열, 김동선																											
	게재년도	2007																											
	관련성(%)	30																											
	유사점	<p>정미시스템은 연삭식과 마찰식 정미기의 복합식 정미시스템과 마찰식 정미기를 단독으로 사용하는 마찰식 정미 시스템으로 구분되며, 연삭식 정미기와 마찰식 정미기의 복합 시스템에 있어서 각 정미기에 대한 도정배분을 통하여 가장 효율적인 도정수율을 구하기 위하여 시스템별 도정배분에 따른 도정특성을 구명하였다. 본 연구에서는 연삭식 정미기 1대와 마찰식 정미기 1대로 정미시스템을 구축하므로 본 논문이 제시하는 정미시스템별 도정배분의 결과를 참고할 수 있다.</p> <table border="1"> <caption>Estimated data from the Milling difference graph</caption> <thead> <tr> <th>Milling distribution (%)</th> <th>Test 1 (Milling difference %)</th> <th>Test 2 (Milling difference %)</th> <th>Test 3 (Milling difference %)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>-</td> <td>44</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>24</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>85</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>95</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Milling distribution (%)	Test 1 (Milling difference %)	Test 2 (Milling difference %)	Test 3 (Milling difference %)	30	-	-	34	50	-	44	-	70	24	-	-	85	4	4	2	95	2	2	1	100	1	1
Milling distribution (%)	Test 1 (Milling difference %)	Test 2 (Milling difference %)	Test 3 (Milling difference %)																										
30	-	-	34																										
50	-	44	-																										
70	24	-	-																										
85	4	4	2																										
95	2	2	1																										
100	1	1	1																										
차이점	<p>본 연구에서는 소형의 일체형의 가공시스템(제현, 정미, 선별)을 구축하고자 하므로 본 논문이 제시하는 대형 미곡 종합처리장에서 사용되는 가공기계와는 차이가 있고, 본 연구에서 개발될 정미 시스템은 국내와는 달리 장립종의 벼를 가공하는 시스템으로 국내의 자포니카 타입과는 다른 도정 특성이 나타날 것으로 판단된다.</p>																												

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절 장립종 벼(IR-36)의 물성 조사

1. 서론

수출 전략형 일체형-소형 도정기의 개발을 위하여, 기초 자료를 확보하기 위한 원재료인 장립종 벼를 확보하기 위하여, 1차년도에는 장립종 쌀인 인도네시아, 태국, 필리핀 산의 현미, 백미, 특수미, 파보일미 등을 수입하여 각각의 특성을 조사하였다. 그러나 그 수입이 까다롭고, 수입량의 제한 및 검역의 까다로움 때문에, 수입은 1차년도에 한하였다.

아울러 장립종 벼의 물성 조사 및 도정기의 성능시험을 위한 원활한 재료 확보를 위하여, 경북 군위군에 위치한 경북대학교 부속농장에서 약 2,000m²(약 700평)의 규모로 장립종 벼를 직접 재배하였다. 아래 그림 3은 부속농장에서 재배한 장립종 벼를 나타낸 것으로 2010년과 2011년 두 차례에 걸쳐 10월 하순에 수확을 하였다. 본 연구과제의 2차년도인 2010년에는 약 1.3Ton, 3차년도인 2011년에는 약 1.5Ton을 수확하였다.



그림 3 장립종 벼의 재배 모습

경북대학교 부속농장에서 재배한 품종은 IR36으로서, 국제미작연구소(IRRI)에서 전 세계 벼 재배 국가와의 공동연구를 통해 개발된 품종으로서, 해마다 인도와 인도네시아, 필리핀 등 2,500만ha에서 재배되고 있으며, 짧은 생육 기간과 좋은 밥맛, 병해충 저항성으로 이들 국가의 식량난 해결에 큰 도움을 주고 있다.(농진청 기획조정과)

그리고 1960년대 ‘녹색 혁명’ 가운데 전 세계 농민들에게 장려된 품종들 중 하나인 IR36은 1981~1982년에 필리핀 논 중에서 70%를 차지했고, 지금은 인도네시아, 베트남, 인도에서 지배적인 품종이 되었으며, 현재 전 세계 벼 재배지역의 약 10%를 차지하고 있다.(고려대학교 출판부, 로이드 에반스 저)

따라서 수입된 태국산 현미와 흑미류가 본 연구개발의 목표인 장립종용 도정기기의 공시재료로 사용이 가능한지를 확인할 필요가 있고, 국내에서 재배된 장립종 벼가 현지에서 재배되는 것과 같은 특성을 갖고 있는지를 조사하고자 하였다.

그리고 측정된 결과를 설계 인자로 활용하여, 기하학적 특성 자료를 바탕으로 현미기 롤러 간격과 현미 분리기의 선별 능력 설계에 활용하고, 기계적 특성 자료를 이용하여 정미기의 압력 조정에 사용하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

수출 전략형 일체형-소형도정기의 개발을 위한 설계와 작동조건을 설정하는데 기초 자료를 확보하기 위한 장립종 벼의 형상, 크기, 밀도 등 기하학적 특성 및 압축강도, 경도 등의 기계적 특성 등을 우선 조사하였다. 수입 품종 및 장립종 벼의 특성 조사와 함께, 그 형상이 유사한 국내산 흑미 2종류에 대하여 특성조사를 실시하였다.

가. 기하학적 특성 조사

도정기의 설계 및 작동 조건을 구명하기 위하여, 형상, 밀도, 중량, 수분, 백도를 측정하고자 하였다. 다음 표 12에 기하학적 특성을 조사하기 위한 측정 장비들의 목록을 작성하였다.

표 12 물성측정항목 및 측정기기 목록

항목	측정항목	시험기기명(모델명, 제작사)
형상	크기(길이, 폭, 두께 등)	접촉식현미경(EGVM-35B, EG Tech, Korea) 버니어캘리퍼스
밀도	산물밀도(용적중)	1ℓ의 무게로 표시
중량	천립중	1,000립의 무게 측정
수분	함수율	단립수분계(PQ510, KETT, Japan)
백도	백도	백도계(MM1B, SATAKE, Japan)

농산물의 형상, 크기, 표면적, 밀도 및 공극률 등은 기하학적인 특성을 나타내는 물리량이다. 이들 물리량은 농산물을 수확하여 선별, 건조, 저장 및 가공에 필요한 기계의 설계나 작동조건을 설정하는 데 매우 중요한 기초물성일 뿐만 아니라 처리 및 가공되는 농산물의 품질 유지 및 관리에도 중요한 자료이다.

농산물의 형상은 길이, 폭, 두께 등을 접촉식 현미경과 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정하였으며, 밀도와 천립중을 측정하였고, KETT사의 단립수분계를 사용하여 함수율을 측정하였으며, SATAKE사의 백도계를 이용하여 백도를 측정하였다.

함수율의 표시방법에는 두 가지가 있다. 재료 내의 수분의 중량을 전중량에 대한 비로 표시하는 습량기준 함수율과 함유수분을 제한 건물 중량에 대한 비로 표시하는 건량기준 함수율이 있다.

전술한 단립 수분계의 경우, 건량 및 습량 기준 함수율 중 습량기준 함수율을 나타내는 장비이다.

그림 4와 같이 접촉식 현미경과 버니어캘리퍼스를 이용하여 수집된 장립종 쌀의 길이, 폭, 두께 및 형상 등을 조사하였으며, 그림 5에 함수율을 측정하기 위한 단립수분계(PQ-510)와 백도를 측정하기 위한 백도계(MM1B)의 기기 모습을 나타내었다.

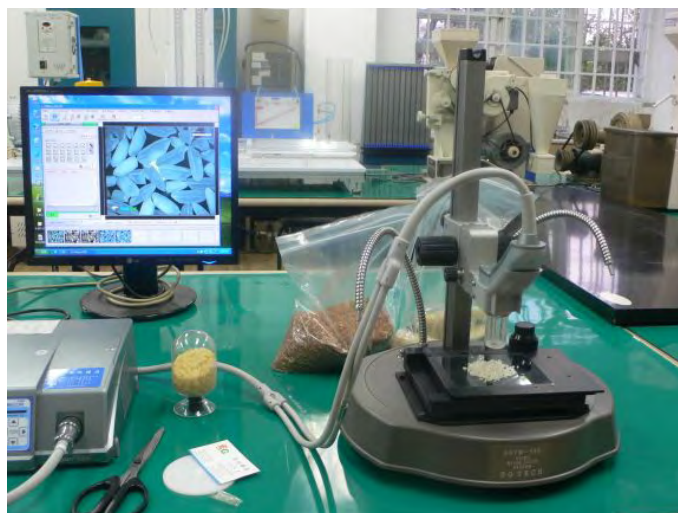


그림 4 접촉식 현미경을 이용한 쌀의 기하학적 특성 조사



그림 5 백도계 및 단립 수분계

산물밀도는 곡물을 같은 용기에 채우더라도 채우는 방법에 따라 산물밀도가 달라질 수 있기 때문에 그림 6에서와 같이 웬체스타 곡립계를 이용하여 측정하였다.



그림 6 산물밀도 측정장치

천립중을 측정하기 위하여, 흠이 없고 크기가 거의 균일한 쌀알 10개의 길이, 폭, 두께를 Caliper로 재어 평균치를 구하였다. 천립중량(쌀알 1,000개의 무게)은 깨지지 않은 쌀 10g을 취하고, 그것으로부터 1알 당의 무게를 구한 후 1,000을 곱하였다.

1,000립 중량 = $1,000 \times 10/10g$ 의 쌀알 수

본 연구에서 조사·분석된 장립종 물성에 대한 자료는 현미기 물러의 간극, 선별기의 선별인자, 정미기 내부압력 등의 설계를 위한 자료로 사용하였다.

나. 기계적 특성 조사

가. 항목의 기하학적 형상 조사와 함께, 벼 및 쌀의 압축 강도, 파괴 강도, 경도 등을 측정하고자 하였으며, 아래 표 13에 사용된 시험기기를 나타내었다.

표 13 기계적 특성 측정항목 및 측정기기

항목	측정항목	시험기기명(모델명, 제작사)
강도	압축, 파괴, 경도	레오메타(Compac-100 II, Sun Scientific, Japan)

기계적 특성을 조사하기 위하여, 레오메타를 사용하였으며, 아답타는 칼날형태(면적 $0.007854cm^2$, 진입깊이 2mm)를 이용하여 압축 시 강도, 경도, 극한치를 샘플별 5회 측정하였다. 그리고 아래 그림 7에 시험에 사용된 기기의 모습을 나타내었다.

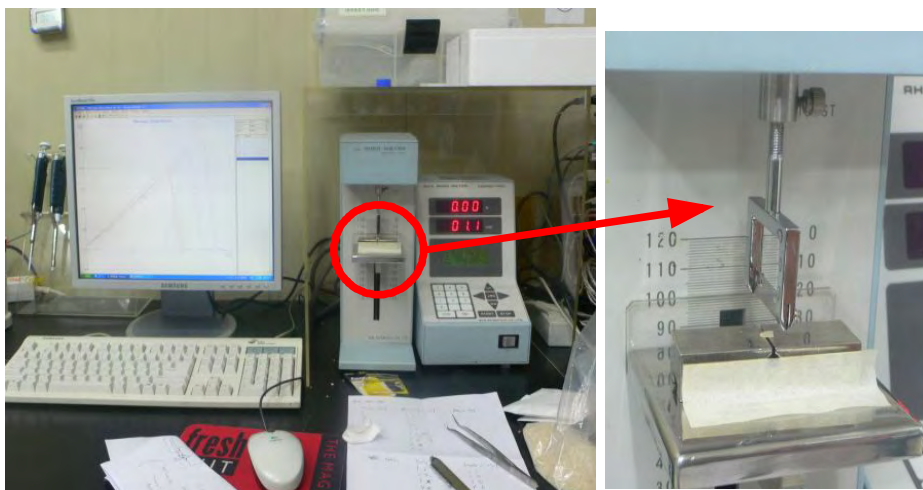


그림 7 레오메타를 이용한 기계적 특성 측정

3. 결과 및 고찰

가. 기하학적 특성 조사 결과

(1) 수입쌀의 특성 조사 결과

장립종 쌀인 인도네시아, 태국, 필리핀 산의 현미, 백미, 특수미, 파보일미 등을 수입하여 형상, 밀도, 중량, 수분, 백도의 특성을 측정하였다.

아래 표 14는 기하학적 특성 조사 결과를 나타내었다. 국제식량농업기구(FAO) 분류 기준을 보면 현미의 길이가 7mm 이상인 것을 초장립종(extra-long), 6.0~6.99 mm인 것을 장립종(long), 5.0~5.99 mm인 것을 중립종(medium) 그리고 5 mm이하인 것을 단립종(short)으로 분류하고 있다. 그리고 벼의 형상을 현미의 낱알의 길이와 최소두께의 비에 따라 길이 대 두께의 비가 3.0 이상이면 장방형, 2.0~3.0이면 중간형, 2.0이하이면 구형으로 분류하고 있다.

표 14 기하학적 특성 조사 결과

측정항목 쌀 종류	함수율 (%,w.b.)	천립중 (g)	산물 밀도 (g/l)	길이 (mm)	폭 (mm)	두께 (mm)	장폭비
태국산 현미	11.1	22.66	798	7.38	2.11	1.75	3.50
태국산 백미	14.0	21.03	838	7.35	2.11	1.73	3.49
태국산 파보일	14.7	21.29	7.9	7.09	2.06	1.77	3.43
인도네시아산 현미	14.2	20.14	816	6.03	2.56	1.65	2.35
인도네시아산 백미	15.1	18.98	852	6.72	2.18	1.68	3.09
인도네시아산 유색미	16.4	20.84	835	6.43	2.45	1.83	2.62
베트남산 백미	14.3	16.08	871	5.55	2.19	1.71	2.53

다음 그림 8~14는 표 9에서 추정된 7종의 종류를 현미경을 이용하여 그 자세한 모습을 촬영한 모습이다.



그림 8 베트남산 백미



그림 9 인도네시아산 유색미



그림 10 인도네시아산 현미



그림 11 인도네시아산 백미



그림 12 태국산 현미



그림 13 태국산 백미



그림 14 태국산 파보일

(2) 국내산 장립종의 특성 조사 결과

그림 15~17은 접촉식현미경(EGVM-35B, EG Tech, Korea)으로 40배율의 렌즈를 사용하여 측정모습을 촬영한 국내산 장립종 IR36의 벼와 현미, 흑찰벼 및 흑진주의 벼와 현미 상태의 기하학적 특성을 측정된 모습을 나타내었다.

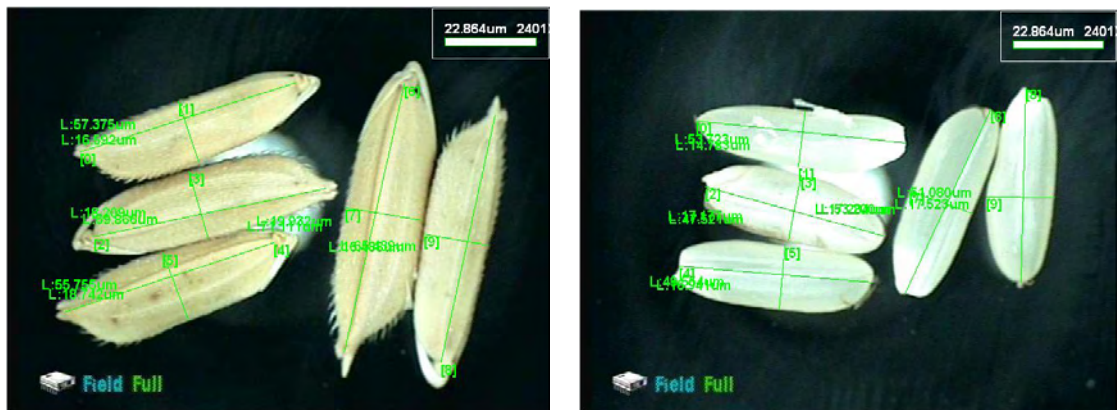


그림 15 국내산 장립종 IR36 벼와 현미의 기하학적 모습

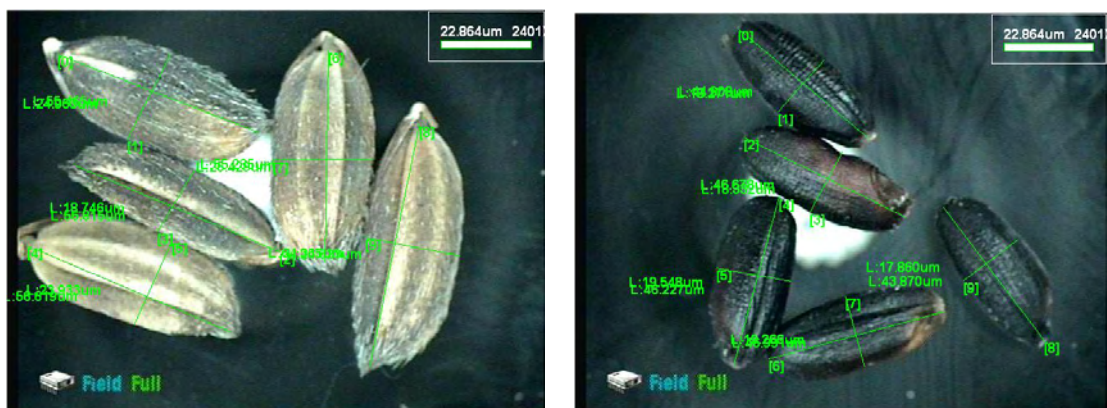


그림 16 흑찰벼 및 현미의 기하학적 모습

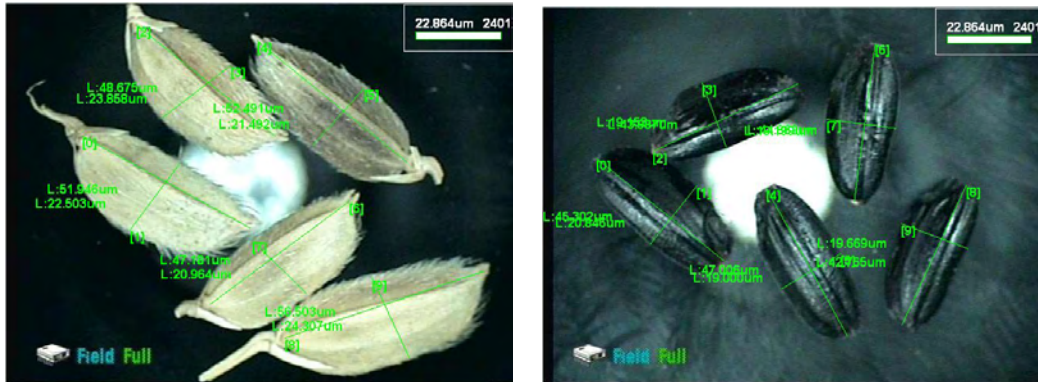


그림 17 흑진주 벼 및 현미의 기하학적 모습

경북대학교 농장에서 재배된 장립종 IR36의 경우는 벼의 길이가 평균 6.21mm로 측정되어 중립종으로 분류되었으며, 국내산 흑미 2종류(흑찰벼, 흑진주)는 평균 5.86mm와 5.34mm로 중립종으로 분류되었다. 장폭비는 국내산 장립종 IR36의 경우, 3.23로서 장방형으로 분류되었고, 2종류의 흑미에 대해서는 2.76과 2.62로서 중간형으로 분류되었다. 그 결과를 표 15에 나타내었다.

표 15 국내산 장립종 및 흑미 벼의 기하학적 특성 조사 결과

측정항목 쌀 종류	함수율 (%,w.b.)	천립중 (g)	산물 밀도 (g/l)	길이 (mm)	폭 (mm)	두께 (mm)	장폭비
국내산 장립종 벼 (IR36)	16.1	24.5	591.3	6.21	1.83	1.92	3.23
국내산 흑미 벼 (흑찰벼)	14.6	26.5	520.9	5.86	2.45	2.12	2.76
국내산 흑미 벼 (흑진주)	11.3	22.0	467.6	5.34	2.34	2.04	2.62
국내산 장립종 현미 (IR36)	12.1	19.0	603.2	5.19	1.65	1.71	3.04
국내산 흑미 현미 (흑찰벼)	12.4	20.0	529.4	4.58	1.89	1.90	2.41
국내산 흑미 현미 (흑진주)	12.1	18.5	470.1	4.41	1.91	1.83	2.41

나. 기계적 특성 조사 결과

(1) 수입쌀의 특성 조사 결과

다음 표 16은 쌀의 기계적 특성 조사 결과를 나타내었다. 쌀의 강도는 장립종의 경우 $1.11E+05 \sim 2.14E+05 \text{ g/cm}^2$ 으로 측정되었는데, 태국산 파보일미가 $2.14E+05 \text{ g/cm}^2$ 으로 가장 높게 나타났으며, 태국산 현미는 $1.77E+05 \text{ g/cm}^2$, 국내산현미는 $1.25E+05 \text{ g/cm}^2$ 로 나타났다. 쌀의 경도는 장립종의 경우 $1.44E+06 \sim 1.84E+06 \text{ g/cm}^2$ 으로 측정되었는데, 태국산 현미가 $1.84E+06 \text{ g/cm}^2$ 으로 가장 높게 나타났다.

표 16 압축력에 의한 쌀의 강도

측정항목 쌀 종류	강도 (g/cm^2)	경도 (g/cm^2)	항복치 (g/cm^2)
국내산현미(주남벼)	$1.25E+05$	$1.57E+06$	$9.80E+02$
국내산백미(주남벼)	$1.03E+05$	$1.71E+06$	$8.08E+02$
인도네시아산 유색미	$1.11E+05$	$1.44E+06$	$8.74E+02$
태국산 현미	$1.77E+05$	$1.84E+06$	$1.39E+03$
베트남 백미	$1.25E+05$	$1.79E+06$	$9.80E+02$
태국산 파보일미	$2.14E+05$	$1.69E+06$	$1.68E+03$
인도네시아산 현미	$1.33E+05$	$1.68E+06$	$1.05E+03$

다음의 그림 18-24는 상기 평균값을 얻기 위한 시험 결과 값의 그래프로서, 샘플 종류마다 유사한 그래프 형태를 나타내고 있는 것을 확인할 수 있다.

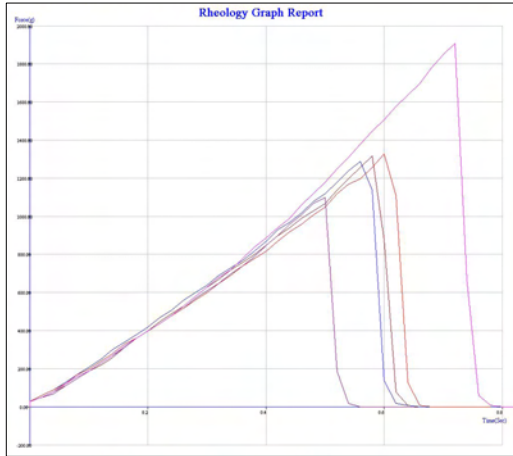


그림 18 태국산 현미



그림 19 태국산 파보일

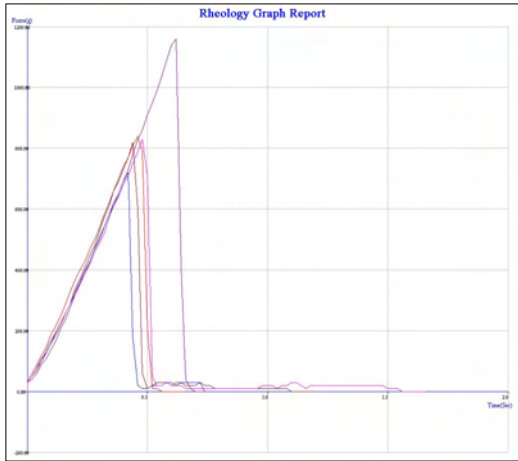


그림 20 인도네시아산 유색미

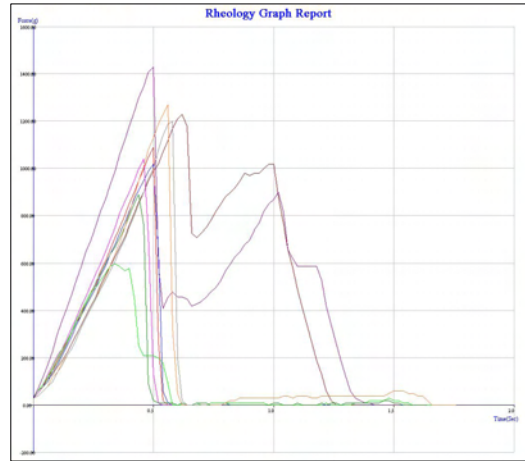


그림 21 인도네시아산 현미

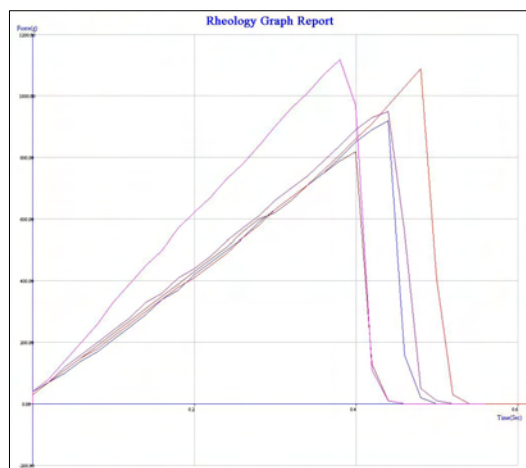


그림 22 베트남산 백미

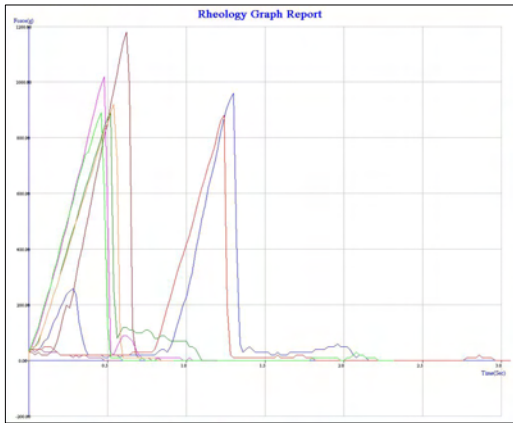


그림 23 국내산 현미(주남벼)

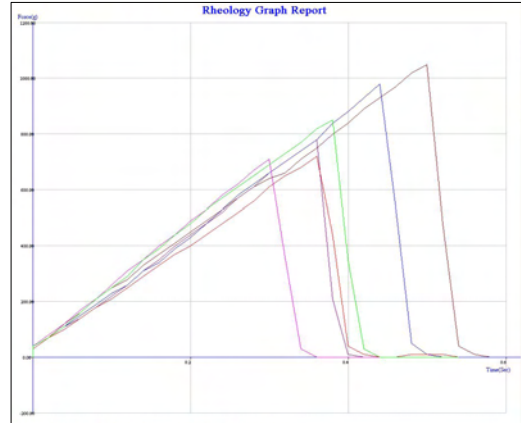


그림 24 국내산 백미(주남벼)

(2) 국내산 장립종의 특성 조사 결과

다음 표 17에는 국내산 장립종과 흑미 2종에서 벼와 현미, 백미, 총 9가지 샘플에 대하여 강도, 경도 및 항복치를 측정된 결과를 나타내었다. 강도에서는 국내산 장립종 벼가 $2.80E+05g/cm^2$ 로 가장 높게 나타났으며, 경도는 흑진주 품종의 백미가 $2.41E+06g/cm^2$ 로 가장 높게 측정되었다. 그리고 항복치에서는 국내산 장립종 벼가 $2,196g/cm^2$ 로 가장 높게 나타났다.

표 17 압축력에 의한 쌀의 강도

쌀 종류 \ 측정항목	강도 (g/cm^2)	경도 (g/cm^2)	항복치 (g/cm^2)
국내산 장립종 벼(IR36)	2.80E+05	1.35E+06	2,196
국내산 흑미 벼(흑찰벼)	2.02E+05	1.12E+06	1,586
국내산 흑미 벼(흑진주)	2.45E+05	1.32E+06	1,924
국내산 장립종 현미(IR36)	1.19E+05	1.59E06	936
국내산 흑미 현미(흑찰벼)	1.10E+05	1.48E+06	864
국내산 흑미 현미(흑진주)	1.38E+05	1.75E+06	1,086
국내산 장립종 백미(IR36)	1.24E+05	1.70E+06	974
국내산 흑미 백미(흑찰벼)	1.69E+05	2.04E+06	1,330
국내산 흑미 백미(흑진주)	2.32E+05	2.41E+06	1,824

다음의 그림 25-33는 상기 표 12에 제시한 평균값을 얻기 위한 레오메타의 측정 그래프를 샘플 9종에 대하여 나타내었다.

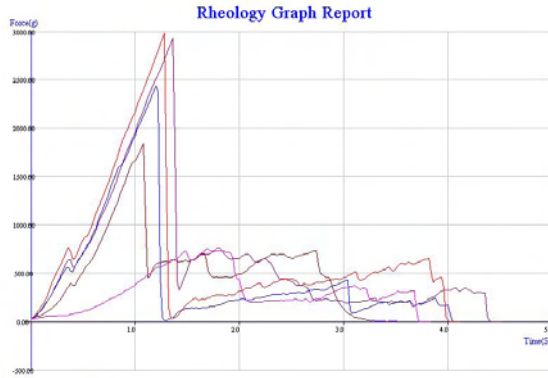


그림 25 IR36 벼 물성 측정 그래프

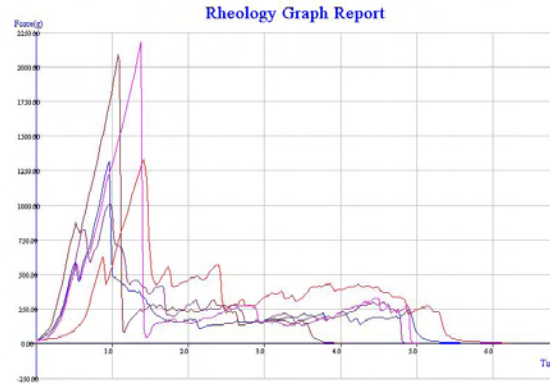


그림 26 흑찰벼 물성 측정 그래프

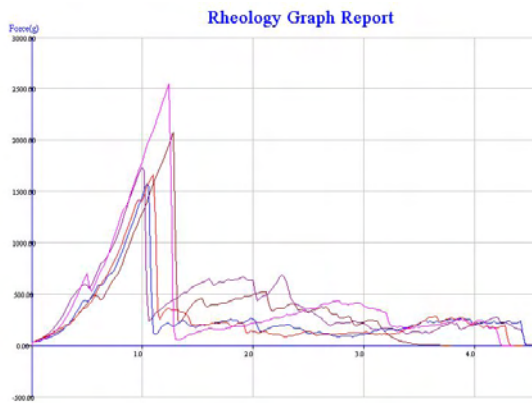


그림 27 흑진주 벼 물성 측정 그래프

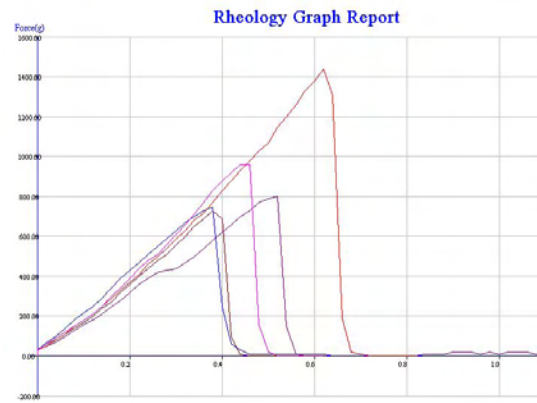


그림 28 IR36 현미 물성 측정 그래프

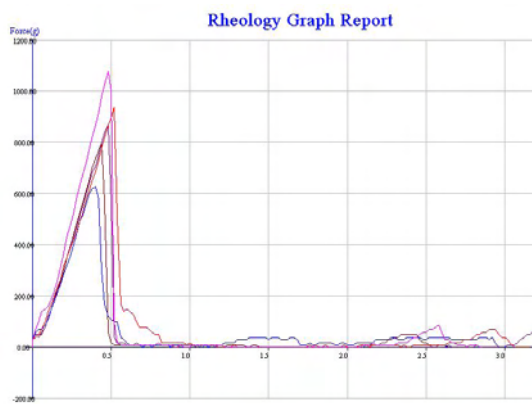


그림 29 흑찰벼 현미 물성 측정 그래프

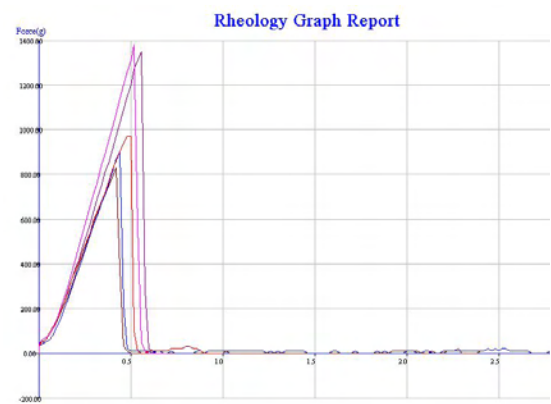


그림 30 흑진주 현미 물성 측정 그래프

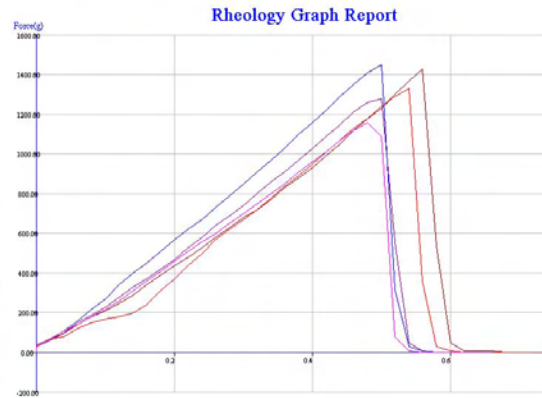
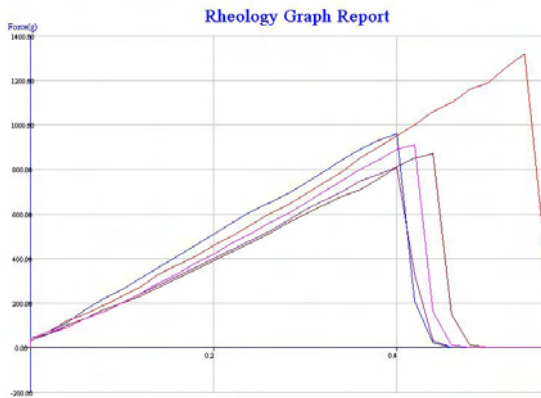


그림 31 IR36 백미 물성 측정 그래프 그림 32 흑찰벼 백미 물성 측정 그래프

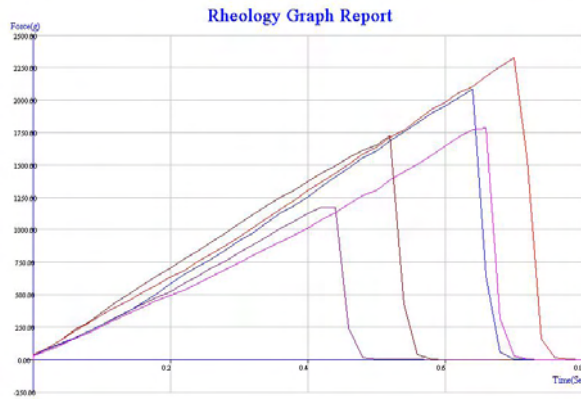


그림 33 흑진주 백미의 물성 측정 그래프

다. 고찰

(1) 수입쌀의 결과 고찰

장립종에 대한 규격은 장폭비 3.0 이상 또는 길이 6.0mm 이상으로 규정되어 있다. 측정 결과 태국산과 인도네시아산의 경우는 길이가 6.03~7.38mm으로 측정되어 장립종으로 분류되었으며, 베트남산은 5.55mm으로 중립종으로 분류되었다. 장폭비로 보면 태국산은 3.43~3.50으로 측정되어 장방형으로 분류되고, 인도네시아산과 베트남산은 2.35~2.62로 중간형으로 분류되었다.

천립중은 18.98~22.66g으로 측정되었으며, 태국산 현미의 천립중이 22.66g으로 가장 높게 나타났으며, 베트남산은 16.08g으로 가장 낮게 나타났다. 산물밀도는 789~871g/l로 측정되었으며, 베트남산이 871g/l로 가장 높게 나타났고, 태국산이 789g/l

로 가장 낮게 나타났다.

따라서 수입한 태국산 현미의 경우, 장립종으로서 본 연구과제의 공시재료로서 사용이 무방한 것으로 판단하였다. 공시재료로 이용한 태국산 현미를 이용하여 1차년도에 참조 모델의 시험 및 시험용 기기를 이용한 사전 시험에 활용하였다. 태국산 현미의 평균 폭인 2.11mm의 50%인 약 1.1mm를 기준으로 현미기 고무 롤러의 간격을 초기에 설정하고 설계에 참고하였다.

(2) 국내산 장립종의 결과 고찰

경북대학교 농장에서 재배된 장립종 IR36의 경우는 벼 상태의 길이가 평균 6.21mm로 측정되었고, 장폭비가 3.0 이상으로 장립종으로 분류되었으며, 국내산 흑미 2종류(흑찰벼, 흑진주)는 평균 5.86mm와 5.34mm로 중립종으로 분류되었다. 장폭비는 국내산 장립종 IR36의 경우, 3.23로서 장방형으로 분류되었고, 2종류의 흑미에 대해서는 2.76과 2.62로서 중간형으로 분류되었다.

천립중은 국내산 장립종의 경우 24.5g으로 측정되었으며, 흑미인 흑찰벼는 26.5g, 흑진주는 22.0으로 나타나 흑찰벼의 천립중이 가장 높게 나타났다. 현미의 경우, 국내산 장립종이 19.0g, 흑찰벼가 20.0g, 흑진주가 18.5g으로 나타나 현미인 경우에도 흑찰벼가 가장 높게 나타났다.

산물밀도는 국내산 장립종이 ℓ 당 591.3g으로 나타났으며, 흑찰벼는 520.9g, 흑진주는 467.6g으로 나타나 국내산 장립종(IR36)이 가장 높게 나타났으며, 흑미인 흑진주가 가장 낮은 것으로 나타났다.

따라서 국내산 장립종인 IR36 품종은 본 연구과제의 공시재료로서 사용이 가능하며, 그 기하학적 특성 및 기계적 특성을 설계인자로 활용이 무방하다고 판단하였다. 국내산 흑미의 경우, 길이 및 장폭비에서 장립종에 해당하지는 않지만 국내산 장립종에 근접한 수치와 형태로 공시재료인 국내산 장립종의 보조 재료로 활용하였다.

2차년도와 3차년도의 공시재료로 사용한 국내산 장립종 벼는 기하학적 특성 조사를 실시하여 현미기 롤러 간격을 폭은 장립종 벼의 50%를 기준으로 삼아, 롤러의 간격을 조정할 수 있도록 하였으며, 기계적 특성 조사에서 측정한 압축 및 강도 특성을 바탕으로 고무롤러의 경도는 75~90°, 인장강도 10MPa 이상 등의 설계인자로 삼았다.

제2절 참조 모델의 요인 시험

1. 시험용 기기를 이용한 도정시험

가. 서론

본 연구 과제의 목표인 수출전략형 일체형-소형도정기를 개발하기 위하여, 각 부분의 설계 및 제작에 앞서, 설계 및 제작에 도움이 될 수 있는 각종 인자들을 구명하고자, 주관기관에서 보유하고 있는 시험용 현미 및 정미 기기들을 이용하여 국내산 장립종(IR 36)과 흑미 2종류에 대하여 도정시험을 실시하였다

나. 재료 및 방법

샘플은 1절 기하학적 특성 조사에서 사용된 국내산 장립종 벼(IR 36)과 흑미 2종류(흑찰벼, 흑진주)를 사용하였으며, 충격식 현미기와 롤러식 현미기를 이용하여 각 30g의 벼에 대하여 시험을 실시하였다.

그리고 시험용 기기는 롤러식 및 충격식 현미기, 연삭식 및 마찰식 정미기, 쇄미선별기, 완전미 선별기를 사용하여 실험하였으며, 그 세부 사양은 다음 표 18에 나타내었다.

표 18 시험용 기기 목록

구분	기기명칭	세부사양
현미기	롤러식 현미기	• SY-88TH 쌍용기계
현미기	충격식 현미기	• FC2K OTAKE(일본)
정미기	연삭식 정미기	• 시험용 Satake (일본)
정미기	마찰식 정미기	• VP-30T Fujiara
선별기	쇄미 선별기	• 시험용 선별기 쌍용기계
선별기	완전미 선별기	• SY 2000 - HRG 쌍용기계

다음 그림 34~37에 시험용 기기의 모습을 나타내었으며, 차례로 롤러식 현미기, 충격식 현미기, 마찰식 정미기, 완전미 선별기를 확인할 수 있다.



그림 34 시험용 롤러식 현미기



그림 35 시험용 충격식 현미기



그림 36 시험용 마찰식 정미기

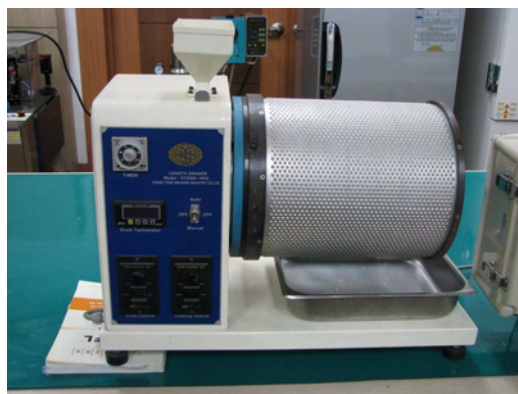


그림 37 시험용 완전미 선별기

다. 결과 및 고찰

3종류의 품종에 대하여 각각 충격식 대비 롤러식이 탈부량에 있어서 약 1g 전후로 더 많은 양의 현미를 얻을 수 있었다. 완전 현미에 있어서도 0.3~1g을 더 얻어 장립종에 있어서의 현미기는 충격식 보다는 롤러식이 더 많은 수율을 얻을 수 있었다.

시험된 수치를 기준으로 하여 탈부율, 제현율 및 현미 완전미율을 확인한 결과를 아래 표 19에 나타내었다. 흑미에서는 충격식의 탈부율이 77.63~77.77%로 나타났으며, 롤러식에서는 80.30~79.87%로 나타났고, 장립종인 IR36에서는 74.17%로 나타났다. 그리고 롤러식의 경우, 흑미가 80.30~79.87%로 나타났으며, IR36은 77.40%로 나타났다.

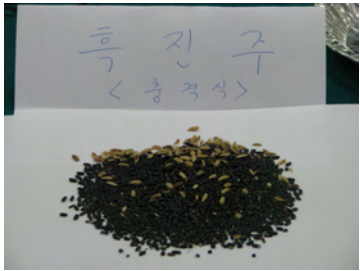


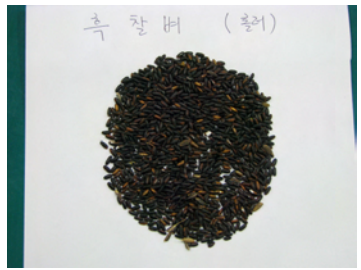


전체적으로 3가지 품종에 대해서, 탈부율의 경우 충격식보다 롤러식이 약 3%가량 높게 나타난 결과를 얻을 수 있었다. 제현율의 경우, 충격식에서 흑미는 79.00~80.33%로 나타났고, IR36은 77.80%로 나타났다. 롤러식은 80.97~80.33%로 나타났으며, IR36은 77.80%로 나타났다. 롤러식의 경우, 흑미는 80.97~80.33%로 나타났으며, IR36은 78.80%로 나타나, 충격식보다 롤러식이 동일하거나 약 1% 정도의 높은 제현율을 보였다. 현미 완전미율의 경우, 전체적으로 충격식보다 롤러식이 1~3% 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

표 19 시험용 기기를 이용한 현미 특성 시험

품종	조건	탈부율 (%)	제현율 (%)	현미완전미율 (%)
흑진주	충격식	77.63	79.00	71.30
	롤러식	80.30	80.97	72.10
IR-36	충격식	74.17	77.80	74.63
	롤러식	77.40	78.70	77.93
흑찰벼	충격식	77.77	80.33	78.10
	롤러식	79.87	80.33	79.90

다음 표 20은 시험용 현미기를 사용하여 3종류의 벼를 현미로 가공한 모습을 나타낸 것으로, 각 품종마다 충격식 현미기와 물러식 현미기를 사용하여 도출된 현미를 나타낸 것이다.

표 20 각 품종별 충격식 및 물러식 현미기를 사용하여 가공된 현미

 <p>흑진주(충격식 현미기)</p>	 <p>흑진주(물러식 현미기)</p>
 <p>흑찰벼(충격식 현미기)</p>	 <p>흑찰벼(물러식 현미기)</p>
 <p>IR 36(충격식 현미기)</p>	 <p>IR 36(물러식 현미기)</p>

그리고 자포니카 2개 품종과 흑찰벼, IR 36, 4가지 품종에 대하여 시험용 마찰식 정미기를 이용하여 정미 가공을 하여 정미 특성 및 그 기하학적 특성을 측정하였으며, 그 결과를 다음 표 21과 22에 나타내었다. 흑미에 대하여는 백도는 측정하지 않았다.

표 21 시험용 도정기를 이용한 정미 특성 조사

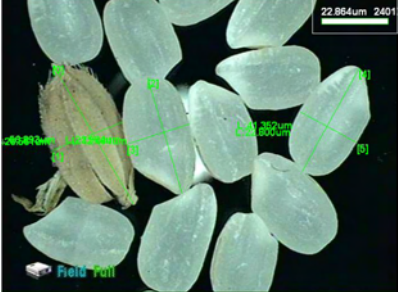


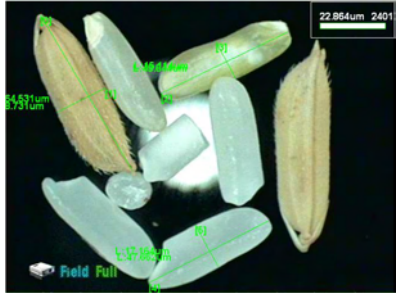
구분	도정수율 (%)	백미완전미율 (%)	백도 (%)
국산 1	68.7	55.7	37.4
국산 2	69.2	55.9	37.7
흑찰벼	67.4	53.2	-
IR 36	66.8	52.8	36.9

표 22 시험용 도정기를 이용한 도정 후 기하학적 특성 조사

구분		장폭 (mm)	단폭 (mm)
국산 1	벼	5.69	2.66
	쌀	4.25	2.30
국산 2	벼	4.85	2.83
	쌀	4.12	2.42
흑찰벼	벼	6.81	2.44
	쌀	4.17	1.85
IR 36	벼	6.45	1.87
	쌀	4.77	1.72

그리고 시험용 도정기를 사용하여 도정된 쌀과 그 샘플인 벼를 접촉식 현미경을 사용하여 촬영한 모습을 다음 표 23에 나타내었다.

표 23 시험용 도정기를 이용한 벼, 쌀의 현미경 사진

구분	사진
국산벼, 쌀 1	
국산벼, 쌀 2	
흑찰벼	
IR 36	

2. 참조 모델의 요인 시험

가. 서론

기존 한국과 일본에서 생산되는 소형 자가 정미기의 현미부는 일펠러에 의해 왕겨가 탈부되는 충격식 현미기가 설치되어 있다. 또한 현미부를 통과한 현미와 미탈부된 벼도 같이 섞여 정미부로 반입된다. 이 시스템은 작은 공간을 이용하기 위하여 피할 수 없는 선택으로 본다. 그러나 장립종 벼는 충격에 약하기 때문에 현미수율이 떨어질 우려가 많고, 미탈부된 벼가 같이 정미기로 혼입이 되는 것은 벼의 정미수율도 문제가 된다.

따라서 본 연구 과제에서 개발하고자 하는 현미부는 “벼 →현미→현미 선별→석발→정미공정”으로 연결되는 시스템을 구축하는 것이다. 여기에서 왕겨는 효율적으로 배출이 되어야한다. 또한 가공된 현미는 좁은 공간에서 효율적으로 선별이 가능하여야하고 아울러 석발도 되어야한다. 물론 충격식이 아닌 툴러식 현미기를 적용할 수 있는 시스템을 구축하고자 하였다.

본 연구는 기존의 다른 연구와는 달리 제한된 좁은 공간에서 장립종 벼를 연속적으로 가공할 수 있는 시스템을 “설계개발→테스트→수정보완→상품화”하는 것이다.

그래서 현미기는 벼 입자로부터 탈부시켜야 하며 벼 낱알의 부서짐이 없이 벼로부터 왕겨를 제거하여야 한다. 지금까지 개발 보급되고 있는 현미기를 탈부시키는 원리 면에서 분류하면 압축에 의한 마찰 및 전단력을 이용하는 고무롤 현미기가 가장 많이 보급되고 있으며, 유럽에서는 마찰 및 연삭작용을 이용한 원판식 현미기가 사용되고 있다. 최근에 일본에서 충격에 의한 충격력을 이용하는 현미기가 있다.

장립종 벼를 재배하는 주요 수출국에서 요구되어지는 일체형의 도정기는 정미능력이 시간당 500kg 이상은 되어야 하며, 장립종에 대한 절미 발생을 최소화하고, 내마모성을 강화하여 소모품에 대한 부담감을 줄일 수 있으며, 원료의 정선 기능을 강화하여 품질 좋은 쌀을 생산함과 동시에 기계를 보호할 수 있어야 하며, 별도의 시공 설치 없이 단위기계를 설치하고 간단하게 전원만 공급하면 사용이 가능하도록 일체형으로 개발되어져야 한다.

현재 동남아 지역에서의 미곡종합처리장 플랜트에 소요되는 도정기계의 대부분은 일본의 SATAKE사가 약 70%의 점유율을 가지고 있으며, 국내에서는 플랜트에 일부 기계 및 가정용 도정기계 등의 소형의 제품들이 미비하게 동남아 지역으로 수출하고 있다. 시판되고 있는 국내·외 가정용 정미기, 미니플랜트, 벼 전용 자판기의 제품들이 있으며, 그 외관 형상이 유사한 것으로 나타났다.

따라서, 참조 모델을 선정하고 그 성능을 시험하여, 본 연구개발의 목적에 부합되는 현미부 및 정미부를 설계 및 제작하는데 참고하고자 하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 현미기 참조 모델

현미기와 관련된 문헌을 살펴보면, Shitanda et al(2001)은 그림 38, 39와 같이 충격식 현미기와 고무롤러식 현미기를 이용하여 장립종 벼의 탈부율과 소요동력, 곡물손상을 등을 측정하였다.



그림 38 충격식 현미기

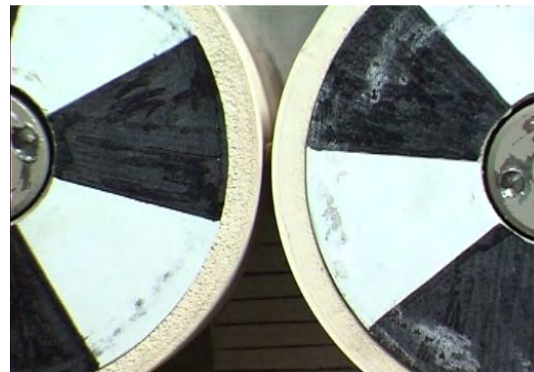


그림 39 고무롤러식 현미기

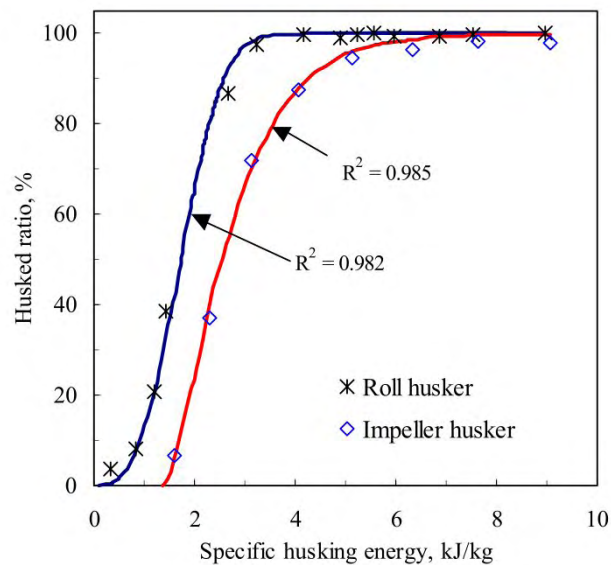


그림 40 장립종 벼의 탈부율 비교

보고에 의하면, 그림 40과 같이 장립종의 벼의 탈부율은 고무롤러 방식이 더 높은 것으로 나타났으며, 전반적으로 고무롤러 방식이 임펠러 방식보다 탈부 시 소요동력과 곡물손상율이 낮은 것으로 보고하였다.

또한, 백풍기 등(1984)은 현미기 고무롤러 경도와 간격이 제현성능에 미치는 영향에 대해서 실험하였는데, 현미기 탈부 성능이 양호하다고 판단할 수 있는 고무롤러 경도와 간격은 자포니카 품종에서는 80~90도와 0.5~0.8mm, 인디카 품종에서는 79~87도와 0.4~0.6mm 범위가 적정한 것으로 보고하였다. 따라서 본 연구에서도 현미기의 모델을 고무롤러식으로 결정하였으며, 벼 기준으로 1000kg/h 이상을 탈부할 수 있는 모델을 선정한 후 테스트를 실시하여 실제로 탈부율과 손상율이 적정한지를 조사하였다.

효율적인 개발을 위하여 장립종 벼의 현미기에 대한 기존 모델(일본, 국내 제품)의 특성, 크기, 성능 조사하여 참조하였다. 조사대상 모델로는 국내업체는 국광기계, 대립기계, 대원GSI, 보천산업, 한잠기계, 명진 등이며, 국외제품은 주로 일본의 사타케, 오다케, 야마모토사 등의 현미기를 조사하였다. 국내 제품은 대부분 고무롤러식 현미기를 미곡종합처리장에서 사용하고 있으며 처리능력은 2~5ton/h로 조사되었으며, 처리능력이 1ton/h 이하인 소형인 경우는 대부분이 충격식 현미기 모델로 조사되었다.

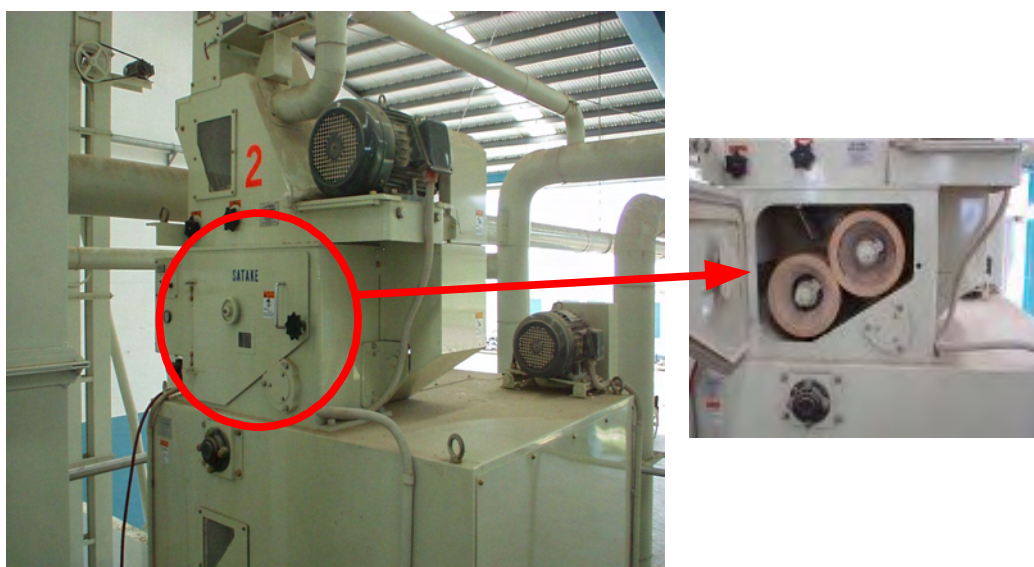


그림 41 고무롤러식 전자동 현미기(SATAKE, Japan)

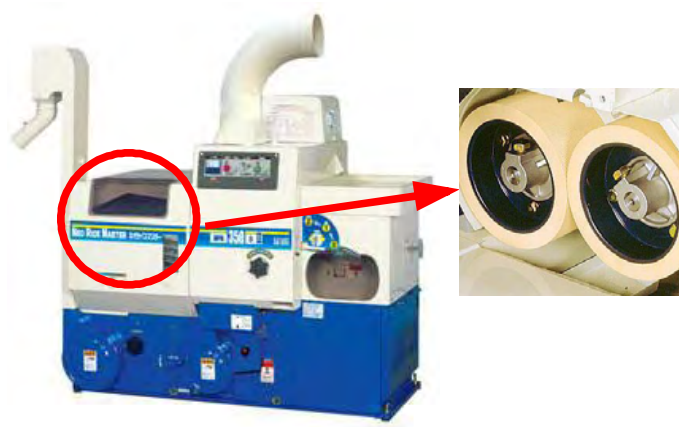


그림 42 고무롤러식 현미기
(SATAKE, Japan)

그림 41은 SATAKE사의 전자동 현미기의 사진으로 가격이 고가이며 처리능력은 5 ton/h인 대형 현미기이다. 그림 42는 처리능력이 1020 kg/h(소요동력 1.9kW)인 고무롤러식 현미기 모델(NPS350DMII)을 나타내고 있다.

또한 국외의 장립종 벼를 탈부하는 고무롤러식을 시장조사한 결과, 앞서의 현미기 모델(NPS350DMII)과 처리능력이 유사한 모델을 태국현지에서 테스트하여 모델을 수입하였다. 그림 43은 태국 현지에서 판매되고 있는 장립종 벼 전용 고무롤러방식의 현미기이다.

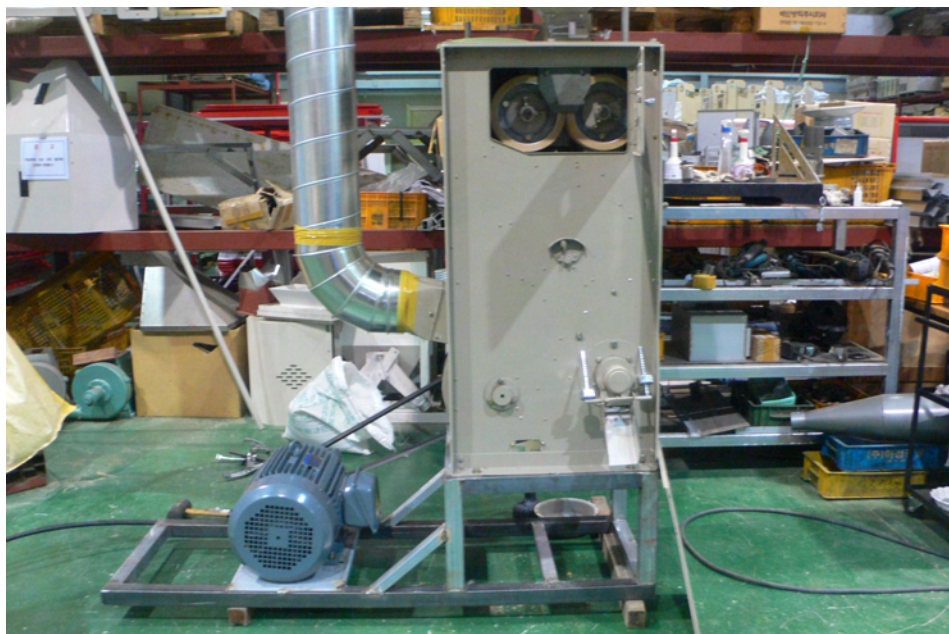


그림 43 참조모델(SATAKE, Japan)

상기 모델을 이용하여 탈부율과 곡물손상율이 적정한지를 조사하였다. 탈부 시험은 장립종 벼를 다량으로 수입하기가 어려워, 2009년 가을에 경북대학교 농장에서 수확된 장립형으로 된 국내산 벼를 이용하여 실험을 실시하였으며, 다음의 표 24는 이에 대한 실험 결과를 나타낸 것이다.

표 24 참조모델의 성능시험

고무롤러 간격(mm)	탈부율(%)	동할율(%)
1	81.5	3.91
0.75	84.2	3.35
0.5	85.3	4.15

(2) 정미기 참조 모델

국내의 시험 모델은 국내도정기로 태국산 현미를 도정하는 공장을 방문하여 샘플을 조사하였다. 도정기는 자포니카 품종에 적합한 국내 마찰식 정미기(BCP-2400, 보천산업, 한국)를 이용한 경우이며, 현백율은 73.1%로 나타났으며, 백도는 39.5로 나타났다. 현백율이 낮게 나온 결과는 국내 도정기의 금망슬롯의 규격이 장립종 벼에는 적합하지 않아 슬롯 사이로 쌀이 빠져나오는 것을 다수 볼 수 있었다. 최근 국내에 태국, 중국, 미국으로부터 MMA 도입 현미가 수입되고 있는데, 대부분의 도정공장에서 장립종 현미를 국내 단립종 정미기로 도정하고 있는 것으로 나타났다.

국외 장립종용 마찰식 정미기는 표 25 및 그림 44와 같이, 장립종 전용 마찰식 정미기(RCM400, SATAKE, Japan)를 이용하였다. 이 모델은 태국 현지에서 판매되는 모델로서, 백미기준으로 900 kg/h를 가공할 수 있는 능력의 제품이다. 이 모델을 시험하기 위하여 시료는 2008년산 태국산 현미(함수율 12.8%)를 이용하였으며 초기 현미 백도는 22.3으로 나타났다. 시험조건은 도정압력별로, 회전수별(800~960rpm)로 가공조건을 달리하여 실험하였다. 시험 항목은 현백율, 백미완전미율, 백도, 정백능력, 전류값, 곡은 등을 측정하였다.

표 25 RCM400 모델의 사양

모델명	RCM400(SATAKE)
처리용량	900kg/hr
소요동력	11kW, 1730rpm
중량	295 kg



그림 44 RCM 400 모델의 시험

표 26에 RCM 400 모델에 대한 시험결과를 나타내었다. 시험조건 1은 주축회전수가 900 rpm, 압력추 1단, 시험조건 2는 900 rpm, 압력추 무단, 시험조건 3은 857 rpm, 압력추 1단, 시험조건 4는 959 rpm, 압력추 무단으로 설정하였다.

표 26 RCM400 모델의 시험결과

시험 조건	현백율 (%)	백미완전미율 (%)	백도 (%)	정백능력 (kg/h)	전류값 (A)
1	85.8	56.9	41.6	506.4	21
2	88.0	70.4	38.7	547.2	18.4
3	86.2	63.8	40.8	474.4	18.5
4	88.2	65.2	38.8	586.8	18.3

상기 마찰식 정미기에 이서, 장립종 전용 연삭식+마찰식 정미기(연삭식 RME7A, 마찰식 HPR 7B, SATAKE, Japan)에 대해서 참조 모델로서 시험을 하였으며, 기본 사양은 다음 표 27과 같으며, 백미 기준으로 각각 500kg/hr의 처리능력을 가지고 있는 제품으로 시간당 1Ton의 처리용량을 가진 제품이다.

표 27 연삭+마찰식 조합모델의 사양

모델명	연삭식(RME 7A, SATAKE)	마찰식(HPR 7B, SATAKE)
처리용량	500 kg/h	500 kg/h
소요동력	2.2 KW	5.5 KW
중량	52kg	334 kg

이 모델의 성능을 시험하기 위하여 시료는 2008년산 태국산 현미(함수율 12.6%, 초기곡온 28.4℃)를 시험에 사용하였으며, 초기 현미 백도는 22.3으로 나타났다. 시험조건은 연삭식과 마찰식의 공급량 조절로 압력조건을 달리하여 실험하였다. 시험항목은 현백율, 백미 완전미율, 백도, 정백능력, 전류값, 곡온 등을 측정하였다.

다음 그림 45에 연삭식+마찰식 조합 모델의 모습을 나타내었으며, 표 28에 조건에 따른 현백율, 백미 완전미율, 백도, 정백능력, 곡온, 전류값의 측정 결과를 나타내었다.



그림 45 연삭+마찰식 조합모델의 시험

표 28 연삭식+마찰식 조합모델의 시험 결과

시험 조건	현백율 (%)	백미 완전미율(%)	백도 (%)	정백능력 (kg/h)	곡온 (°C)	전류값 (A)
1	84.0	66.8	38.0	831.7	40.8	20
2	87.5	66.9	38.2	850.6	40.1	22
3	85.9	70.3	39.6	901.3	39.8	24
4	81.8	69.7	41.2	910.3	40.2	24
5	87.3	74.7	40.4	884.5	39	25
6	87.2	64.3	42.7	881.8	43	23

다. 결과 및 고찰

현미기 참조 모델의 시험에서, 고무롤러 간격을 3수준으로 달리하였을 때, 탈부율은 간격이 0.5 mm일 때 85.3 %로 가장 높게 나타났는데, 이는 간격이 넓어질수록 탈부율이 감소하는 경향을 나타내었다.

동할율은 간격이 0.75mm 일대 3.35%로 가장 낮게 나타났는데, 간격이 좁아서 강한 압력과 마찰력으로 탈부율은 증가하나 곡물 손상율은 증가하는 경향을 보였으며, 오히려 간격이 넓을 경우에는 동할율이 높게 나타났는데, 이는 고무롤러 공간사이로 벼의 양이 많이 투입되어져서 벼 알곡과의 마찰과 압력이 증가하여 발생된 것으로 생각된다.

장립종 전용 마찰식 정미기인 RCM 400 모델에 대한 시험결과, 현백율은 85.8~88.2%로 나타났으며, 백미완전미율은 56.9~70.4%, 백도는 38.7~41.6, 정백능력은 474.4~586.8 kg/h로 나타났다. 시험조건에 따라 정백 능력에 큰 차이가 발생하였으며, 처리 능력인 900kg/hr에는 크게 미치지 못하는 약 50% 정도의 처리 능력을 가진 제품으로 정백실의 크기가 작고, 스크린의 표면이 균일치 않은 문제점을 가지고 있는 제품임을 확인되었다.

그리고 고무 롤러의 간격이 지나치게 좁아서, 곡온은 대부분이 50°C 이상으로 측정되어 저온도정이 이루어지지 않았고, 쌀에 쌀겨가 많이 묻어나오는 문제점이 발

생되었다. 이는 쌀의 강도가 약해져 결국 동할 및 싸라기 발생을 증가시키며, 쌀겨 부착은 제품의 저장성과 식미를 저하시키는 원인이 될 수 있다. 이러한 문제를 해결할 수 있는 것이 분풍인데, 분풍의 역할을 살펴보면 증공의 정백롤러에 흡입된 기류는 정백롤러의 분출구로 분출되어 정백실인 롤러와 금망 사이에 가공되고 있는 곡물에 혼입되면서 냉각시키므로 곡온 상승방지와 동시에 미립의 마찰면에서 쌀과 쌀겨를 분리하는 작용을 한다.

따라서 현미기 참조모델은 참고하기에는 부족한 면이 많이 발견되어 설계에 반영하지 않았다.

장립종 전용 연삭식+마찰식 조합 정미기의 시험 결과에 의하면, 현백율은 81.8~87.5%로 나타났으며, 백미 완전미율은 64.3~74.7%, 백도는 38.0~42.7%, 정백능력은 910.3~831.7 kg/h로 나타났다. 곡온은 39~43℃로서 초기곡온 28.4℃에 대비하여 10℃~15℃ 정도 상승하는 것으로 나타났다. 시험조건에 따라 조금씩 변화는 있었지만 전체적으로 양호한 결과를 나타내었으며, 연삭식 정미기의 압력과 마찰식 정미기의 압력을 적절히 조정해 준 조건 5의 경우가 현백율, 백미 완전미율, 백도, 정백능력에서 우수한 것으로 나타났다.

그러나 처리 능력을 900kg/hr 이상으로 높이기 위해 변경된 조건에서는 전류값이 24~25A로 측정되어, 900kg/hr 이상을 정미하기에는 마찰식 정미기에 부하가 많이 걸려 전류값이 상승하고, 곡온 상승에도 좋지 않은 것을 확인할 수 있었다.

따라서 원패스 방식으로 시간당 500kg 정도의 도정 성능을 가지고자 하는 본 연구와는 차이가 있으며, 정미부의 설계 시 마찰식 정미기에 부하가 걸리지 않도록 적절한 압력 조건을 배분하여 전류값을 낮추고 곡온의 상승을 방지할 수 있도록 할 필요가 있음을 확인하였다.

그리고 정미기 참조 모델의 시험에서는 마찰식으로만 조합한 참조모델(RCM 400)보다 연삭식과 마찰식 정미기를 조합함으로써 백미 완전미율이 5~10% 정도 높게 나타나는 것으로 조사되었으며, 문헌 등을 참조할 때도 장립종은 연삭식을 조합하는 것이 수율향상에 도움이 되는 것으로 나타났으며, 시작기의 참조 모델로 결정하고, 설계 및 제작을 실시하였다.

제3절 장립종 벼의 현미부 개발

1. 서론

기존 한국과 일본에서 생산되는 소형 자가 정미기의 현미부는 일펠라에 의해 왕겨가 탈부되는 충격식 현미기가 설치되어있다. 또한 현미부를 통과한 현미와 미탈부된 벼도 같이 섞이어 정미부로 반입된다. 이 시스템은 작은 공간을 이용하기 위하여 피할 수 없는 선택으로 본다. 그러나 장립종벼는 충격에 약하기 때문에 현미수율이 떨어질 우려가 많고, 미탈부된 벼가 같이 정미기로 혼입이 되는 것은 벼의 정미수율도 문제가 된다.

제현과정에서 미탈부된 벼가 현미와 함께 정백과정으로 들어가면 정백능률 및 쌀의 품질 저하와 아울러 정미기의 마모 등을 초래하므로 미국 가공공정에서 제현과정과 정백과정 사이에 미탈부된 벼와 현미를 분리하는 공정이 반드시 필요하다. 제현과정 후에 생산되는 현미와 미탈부된 벼의 혼합물로부터 현미와 벼를 분리시키는 기계는 현미분리기이다. 최근에는 벼와 현미의 마찰계수 및 비중의 차이를 이용하는 요동식 현미분리기가 많이 보급되고 있으며, 유럽에서는 표면마찰과 충격을 이용한 칸막이식 현미분리기가 이용되고 있다.

따라서 본 세부 연구에서 예상하는 현미부는 “벼 →현미→현미 선별→석발→정미공정”으로 연결되는 시스템을 구축하는 것이다. 여기에서 왕겨는 효율적으로 배출이 되어야 하며, 가공된 현미는 좁은 공간에서 효율적으로 선별이 가능하여야하고 아울러 석발도 되어야 한다. 물론 충격식이 아닌 롤러식 현미기를 적용 할 수 있는 시스템을 구축하고자 하였다.

본 연구는 기존의 다른 연구와는 달리 제한된 좁은 공간에서 장립종 벼를 연속적으로 가공할 수 있는 시스템을 “설계·제작→테스트→수정보완→상품화”하는 것이다.

주된 연구 내용은 현미기 롤러 개발, 롤러식 현미기의 성능 시험, 왕겨 풍구 개발, 현미분리 겸 석발기 개발, 성능 시험으로 이루어졌으며, 1차년도에는 현미기의 롤러 개발, 롤러식 현미기의 성능 시험, 왕겨 풍구 개발이 이루어졌고, 2차년도에는 현미분리겸 석발기 개발, 현미부 성능 시험이 이루어졌으며, 마지막 3차년도에는 조립 및 시운전이 이루어졌다.

2. 재료 및 방법

가. 현미 롤러

벼의 외곽을 싸고 있는 왕겨는 2개의 반구형으로 이루어져 있으며 이것은 마찰 및 전단이나 충격에 의해 분리된다.

고무롤러 현미기의 탈부와 관계되는 인자는 고무롤러의 지름, 두 롤러사이의 간격, 고립의 두께, 회전차율 등이 있으며, 고무의 경도도 있다.

아래 그림 46과 47, 표 29는 현미기의 고무롤러 표준치수를 나타내었으며, 이 중 4" x 8 3/4" 규격을 기준으로 하여, 이 규격의 기준과 전술한 조건을 만족하는 현미부의 롤러를 개발하였다.

따라서 롤러 사이의 간격은 앞에서 연구된 장립종의 물성 조사에서 나타난 벼 두께의 1/2를 기준으로 약 1mm 정도 유지하고, 회전차율은 23~25%, 고무롤러의 주속도는 11~14m/s로 하여, 고무 롤러의 크기와 경도 등의 특성을 결정하였다.

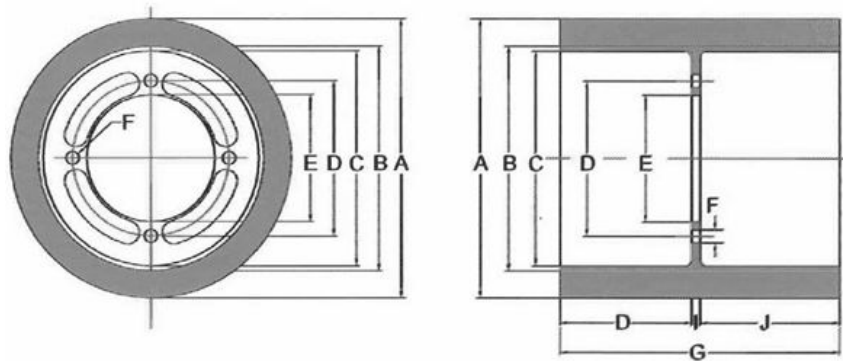


그림 46 현미기 롤러의 규격

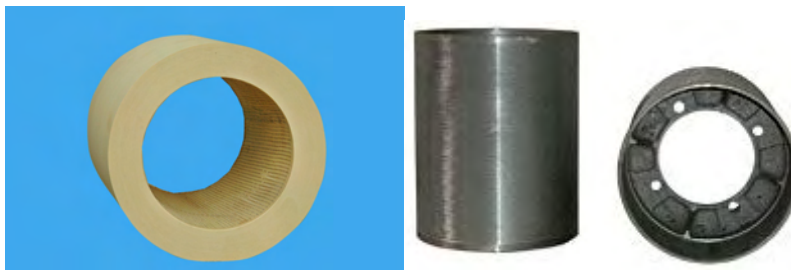


그림 47 현미기 롤러의 형상

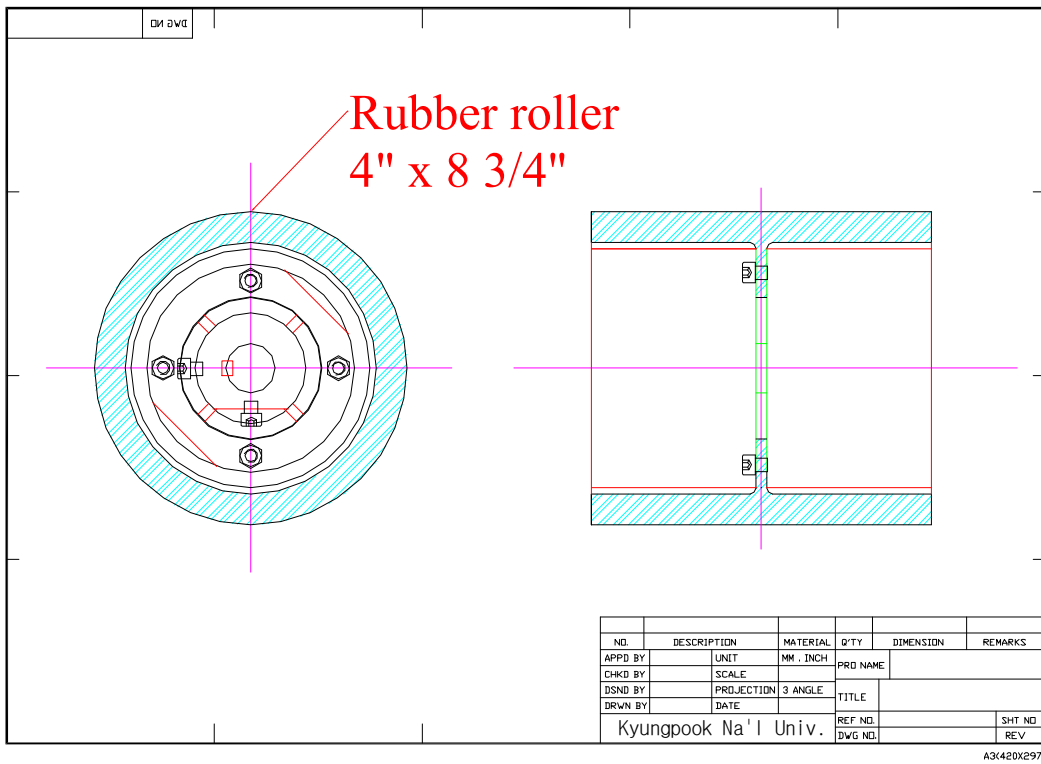
표 29 현미기 롤러의 규격

SIZE	HOLE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
12" x 12"	4	300	259	242	188	146.2	14	305	141	12	152
10" x 10"	4	254	204	195	142	116.3	13	254	119	8	127
6" x 8 3/4"	3	222	181	174	139	114.3	12	152	69	8	76
4" x 8 3/4"	3	222	181	174	139	114.3	12	101	41	7	53.2

고무롤러는 주철제 철심에 고무를 고착한 것으로 치수는 KS B 9124에 규정되어 있고, 폭은 63 mm(2.5인치)~254 mm(10인치), 외경은 153~254 mm이다. 고무의 경도는 75~90°, 인장강도 10MPa 이상, 신장률은 13 % 이상, 80±2 °C에서 1~2시간 가열하였을 때 경도가 67° 이상 유지되도록 하였으며, 고무의 재질은 폴리우레탄 합성고무를 사용하였다.

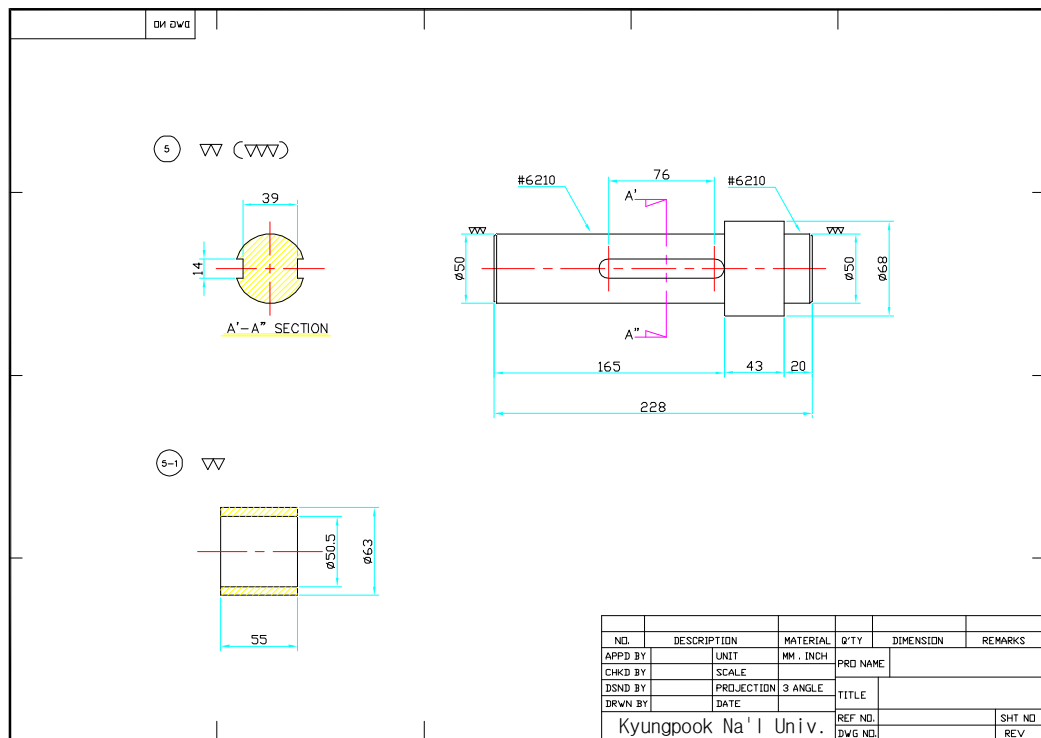
고무롤러의 간격 조절은 자동식과 수동식이 있다. 자동식은 롤러가 마모되면 부하의 감소를 전류 값으로 감지하여 같은 방법으로 감지하여 원래의 부하가 걸리도록 롤러 간격이 조절되는 방식이고, 수동식은 탈부량의 변화를 같은 방법으로 감지하여 변화 후 탈부량에 적합한 부하가 걸리도록 조절하는 방식으로 본 연구개발의 목표인 저가 공급이 가능한 형태를 위하여 센서 등이 필요한 전자를 배제하고 후자로 설계하였다.

다음 그림 48, 49에 현미기 롤러의 도면 및 현미기 주축의 도면을 나타내었다.



A3(420X297)

그림 48 현미기 고무롤러



A3(420X297)

그림 49 현미기 주축

수동으로 롤러의 간격을 조정하여 탈부량을 조정할 수 있는 구조로 제작하였다. 그림 50은 고무 롤러를 장착하기 전의 현미부 내부의 고무롤러 간격 조정장치 모습이고, 그림 51에는 고무 롤러의 간격을 조절할 수 있는 측면의 핸들 모습과 고무 롤러를 회전시키기 위한 현미 주축이 나와 있는 모습으로서, 주축에 풀리를 장착하고 V 벨트를 장착하여 동력을 전달하도록 하였으며, 상부의 호퍼 모습을 확인할 수 있다.



그림 50 롤러 간격 조절장치 1



그림 51 간격 조절 핸들 및 주축

다음 그림 52는 현미기 고무 롤러를 현미부에 장착한 모습으로서, 주축과 편연결 및 볼트를 이용하여 조립된 것을 확인할 수 있다.

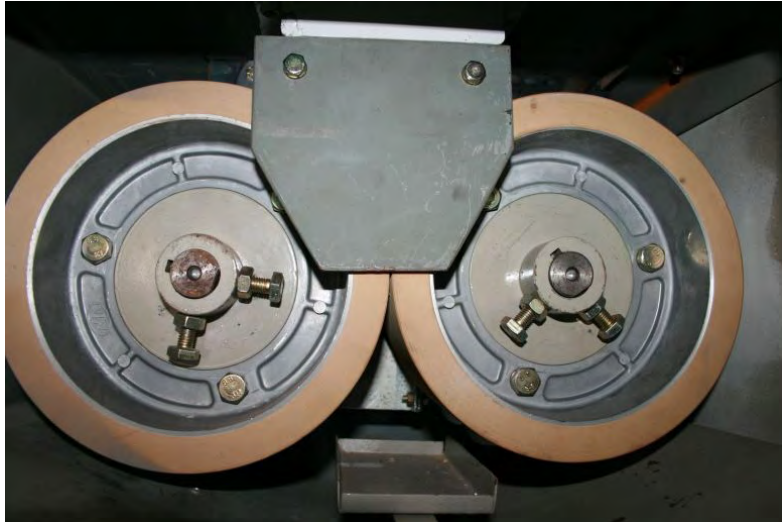


그림 52 설치된 고무 롤러

나. 왕겨 풍구

발표된 입도정공장 시설 및 작동조건에 대한 실태조사(1981) 결과에 따르면, 도정 과정 중 손실되는 곡물은 벼 도정량의 4~6% 정도로 추정되고, 이중 일부가 선별기를 이용한 왕겨 분리 작업에서 일어나고 있다.

왕겨 풍구는 축에 임펠러가 원주방향으로 장착되어 있고, 축의 회전에 의해 바람을 일으키고, 현미 롤러를 통해 아래로 떨어지는 곡물의 비중차를 이용하여, 왕겨와 현미를 분리한다.

그림 53은 왕겨풍구의 임펠러 케이싱을 설계한 것이며, 그림 54에 임펠러 도면을 나타내었다. 임펠러 케이싱은 SB41재질을 사용하였으며, 1.6T 두께로 제작하였고, 임펠러는 같은 재질은 SB41재질의 2T 두께로 4개를 제작하여 볼트로 체결하였다.

그림 55은 제작된 왕겨풍구를 나타내고 있다. 현미기의 롤러를 통과한 벼는 현미, 왕겨, 미탈부된 벼로 구성되어 있고, 분산판에 의하여 균일하게 비산되면서 현미와 왕겨, 미탈부된 벼로부터 왕겨 등 가벼운 이물질들을 송풍으로 분리하여 왕겨 집진실로 배출한다. 풍구의 송풍이 너무 강하면 현미가 왕겨에 혼입되어 배출될 우려가 있고, 너무 약하면 왕겨가 현미에 혼입되어 이송되므로 송풍량을 적당히 조절하여야 한다. 현미와 미탈부된 벼는 버킷엘리베이터에 의하여 선별부인 현미분리기로 이송되도록 설계하였다.



그림 55 왕겨풍구

제작된 임펠러를 바람을 정확하게 전달하기 위한 가이드의 도면을 그림 56에 나타내었고, 바람을 바깥으로 빼내기 위한 출구 연결관 도면을 그림 57에 나타내었다.

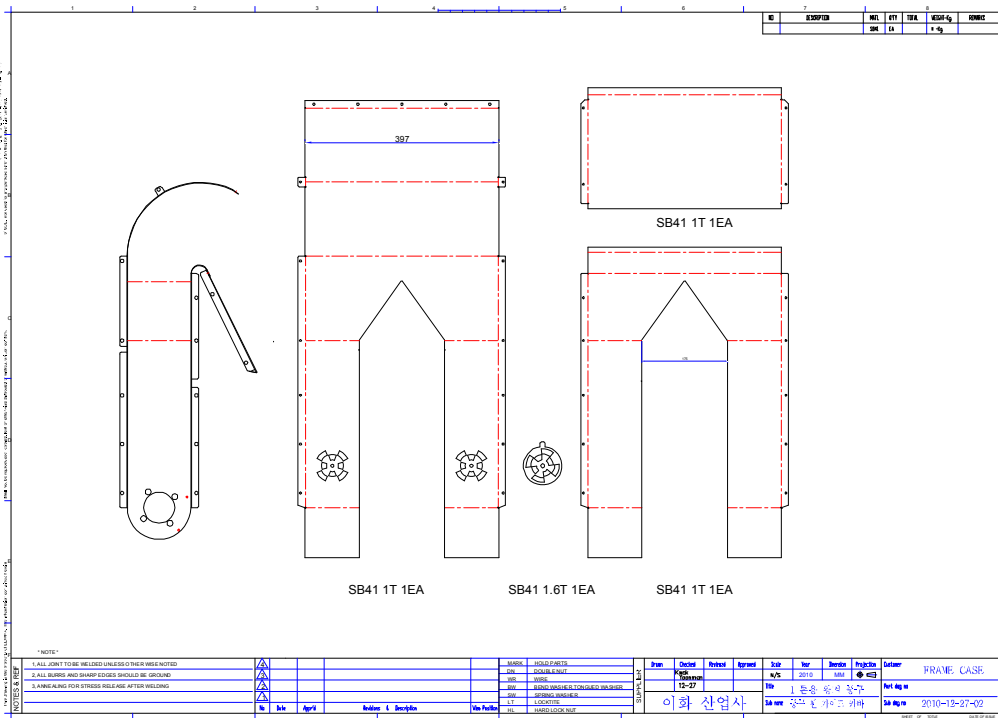


그림 56 임펠러 가이드

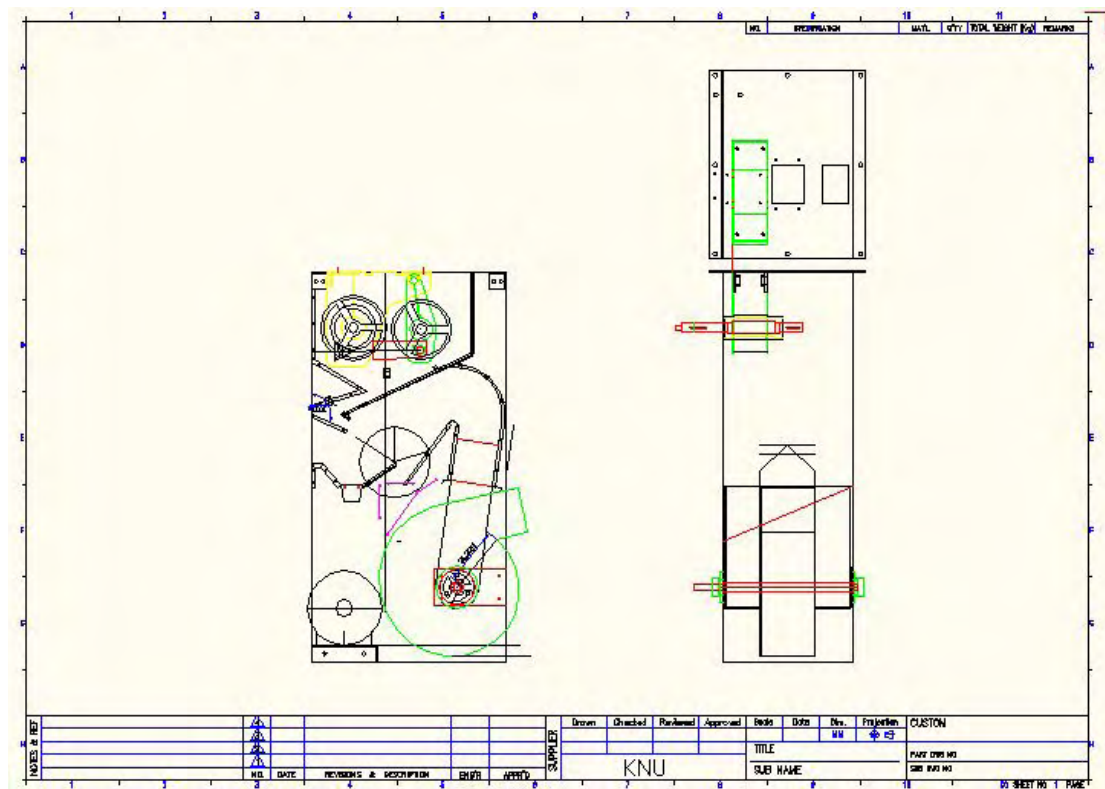


그림 58 현미기 도면

현미기의 각 부는 앞면을 상중하 3개 부분으로 분리하여 제작하였으며, 뒷면은 상중 2개 부분으로 1.5T 재질로 제작하였다. 그리고 상판을 6T 재질로 별도로 제작하였으며, 좌우측 케이스는 일체로 레이저 가공으로 필요한 부분의 가공을 실시하였으며, 내부에 검불출구, 모터대, 송풍기, 왕겨 조정판, 송풍 유도판, 현미 유도판 및 현미 출구를 각각 별도로 제작하였다. 그림 59~62는 제작에 필요한 현미기 각 부의 도면을 나타내었다.

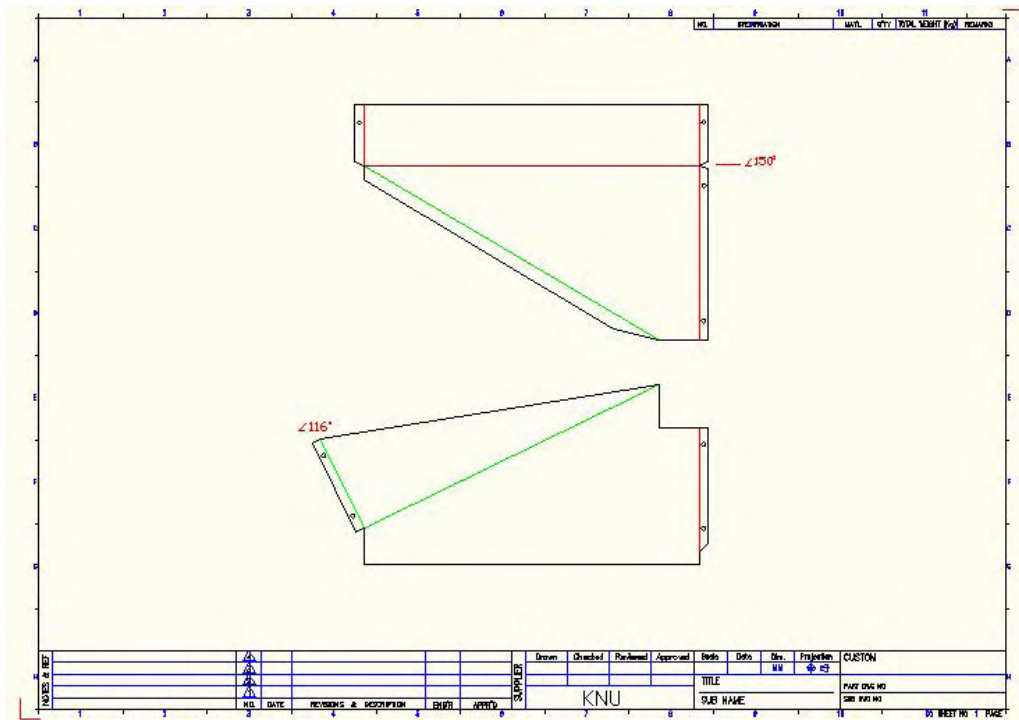


그림 59 검불출구 가공 도면

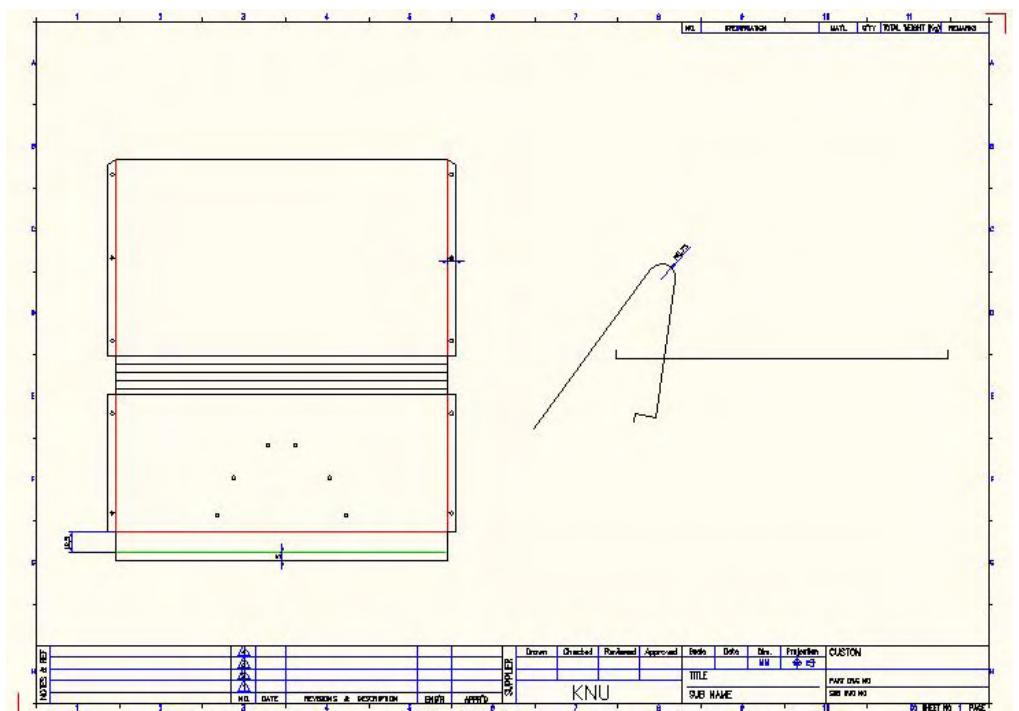


그림 60 송풍 유도판 가공 도면

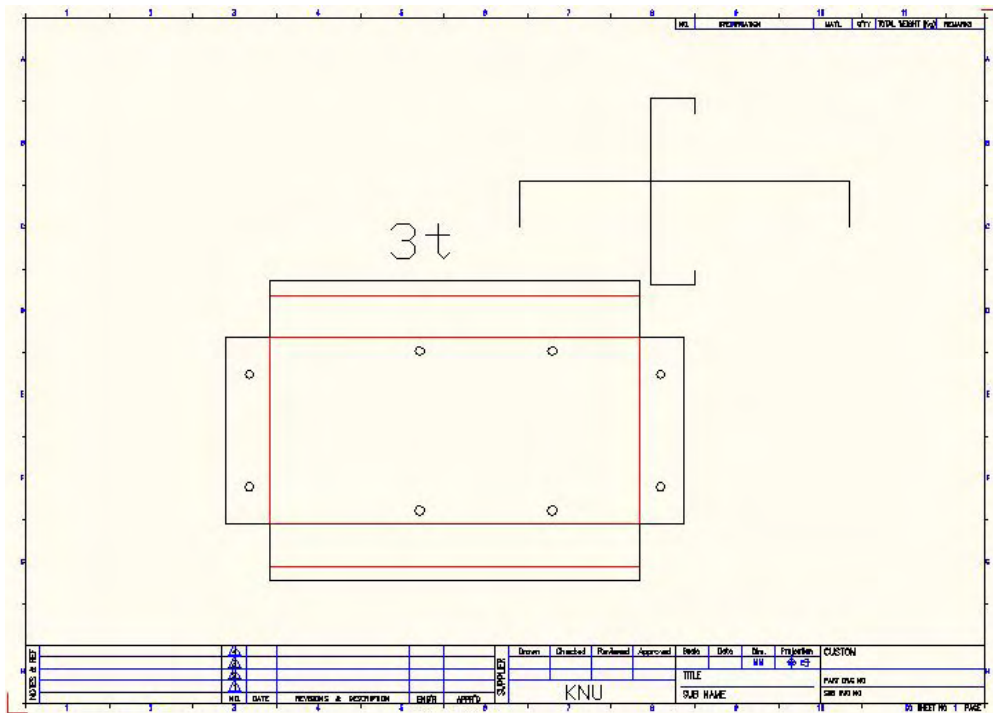


그림 61 모터 대 가공 도면

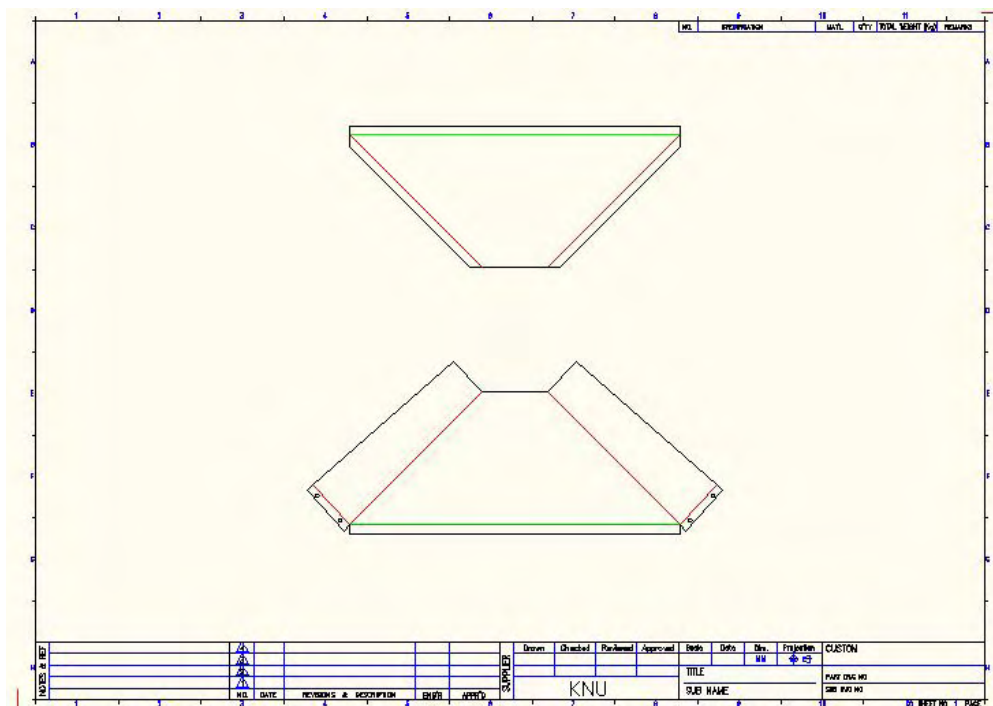


그림 62 현미 출구 가공도

다음 그림 63, 64는 고무 롤러의 간격을 조정하기 위한 장치의 도면으로서, 조절 핸들은 SB41 3T 재질을 사용하였으며, 간격의 장력 조절을 위하여 스프링을 삽입하였으며, 스프링 내부의 축은 $\Phi 30\text{mm}$ 원형 재질을 양쪽을 가공하여 폭 16mm가 되도록 하였다. 그리고 그림 65에는 제작된 고무 롤러 간격 조절장치에 고무 롤러를 장착한 모습으로서, 고무 롤러 장착 반대편에 풀리를 장착하여 모터로부터 동력을 전달받아서 회전하도록 구성하였다.

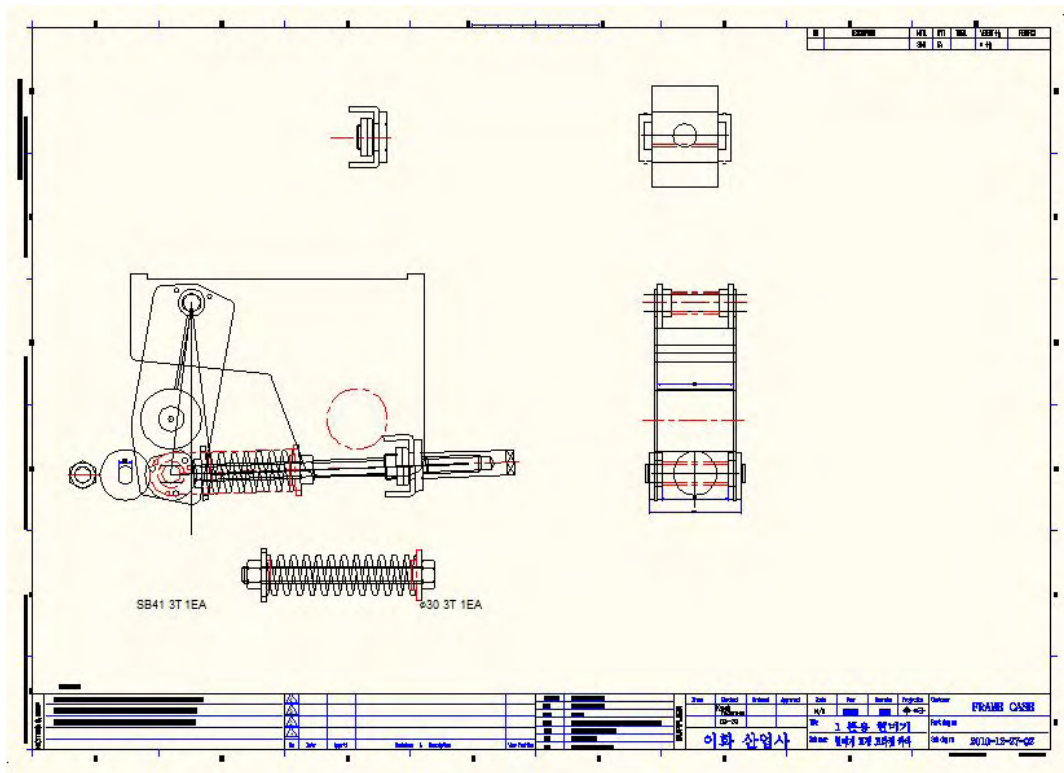


그림 63 롤러 간격 조절장치

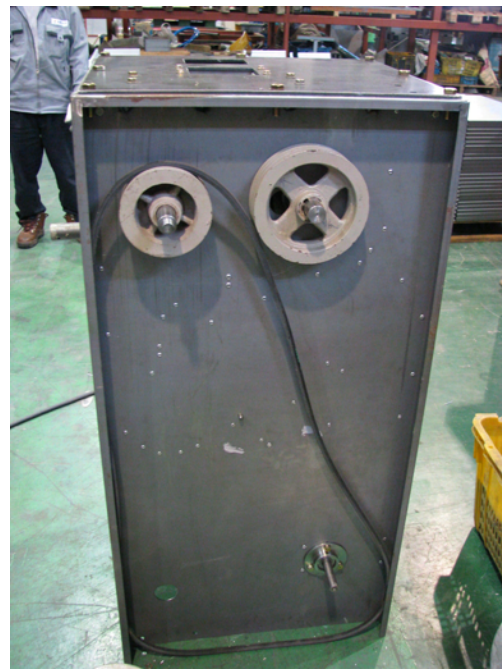


그림 66 제작된 현미기의 전후 모습

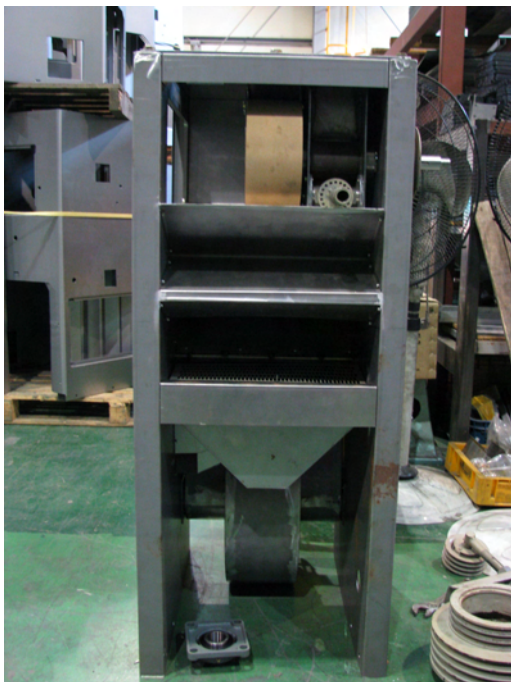


그림 67 제작된 현미기의 좌우 모습

제작된 현미기는 다음 그림과 같으며, 그 동력원은 동아전기의 SE-2200 모델을 사용하였다. 2.2KW 3HP 4P 의 성능을 가지고 있으며, 16A의 정격 전류와 78%의 효율을 가진 제품으로 1760rpm의 회전수를 가진 제품이다. 그림 68, 69은 제작된

현미기와 투입구를 표시하였다.



그림 68 현미기



그림 69 현미기 후면

그림 70은 현미기 뒷면에서 각종 풀리와 모터로 동력 전달을 구성한 모습이다. 메인 모터의 회전수는 1760rpm이며, 각 좌우측 롤러는 916과 1176rpm으로 구성하였다. 그리고 그 감속을 위하여 아래쪽에 감속 풀리 2개를 위치시켰으며, 그 회전수는 895rpm으로 하였다. 그리고 왕겨풍구는 1643rpm으로 구성하였다.

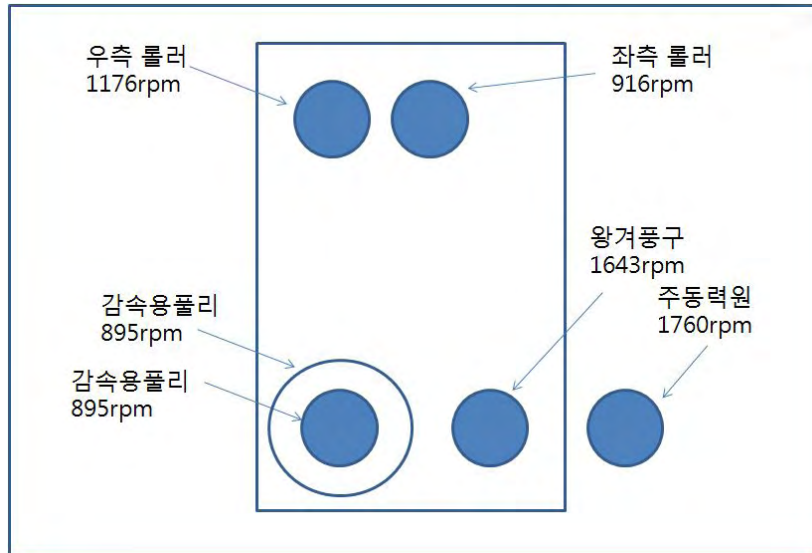


그림 70 현미기 동력 전달의 구성

라. 현미분리기

요동식 현미분리기는 요철이 있는 철판을 전후와 좌우방향으로 경사를 주어 캠이나 크랭크를 이용하여 철판에 요동운동을 주어 벼와 현미의 마찰계수, 비중, 크기 등을 이용하여 양자를 분리하는 기계이다.

현미 분리기는 그림 71의 3D CAD를 활용하여 하부의 요동부를 구상하였다. 3차원으로 작업을 완료하여 각 부의 간섭을 사전에 확인하였으며, 풀리를 통해 전달된 회전력은 크랭크축에 고정된 편심 베어링으로 위쪽 분리판 지지대를 흔들어주는 구조로 설계를 하였다. 그리고 그림 72~82는 현미분리기 각 부의 상세 도면을 나타내었다.

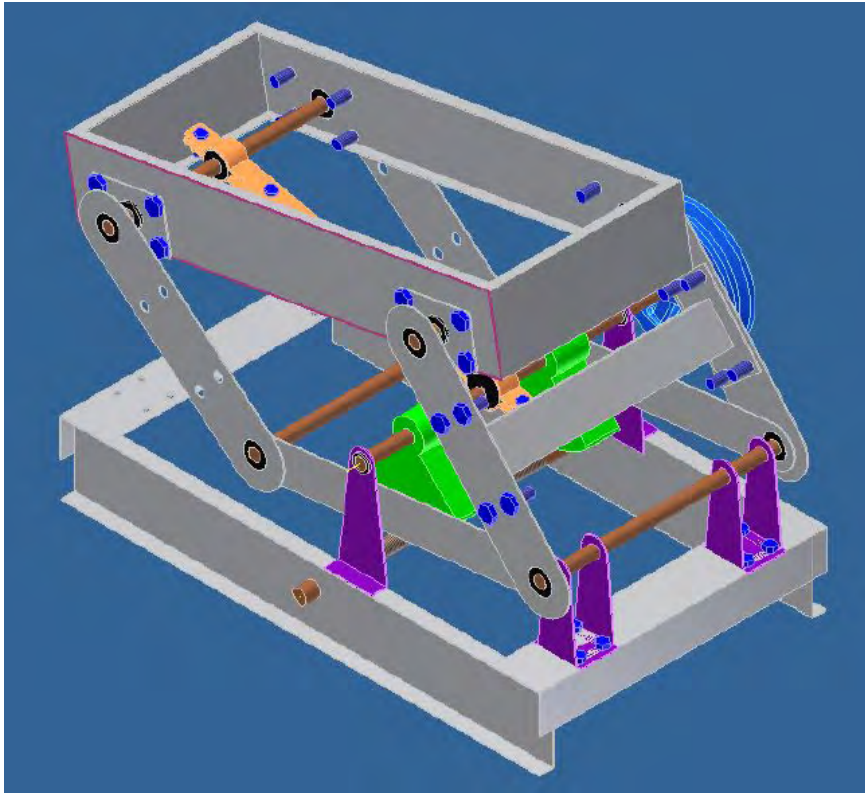


그림 71 현미 분리기 하부의 3D 개념도

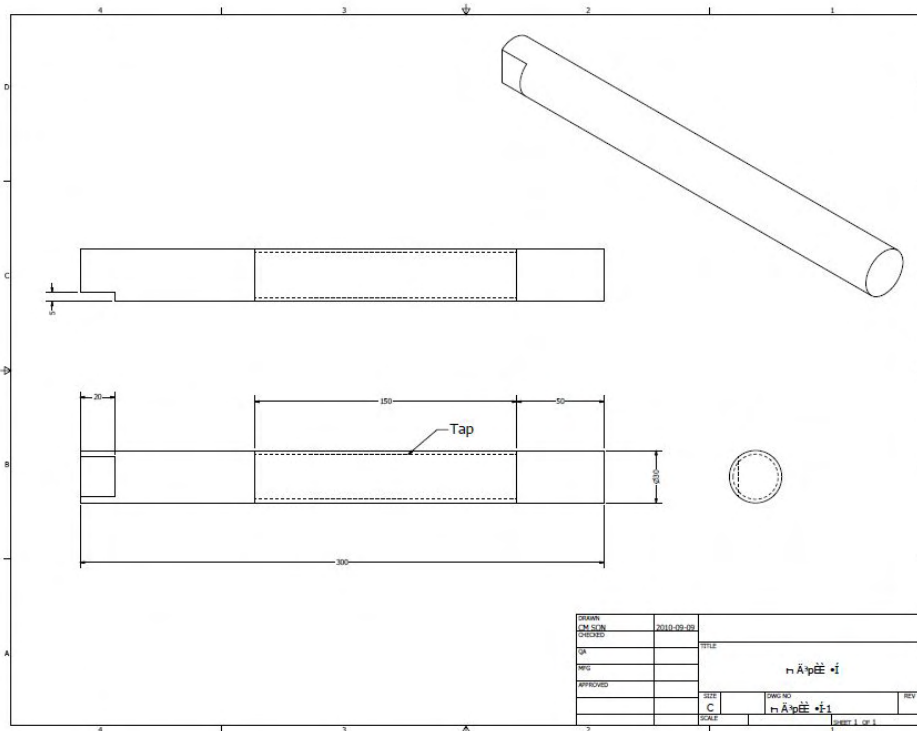


그림 72 각도 조절축 도면

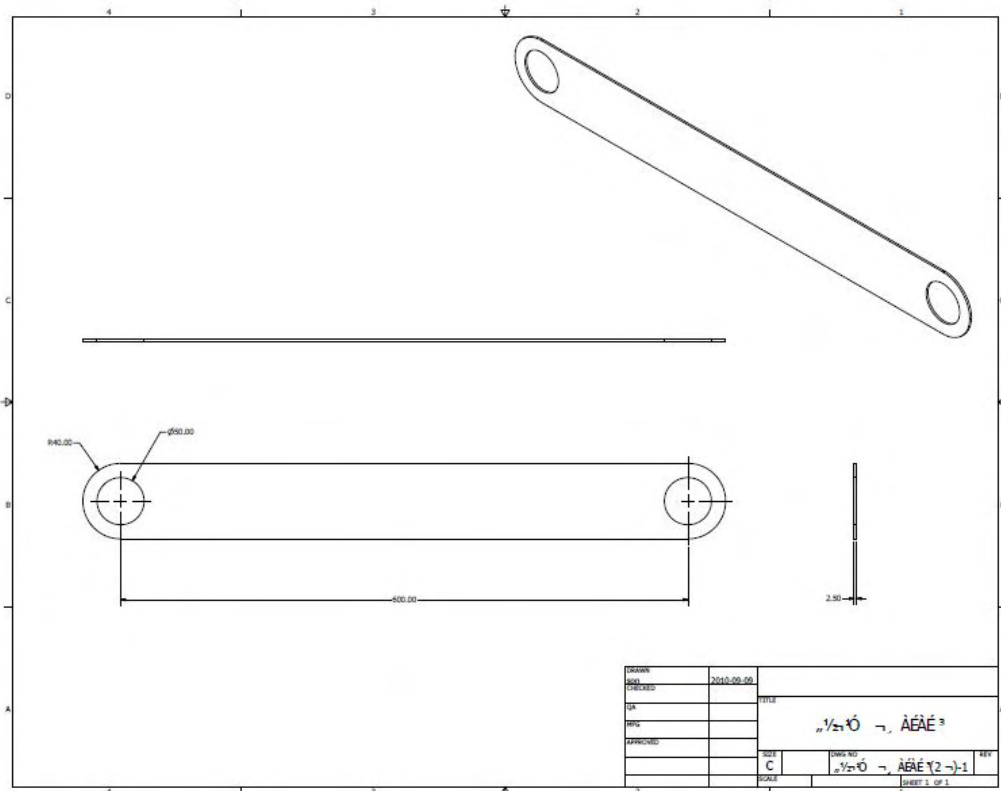


그림 73 분리판 가로 지지대 도면

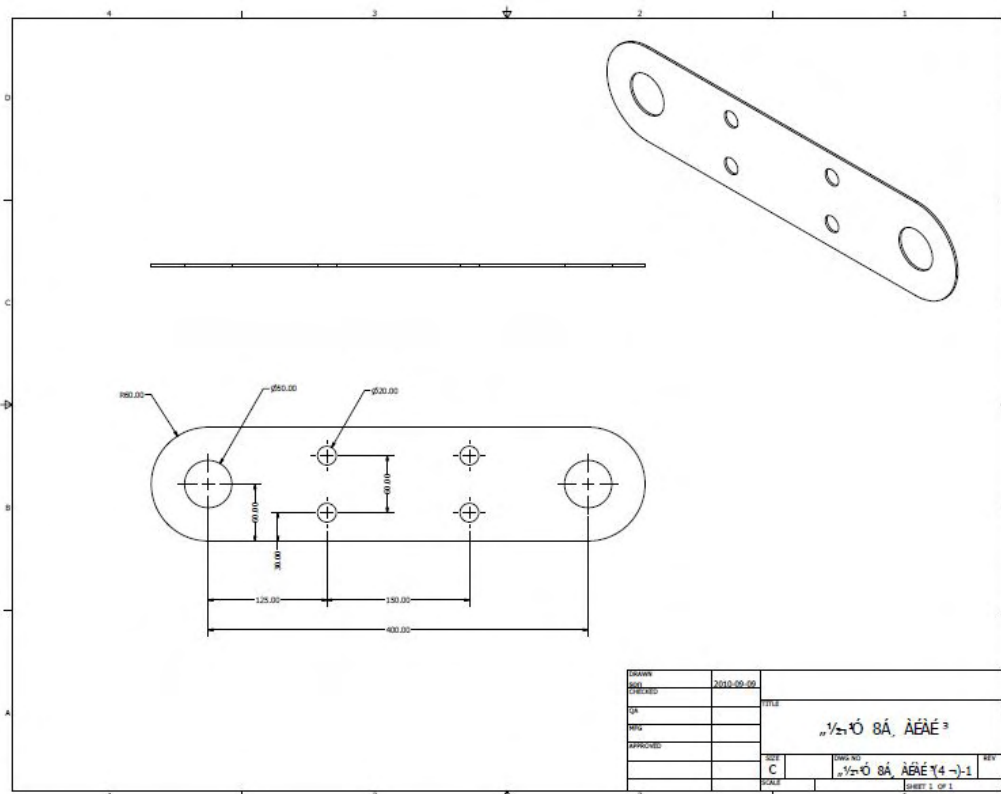


그림 74 분리판 세로지지대 도면

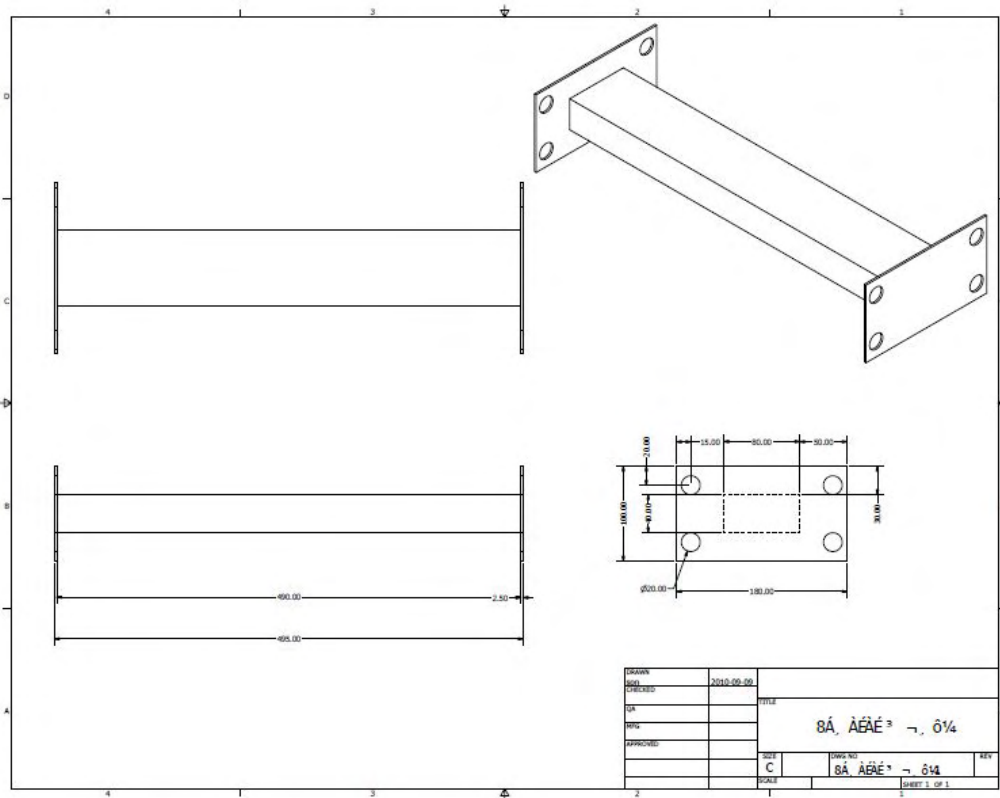


그림 77 세로지지대 가로보 도면

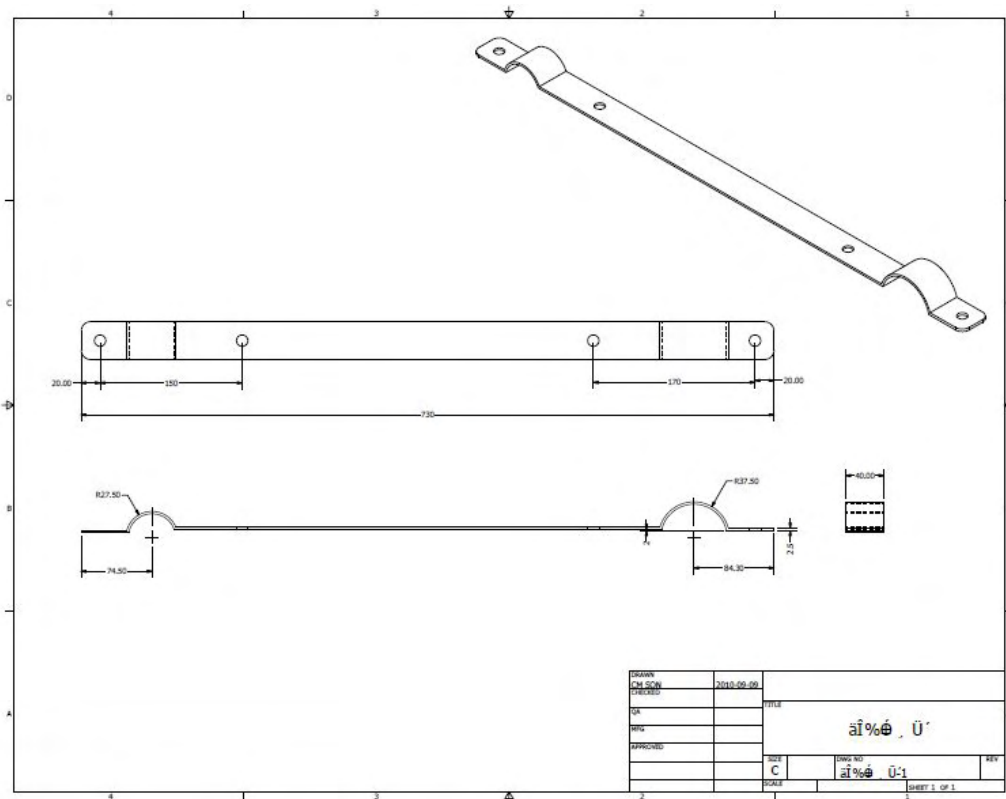


그림 78 커넥팅 로드 도면

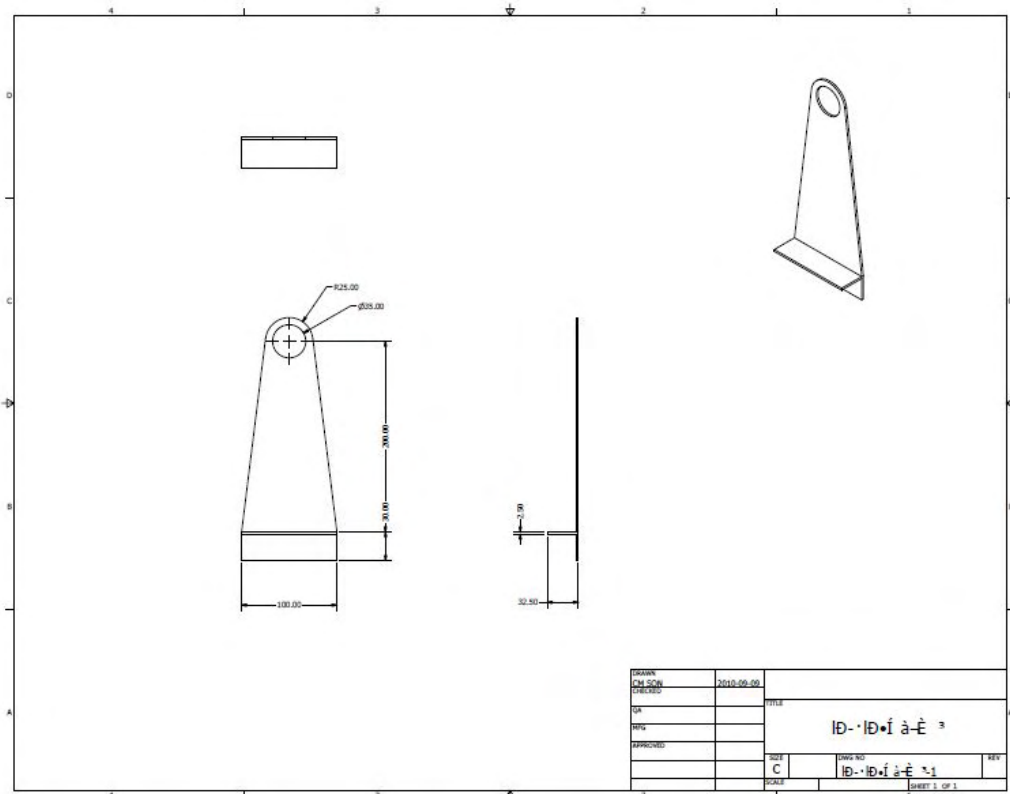


그림 79 크랭크축 고정대

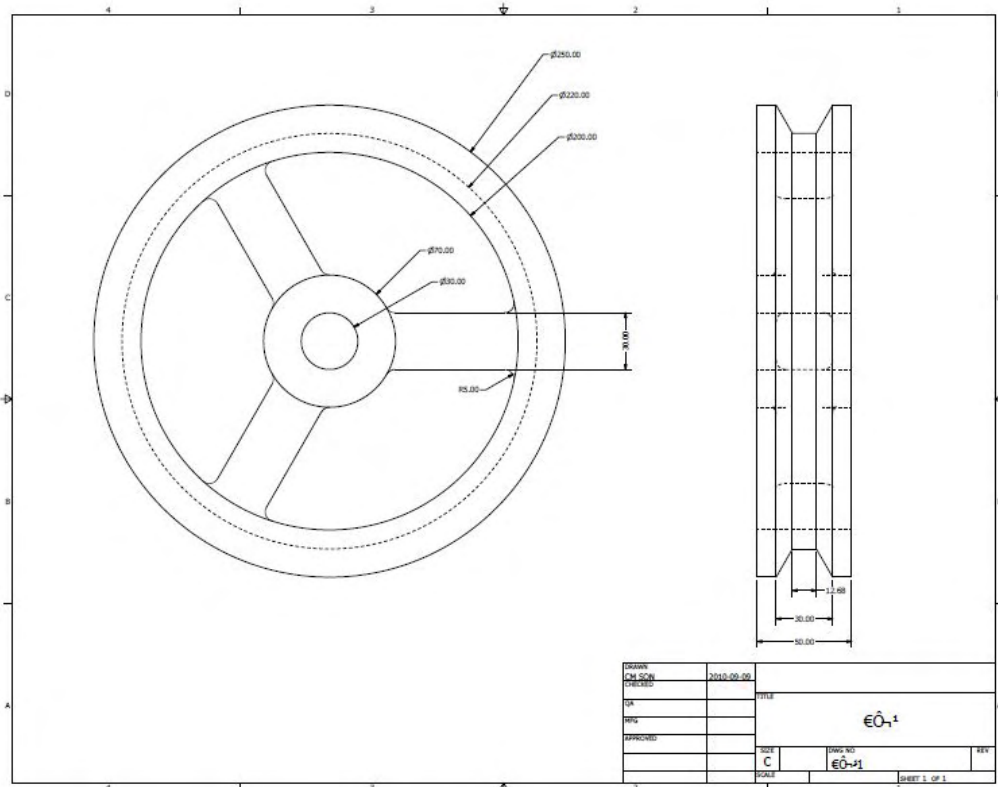


그림 80 풀리 도면

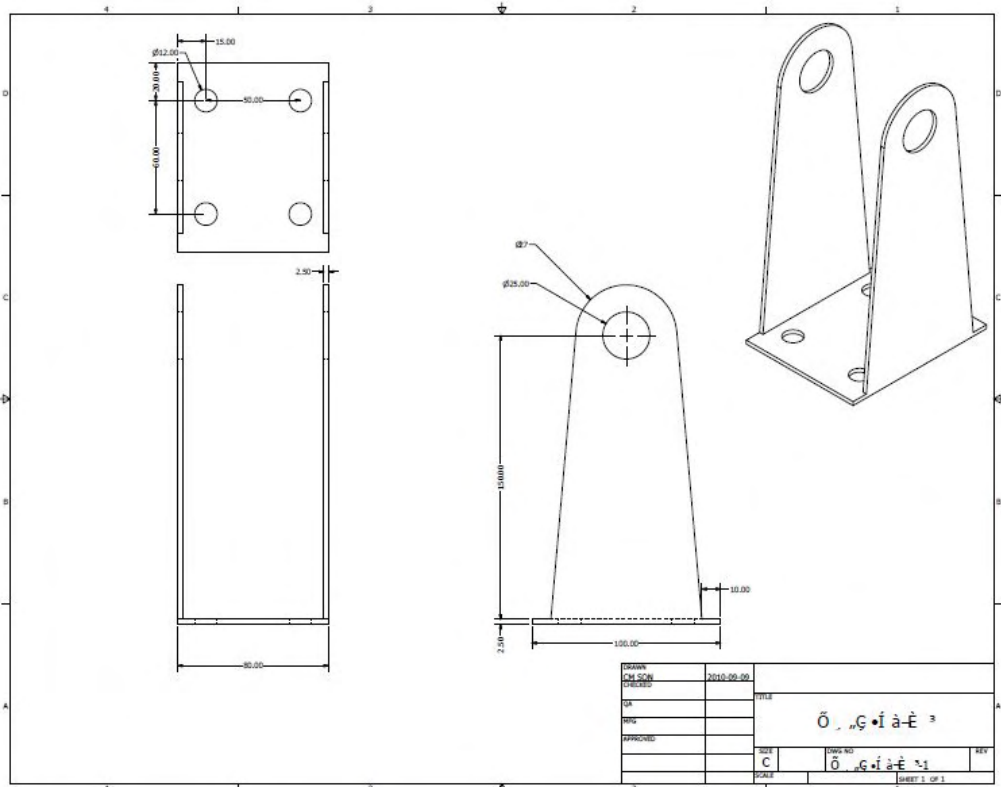


그림 81 프레임 축 고정대 도면

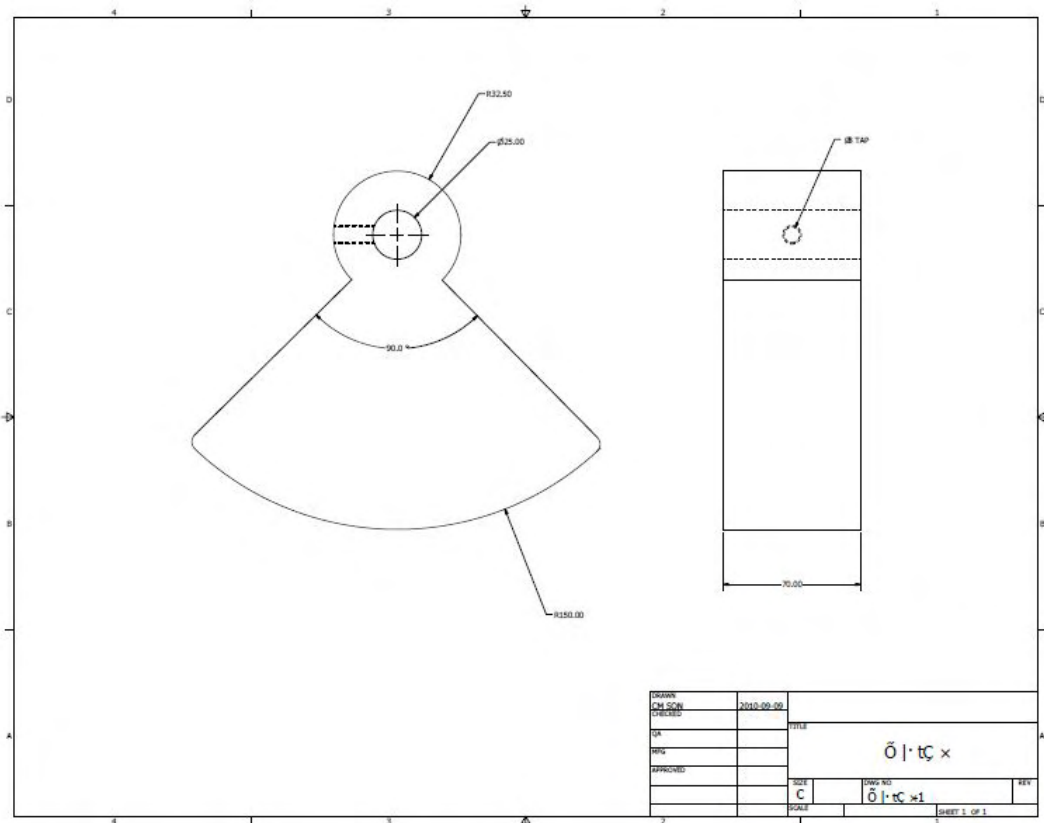


그림 82 플라이휠 도면

현미 분리판은 길이 750mm, 폭 450mm로 제작하였으며, 1mm 두께의 SUS 재질을 사용하였다. 그리고 홈의 크기는 위쪽이 □6.5mm, 아래쪽이 □2.7mm로서 높이가 1.55mm로 프레스 가공을 하여 제작하였고, 그 모습을 아래 그림 83에 나타내었다.

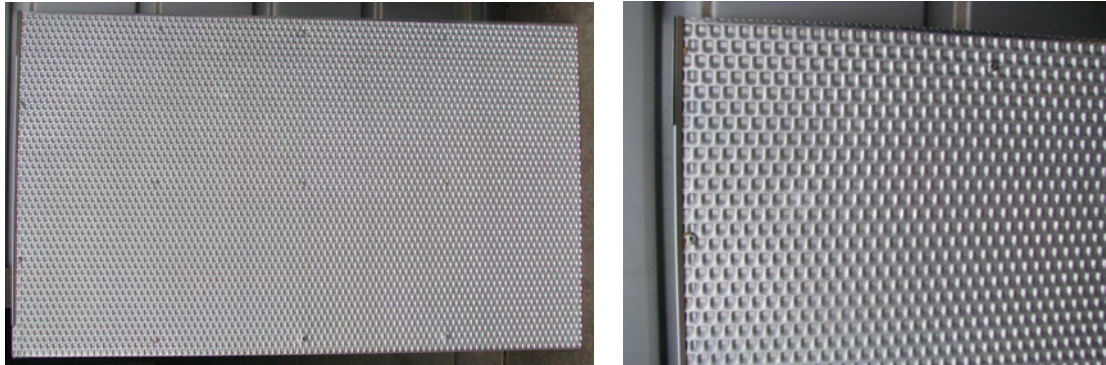


그림 83 현미 분리판

다음 그림 84에 제작된 현미분리기의 모습을 나타내었으며, 상부에 현미 분리판, 그리고 하부에 분리판의 요동을 위한 편심 베어링 및 크랭크축을 위치시켰으며, 상부의 주황색 레버를 이용하여 분리판의 각도를 변경할 수 있으며, 그 각도는 수평을 기준으로 하여 8°~13°까지 변경시킬 수 있으며, 그 중간의 각도는 10.5°로 위치시켰다.

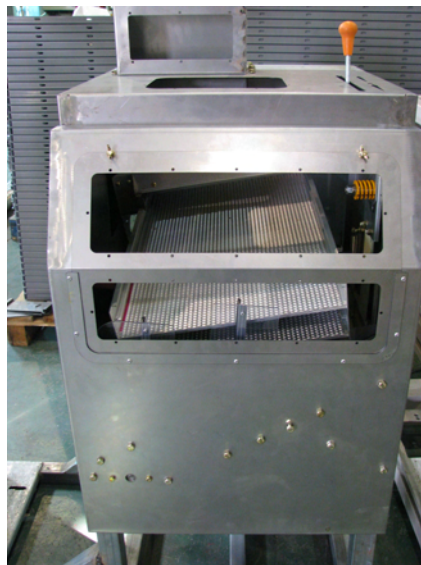


그림 84 현미 분리기

그리고 현미 분리기의 동력원은 대한전기의 TSS-422 제품을 사용하였으며, 2.2KW 3HP 4P 능력을 가지고 있으며, 1720rpm 5.2A의 회전수 및 정격 전류를 가지고 73%의 효율을 나타내는 제품을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

2개의 고무 롤은 약 25%의 회전차를 가지고 서로 반대방향으로 회전하며 벼는 이들 고무 롤 사이를 통과하는 동안 외피에 서로 반대방향의 마찰력과 전단력을 받아 왕겨가 분리된다. 따라서 고무 롤러의 간격과 주속도는 현미기의 성능에 가장 큰 영향을 미치는 요인이다. 고무 롤러의 수명은 120~130시간으로 사용시간이 경과함에 따라 직경이 줄어들고 이에 비례하여 주속도가 감소하므로 이에 대응하여 간격 조절이 필요하다. 특히 롤 표면의 이상마모는 탈부 성능을 현저히 감소시키는 원인이 된다. 이러한 결과를 보완하기 위해서는 1쌍의 고무 롤이 균일하게 마모되도록 주기적으로 교환해야 할 필요가 있다. 한편, 벼의 공급이 고무 롤러의 폭 전체에 걸쳐서 균일하게 공급되지 않을 경우에도 능률이 떨어질 뿐 만 아니라 탈부율의 감소와 고무 롤의 수명감소를 초래한다. 또한 탈부율과 관계되는 인자로는 벼의 함수율과 벼 낱알의 기하학적 특성을 들 수 있다. 벼의 함수율이 높을수록 탈부율은 감소하며, 원료를 구성하는 각 낱알의 크기, 특히 두께의 차이가 심할 경우 탈부율은 감소한다.

상기 조건들에 대하여 만족할 만한 결과를 얻을 수 있도록 고무 롤러의 간격을 수동으로 조절할 수 있도록 하였으며, 소모품인 롤러 교체의 편리성을 위하여 확인창의 크기를 크게 하여, 체결된 볼트를 풀기 위한 공구가 쉽게 들어갈 수 있도록 하였다.

그리고 현미 분리판은 1개의 판이 약 250kg의 용량 처리가 가능한 것으로서, 3개의 분리판 장착을 기본으로 하였으며, 그 용량의 추가가 총 4개까지 가능하도록 제작을 하여 본 연구개발의 목표 뿐 만이 아니라 차후 제품화에서도 목표 용량에 따라 자유로이 변경이 가능하도록 제작하였다. 그리고 분리판의 각도는 8~13°까지 조절이 가능하도록 하여 품종 및 조건에 따라 적절히 조절해 가며 사용할 수 있도록 하였다.

제 4절 장립종 벼의 멀티패스 정미부 개발

1. 서론

현미의 단면은 표면부터 과피·종피·외배유·호분층 및 내배유로 이루어져 있다. 여기서 과피·종피·외배유 그리고 호분층을 총칭하여 미강층 또는 강층이라 하며, 이 강층을 제거하는 것을 정백이라 한다. 강층은 마찰(friction), 찰리(resultant tearing) 및 절삭(cutting)작용에 의해 제거된다.

이와 같은 세 가지 작용에 의해 강층이 제거되는 정도는 도정도에 의해 표시되며, 도정도를 나타내는 대표적인 방법으로 분도와 백도지수가 있다.

정백 시스템의 성능을 평가하기 위하여 다음과 같이 정의되는 정백수율, 완전미수율, 정백능률 등이 사용된다.

현재 국내 및 일본에서 생산되는 소형 자가 정미기에는 마찰식 정미기 한대가 설치되어 있다. 본 연구에서 가장 중요하게 생각하고 있는 것은 높은 정미수율이다. 개발된 정미기는 판매가격 뿐 아니라 성능 면에서 우수해야 한다. 특히 높은 도정수율은 가장 중요한 연구 개발의 목표가 된다.

따라서 본 연구 과제에서는 연삭식과 마찰식을 조합하여 최대의 수율을 높일 수 있는 연삭식+마찰식의 two-stage system의 설계·개발을 하고자 하였다. 특히 좁은 공간에서 장립종 벼의 백미 가공을 위한 두 정미기 종류의 개발과 최적 작동 조건의 구명은 매우 중요하다고 하겠다.

또한 가공된 백미에 췌미를 선별하는 것은 쌀의 품질 향상을 위하여 매우 중요하다. 본 연구는 “현미 →연삭식 →마찰식 →췌미선별”의 공정이 가능한 시스템을 “설계개발 →테스트 →수정보완 →상품화”하는 것이다. 본 연구는 1년차와 2년차인 2년에 걸쳐 수행되었다.

2. 정미부 설계요인 시험

연삭식 정미기와 마찰식 정미기의 몇가지 시험인자를 테스트하여 본 장립종 도정기의 모델에 적합한 정미기를 제작하기 위하여 설계요인 시험을 실시하였다.

가. 연삭식 정미기 설계요인 시험

연삭식 정미기의 시험인자는 금강사물러속도, 금망저항 철판각도, 금망저항 철판 두께, 연삭 슛돌강도의 종류와 배출구 압력을 10, 15, 19 gf/cm²로 변화를 주면서 백

도와 백미완전미율을 측정하였다.

그림 85는 배출구압력과 금강사롤러속도에 따른 백도 및 백미완전미율 변화를 나타낸 것으로서 배출구압력에 따라 백도는 증가하고, 백미완전미율은 감소하는 경향이 나, 금강사롤러속도는 720 m/min 일때가 양호한 것으로 나타났다.

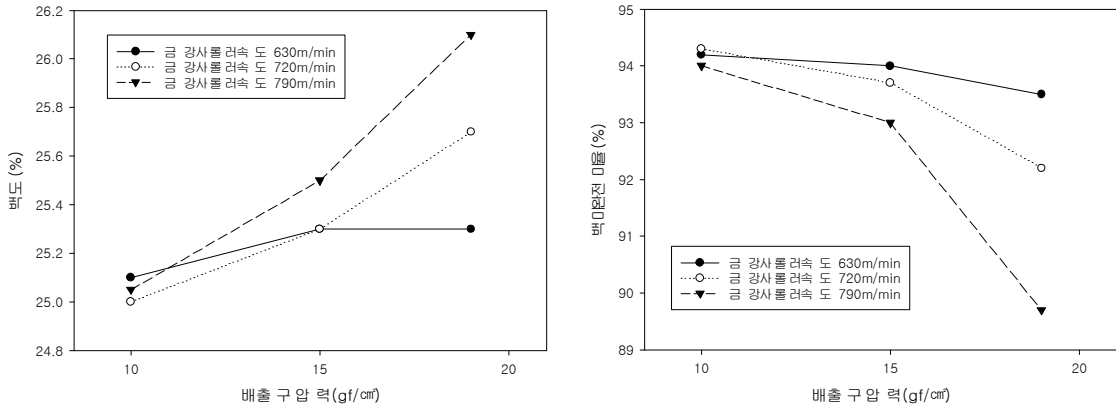


그림 85 배출구압력과 금강사롤러속도에 따른 백도 및 백미완전미율 변화

그림 86은 배출구압력과 금망저항철펠두께에 따른 백도 및 백미완전미율 변화를 나타낸 것으로서 배출구압력에 따라 백도는 증가하고, 백미완전미율은 감소하는 경향이 나, 금망저항 철펠두께는 2 mm일때가 양호한 것으로 나타났다.

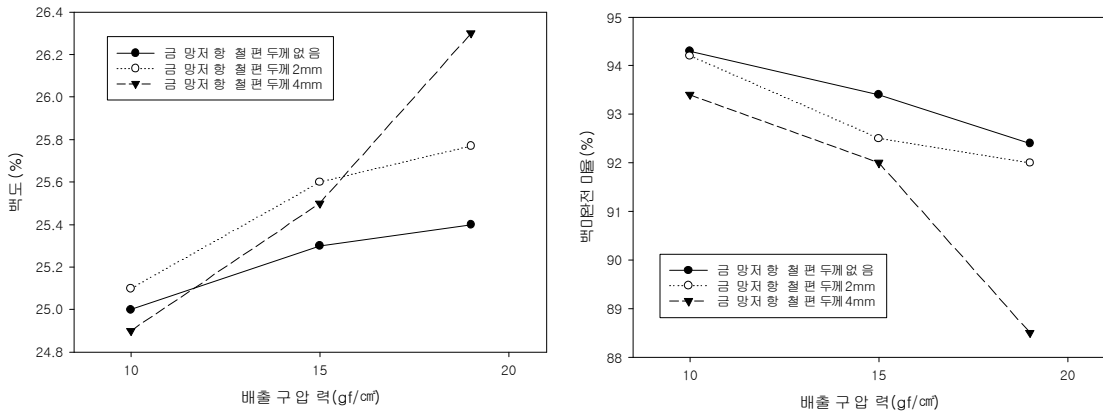


그림 86 배출구압력과 금망저항철펠두께에 따른 백도 및 백미완전미율 변화

그림 87은 배출구압력과 금망저항철펠각도에 따른 백도 및 백미완전미율 변화를 나타낸 것으로서 배출구압력에 따라 백도는 증가하고, 백미완전미율은 감소하는 경향이 나, 금망저항 철펠각도는 45°일때가 양호한 것으로 나타났다.

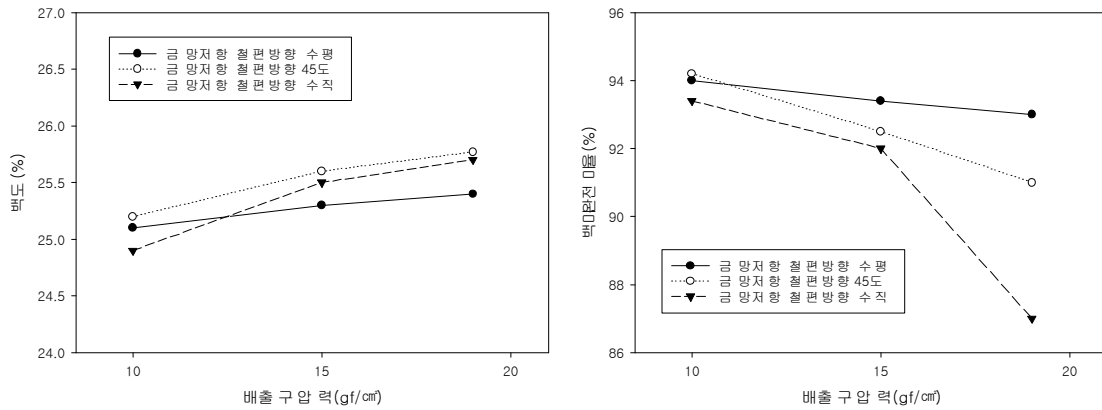


그림 87 배출구압력과 금망지향철편각도에 따른 백도 및 백미완전미율 변화

그림 88은 배출구압력과 연삭숫돌강도에 따른 백도 및 백미완전미율 변화를 나타낸 것으로서 배출구압력에 따라 백도는 증가하고, 백미완전미율은 감소하는 경향이나, 연삭숫돌강도는 #36 일때가 양호한 것으로 나타났다.

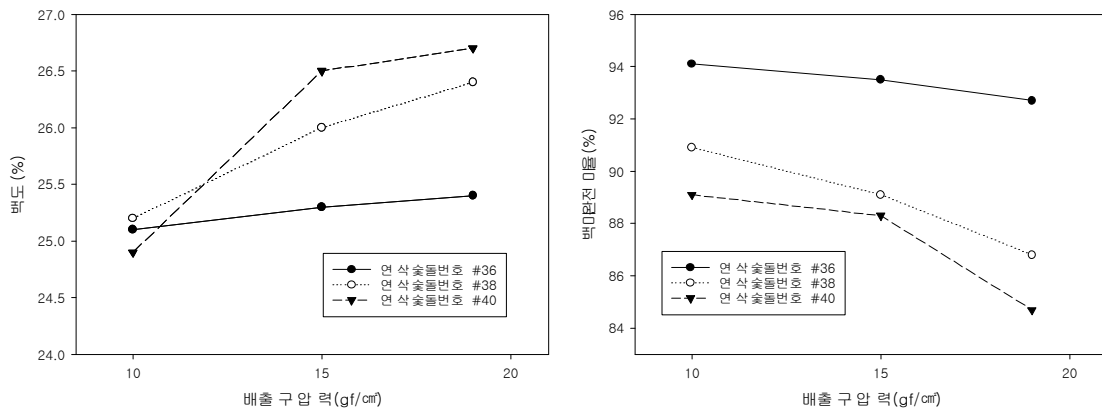


그림 88 배출구압력과 연삭숫돌강도에 따른 백도 및 백미완전미율 변화

나. 마찰식 정미기 설계요인 시험

마찰식 정미기의 시험인자는 정백률러속도, 금망형태, 엠보싱두께, 엠보싱줄수, 금망슬롯폭 종류와 배출구 압력을 22, 28, 34 gf/cm²로 변화를 주면서 백도와 백미완전미율을 측정하였다.

그림 89는 배출구압력과 정백률러속도에 따른 백도 및 백미완전미율 변화를 나타낸 것으로서 배출구압력에 따라 백도는 증가하고, 백미완전미율은 감소하는 경향이나,

정백롤러속도는 243 m/min 일때가 양호한 것으로 나타났다.

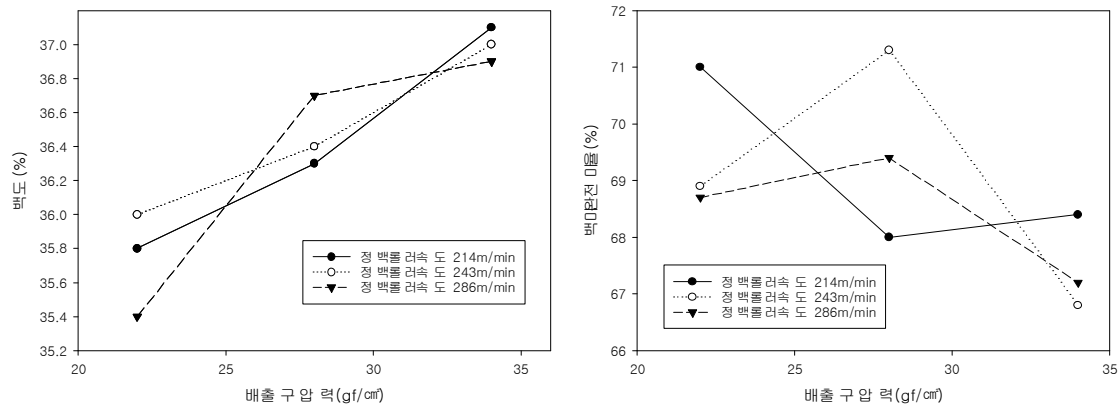


그림 89 배출구압력과 정백롤러속도에 따른 백도 및 백미완전미율 변화

그림 90은 배출구압력과 금망형태에 따른 백도 및 백미완전미율 변화를 나타낸 것으로서 배출구압력에 따라 백도는 증가하고, 백미완전미율은 감소하는 경향이나, 금망형태는 육각형일때가 양호한 것으로 나타났다.

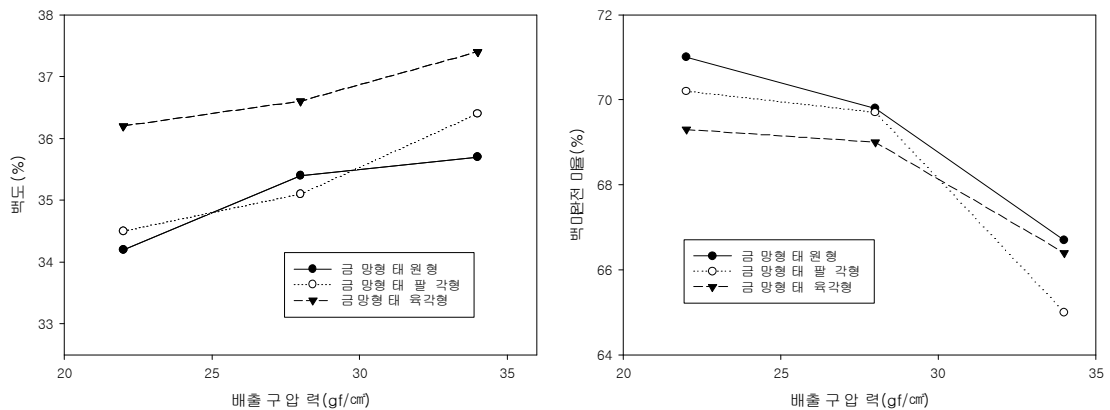


그림 90 배출구압력과 금망형태에 따른 백도 및 백미완전미율 변화

그림 91은 배출구압력과 엠보싱두께에 따른 백도 및 백미완전미율 변화를 나타낸 것으로서 배출구압력에 따라 백도는 증가하고, 백미완전미율은 감소하는 경향이나, 엠보싱두께는 1.0 mm일때가 양호한 것으로 나타났다.

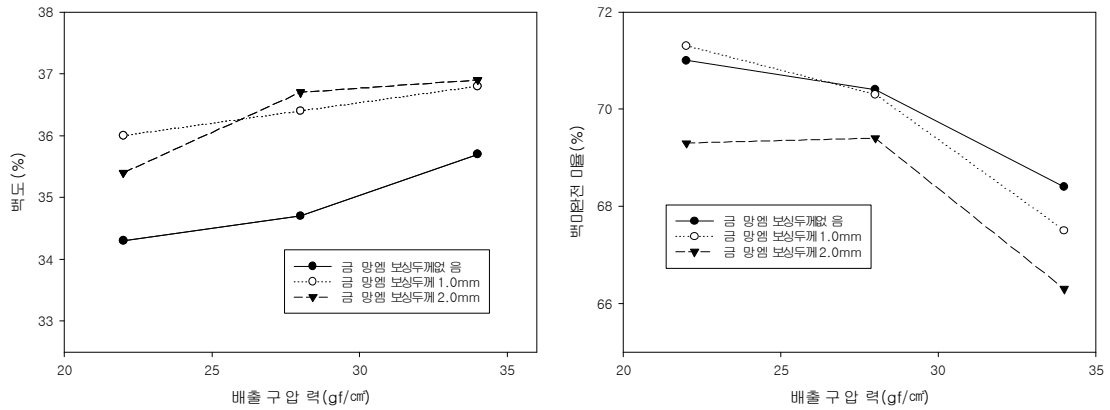


그림 91 배출구압력과 엠보싱두께에 따른 백도 및 백미완전미율 변화

그림 92는 배출구압력과 엠보싱줄수에 따른 백도 및 백미완전미율 변화를 나타낸 것으로서 배출구압력에 따라 백도는 증가하고, 백미완전미율은 감소하는 경향이거나, 엠보싱줄수는 6줄일때가 양호한 것으로 나타났다.

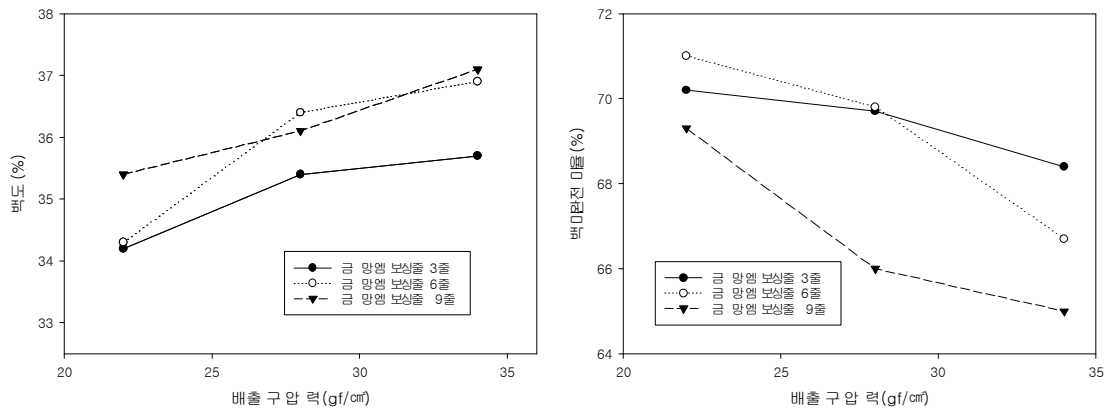


그림 92 배출구압력과 엠보싱줄수에 따른 백도 및 백미완전미율 변화

그림 93은 배출구압력과 금망슬롯폭에 따른 백도 및 백미완전미율 변화를 나타낸 것으로서 배출구압력에 따라 백도는 증가하고, 백미완전미율은 감소하는 경향이거나, 금망슬롯폭은 1.1 mm일때가 양호한 것으로 나타났다.

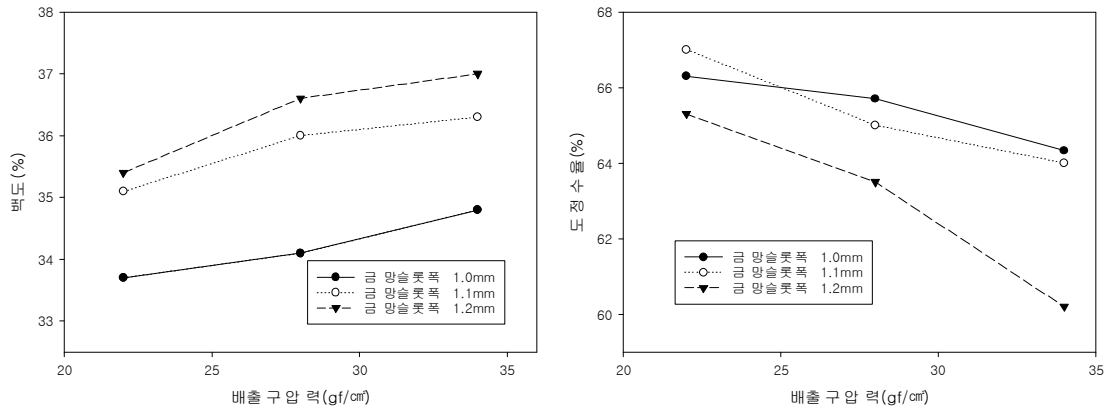


그림 93 배출구압력과 금강사, 금강사, 금강사에 따른 백도 및 백미완전미율 변화

3. 정미부 설계 및 제작

가. 연삭식 정미기

수평 연삭식 정미기는 공급 스크루, 금강사 롤러, 원통형 다공 금망, 정백실의 압력을 조절하는 출구 저항장치, 정미의 출구, 쌀겨의 출구 등으로 이루어져 있다. 금강사 롤러와 금망 사이의 공간을 정백실이라고 한다.

연삭식 정미기에서의 정백은 곡물이 정백실을 통과하는 동안 금강사의 절삭작용에 의해 이루어진다. 그러므로 정백 정도는 곡물이 정백실에서 체류하는 시간에 비례하게 된다. 곡물의 정백실 체류시간은 출구 저항 장치에 의해 조절되며, 절삭되어 분리된 쌀겨는 금망의 구멍을 통해 배출된다.

연삭식 정미기에서는 마찰식 정미기에 비해 훨씬 낮은 압력하에서 절삭작용에 의해 정백이 이루어지기 때문에 정백 과정 시 쉐미의 발생은 적으나 백미의 표면이 거칠게 되는 정백 특성을 가진다.

본 연구에 적용한 방식은 수평 연삭식 정미기로서, 고속으로 회전하는 금강사 롤러로 쌀의 표면을 깎아 도정하는 방식을 말한다. 연삭식 정미기의 특성은 현미의 표피연삭은 물론 호분층의 연삭이 가능하고, 주조미와 같은 전분층의 연삭 등 마찰계수가 작은 쌀의 경우에도 도정이 가능한 장점이 있다. 또한 강도가 약하고 저함수율인 쌀을 정백할 경우 싸라기 발생이 적으며 도정효율이 높다. 이것은 연삭식 도정이 쌀에 강한 압력을 가하지 않고 강층을 깎기 때문에 강도가 약한 쌀이라도 충분히 그 강도의 한계 내에서 정백작용을 진행할 수 있기 때문이다.

작동은 원료가 공급 스크류에 의하여 금강사롤러와 금망 사이를 통과하는 동안

회전하는 금강사 롤러에 의하여 곡물의 표면이 연삭되며, 연삭된 쌀겨는 금망의 구멍을 통하여 밖으로 배출되어 사이클론으로 흡입되도록 하였다. 이 때 곡물의 정백 정도는 곡물이 정백실 내에 머무르는 시간에 비례하며, 머무르는 시간을 조절하여 정백 시 압력을 조절하도록 하였으며 출구저항조절장치(분동)에 의하여 조절되도록 하였다.

다음 그림 94, 95에는 연삭식 정미기에서 가장 중요한 금망의 도면과 제작된 모습을 나타내었다.

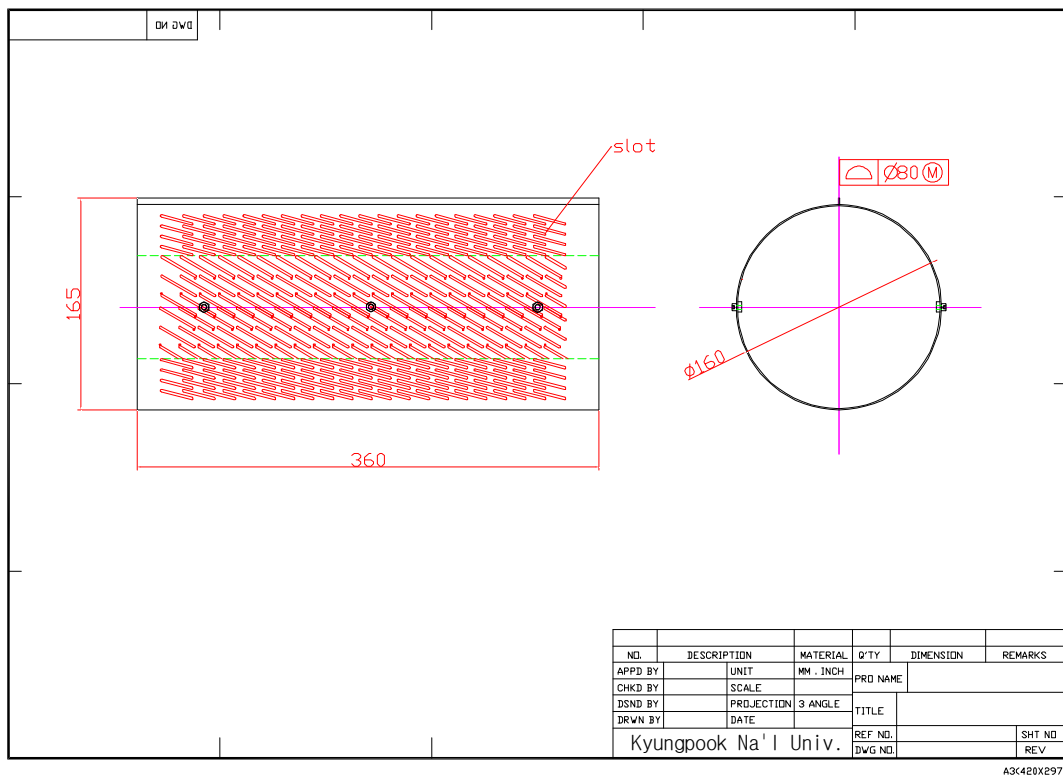


그림 94 연삭부 금망



그림 95 연삭부 금망

연삭식 정미기에 사용되는 금강사롤러는 탄화규소(SiC), 알루미나(Al_2O_3)에 점토, 장석류의 분말 및 결합제 등을 혼합하여 $1300\sim 1400^\circ\text{C}$ 정도에서 소성하여 제작하였으며, 표면의 입도는 길이 25.4mm 내에 들어갈 수 있는 입자의 개수를 번호로 표시하여 나타내는데, 시작기는 36번을 사용하였다. 금망과 롤러 사이의 간격은 10mm 정도로 설계하였다.

다음 그림 96, 97에 금강사롤러의 도면과 그 모습을 나타내었다.

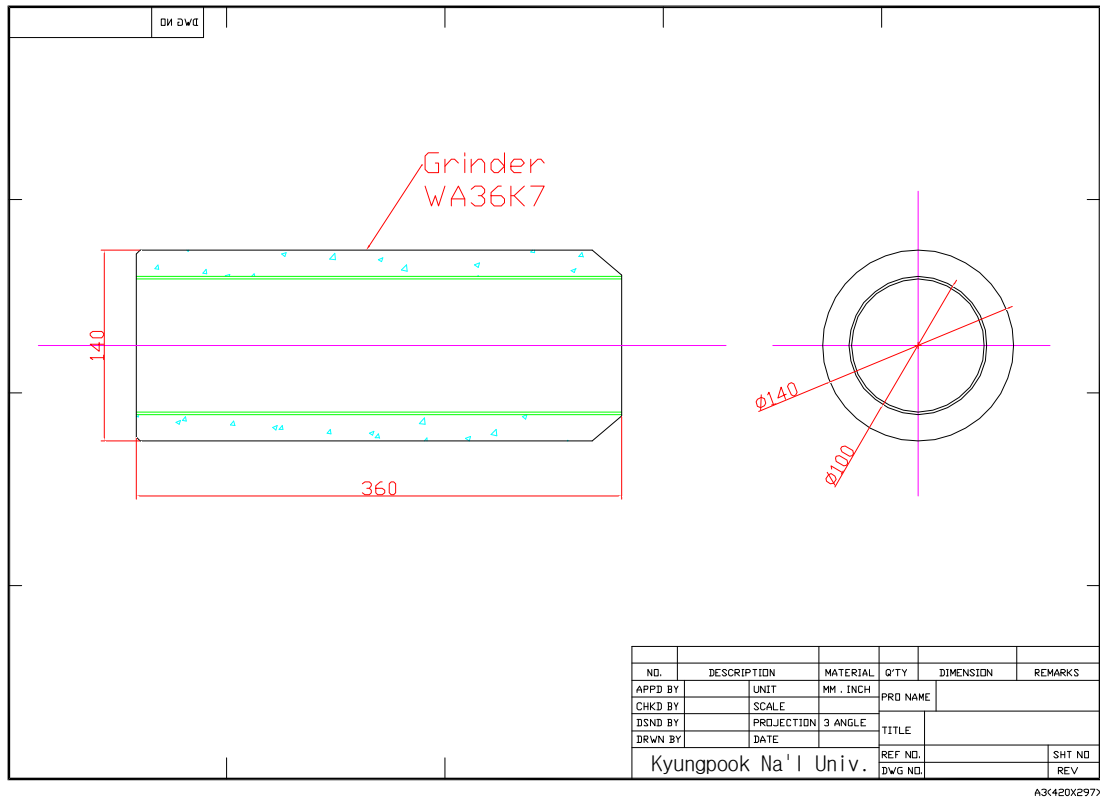


그림 96 금강사롤러

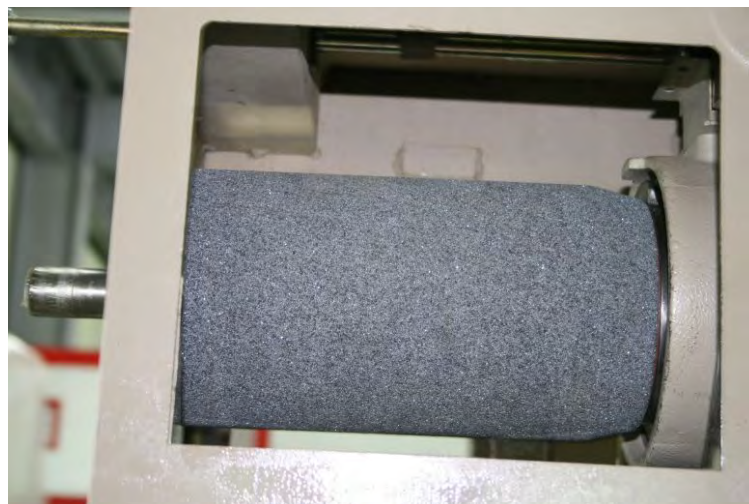
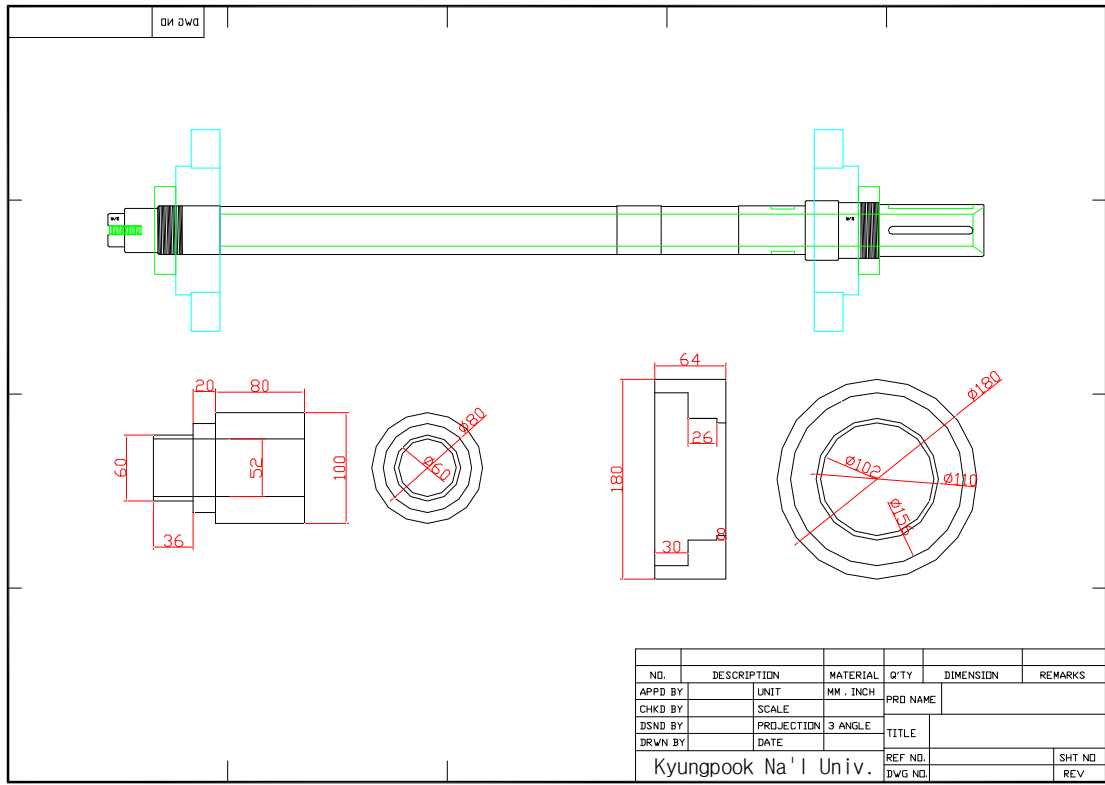


그림 97 제작된 금강사 롤러

금강사 롤러에 회전력을 전달하기 위한 주축은 다음 그림 98에 그 도면을 나타내었으며, 그림 99은 주축을 CNC 선반에서 작업하고 있는 모습과 함께, 그림 100에는 완성된 주축의 모습을 나타내었다.



A3(420X297)

그림 98 연삭부 주축

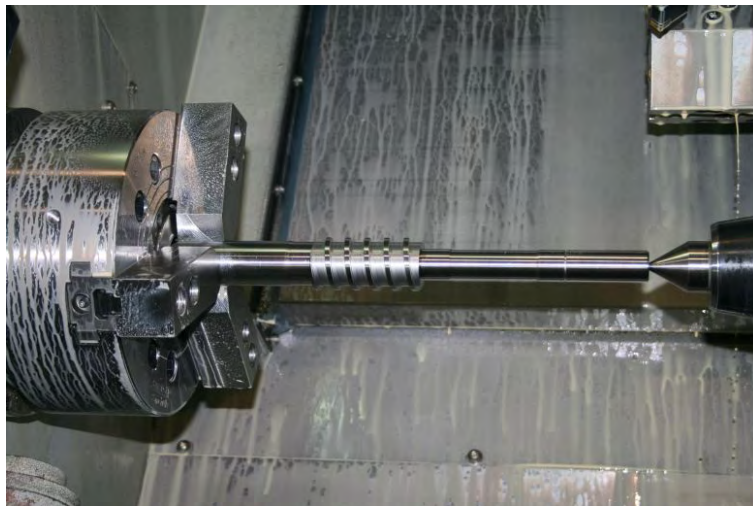


그림 99 제작중인 주축



그림 100 연삭부 주축

승강기를 통하여 상부의 현미기 반입 호퍼에 저장된 현미는 연삭식 정미기의 금강사 롤러와 스크린 사이로 투입하기 위한 투입구가 필요하다. 그림 101은 연삭식 정미기로 투입하기 위한 투입구의 가공하기 전인 주물제품의 모습을 나타내었다.

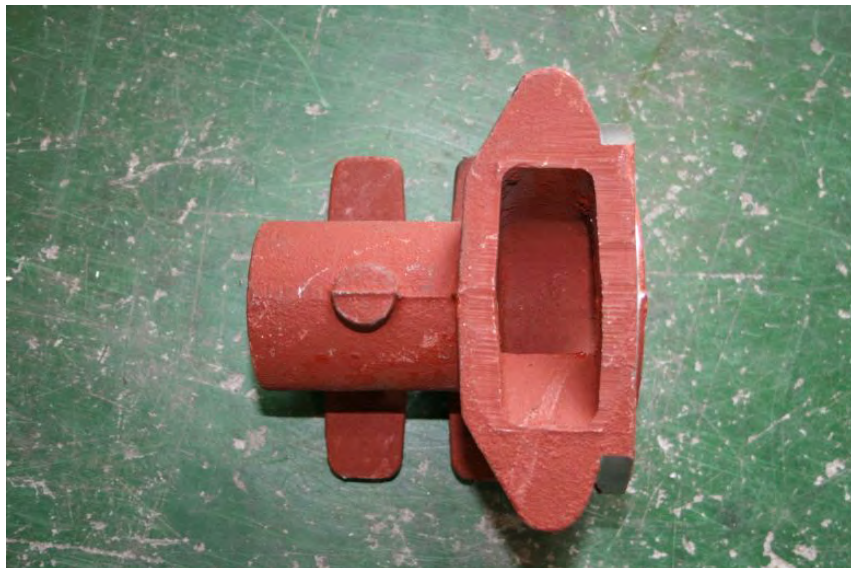


그림 101 가공전 투입구

그리고 그림 101의 주물제 투입구를 밀링 및 드릴링 가공을 통하여 면을 가공하고, 체결을 위한 볼트 자리 등을 가공하여야 하며, 다음 그림 102은 밀링 가공을 위하여 JIG에 체결한 모습을 나타내었다.



그림 102 투입구 가공

호퍼에 저장된 현미가 금강사롤러와 스크린 사이를 통과하면서, 1차로 미강층을 분리하고 난 후, 다음 공정인 마찰식 정미기로 향하기 위한 배출구를 다음 그림 103에 나타내었다.



그림 103 배출구

제작된 금강사 롤러와 금망, 주축 등을 이용하여 연삭식 정미기를 제작하였으며, 다음 그림 104, 105에 제작이 완료되어 상부에 반입 호퍼를 장착한 연삭식 정미기의 모습을 나타내었다. 그리고 연삭식 정미기의 압력을 조절하기 위한 분동의 모습도 그림 내에서 확인할 수 있다.



그림 104 연삭식 정미기



그림 105 연삭식 정미기 측면

나. 마찰식 정미기

찰리작용과 마찰작용을 이용한 정미기를 마찰식 정미기라고 한다.

마찰식 정미기에서 정백에 형성되는 압력은 정백작용에 가장 크게 영향을 미치는 요인이며, 정백에 필요한 최소의 압력은 다른 유형의 정미기에 비해 가장 높기 때문에 단위 생산량당 동력소모량이 많을 뿐만 아니라 정백실 내에 많은 열이 발생한다.

이와 같이 정백실에서의 높은 압력은 곡립의 길이가 길고 압력에 약한 품종의 곡립을 정백할 경우 많은 쇄미를 발생하게 하기 때문에, 적절한 공급 롤러와 금망을 장립중에 적합하도록 설계·제작하였다.

그림 106에 마찰식 정미부에서 스크류와 금망의 조립도를 나타내었다. 정백롤러와 금망 사이의 공간을 정백실이라 하고, 정백실의 단면도는 그림 106에서 주축을 삽입한 것과 같으며, 금망은 육각형으로 설계하였으며, 직사각형 형태의 작은 구멍(slot)이 뚫려 있다.

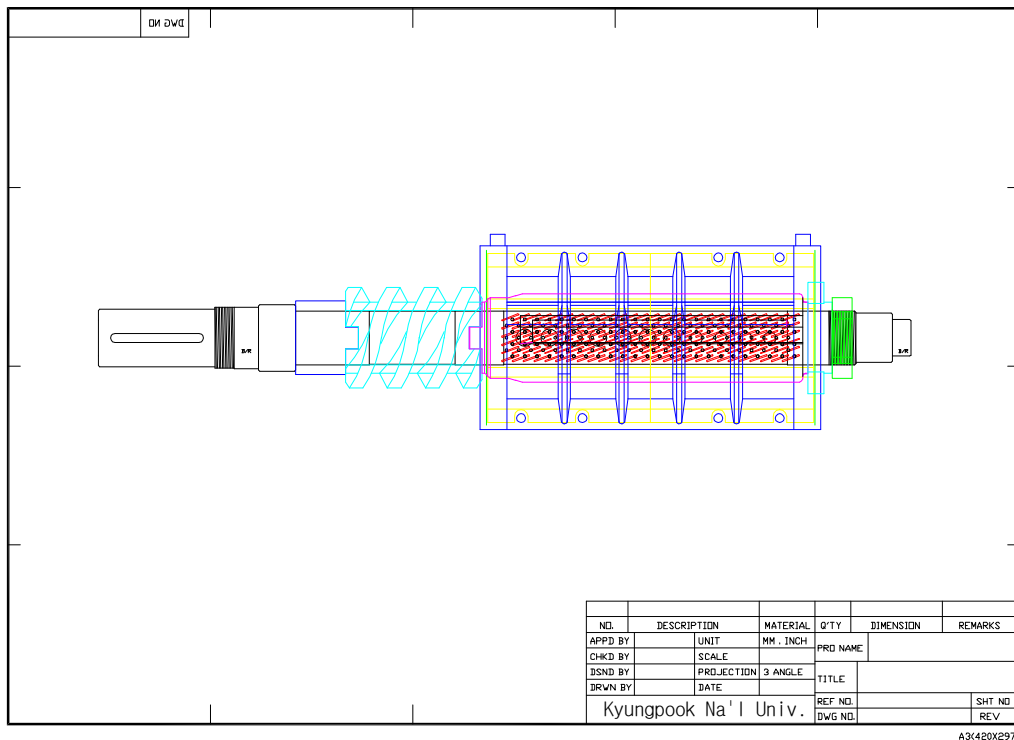


그림 106 마찰식 정미부 조립도

그림 107~110은 금망의 제작을 위한 도면과 제작된 금망 및 금망하우징의 조합을 나타내고 있다.

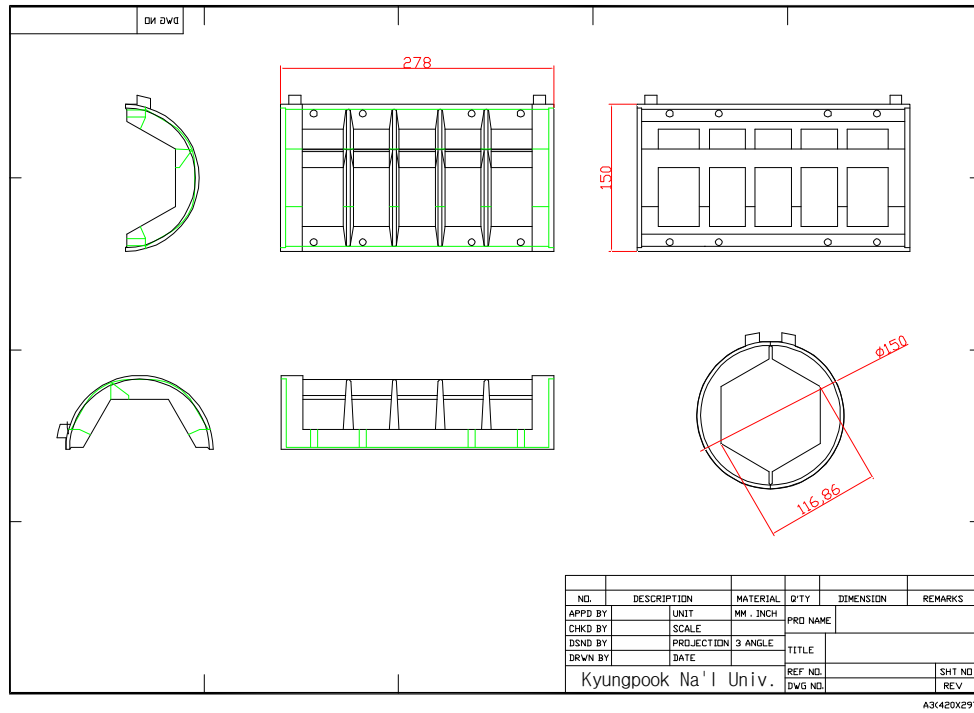


그림 107 금망(스크린) 하우징

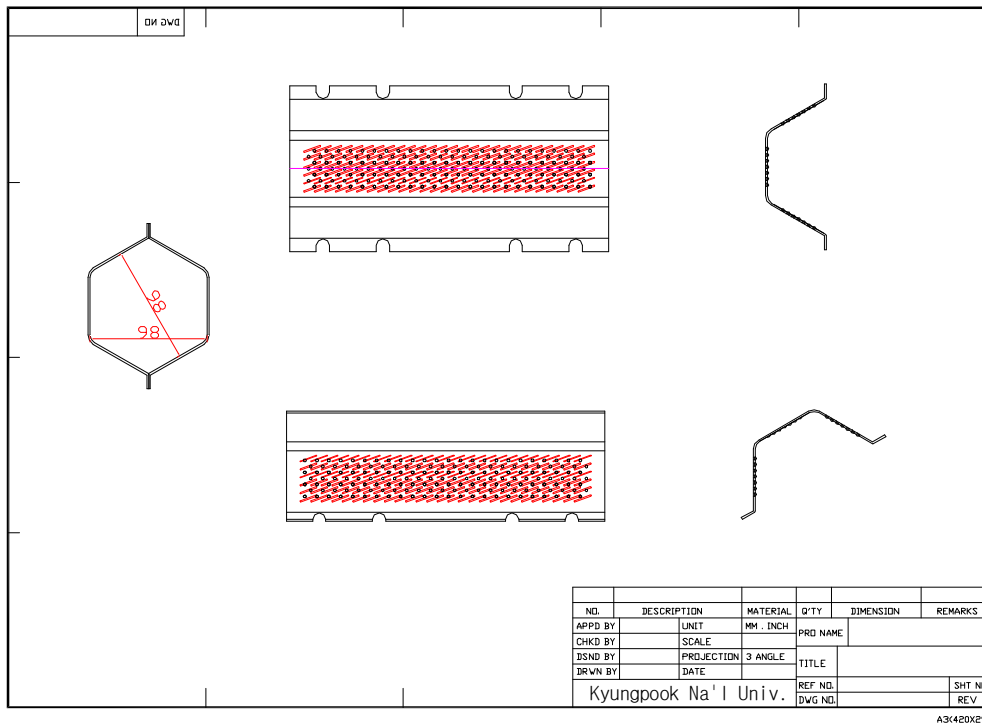


그림 108 금망(스크린)

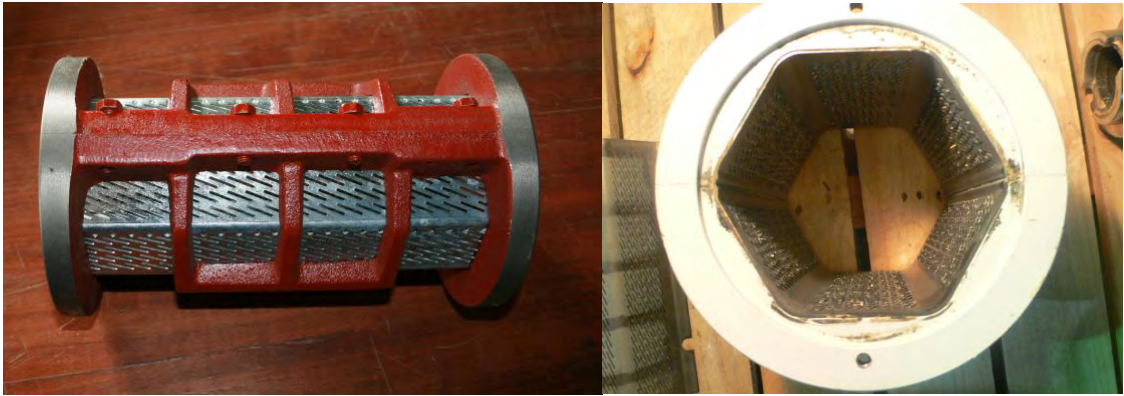


그림 109 금망조합



그림 110 금망 및 금망하우징

그림 111은 금망을 제작하기 위한 3D 모델링과 제작된 금망의 형상을 나타낸 것으로서, 금망의 강도와 수율을 높이기 위해서는 정밀하게 제작이 되어야 한다. 그림 112의 타공금형, 그림 113의 엠보싱금형, 그림 114의 벤딩금형을 제작하였으며, 이를 이용하여 정밀한 금망을 제작하였다.

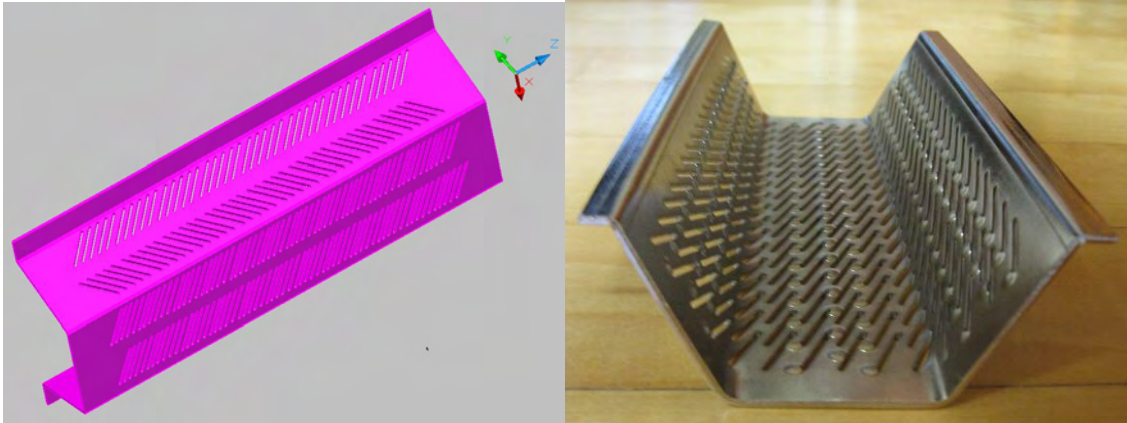


그림 111 금망(screen) 형상



그림 112 타공금형



그림 113 엠보싱 금형



그림 114 벤딩 금형

마찰식 정미기의 정백 특성은 정백압력에 큰 영향을 받고, 주속도 또한 정백실의 구조 및 현미의 조건에 따라서 최적 주속도가 필요하다. 주속도를 느리게 하면 마찰력을 크게 하기 위하여 정백압력을 높여야 하므로 싸라기율과 정백효율은 증가하는 것으로 보고되어 있다. 따라서 정백롤러의 주속도는 250m/min 내외가 되도록 설계하였다.

또한, 정백롤러는 중공 형태로 설계하여, 정백롤러에 흡입된 기류는 정백롤러의 분출구로 분출되어 정백실인 롤러와 금망 상이에 가공되고 있는 곡물에 혼입되면서 냉각시키므로 곡은 상승방지와 동시에 미립의 마찰면에서 쌀과 쌀겨를 분리하는 작용을 할 수 있도록 설계하였다.

그림 115~118은 설계 및 제작된 주축, 공급롤러, 정백롤러를 나타내고 있다.

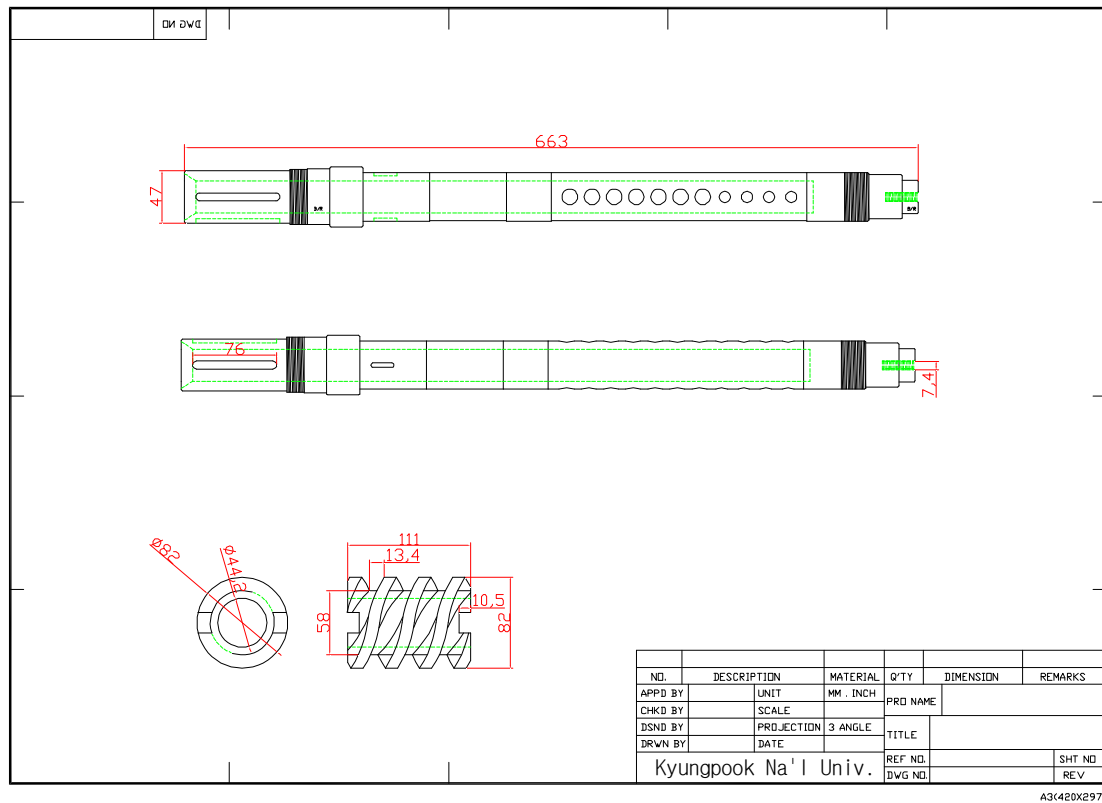
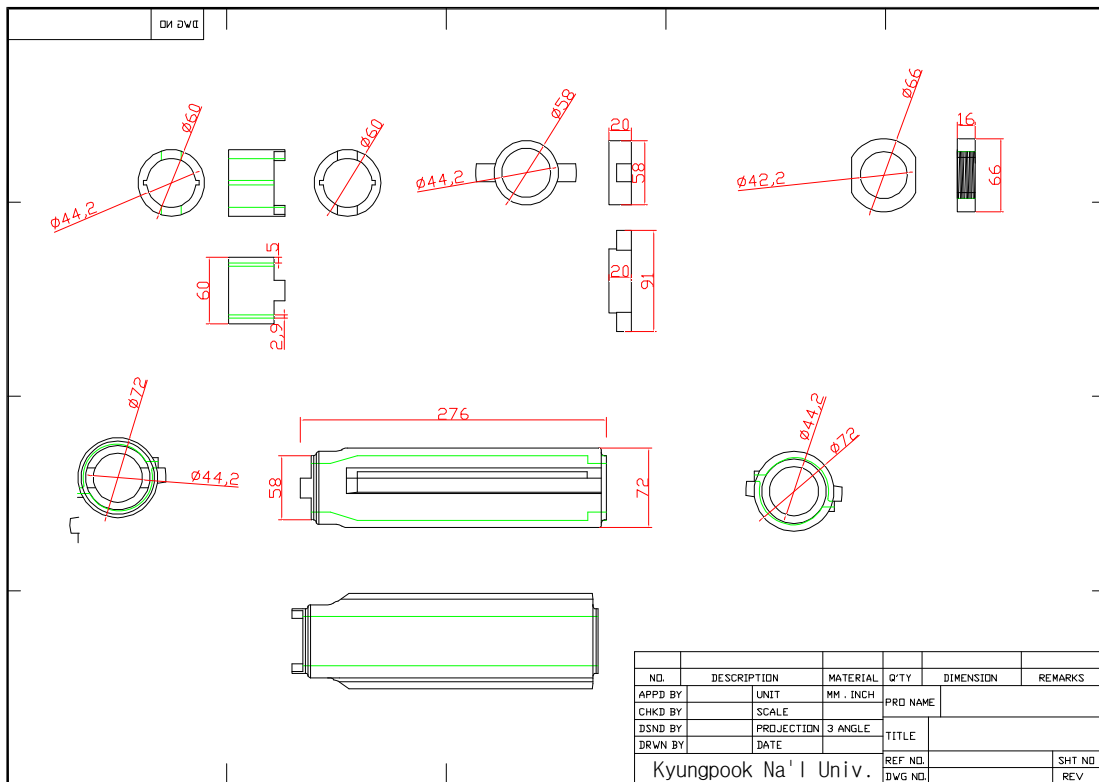


그림 115 주축 및 공급롤러



그림 116 주축



A3(420X297)

그림 117 정백롤러



그림 118 정백롤러 및 공급스크류

그림 119는 연삭식과 마찰식 정미부의 제작을 위한 목형과 주형을 나타내고 있다. 주물로 제작하여 CNC 등 가공 과정을 거쳐야하는 부품들로서, 위에서부터 정미 스크류와 투입구 등의 제작 과정을 나타내었다.

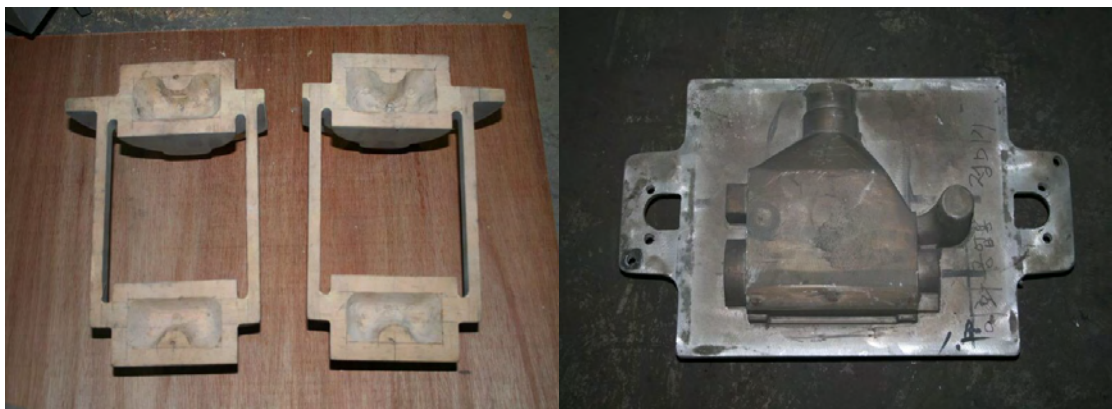
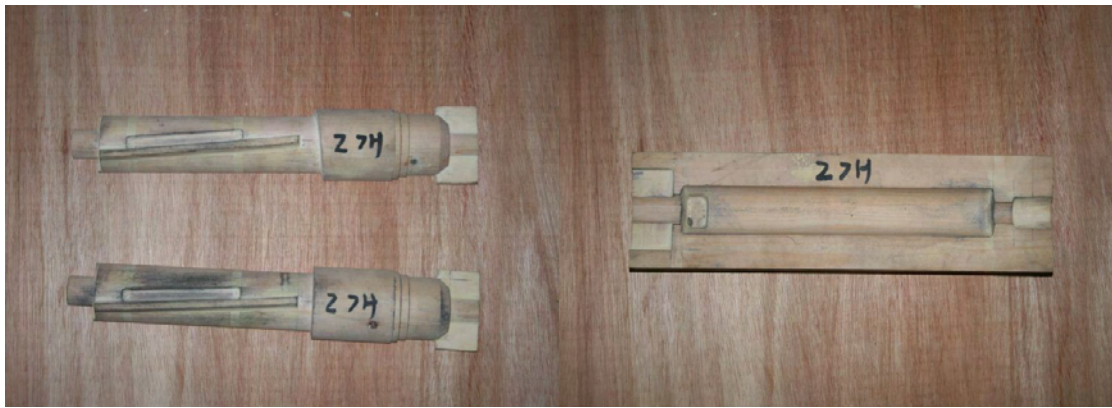


그림 119 정미부의 목형 및 주형

제작된 주축, 정백 롤러 및 금망 등 마찰식 정미기의 주요 부품들을 이용하여 정미부를 제작하였으며, 장착된 금망의 모습을 그림 120에 나타내었다.



그림 120 장착된 금망

그리고 기타 부품들을 완성하여 마찰식 정미부를 제작하였으며, 상부의 연삭식 정미기로부터 1차 정미된 쌀이 바로 투입되도록 하였으며, 그림 121, 122에 그 정면과 측면의 모습을 나타내었다.



그림 121 마찰식 정미기 측면



그림 122 마찰식 정미기 정면

다. 선별기

수확, 탈곡된 곡물 내에는 주종곡물을 비롯하여 이종곡물, 잡초씨, 줄기, 잎사귀, 지경부착립 등과 같은 유기물뿐 만 아니라 모래 · 돌가루 · 흙덩어리 등과 같은 무기물들이 포함되어 있으며, 주종곡물 내에도 미숙립 · 썬립 · 손상립 · 발아립 등과 같이 불건전한 곡립들이 포함되어 있다. 이와 같은 이물질들과 불건전립들은 곡물의 상품가치를 저하시킬 뿐만 아니라 건조 · 가공 · 처리 등과 같은 후속공정의 효율을 저하시키거나 가공기계를 손상시킴과 동시에 환경을 오염시키기 때문에 이들 이물질과 불건전립들을 제거할 필요가 있다.

선별기는 임펠러의 분풍에 의하여 기류를 형성하고 그 기류에 의하여 선별판을 따라 현미와 불건전한 곡물이 선별되는 구조로 제작하였으며, 그 모습을 그림 123에 나타내었다.

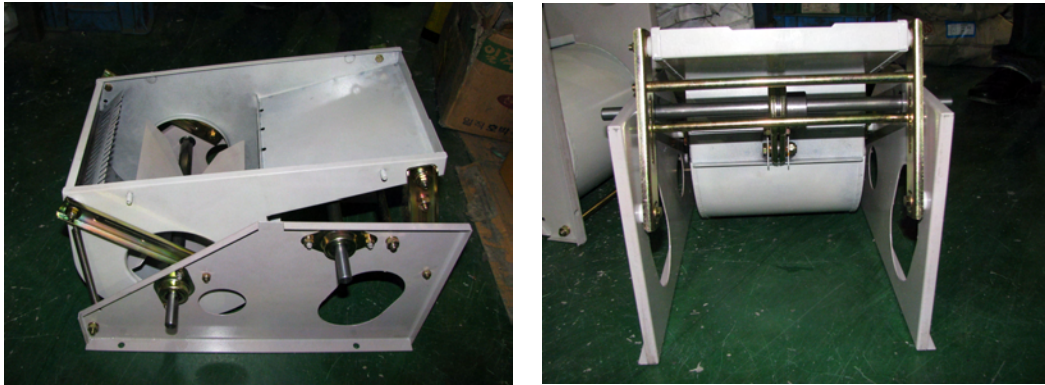


그림 123 선별기 제작

선별판의 메쉬는 사전 실험에서 얻어진 국내산 장립종 IR 36의 기하학적 특징을 이용하여 그 크기를 결정하였으며, 4.4×2mm로 선별 홈의 폭과 높이를 결정하였으며, 전체 385×430mm 크기로서 SB41 1.6T 재질로 타공하여 제작하였다.

그림 124에 선별기의 분리판이 조립된 모습을 나타내었으며, 그림 125에 도면을 나타내었다.

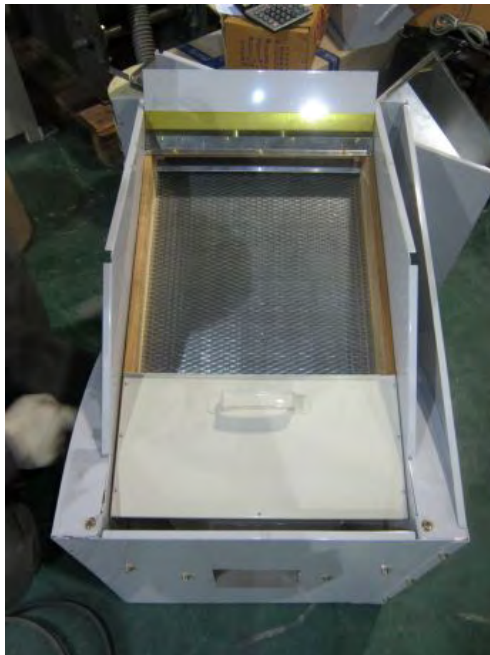


그림 124 선별 분리판

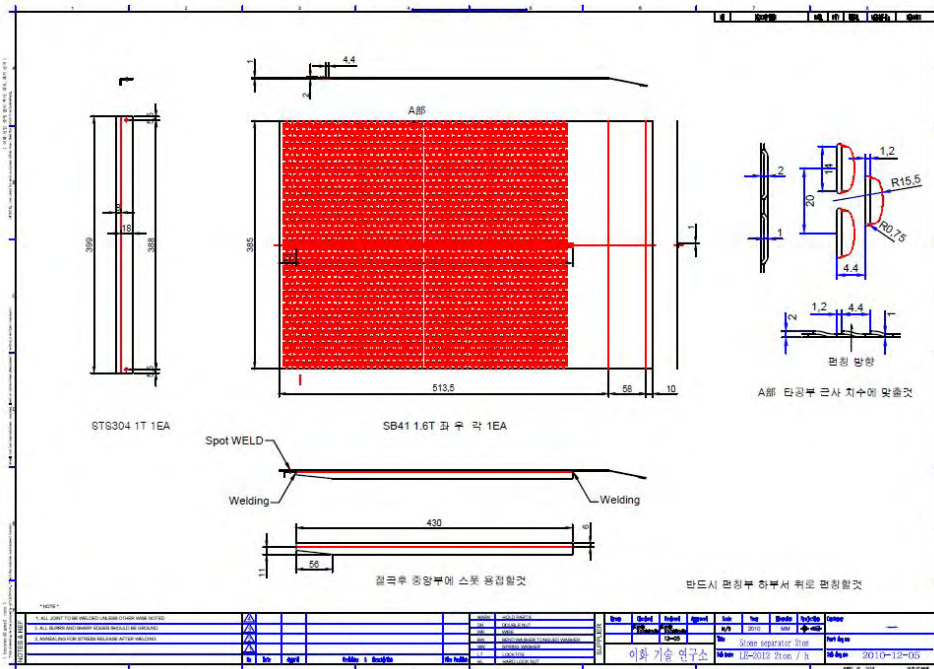


그림 125 선별 분리판 도면

그리고 선별 분리판을 삽입하기 위한 케이스를 별도로 제작하였으며, 그 도면을 그림 126에 나타내었다.

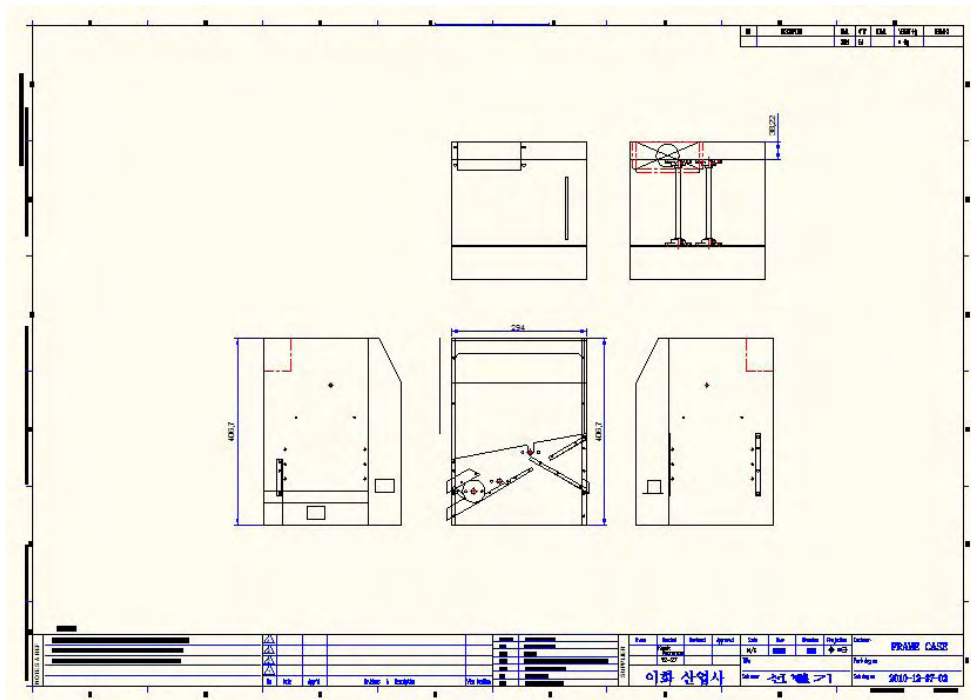


그림 126 선별기 케이스

상기 선별기 케이스 제작 도면에 따라 선별기를 레이저 절단, 절곡 및 홈 가공 등의 작업을 거쳐 선별기를 제작하였으며, 그 제작 과정을 그림 127, 128에 나타내었다.

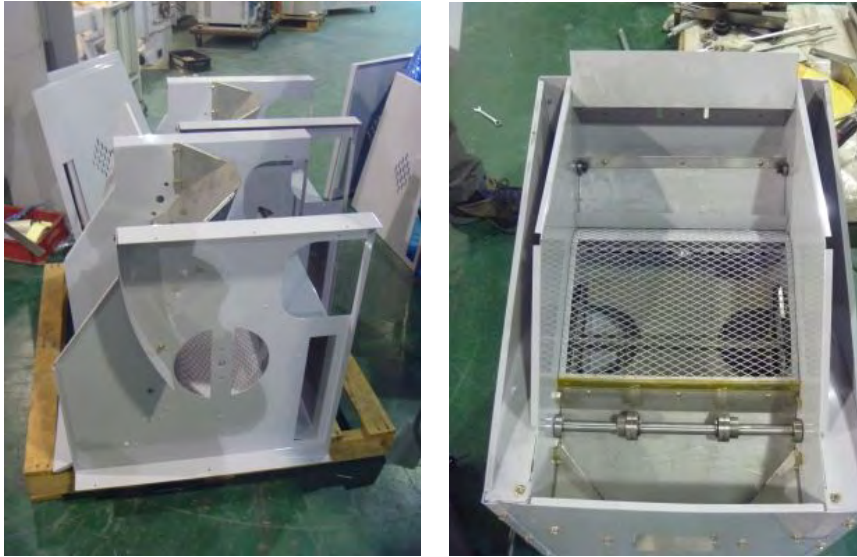


그림 127 선별기 제작 모습

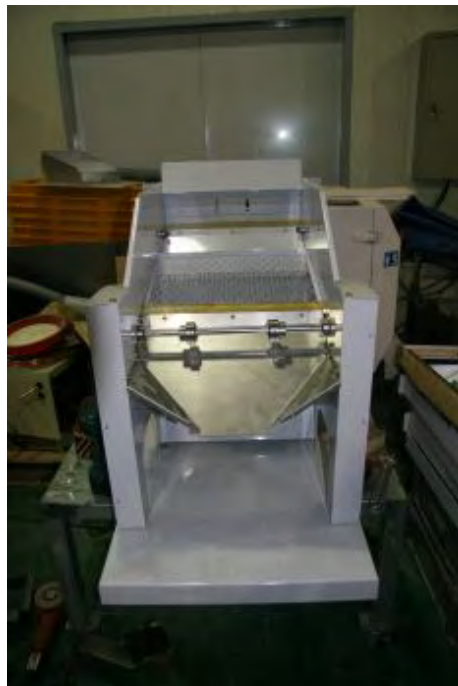


그림 128 선별기 내부

상기 제작된 임펠러, 분리판 및 케이스 등을 이용하여 선별기를 조립하였으며, 그림 129에 선별기 조립을 위한 조립도를 나타내었다.

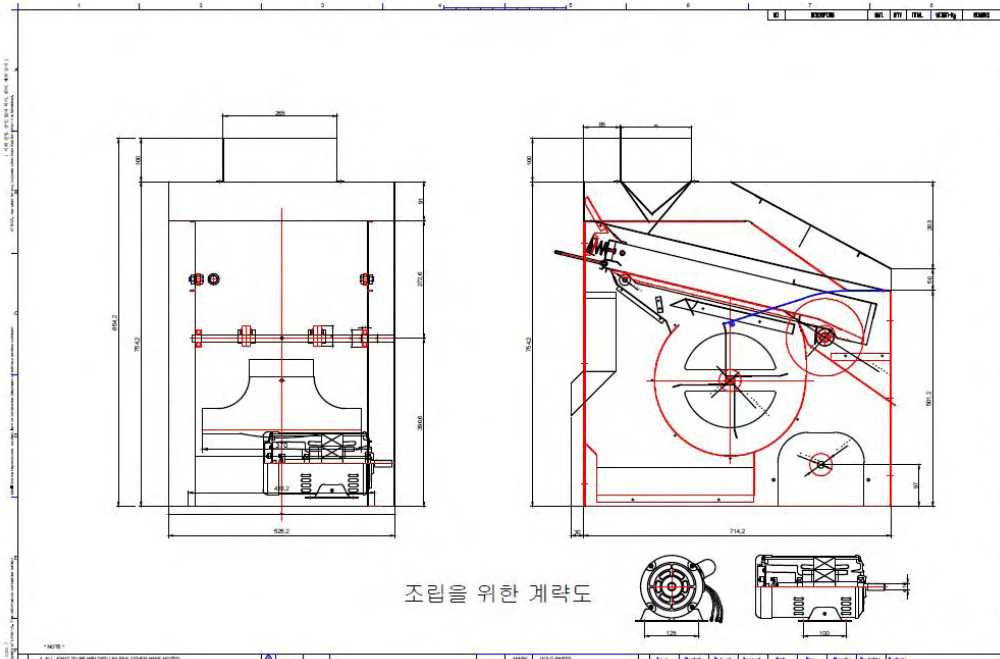


그림 129 선별기 조립도

다음 그림 130에 제작이 완료된 선별기를 나타내었으며, 전면의 모습과 프레임 내에 장착된 측면의 모습을 확인할 수 있다.



그림 130 선별기

4. 요약 및 결론

연삭식 정미기는 금강사 롤러와 롤러를 둘러싼 금망으로 현미를 투입하여 현미가 금강사 롤러와 연삭되어 미강층을 제거하도록 하였다.

연삭식 정미기에 사용되는 금강사롤러는 탄화규소(SiC), 알루미나(Al_2O_3)에 점토, 장석류의 분말 및 결합제 등을 혼합하여 1300~1400°C 정도에서 소성하여 제작하였으며, 표면의 입도는 길이 25.4mm 내에 들어갈 수 있는 입자의 개수를 번호로 표시하여 나타내는데, 36번을 사용하였다. 그리고 금망과 롤러 사이의 간격은 10mm 정도로 설계·제작하였다.

마찰식 정미기는 금망을 둘러싸고 있는 금망 하우징 내부에 공급 롤러와 정백 롤러가 위치하도록 설계하였다.

정백롤러는 중공 형태로 설계하여, 정백롤러에 흡입된 기류는 정백롤러의 분출구로 분출되어 정백실인 롤러와 금망 상이에 가공되고 있는 곡물에 혼입되면서 냉각시키므로 곡은 상승방지와 동시에 미립의 마찰면에서 쌀과 쌀겨를 분리하는 작용을 할 수 있도록 설계·제작하였다.

선별기는 임펠러의 분풍에 의하여 기류를 형성하고 그 기류에 의하여 선별판을 따라 현미와 불건전한 곡물이 선별되는 구조로 설계하였다.

선별판의 메쉬는 사전 실험에서 얻어진 국내산 장립종 IR 36의 기하학적 특징을 이용하여 그 크기를 결정하였으며, 4.4×2mm로 선별 홈의 폭과 높이를 결정하였으며, 전체 385×430mm 크기로서 SB41 1.6T 재질로 타공하여 제작하였다.

제5절 일체형 정미기의 반송기 및 프레임 개발

1. 서론

미곡종합처리장의 기본공정은 원료의 반입 → 선별 → 계량 → 품질검사 → 건조 → 저장 → 도정 → 제품출하 등으로 구성되며, 논에서 수확이 된 벼는 함수율이 20~24%(wb)가 되는데 반입 호퍼에 투입되고, 투입된 벼는 수평 컨베이어와 버킷엘리베이터 등 이송 수단에 의해 다음 공정으로 전달된다.

다음 공정으로 전달되는 과정에서 후공정으로의 과잉 공급을 방지하며, 초기 가동시 호퍼에 저장되어 있던 재료를 이용하여, 후공정의 작업이 바로 시작될 수 있는 역할을 수행하기도 한다.

따라서 현미부와 선별부, 정미부의 원활한 곡물 공급을 위하여 이송기를 설치하고자 하였으며, 현미 분리기에서 선별되는 벼+현미를 다시 현미 분리기로 되돌리기 위한 되돌림 이송기를 설계하고 제작하고자 하였다.

그리고 필요 단위 기기들을 일체로 고정시키고, 컨테이너에 적재가 편리한 프레임 크기를 확보하여 구조물을 제작하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 승강기

버킷 엘리베이터(bucket elevator)는 벨트 컨베이어(belt conveyer)와 체인 컨베이어(chain conveyer)를 특수하게 응용한 것으로서 무한궤도상의 벨트 또는 체인을 이용한 운반대에 많은 버킷을 달고 구동차에 의하여 움직이도록 되어 있으며, 곡립 등 입체를 수직 또는 60°정도 경사진 높은 곳까지 운반할 수 있다.

버킷 엘리베이터는 크게 재료의 반입부분 · 상승부분 및 배출부분으로 구분되는데, 운반 물체 중 발생하는 분진 등이 밖으로 누출되지 않게 잘 밀폐되어야 하며, 건물 밖에 설치될 경우 외기 기후에 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

버킷은 100mm×65mm×50mm 크기로 제작하였으며, 하나의 버킷 용량은 약 300ml의 크기이다. 그리고 벨트는 80mm 폭을 가진 일반용 벨트를 사용하였다. 제작된 버킷 및 벨트에 조립된 버킷의 형상을 그림 131에 나타내었다.

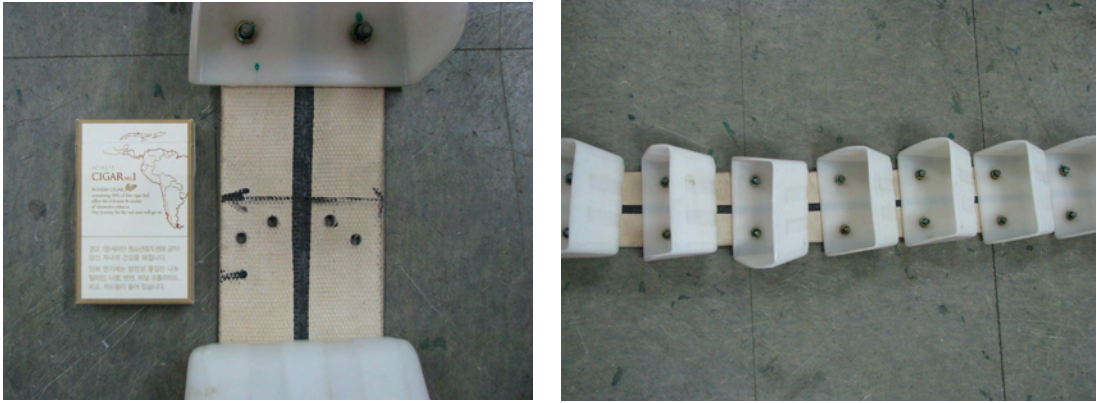


그림 131 제작된 버킷 및 벨트의 모습

다음 그림 132에 승강기의 제작을 위한 도면을 나타내었으며, 그림 133에 제작된 승강기의 모습을 나타내었다.

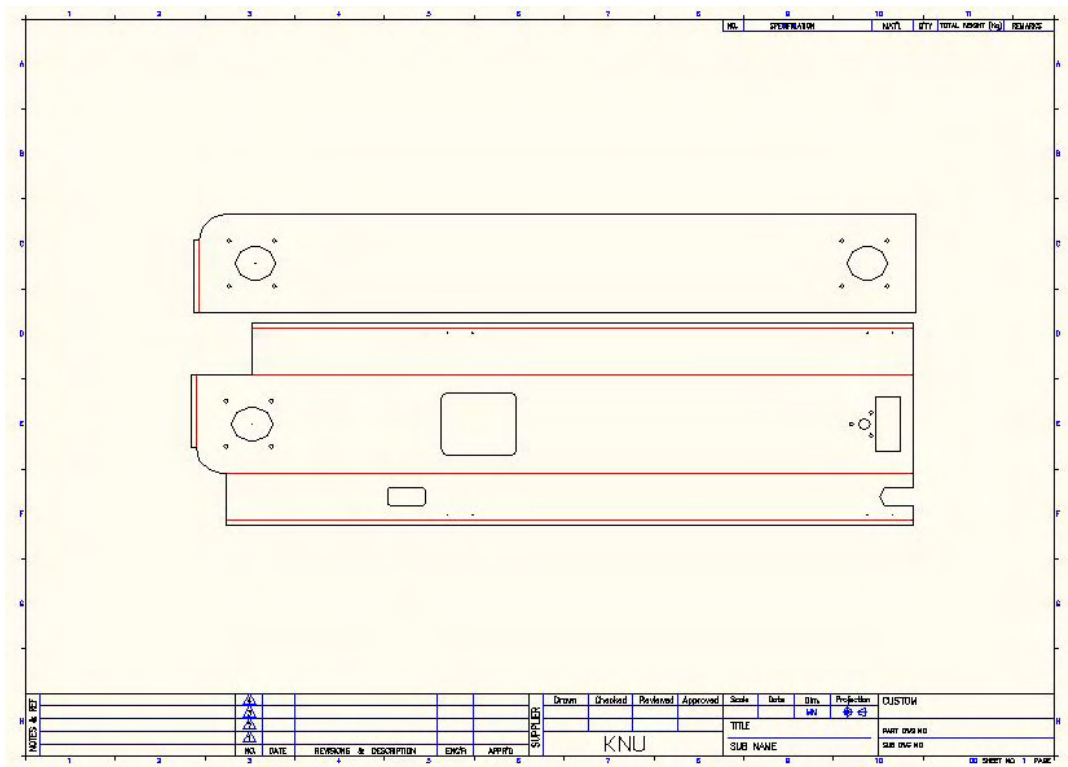


그림 132 승강기 도면



그림 133 승강기

나. 반입호퍼

반입 호퍼는 1.6T 재질로 제작을 하였으며, □800mm, 높이 500mm 크기로 제작하였다. 아래 그림 134에 도면을 나타내었으며, 그림 135에 제작한 모습을 나타내었다.

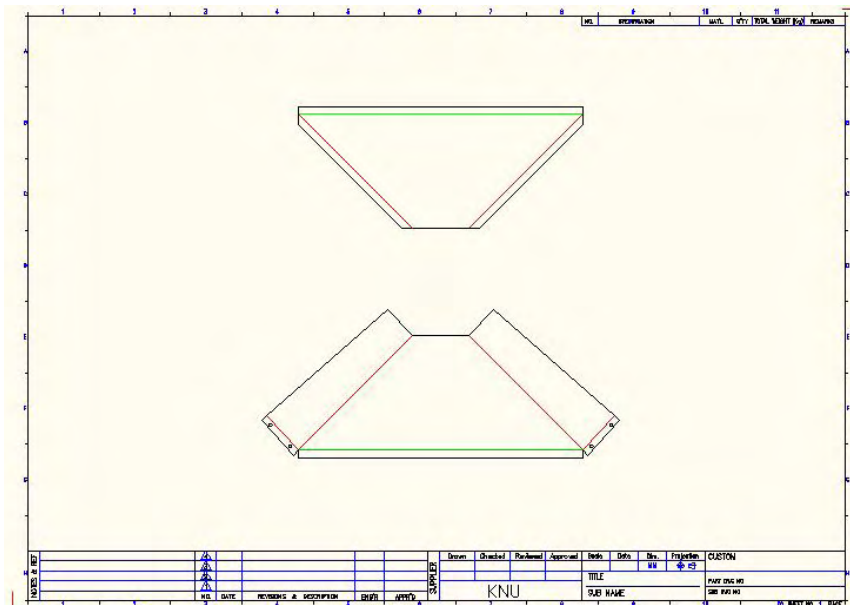


그림 134 반입 호퍼 가공도면

경사각은 65°로 설계 및 제작하여 원활한 비의 투입이 이루어지도록 하였다.

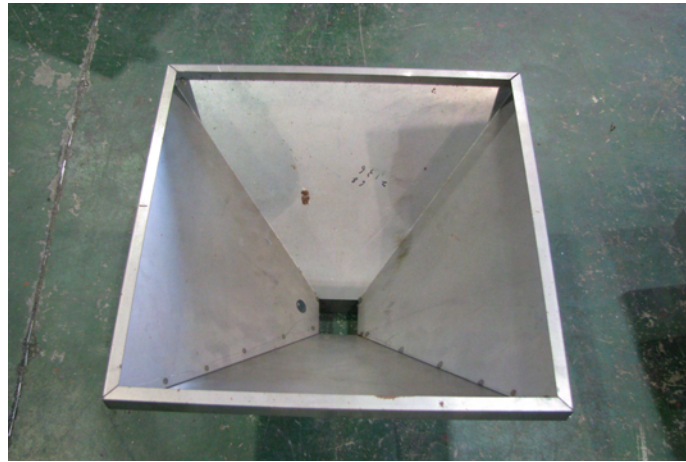


그림 135 반입 호퍼

그림 136에는 반입 호퍼와 현미기 호퍼와의 크기 차이를 확인하기 위한 사진으로서, 높이와 가로×세로 길이의 차이를 확인할 수 있다.

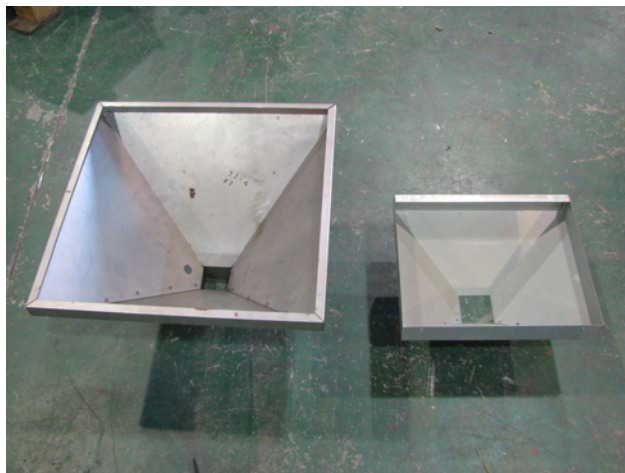


그림 136 현미기 호퍼와 비교 사진

그리고 초기 제작되었던 모델을 변경하여, 조립 시 한쪽 면을 프레임에 고정시키기 위하여 수직으로 수정하였으며, 컨테이너 내부에 입고할 때에는 분리하였다가, 현지에서 볼트와 너트로 간단하게 조립할 수 있도록 하였고, 전면에서 비를 포대 등으로 부을 경우에도 바로 승강기를 타고 현미기로 이송될 수 있도록 배치하였으며, 현미기와 현미분리기 사이의 프레임에 고정된 모습을 다음 그림 137에서 확인할 수 있다.



그림 137 부착된 반입호퍼

다. 프레임

본 연구의 목적인 동남아 및 아프리카 등지의 장립종 벼를 도정하는 소규모 도정업자들에게 수출할 목적으로 개발한 일체형 소형 도정기는 “벼의 반입 → 조선 → 현미 → 현미분리 → 선별 → 석발 → 정미 → 등급 → 배출”의 공정을 하나의 프레임에 고정시켜야 하며, 그 고정 프레임은 수출을 위한 컨테이너에 적재하기 용이한 크기를 가져야 한다.

표 30 컨테이너 규격 (ISO 기준)

구분(ft)	길이(m)	폭(m)	높이(m)
10'	3.048	2.438	2.62
20'	6.096	2.438	2.62
40'	12.192	2.438	2.62
45'	13.716	2.438	2.62

상기 표 30은 ISO 규격의 화물 컨테이너 규격을 나타낸 것으로서, 길이는 크게 문제 삼지 않았으며, 폭과 높이를 신중하게 고려하여 프레임을 설계하고 제작하였



그림 140 프레임

3. 결과 및 고찰

승강기는 원심배출형 버킷의 형식을 사용하였으며, 버킷은 300ml 용량을 가진 형태를 사용하였다. 사용된 버킷은 1.5Ton/hr 정도 성능의 소형 플랜트에서도 사용되는 형태로서, 시간당 1Ton 이하의 성능을 요구하는 본 개발에서는 무난히 뒷공정으로 버 및 현미의 배송을 수행할 수 있으며, 프레임 및 각 부 기기 호퍼의 높이에 맞추어 별도로 설계 및 제작하였다.

반입 호퍼는 20kg 정도의 버를 장입할 수 있는 크기로서, 톤백을 사용할 경우 투입에 주의해야할 필요가 있으나, 동남아 등지의 생산 현지에서는 톤백을 많이 사용하지 않고, 너무 크게 제작할 경우, 컨테이너 내부에 적재하는 배송의 문제가 발생할 수 있으므로, 비교적 현지 사정에 적합한 크기로 제작하였다. 그리고 호퍼의 경사각은 65°로 하여 원활한 승강기로의 투입이 이루어지도록 하였으며, 상부에 설치할 경우, 포대 등을 어깨에 메고 사다리 등을 이용하여 상부로 올라가야하는 번거로움이 발생하므로, 기기 전면의 하부에 설치하였으며, 그로인하여 반입 호퍼가 전면으로 돌출되는 형태가 되어, 현지에서 설치할 때 별도로 조립할 수 있도록 볼트와 너트를 이용하여 간단히 체결할 수 있도록 하였다.

프레임 설계 및 제작에 있어서, 폭 1,800mm × 높이 2,150mm × 길이 900mm 로 설계하였으며, 규격 컨테이너와 비교하여, 폭은 638mm, 높이는 470mm 작게 설계하

였다. 길이는 900mm로 설계하여 여러 세트를 한 번에 컨테이너에 적재하는데 별다른 무리가 없도록 설계 및 제작하였으며, 40' 컨테이너의 경우 길이가 12m 이상으로 완전 밀착하여 적재할 경우, 최대 12세트를 한 컨테이너에 적재할 수 있을 것으로 판단된다.

제6절 시작기 조립

1. 서론

본 연구는 수출을 목적으로 “벼의 반입 → 조선 → 현미 → 현미분리 → 선별 → 석발 → 정미 → 등급 → 배출”의 공정을 거치는 시간당 500kg 생산 용량을 가진 일체형 소형 도정기의 개발하고자 하였다. 현재 시판중인 단품 기계로 생산 가능한 능력은 250kg/hr 정도로서, 그러한 기기들은 현지에서 조립 및 판매중인 일본산 브랜드의 저가 모델들이 존재하고 있으며, 시간당 1Ton/hr 이상의 기존의 방식은 개별 도정 기기들을 현지에서 조합하여 설치 및 용접 등의 공정을 거쳐 가동해야 하는 번거로움이 있었다.

영세한 도정기계 업체들의 경우, 설치가 가능한 직원들이 현지에까지 파견되어 작업을 해야 하는 번거로움과 A/S 등의 문제가 발생하였을 경우, 체제비용 및 인건비 등으로 인하여 채산성이 맞지 않는 등의 문제가 소형 플랜트를 동남아 등지에서 수주를 받아 설치할 경우 다수 발생하는 사례가 적지 않았다.

따라서 수출용 컨테이너에 적재가 용이한 형태로 기존의 도정 기기들을 조합하고자 하였으며, 그러한 기기들이 하나의 프레임에 장착되어 호퍼 장착 및 벨트 설치 등의 간단한 작업들의 수행만으로 가동이 가능한 형태의 수출형 도정기를 설계 및 제작하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

5절 프레임 부분에서 전술한 바와 같이, 폭 1,800mm × 높이 2,150mm × 길이 900mm의 크기로 프레임을 제작하였다. 제작한 프레임에는 현미기, 왕겨풍구, 현미분리기, 선별기, 연삭식 정미기, 마찰식 정미기, 승강기 및 동력 모터를 설치하였다.

그리고 전면에 반입 호퍼를 설치하여, 벼를 투입할 수 있도록 하였으며, 1열의 상부에는 현미 호퍼를 설치하여 현미기로 투입되는 벼의 양을 적절히 조절할 수 있도록 하였으며, 현미기 하부에는 왕겨를 제거하기 위한 왕겨 풍구를 설치하였다.

2열의 상부에는 현미 분리 호퍼를 설치하여 현미분리기로 투입되는 양을 조절할 수 있도록 하였고, 현미와 벼를 분리하기 위한 현미분리기와 그 아래에는 선별기를 설치하였다. 현미분리기에서 배출되는 현미와 벼는 승강기를 이용하여 다음 공정인 선별기 및 현미기로 되돌아가도록 하였다.

선별기에서 배출된 현미는 3열의 호퍼로 승강기를 통하여 이송되며, 그 아래에는

앞선 그림 143에는 프레임에 장착한 현미부와 연삭식 정미기 및 마찰식 정미기를 나타내었다.

좌측의 현미부에서는 상부의 현미 호퍼로 벼를 투입하고, 긴 레버 형식의 투입량 조절 바를 통하여 현미 롤러로 투입되는 벼 투입량을 조절할 수 있으며, 측면에 고무 롤러의 간격을 조절할 수 있는 핸들과 전면에 나타나 있는 상부의 롤러에 동력을 전달하여 회전력을 전달하는 두 풀리가 위치해 있고, 아래쪽에 왕겨 풍구의 입펠러를 회전시키기 위한 풀리가 위치해 있다.

우측의 정미부는 상부의 정미 호퍼를 위치시켜 현미분리기 및 선별기를 통하여 선별된 현미가 정미부로 투입되기 전에 현미를 장입시키는 공간을 설치하였으며, 그 아래쪽에 연삭식 정미기를 설치하고, 연삭된 쌀은 금강석 및 금망을 통과하면서 전면으로 송출되어 나오고, 아래쪽의 마찰식 정미기로 투입되도록 제작하였다.

그리고 최하단부에는 정미기를 구동시키기 위한 모터를 설치하기 위하여 모터대를 프레임에 설치하여 그 위에 모터를 설치하였다.



그림 143 승강기와 정미부 측면

승강기는 프레임에 고정하였으며, 각각의 승강기에는 동력원인 모터를 설치하기 위하여 모터대를 별도로 제작하였다.

그림 144는 승강기 상부에 위치한 모터대를 나타내었으며, 모터는 현지에서 조립할 때 부착할 수 있도록 볼트 체결로 간단히 부착할 수 있도록 하였고, V 벨트의

장력을 조절하기 위하여, 하부는 고정시키고 상부는 움직일 수 있도록 제작하여, 벨트의 연결이 수월할 수 있도록 하였다.

우측의 그림은 정미부의 측면 모습으로서, 하부에 마찰식 정미기를 구동시키기 위한 모터가 설치되어 있고, 연삭식 정미기의 측면으로 구동모터를 부착하기 위한 모터대를 제작하였다. 연삭식 정미기의 구동모터는 현지 설치를 원칙으로 설계하였다. 공간의 부족으로 제작할 때 설치할 경우, 컨테이너의 선적 시 측면이 들출되어 걸림이 발생하기 때문에, 현지에서 설치할 수 있도록 앞선 승강기의 모터대와 마찬가지로 V 벨트의 연결 및 장력을 조절할 수 있도록 하부는 고정되고, 상부는 움직일 수 있도록 제작하여 설치하였다.



그림 144 프레임 전면 및 측면

프레임 내부에는 전술한 바와 같이 3열로 현미부, 선별부, 정미부로 나누어 각각의 기기들을 배치하였다. 그림 144는 프레임 내부에 단위 기기들이 설치된 모습을 나타내었다.

전면에 들출된 반입 호퍼와 1열의 현미기 및 왕겨 풍구, 2열의 현미분리기 및 선별기, 3열의 연삭식 정미기와 마찰식 정미기가 위치해 있는 것을 그림에서 확인할 수 있다.

그리고 반입 호퍼에 투입된 벼를 현미기 상부의 호퍼로 이송하기 위한 1번 승강기가 1열과 2열 사이에 설치되어 있는 것을 확인할 수 있으며, 1열의 현미부를 거

친 벼와 현미는 2열의 현미분리기 상부의 호퍼로 이송시키기 위한 2번 승강기를 1번 승강기 뒤편에 설치하였다. 전면 그림에서는 겹쳐 확인이 곤란하지만, 측면 및 후면 그림에서는 2번 승강기를 확인할 수 있다. 그리고 2열의 현미분리 및 선별 공정을 거친 현미를 3열의 정미 공정으로 이송시키기 위한 3번 승강기를 2열과 3열 사이의 뒤편에 위치시켰다.



그림 145 프레임 측면 및 후면

그림 145는 프레임의 우측면과 후면의 모습을 나타낸 것으로서, 전면에 돌출된 반입 호퍼와 1번, 2번 승강기가 겹쳐져 있는 것을 확인할 수 있다. 그리고 후면의 모습에서는 2열과 3열 사이의 프레임에 부착된 3번 승강기를 확인할 수 있다.

각각의 단위 기기에 동력을 전달하기 위한 전기 모터는 5.5KW, 2.2KW, 0.4KW, 0.2KW 네 가지 종류를 사용하였다.

다음 그림 146과 147는 모터의 명패를 나타낸 것으로서, 그림 137은 5.5KW와 2.2KW 모터의 명패를 나타내었고, 그림 139는 0.4KW와 0.2KW 모터의 명패를 나타내었다.



그림 146 모터 명패 1



그림 147 모터 명패 2

큰 부하가 걸리는 현미기와 정미기에는 5.5KW 동력의 모터를 사용하였으며, 왕겨 풍구에는 2.2KW 동력의 모터를 사용하였다. 선별기 및 반입 호퍼의 승강기에는 0.4KW 동력의 모터를 사용하였고, 현미분리기와 기타 승강기에는 0.2KW 동력의 모터를 각각 사용하였다.

그리고 다음 표 31은 사용된 4가지 종류 모터의 사양을 나타낸 것으로서, 5.5KW 모터는 신명전기의 TEFC-413 형식으로서 정격출력은 7.5HP를 나타내며, 1,740rpm의 회전수와 85%의 효율을 나타내는 제품이다. 2.2KW 모터는 대한전기의 TSS-422 형식의 제품으로서 3HP의 정격 출력과 1,720rpm, 73%의 효율을 나타내는 제품이며, 0.4KW 모터는 HIGEN MOTOR의 I400K2RS3 형식을 사용하였고, 0.5HP의 정격 출력에 1,730rpm의 회전수에 71%의 효율을 나타내는 제품이고, 0.2KW 모터는 MAX GEARED MOTOR의 TEFC 형식으로서 0.2KW의 정격 출력에 1,710rpm의 회전수와 61%의 효율을 나타내는 제품을 사용하였다.

표 31 모터 사양

구분 \ 종류	0.2KW	0.4KW	2.2KW	5.5KW
제조사	MAX GEARED 모터	HIGEN모터	대한전기	신명전기
형식	TEFC	I400K2RS3	TSS-422	TEFC-413
정격출력	0.2KW	0.4KW/0.5HP	2.2KW/3HP	5.5KW/7.5HP
전류	1.3/0.8A	2.3/1.33A	9.0/5.2A	21/12A
주파수	60Hz	60Hz	60Hz	60Hz
효율	61%	71%	73%	85%
회전수	1710rpm	1730rpm	1720rpm	1740rpm
극수	4P	4P	4P	4P
보호방식	-	IP44	JP20	-

모터에서 풀리를 회전시키기 위하여 동력을 전달하기 위해 V-벨트를 사용하였으며, 일반 V-벨트 2개의 상면이 결합한 형태로 다축 전동이 가능한 벨트를 사용하였으며, 규격은 폭 16.5mm, 높이 13.0mm 이며, 40°의 각도를 가진 동일벨트의 BB-69 모델을 사용하였다. 다음 그림 148는 BB형 벨트의 단면을 나타내었으며, 길이는 69 inch 인 제품이다.

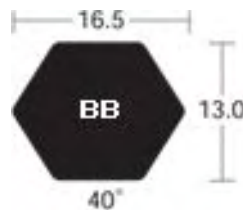


그림 148 벨트 단면

그리고 다음 그림 149에는 V-벨트가 장착된 폴리의 모습을 나타내었다.



그림 149 V-벨트

3. 결과 및 고찰

수출용으로서 소형이며 일체형인 도정 설비를 제작하기 위하여, 컨테이너에 쉽게 적재가 가능한 크기로 도정에 필요한 각각의 기기들을 구성하고자, 설계 초기에 규격 컨테이너의 크기를 고려하여 좁은 공간에 현지에서 필요한 도정 기기들을 설치시키고자 하였다.

규격 컨테이너의 크기는 폭이 2.438m이고, 높이는 2,620mm로서 설계 시 단위 도정 기기들을 장착시키기에는 매우 좁은 공간으로서, 가장 효율적으로 배치할 수 있는 3열의 배치를 고려하였으며, 설계 및 제작한 프레임은 규격 컨테이너와 비교하여, 폭은 638mm, 높이는 470mm 작게 설계하여, 폭 1,800mm × 높이 2,150mm × 길이 900mm의 크기로 프레임을 제작하였다.

1열에는 상부에 현미기로 투입되기 전에 투입량 조절 및 완충 효과를 가질 수 있는 호퍼를 설치하였으며, 그 아래로 현미기를 설치하여 투입된 벼의 왕겨를 2개의 고무롤러를 이용하여 벗겨 내도록 하였다. 그리고 그 아래로 왕겨 풍구를 설치하여 현미기에서 벗겨낸 왕겨를 4개의 날개를 가진 임펠러를 이용하여 불어내도록 하였다.

2열은 상부에 현미분리기로 투입되는 양을 조절하기 위한 소형 호퍼를 위치시켰고, 그 아래로 현미기에서 미탈부된 벼와 현미를 분리하기 위한 현미분리기를 설치하였으며, 그 아래로 선별기를 배치하여 양품의 현미를 정미공정으로 배출하도록

하였다.

3열에서는 상부에 연삭식 정미기로 투입되는 양을 조절하기 위한 호퍼를 설치하였고, 그 아래로 연삭식 정미기와 마찰식 정미기를 설치하였다.

전면에는 반입된 벼를 투입하기 위한 반입 호퍼를 설치하였으며, 반입 호퍼는 전면에 돌출된 형태로서, 분리된 형태로 적재하여 현지에서 간단한 볼트 체결로서 설치할 수 있도록 하였다.

벼와 현미를 이송하기 위한 승강기는 총 3개가 설치되었다. 1번 승강기는 반입 호퍼에 투입된 벼를 현미부로 이송하기 위한 것으로서, 1열과 2열 사이의 전면에 위치시켰고, 2번 승강기는 현미부에서 2열의 현미분리 및 선별 공정으로 이송하기 위한 승강기로서 1번 승강기 뒤편에 위치시켰다. 3번 승강기는 2열의 현미 분리 및 선별 공정에서 3열의 정미 공정으로 이송시키기 위한 승강기로서, 2열과 3열의 중간에 위치시켰고, 프레임의 후면에 장착하였다.

그리고 1열의 현미기에서 미탈부된 채로 2열의 현미분리기로 이송된 벼는 현미분리기를 거쳐 다시 1열의 현미기로 되돌리기 위하여, 현미분리기에서 미탈부벼 배출구를 반입 호퍼 쪽으로 위치시켜 승강기의 수를 줄이도록 하였다.

동력원인 구동 모터는 가장 부하를 많이 받는 마찰식 정미기 구동 모터를 제외하고는 모두 모터대를 부착하여 탈부착이 용이하도록 하였다. 모터대는 하부는 고정시키고 상부는 움직일 수 있는 유격을 주었으며, 모터대와 모터는 볼트 체결로 간단히 고정이 가능하도록 하였다. 따라서 모터 및 구동 모터를 간단히 체결하고 유격을 이용하여 V 벨트를 설치한 후, 그 장력을 쉽게 조정할 수 있도록 하였다.

제7절 수정 및 보완

연삭식 정미기의 금강사 롤러 외부에 장착되는 금망은 회전하는 금강사 롤러의 회전력에 의하여 현미의 미강층을 분리시킨다. 계속된 시험에서 금망을 회전력으로 부터 고정시키는 가이드 부분이 부하를 받아 금망도 같이 회전하며 연삭을 행하지 못하는 현상이 발생하였다. 그림 150에는 부하를 받아 가이드의 끝부분이 휘어져서 끝부분을 절단해 낸 금망의 모습을 나타내었다.

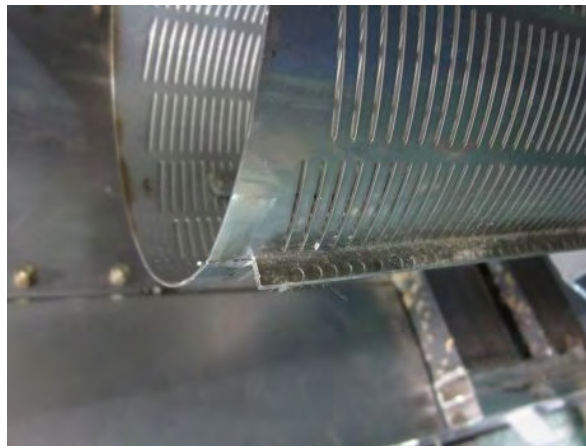


그림 150 연삭식 정미기 금망

따라서 금망이 회전하지 못하도록 잡아주는 배출구의 홈에 용접을 하여, 가이드를 잡아 줄 수 있는 홈의 길이를 연장하였다. 그림 151은 배출구에서 금망과 체결되어 금망의 회전을 막아주는 홈에 가이드를 덧대어 작업한 모습을 나타내었다.



그림 151 수정된 배출구

현미 분리기는 분리판에서 현미, 현미+벼, 벼 3가지로 나뉘어져 배출된다. 그림 152에서 보는 바와 같이, 아래쪽 경사판이 현미+벼를 현미 분리기로 되돌림시키는 승강기로 이송시키는 배출구로서, 90° 경사로 제작하였다. 그러나 현미 분리작업 초기에 현미+벼의 양이 많을 때, 현미+벼가 모서리 부분에 쌓이며 적체되는 현상을 나타내었다.



그림 152 되돌림 배출구

따라서 현미+벼 배출 가이드를 수정하고자 하였으며, 초기 90° 경사로만 이루어져 있던 모습에서 약 30° 정도로 두 번 절곡을 주어 적체되는 현상이 없이 부드럽게 승강기로 배출되도록 하였다.



그림 153 수정된 배출구

다음 그림 154에는 현미+벼 배출구를 수정하고 난 후, 현미 분리기의 앞 커버를 제거하고 난 후의 모습을 나타내었다.



그림 154 현미분리기 내부

그림 155는 최종 완성된 전체시스템의 사진이며, 완성제품의 총 소요동력은 14.3 kW로 나타났다.



그림 155 최종완성품

제8절 성능시험

1. 서론

동남아 및 아프리카 등지의 신흥 개발도상국에서 벼의 도정 설비 시장은 일본 업체들이 대부분 장악하고 있는 현실이다. 그러나 소규모 도정업자들에게는 일본 제품은 가격 측면에서 매우 비싸기 때문에 지역 자체에서 생산된 매우 낙후된 도정기들을 사용하고 있으며, 도정효율이 매우 낮은 것으로 알려지고 있다.

그리고 대형 정미소는 값 비싼 일본 제품을 들여와 운영을 하기 때문에 운영비용이 높아서 채산성이 낮은 것으로 보고되고 있다.

전술한 이러한 낡은 정미기를 대체하고 대형 정미소의 문제점을 보완할 수 있는 시간당 500kg 정도의 간단한 형태의 정미기 수요가 급증하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 시간당 500kg 정도 도정이 가능하고, “벼의 반입-현미-선별-석발-정미”의 통합기능을 가진 일체형 도정기로 신흥 개발도상국의 소규모 도정업자들이 선호하며 기존의 낡은 정미기를 대체할 수 있는 기종을 개발하고자 하였다.

그래서 국내에서는 수입하기가 힘든 장립종 벼를 직접 재배하여 시험에 필요한 재료를 확보하였으며, 여러 가지 기초 실험 및 참조 모델들을 이용하여 사전 시험을 실시하고, 설계 및 개발에 큰 인자로 활용하였다.

사전에 장립종 벼의 물성 조사를 통하여 형상, 크기 밀도 등 기하학적 특성을 조사하였고, 압축 특성 및 항복 강도 등의 기계적 특성을 조사하여 설계인자로 활용하였다.

현미기 및 정미기는 참조 모델을 이용하여 사전 시험을 실시하였고, 그 요인 시험을 통하여 탈부율과 동할율, 현백율 및 정백능력 등을 조사하여 본 개발에 필요한 인자로 자료를 축적하였다.

축적된 자료들을 바탕으로 하여 조립한 시작기를 본 연구 개발의 목적에 적합한 성능을 가지는지를 판단하기 위하여 단위 기기의 시험과 전체 기기의 시험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시험 장비

시험을 위하여 각종 계측 장비들을 사용하였으며, 저울, 풍속계, 백도계, 온도계, 회전수 측정기, 전류 측정기, 함수율 측정기(2종), 버니어 캘리퍼스 등을 사용하여 여러 가지 항목들을 확인하였으며, 그 규격 및 사진을 아래 표 32 및 그림 156에 나타내었다.

표 32 계측 장비 List

구분	규격	측정항목	비고
대형전자저울	150A	쌀 무게 측정	CAS
소형전자저울	ML-300	쌀 무게 측정	ACE
풍속계	AVM-03	풍구 풍속 측정	PROVA
백도계	MM-1B	쌀 백도 측정	SATAKE
온도계	TES 1310	쌀 온도 측정	TES
회전수측정기	TPI-505	모터 폴리 측정	SUMMIT
전류측정기	Clamp AC/DC Hitester	전류 측정	HOIKI
함수율측정기	GMK-303	장립종 측정	G-WON
함수율측정기	Riceter M405	단립종 측정	KETT
버니어 캘리퍼스	500mm, 200mm	길이, 폭 측정	MITSUTOYO

		
대형전자저울	소형전자저울	풍속계
		
백도계	온도계	회전수측정기
		
전류측정기	함수열측정기(장립종)	함수열측정기(단립종)

그림 156 계측 장비

나. 시험 결과

(1) 현미부 성능 시험

현미기의 성능 시험은 롤러 간격 및 투입량을 기준으로 하여 측정하였으며, 그 재

료는 흑미인 흑찰벼와 국내산 장립종 벼(IR-36)를 이용하여 실시하였다. 롤러 간격은 초기 기하학적 특성 조사에서 조사된 흑찰벼의 두께인 2.12mm의 약 60%이고, 장립종 벼의 두께인 1.87mm의 약 60%인 1.2~1.3mm를 기준으로 하였다.

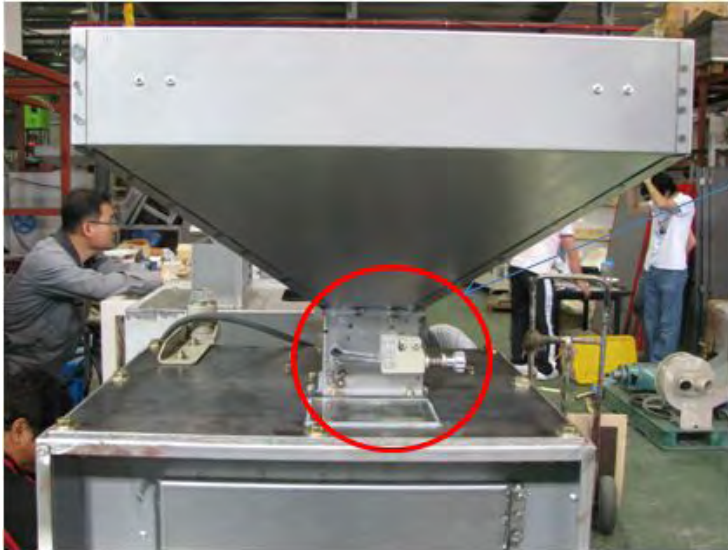
롤러 간격은 초기 시험을 실시하여, 1mm와 1.5mm를 우선 실시하였으며, 그 결과 1mm에서는 현미가 깨지는 양이 너무 많고, 1.5mm에서는 탈부되지 않고 벼 상태로 나오는 양이 너무 많아 그 사이의 롤러 간격에서 실시하였다. 그리고 투입량은 20mm와 40mm 열림 상태를 기준으로 실시하였다. 현미기 롤러 간격 조절용 레버는 반시계 방향으로 1칸 회전 할 경우, 0.1mm만큼 간격이 좁아지게 설계/제작하였다. 그림 157에 롤러 간격을 조절할 수 있는 핸들을 확인할 수 있다.



그림 157 현미기 롤러 간격 조절 레버

그리고 벼 투입량 조절 다이얼은 0~40mm까지 간격 조절이 가능하며, 다이얼 회전에 의해 인디케이터가 상하로 움직이며, 간격의 크기를 표시하게 제작하였다.

다음 그림 158에 투입량을 조절할 수 있는 다이얼을 나타내었으며, 그림 159, 160에는 현미기의 성능시험 모습을 나타내었다.



투입량
조절
다이얼

그림 158 벼 투입량 조절용 다이얼



그림 159 현미기 성능시험 모습



그림 160 배출된 현미 모습

먼저 시험에 사용된 재료는 흑찰벼로서, 확보한 원재료의 함수율이 12.1%로 상당히 낮아 깨지는 현미가 상당히 많았으며, 그 탈부율 또한 60%를 밑돌았다. 다음 표 33에 롤러 간격 및 투입 간격에 따른 현미기의 처리 능력 및 탈부율, 제현율을 나타내었으며, 그 소요전류도 측정하여 표시하였다.

표 33 롤러 간격 및 투입 간격에 따른 현미기 시험 결과(흑찰벼)

번호	롤러간격 (mm)	투입 간격 (mm)	처리능력 (kg/hr)	탈부율 (%)	제현율 (%)	소요전류 (A)
1	1.1	20	409	51.9	76.4	9.38
2	1.1	40	590	53.3	76.8	9.64
3	1.2	20	545	55.0	80.2	7.89
4	1.2	40	554	58.1	80.9	8.75
5	1.3	20	571	55.9	78.9	9.26
6	1.3	40	610	59.3	79.1	9.45

앞선 후찰며 시험에 이어, 장립종 벼(IR-36)에 대하여 현미기의 성능 시험을 실시하였다. 시험에 사용된 시료는 함수율이 12.3%로서 다소 낮아 아래 표 34에서와 같이 제현율이 80% 이하로 나타나는 결과를 얻었다.

표 34 롤러 간격 및 투입 간격에 따른 현미기 시험 결과(IR-36)

번호	롤러간격 (mm)	투입 간격 (mm)	처리능력 (kg/hr)	탈부율 (%)	제현율 (%)	소요전류 (A)
1	1.1	20	492	68.2	74.3	9.45
2	1.1	40	576	71.0	76.2	9.62
3	1.2	20	588	73.8	76.8	7.99
4	1.2	40	643	76.5	79.8	8.52
5	1.3	20	603	74.1	79.7	9.18
6	1.3	40	673	75.3	80.8	9.29

처리능력에서는 롤러 간격을 넓히고, 투입량을 넓히는 것이 탈부율이나 제현율에서 높은 결과치를 얻을 수 있었다. 롤러 간격을 1.2~1.3mm로 할 경우, 처리 용량이 588~673kg/hr 정도를 나타내었으며, 투입 간격의 영향보다는 롤러 간격이 전체 현미기의 성능에 더 큰 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 하지만 소요전류 측면에서 고려한다면, 9A를 넘어서면서 현미기에 부하가 걸리는 것을 시험 도중 알 수 있어, 롤러 간격을 지나치게 좁히거나 넓히는 것보다는 적절히 유지하는 편이 기기의 내구성을 높일 수 있는 것을 확인하였으며, 따라서 롤러 간격은 1.2mm 간격이 가장 안정적이고, 일정 이상의 성능을 확보할 수 있는 간격임을 확인하였다.

(2) 현미분리기 성능 시험

현미분리기는 상부에 위치한 각도 조절용 레버를 이용하여 분리판의 각도를 조절할 수 있으며, 그 각도는 위로 밀 경우, 수평기준 최대 13°를 나타내며, 아래로 당길 경우 수평기준 최소 8°를 나타내게 제작되었다. 그리고 전면 확인창 부분에 분리판

을 3개로 나누어 완전 현미, 현미+벼, 벼 상태로 나누는 분리용 선별판을 확인할 수 있으며, 고정되어 있어 작업자가 쉽게 조작할 수 없도록 하였다.

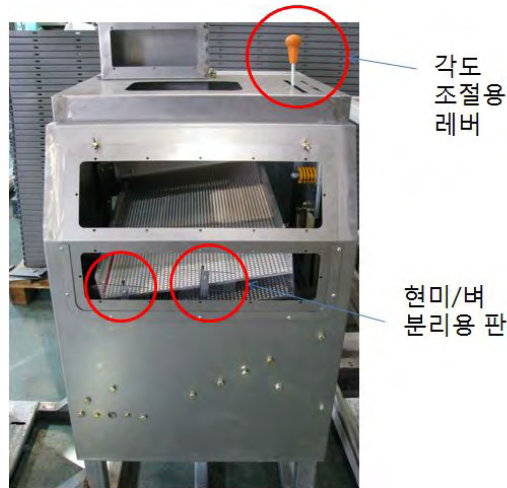


그림 161 현미분리기 레버 및 분리판

현미분리기의 성능시험은 앞선 현미기 성능시험에서 탈부된 현미를 그대로 사용하였으며, 각도 조절용 레버를 이용하여 11.5~8.5° 사이에서 4구간으로 나누어 실시하였다. 현미기에서 얻어진 재료를 투입하여 분리판의 바닥에 완전히 깔리고 난 뒤부터 분리된 현미를 얻는 데 걸리는 시간과 투입량으로 분리기의 능력을 계산하였고, 분리기의 동력원은 낮은 회전수를 이용하고 있으므로, 그 전류값은 측정하지 않았다.

현미분리기 시험과 관련하여, 그 진행 중인 모습을 다음 그림 162, 163에 나타내었으며, 현미 분리판에서 현미 및 벼가 요동치며 분리되는 모습과 함께, 좌우측의 배출구에서 현미와 현미+벼, 벼를 받는 모습을 나타내었다.



그림 162 현미분리기 성능시험



그림 163 현미 분리기에서 분리된 모습

그리고 현미분리기 시험 결과를 표 35에 나타내었다.

표 35 현미분리기의 분리 능력 시험 결과

구분	분리판 각도(°)	능력(kg/hr)	비고
흑찰벼	11.5	567	
	10.5	581	
	9.5	459	
	8.5	429	
장립종 벼	11.5	611	
	10.5	638	
	9.5	589	
	8.5	576	

장립종 벼에 대하여 분리판 각도를 10.5°로 하였을 경우, 분리 능력은 약 640kg/hr로 나타났으며, 8.5°로 분리판을 기울인 경우 그 능력은 약 570kg/hr로 나타나, 각도를 크게 할 경우 분리 능력이 우수하고 시간이 짧게 걸리는 것을 확인하였다.

왕겨풍구의 출구는 143×169mm의 단면을 가진 직사각형으로서, 그 풍속을 측정하
결과 17.6m/s로 확인되었다.

(3) 정미부 성능 시험

정미부의 성능시험은 연삭식 정미기에서는 압력추의 단수와 마찰식 정미기에서는
압력 레버의 단수를 이용하여 그 실험을 실시하였다. 그리고 그 재료는 국내산 장
립종 현미를 이용하여 실험을 실시하였다. 현미의 함수율은 12.7% 였으며, 초기 곡
온은 19.8℃로 측정되었다. 재료인 현미의 경우, 2010년도에 재배하여 수매한 것으
로 외부에 보관하고 있던 것을 사용하였으며, 연삭 정미부의 압력추를 조절하며 사
전 시험한 결과, 깨지는 쌀이 다소 생기고, 전류치가 9A 이상 올라가며 부하를 받
아, 가장 양호하게 결과를 얻을 수 있는 5단에 압력추를 고정하고, 마찰식 정미기의
압력 레버를 2.5~3.5까지 세단계로 조절하며 정미 시험을 실시하였다. 그림 164에
연삭식 정미기의 투입량 조절레버와 압력추를 나타내었으며, 그림 165에는 마찰식
정미기의 압력 조절 레버를 나타내었다. 그리고 그림 166, 167에는 시험 중 재료의
온도를 측정하는 모습과 그 결과를 현미경으로 들여다 본 것을 나타내었다.



그림 164 연삭식 정미기의 투입량 조절판 및 압력추



그림 165 마찰식 정미기의 압력 조절 레버

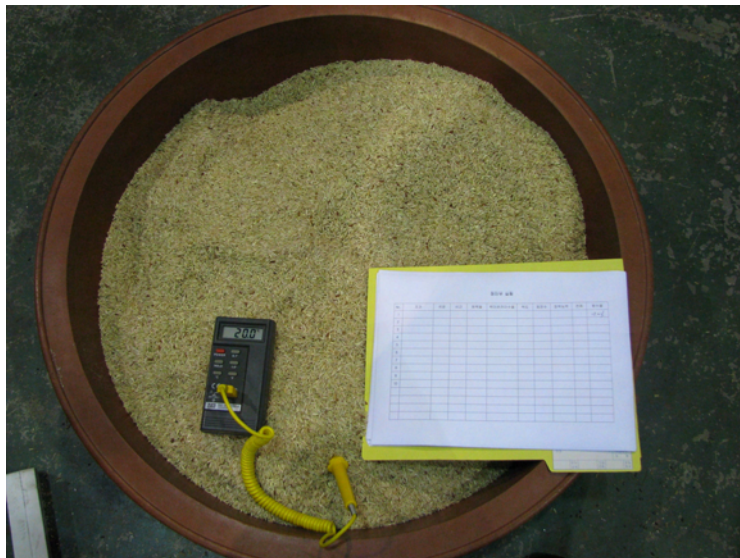


그림 166 온도 측정 모습

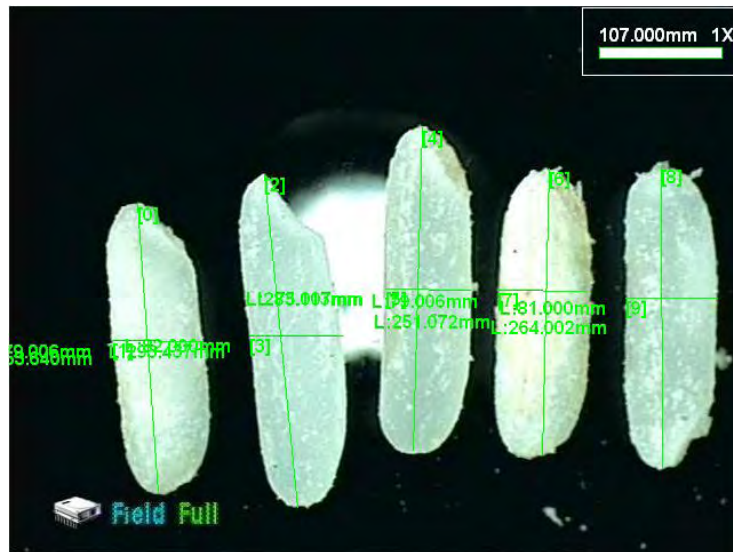


그림 167 도정된 현미의 현미경 사진

현미에 대한 정미 시험을 실시한 결과는 정미 능력은 최소 500~545kg/hr로 나타났으며, 곡온은 연삭식 정미기를 거치고 마찰식 정미기로 이어져서 최고 34℃까지 올라가서 양호한 결과를 얻을 수 있었으며, 그 결과는 다음 표 36과 같다.

표 36 정미부의 정미능력 시험

번호	무게추	압력레버	정미능력 (kg/hr)	전류 (A)	곡온 (℃)
1	5	2.5	536.4	8.2	33
2	5	3	500.4	8.5	30.4
3	5	3.5	545.2	8.5	34

정미 능력에 대한 시험 결과는 다음 표 37에 나타내었으며, 백도는 34~37% 정도로 나타났으며, 현백율은 84~87% 정도로 양호한 결과를 나타내었으며, 백미완전미율도 60~67%로 나타나 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

표 37 정미부의 정미성능 시험

번호	무게추	압력레버	백도 (%)	현백율 (%)	백미 완전미율 (%)
1	5	2.5	34.9	86.9	67.6
3	5	3	36.1	85.2	64.1
4	5	3.5	36.9	84.3	59.8

(4) 동력 전달 측정

메인 모터의 회전수는 1789rpm이며, 각 좌우측 톨러는 890과 1140rpm으로 측정되었다. 그리고 그 감속을 위하여 아래쪽에 감속 풀리 2개를 위치시켰으며, 그 회전수는 894rpm으로 나타났다. 그리고 왕겨풍구는 1557rpm으로 측정되어, 이론적인 계산 수치 대비 최소 1rpm(감속 풀리)에서 최대 86rpm(왕겨풍구)의 차이를 나타내었다. 상기와 같이 측정된 측정값을 보기 좋게 요약도로 그림 168에 나타내었으며, 가장 동력의 전달에서 손실이 크게 나타난 왕겨풍구 풀리로 동력 전달의 경우, 약 5% 정도의 손실로 벨트의 슬립이나 측정 시 오차를 생각할 때, 문제의 여지는 없는 것으로 판단하였다.

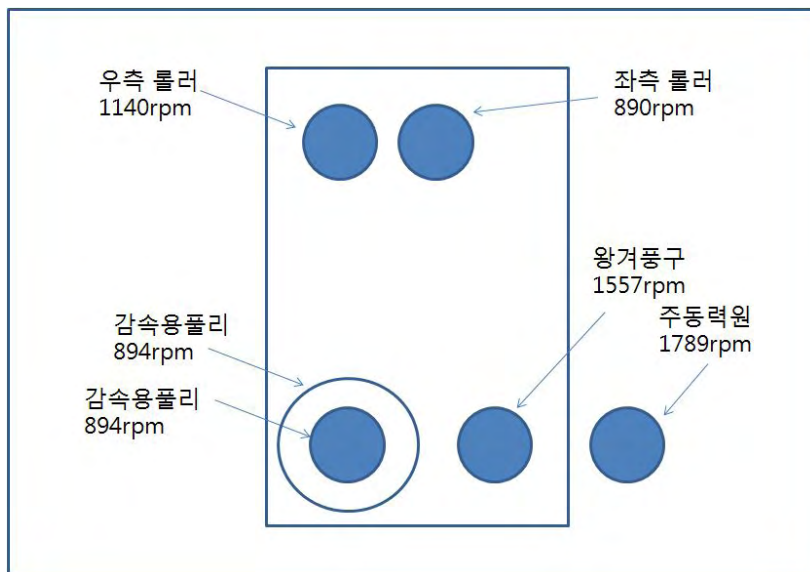


그림 168 현미기 동력 전달의 실제 측정값

현미분리기의 동력 전달에 대하여 실제 측정한 값을 아래 그림 169에 나타내었다. 모터 제원상 회전수는 1700rpm이나 실측한 값은 1773rpm으로 나타났으며, 분리판의 요동을 위한 크랭크축의 회전수 전달은 260rpm으로 실측되었다.

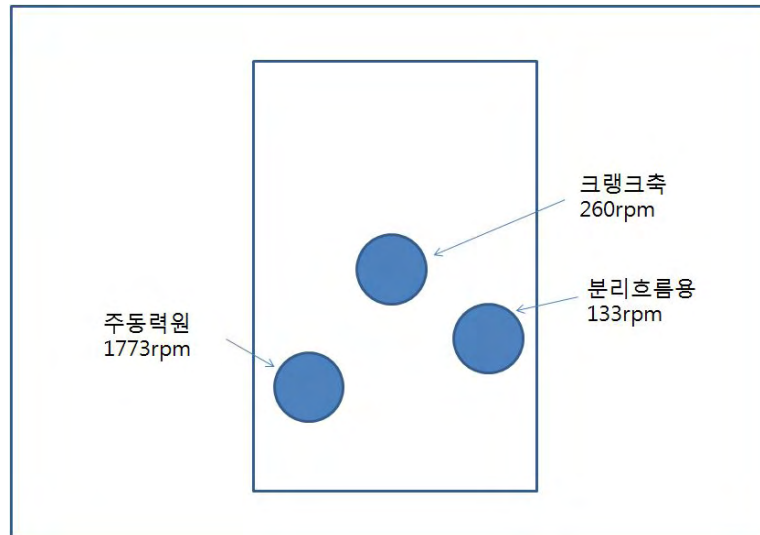


그림 169 현미분리기 동력 전달의 실제 측정값

정미기의 동력인 대한전기의 모터는 1730rpm으로 실제 측정한 결과, 같은 값을 나타내었다. 그리고 연삭식과 마찰식 정미기에 대한 동력의 전달은 744rpm과 746rpm으로 1:1로 전달을 하였다. 그리고 그 측정 결과를 아래 그림 170에 나타내었다.

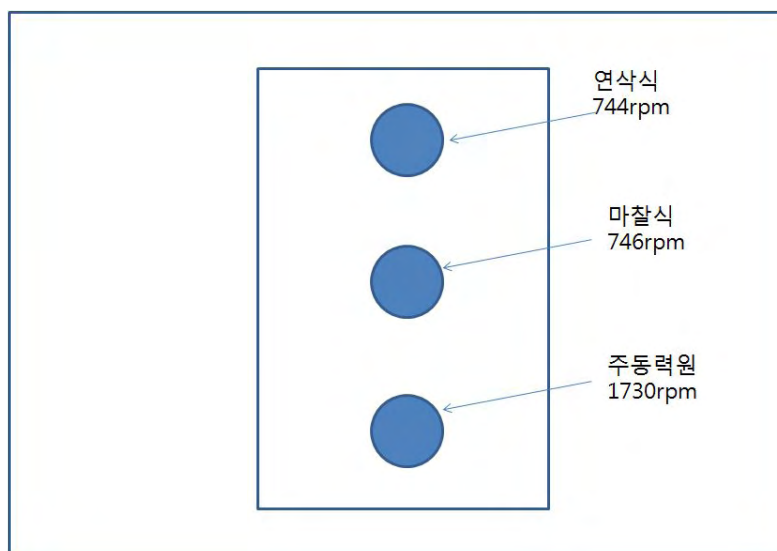


그림 170 정미기 동력 전달의 실제 측정값

(5) 전체 성능 시험

일체형 소형 도정기의 제작을 위하여 제작된 프레임에 현미부, 선별부, 정미부의 해당 기기들을 설치하고 전체적인 시험 도정을 실시하였다.

시험을 위하여 왕겨가 배출되는 왕겨 풍구와 미강이 배출되는 현미기에 각각 사이클론을 설치하였다. 왕겨 풍구는 큰 사이클론 하나를 설치하였으며, 연삭식 정미기와 마찰식 정미기에는 사이클론 하나에 두 라인을 설치하여 시험을 실시하였다.

다음 그림 171에 사이클론이 설치되어 있는 모습을 나타내었다.



그림 171 시험용 사이클론

그리고 각각의 단위 기기들의 전원 공급을 위하여 작동 스위치를 우측에 패널을 용접하여, 단위 기기별로 작동이 가능하도록 하였으며, 승강기 3기는 한 번에 같이 작동이 가능하도록 결선하였다.

다음 그림 172에서 전원 공급부와 작동 스위치를 확인할 수 있다.



그림 172 도정기 시험

앞선 단위 기기의 시험에 따른 결과를 바탕으로 하여, 전체 기기를 시험하고자 하였다. 현미기, 현미분리기, 연삭식 정미기 및 마찰식 정미기에 대한 시험에서 얻어진 가장 양호한 조건을 기준으로 하여 마찰식 정미기의 압력 조절을 통하여 시험을 행하였으며, 압력 조절은 사전 시험과 같은 3가지 단계로 실시하였다.

사전에 가장 양호한 결과를 나타낸 값은 현미기의 경우 롤러의 간격은 1.2mm, 현미분리기의 분리판 각도는 10.5°, 연삭식 정미기의 무게추는 5단으로 설정하였으며, 마찰식 정미기의 압력 조절은 2.5, 3, 3.5 단계로 시험을 실시하였다.

다음 표 38에는 마찰식 정미기의 압력 조절에 따른 전체 도정 능력을 시험한 결과를 나타내었다. 벼의 함수율은 11.9~12.1% 정도로 낮은 편이었으며, 동절기로 접어든 시점에 시험에 임하여 상대적으로 낮은 실내 온도(12℃) 때문에 초기 15℃ 정도였던 곡온은 30℃ 정도를 유지하였다.

단계별로 2.5단계의 압력에서는 516.3kg/hr의 도정 성능을 나타내었고, 3단계의 압력에서는 525.4kg/hr의 도정 성능을 나타내었다. 그리고 마지막 3.5단계의 압력에서는 548.7kg/hr의 도정 성능이 나타났다. 따라서 압력 단계가 높아질수록 도정 성능은 높게 나타났다.

표 38 도정능력 시험

번호	압력 단계	도정능력 (kg/hr)	곡온 (°C)	함수율 (%)
1	2.5	516.3	30.1	11.9
2	3	525.4	30.4	12.1
3	3.5	548.7	30.9	12.0

표 39 도정성능 시험

번호	압력 단계	백도 (%)	도정수율 (%)
1	2.5	34.6	68.5
2	3	35.7	67.6
3	3.5	36.6	65.7

상기 표 39에는 압력 단계에 따른 백도와 도정수율을 나타내었다.

2.5단계 압력에서는 백도가 34.6%, 도정수율이 68.5%로 나타났으며, 3단계 압력에서는 백도가 35.7%, 도정수율이 67.6%로 나타났다. 마지막 3.5단계 압력에서는 백도가 36.6%, 도정수율이 65.7%로 나타났다.

3. 결과 및 고찰

제작된 각각의 단위 기기에 대한 시험과 전체 기기를 프레임에 장착하여 시험을 실시하였다.

현미기는 롤러 간격을 1.1mm, 1.2mm, 1.3mm 세 가지로 구분하여 시험을 실시하였으며, 처리 능력은 490~670kg/hr 정도를 나타내었고, 투입 간격보다는 고무 롤러의 간격이 현미기의 성능에 더 큰 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 따라서 기기의 내구성을 높일 목적으로 1.2mm 간격이 가장 안정적이고 일정 이상의 성능을 확보할 수 있는 간격임을 확인하였다.

현미 분리기는 분리판의 각도를 10.5°와 8.5° 사이에서 조절해가며 시험을 실시하

였다. 10.5°로 분리판을 기울인 경우 평균적으로 약 630kg/hr의 분리 능력을 나타내었으며, 8°로 분리판 기울기를 낮춘 경우, 처리 능력이 약 570kg/hr로 나타나 10.5°에서 우수한 처리 능력을 나타내었다.

정미부의 실험은 연삭식 정미기의 압력은 5단계로 고정하고 마찰식 정미기의 압력 단계를 조정하며 실시하였다. 연삭식 정미기의 압력 조절은 절미가 많고, 전류값이 상승하며 과부하가 발생하여 양호한 결과가 나타난 5단계 압력에 고정하고 실시하였다. 마찰식 정미기의 압력 조절은 2.5~3.5까지 3단계로 실시하였으며, 정미능력은 500~545kg/hr로 나타났으며, 압력 단계가 높은 편이 정미 능력은 높게 나타났고, 낮은 압력일수록 백미완전미율은 높게 나타나는 결과를 얻게 되었다.

앞서 실시한 단위 기기별 시험에서 얻어진 결과를 이용하여, 제작된 프레임에 기기들을 설치하고, 승강기를 이용하여 자동으로 이송이 이루어지도록 하였다.

사전에 가장 양호한 결과를 나타낸 값은 현미기의 경우 롤러의 간격은 1.2mm, 현미분리기의 분리판 각도는 10.5°, 연삭식 정미기의 무게추는 5단계로 설정하였으며, 마찰식 정미기의 압력 조절은 2.5, 3, 3.5 단계로 시험을 실시하였다.

단계별로 2.5단계의 압력에서는 516.3kg/hr의 도정 성능을 나타내었고, 3단계의 압력에서는 525.4kg/hr의 도정 성능을 나타내었다. 그리고 마지막 3.5단계의 압력에서는 548.7kg/hr의 도정 성능이 나타났다. 따라서 압력 단계가 높아질수록 도정 성능은 높게 나타났다. 그리고 2.5단계 압력에서는 백도가 34.6%, 도정수율이 68.5%로 나타났으며, 3단계 압력에서는 백도가 35.7%, 도정수율이 67.6%로 나타났다. 마지막 3.5단계 압력에서는 백도가 36.6%, 도정수율이 65.7%로 나타났다.

시험에 사용된 국내산 장립종 벼(IR-36)의 함수율이 약 12% 정도로 낮고, 외부의 파레트 위에 적재하여 곡온이 낮아, 현미가 깨지는 현상이 다소 발생하였으며, 따라서 탈부율 및 전체 수율에도 영향을 미쳤으나, 초기 목표로 하였던 500kg/hr 정도의 도정 성능은 무난히 달성하였다.

제9절 종합 결론

본 연구는 동남아, 서아시아, 중동, 중남미, 아프리카 등 장립종 벼를 도정하는 소규모 도정업자들에게 수출을 목적으로 “벼의 반입 → 조선 → 현미 → 현미분리 → 선별 → 석발 → 정미 → 등급 → 배출”의 공정을 거치는 시간당 500kg 생산 용량을 가진 일체형 소형 도정기의 개발이다. 따라서 본연구의 목적을 달성하기위하여 다음과 같은 내용으로 수행하였다.

1. 국내에서 재배된 장립종을 이용하여 장립종 벼의 형상, 크기, 밀도 등 기하학적 특성, 압축특성, 항복강도 등의 기계적 특성 및 도정특성을 실험하였다.
2. 이러한 결과를 토대로 장립종 벼에 적합한 벼의 현미공정에 적합한 성능이 정미부의 500kg/시간에 대응할 수 있는 현미부를 개발하였다. 아울러 현미공정 후에 현미와 벼를 효과적으로 모델에 적합한 현미 분리기를 개발하였다.
3. 정미부는 연삭식과 마찰식을 조합한 장립형벼의 도정에 적합한 최적 수율을 생산할 수 있는 조건을 연구하여 이에 알맞은 장립종 도정을 위한 멀티패스 정미부를 개발하였다.
4. 본 연구에서 개발된 모델의 주공정인 현미, 현미분리, 정미부 이외에 선별부, 석발부 그리고 이러한 공정을 연결하여주는 3대의 승강기가 개발되었으며 모두 시간당 500kg 이상 처리가 가능하도록 하였다.
5. 개발된 현미기, 현미분리기, 선별기, 석발기, 정미기셋트 등을 일체형으로 연결시킬 수 있는 반송기와 이 모든 단위 기계들을 고정시키는 프레임 등을 개발하였으며, 조립된 시작기는 단위기기별 시험과 전체시스템을 가동시키는 시험을 통하여 수정 및 보완을 거친 후에 최종 제작되었다. 해당 생산가격은 약 800만원 정도가 될 수 있도록 설계·제작을 하였다.

일본의 선진 기술이 장악하고 있는 도정기계의 해외시장을 공략하기 위하여,

- (1) 장립종(Indica type) 벼의 도정용으로,
- (2) 시간당 500kg 정도의 도정 성능을 가지고,
- (3) “벼의 반입 → 조선 → 현미 → 현미분리 → 선별 → 석발 → 정미 → 등급 → 배출”의 공정의 일관 기능을 가지고,
- (4) 콤팩트하며, 일체형으로 이동 및 관리가 편리하고,
- (5) 궁극적으로 판매 가격은 800만원 정도로 가격경쟁력이 있는 “수출전략형 일체형 소형도정기의 개발”을 위한 연구의 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 공시재료인 장립종 벼는 수입된 현미, 국내산 흑벼 그리고 교내 부속농장에서 재배한 장립종 벼(IR-36)을 확보하여 장립종 벼의 기하학적 특성 조사 및 기계적 특성 조사를 실시하였으며 본 시험을 위해 국내에서 재배된 장립종 벼와 동남아 지역에서 재배되는 장립종 벼와 같은 특성을 가지고 있는 것으로 나타나 본 연구의 공시재료로 사용이 가능함을 보여 주었다.
2. 또한 사전 시험으로 실험실용 도정 기기들을 이용하여 설계에 필요한 요인들을 확인하였으며, 아울러 동남아 현지에서 판매되고 있는 참조 모델들을 활용하여 사전에 현미기와 연삭식 정미기, 마찰식 정미기에 대한 사전 시험 등을 수행하였다.
3. 다양한 시험결과를 활용하여 현미부, 선별부, 정미부에 해당하는 각각의 단위 기기들을 설계 및 제작하였는데 현미부는 고무롤러 방식을 채택하여 4“×8 $\frac{1}{2}$ ”의 롤러를 사용하였으며, 수동으로 롤러의 간격을 조정하여 탈부량을 조정할 수 있도록 설계 및 제작하였다.
4. 왕겨풍구는 가로 130mm, 세로 260mm의 임펠러 4개를 90°간격으로 부착하여 제작하였다.
5. 선별부는 현미분리기와 선별기로 구성하였다. 현미 분리기는 편심 베어링을 이용하여 요동하게 제작하였으며, 1개의 판이 약 250kg의 처리 능력을 가진 것으로 3개를 설치하였으며, 추가로 4개까지 설치가 가능한 형태로 제작하였다. 선별기의 선별형식은 기류식으로 규격은 4.4×2mm로 선별 홈의 폭과 높이를 결정하였으며, 전체 385×430mm 크기로서 SB41 1.6T 재질로 타공하여 제작하였다.
6. 정미부는 연삭식 정미기와 마찰식 정미기로 구성하였으며, 연삭식 정미기는 Φ 160mm, 길이 360mm의 금망과 그 내부에 금강사 롤러로 구성하였다. 마찰식 정미기는 Φ 150mm, 길이 278mm의 금망 하우징 내에 폭 98mm의 금망을 설치하여 스크류에 의하여 마찰을 하도록 제작하였다.
7. 본 연구에서 개발된 정미기는 수출용 일체형 도정기로 프레임은 수출형 컨테이너 적재에 적합하도록 설계 및 제작하였는데 폭과 높이는 컨테이너와 비교하여 10% 정도 작게 설계하여 폭 1,800mm × 높이 2,150mm × 길이 900mm 로 제작

· 설계하였으며, 1열은 현미기와 왕겨풍구, 2열은 현미 분리기와 선별기, 3열에는 연삭식 정미기와 마찰식정미기를 각각 설치하였다. 이에 따라 3개의 승강기가 각각의 열로 이송하여주는 역할을 하도록 제작·설치되었다.

8. 최종 성능시험을 각각의 단위 기기별 및 전체 기기를 대상으로 실시하였는데 다음과 같다.

(1) 현미기의 롤러 간격을 1.2mm 때 처리 능력이 580~640kg/hr 정도로 가장 우수하게 나타났으며, 현미분리기는 분리판의 각도가 10.5°에서 평균적으로 약 630kg/hr의 분리 능력을 나타내었다.

(2) 정미부는 연삭식과 마찰식 정미기의 압력을 5 단계를 조정하며 성능 시험을 실시하였는데 압력 단계별로 처리능력은 500.4~545.2 kg/hr, 현백율은 84.3~86.9%, 백미완전미율은 59.8~67.6%, 백도는 34.9~36.90%로 나타나 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

9. 결과적으로 본 연구에서 개발된 정미기는 장립종 벼를 시간당 540kg을 도정할 수 있는 매우 콤팩트한 일체형 도정기로 우리나라 도정기 수출에 크게 기여할 것으로 기대된다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도

제1절 목표 달성도

연구개발의 목표	연구개발의 내용	달성도 (%)
○ 장립종 벼의 물성 조사	1. 기하학적 특성 조사	100
	2. 기계적 특성 조사	100
○ 장립종 벼의 현미부의 개발	1. 현미기의 롤러 개발	100
	2. 롤러 현미기의 성능테스트	100
	3. 왕겨 풍구 개발	100
	4. 현미분리 겸 석탈기 개발	100
	5. 현미부 성능 시험	100
	6. 현미부 설계	100
○ 장립종 벼의 멀티패스 정미부 개발	1. 장립종 정미를 위한 연삭식 정미기 개발	100
	2. 장립종 정미를 위한 마찰식 정미기 개발	100
	3. 2-stage 정미시스템 성능 시험 및 최적조건 구명	100
	4. 세미 선별기 개발	100
	5. 정미부 성능시험	100
	6. 정미부 설계	100
○ 일체형 정미기의 반송기 및 프레임 개발	1. 반입 호퍼 및 버킷엘리베이터 개발	100
	2. 현미 분리용 버킷엘리베이터 개발	100
○ 개발된 시작품의 조립 및 시운전	1. 시작품 조립	100
	2. 공장 시운전 및 수정	100
○ 시작기의 수정 및 보완	1. 현장 시운전	100
	2. 현미 및 도정 수율 테스트	100
	3. 내구성 테스트	100
	4. 소요 동력테스트	100
	5. 수정 및 보완	100
	6. 최종 설계 및 상품화 제작	100

제2절 관련분야 기여도

1. 기술적 측면

가. 장립종 벼의 국내 재배

인도네시아, 필리핀 등 동남아시아의 2,500만ha에서 재배되고 있는 IR-36 품종을 경북대학교 부속농장에서 직접 재배하였다. 기기의 시험을 위한 원재료가 없었던 1차년도에는 태국 등지에서 현미를 수입하였다. 벼 상태로의 곡물은 수입이 불가하여 현미기의 시험에 애로사항이 있었으나 직접 재배로 인하여 원재료의 수급이 원활해졌다.

국내에서는 장립종 벼를 구할 수가 없어서, 현미기와 현미 분리기, 선별기 등의 기기 시험에 장립종 벼와 형태가 유사한 흑미 등을 사용하여 시험을 하는 경우가 있었으나, 흑미의 경우 그 가격이 비싸서 원활한 시험이 불가하였다.

따라서 장립종 벼 도정용 기기를 생산하는 업체들이 원활하게 원재료를 확보할 수 있게 되었다.

나. 일체형 도정시스템의 개발

기존의 기술은 주로 대형 미곡종합처리장에서 사용되어지는 정미기에 관한 단위 기계에 대한 것들이 많으며, 최근에 등록된 특허 중에서 투입부, 도정부, 썰미 분리부, 이물 선별부, 배출부를 가지는 일체형의 도정시스템으로서 제현과 정백이 동시에 이루어지는 정미기와 썰미와 이물질 선별기를 구성한 시스템도 존재한다. 그러나 기존 기술에서는 대형 마트 등에서 자판기 형태로 설치되어 주로 현미를 투입하고 정미하는 시스템으로, 한 번에 약 10kg 정도를 가공하여 판매하는 것으로, 시간당 500kg 이상을 연속적으로 처리할 수 있는 플랜트 대체 형태와는 근본적으로 차이가 있다. 따라서 전체 벼 가공시스템을 콤팩트한 소형 본체 내에 효율적으로 구축하여 대형 플랜트를 대체할 수 있을 것으로 기대한다.

다. 장립종 벼의 특성조사

장립종 벼와 현미의 기하학적 특성 및 기계적 특성을 조사하였다. 국내에서 생산된 장립종 벼에 대하여 기하학적 특성을 조사하여 장립종에 대한 자료를 확보하였

으며, 그 조사된 특성을 이용하여 현미기 및 현미 분리기를 설계 및 제작하는데 주요 인자로 활용하였다. 그리고 압축강도와 경도 등의 기계적 특성을 조사하여 정미부의 설계 및 제작에 활용하였으며, 이러한 장립종에 대한 인자들은 차후 장립종벼에 대한 다른 기기들을 설계하고자 하는 업체들에게 중요한 자료로 활용될 것이다.

라. 동남아 시판 모델의 시험

수출전략형 일체형 소형 도정기를 설계 및 제작하기에 앞서, 장립종 벼의 기하학적 특성 및 기계적 특성 조사와 함께, 참조 모델을 선정하여 사전에 그 특성을 조사하였다. 참조 모델은 동남아 현지에서 시판되고 있는 모델들로서, 국내에서는 구매할 수 없는 모델들로, 직접 현지에서 구매 후, 수입 절차를 통하여 시험을 할 수 있었다. 국내 생산 모델들과 성능 및 특성의 차이를 확인할 수 있었으며, 장립종 벼에 대한 사전 시험을 통해 얻어진 결과를 통해서, 본 연구에서 뿐 만 아니라, 수출용 도정기를 제작하고자 하는 신규 업체들에게 큰 도움이 될 것으로 기대한다.

2. 경제적·산업적 측면

가. 노동력 절감

일반적으로 국내에서 1Ton 규모 미니플랜트 제작의 경우, 단위 기기들을 생산 공장에서 제작한 후, 설치 현장으로 옮기고, 현장에서 프레임 등의 용접 작업과 기기 설치 등에 20일 정도가 소요되며, 시운전 및 수정/보완에 7~10일 정도가 소요된다. 해외 설치의 경우, 현지에서 소모품 등의 공급이 원활치 못하므로 1개월 정도가 소요되고 있으며, 문제가 발생할 경우 서비스 요원은 1회 방문에 10일 이상이 소요되고 있다. 그러나 일체형 소형 도정기의 경우에는 현지에서 반입 호퍼 조립과 동력 모터 설치, V-벨트 장착 등 간단한 행위 후 시운전이 가능하므로, 현지에서 머무르는 인력을 최소화할 수 있을 뿐만 아니라, 기간 또한 1/2 정도를 절감할 수가 있다.

나. 수출 물류 비용 절감

기존에 미니플랜트를 수출하고자 할 때에는, 각각의 단위 기기와 함께, 공간을 많이 차지하는 호퍼 등을 별도로 컨테이너에 적재하고, 현지에서 필요할 수 있는 모든 기자재들을 같이 적재하여야 하므로, 40ft 컨테이너의 절반 정도에 해당하는 공

간을 1개소 설치에 필요한 기기들을 적재하는데 소비하여야 하였다. 그러나 수출전 략형 일체형 소형 도정기의 경우, 반입 호퍼와 모터 등을 빈 프레임 내의 빈 공간에 설치할 수가 있으며, 40ft 컨테이너의 경우, 전체 길이가 약 1,200cm로서 프레임 길이가 90cm인 본 소형 도정기의 경우, 최대 13set까지 적재가 가능하므로 수출 물류 비용을 대폭 절감할 수 있을 것으로 기대한다.

다. 산업화를 통한 파급효과

시제품의 원가분석을 한 결과 아래의 표와 같이 약 1천만원 내외로 나타났으며, 이를 수출국 현지 판매가는 물류비용, 에이전트비용 등을 산정하면 약 2천만원 정도가 될 것으로 판단된다. 또한 기존 시판되는 국외 제품의 경우는 약 4~6천만원이기 때문에 수출효과가 클 것으로 기대된다.

비목	항목	규격	단위	수량	단가 (원)	금액 (원)
직 접 비	현미기	고무롤러	식	1	1,000,000	1,000,000
	왕겨풍구		식	1	500,000	500,000
	현미분리기	4단	식	1	500,000	500,000
	석발기		식	1	600,000	600,000
	연삭식정미기	연삭식	식	1	900,000	900,000
	마찰식정미기	마찰식	식	1	1,200,000	1,200,000
	쇄미선별기	소쇄미	식	1	200,000	200,000
	호퍼	벼,현미,정미	대	4	100,000	400,000
	승강기		대	4	350,000	1,400,000
	구조물(프레임)		식	1	700,000	700,000
	전기모터	14	kW	1	700,000	700,000
	전기콘트롤러		식	1	500,000	500,000
	도장		식	1	300,000	300,000
	조립		식	1	400,000	400,000
이윤	직접비 10%			1	930,000	930,000
총계	VAT 별도					10,230,000

(단위 : 백만원)

산업화 기준 항 목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과	300	1,760	4,400	17,600	35,200	59,260
경제적 파급효과	8	44	110	440	880	1,482
부가가치 창출액	50	75	100	125	150	500
합계	358	1,879	4,610	18,165	36,230	61,242

- ※ 직접 경제효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치 (연간 판매대수 기준)
- ※ 경제적 파급효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통한 농가소득효과, 비용 절감효과 등 추정치(소모품 절감에 따른 농가 소득 효과 기준)
- ※ 부가가치 창출액 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 수출효과, 브랜드가치 등 추정치

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 본 연구에서 개발된 기기는 참여기업인 이화산업사로 기술 이전하여, 현재 국내 시판용 모델을 그대로 동남아 등지에 수출하고 있는 모델 대체용으로 활용하여 상품화를 하고자 한다.
2. KOICA 등 수출 유관 기관을 통하여 동남아 현지 사업에 적극 참여하고자 한다.
3. 한국농업기계협동조합과 협업하여, 현재 동남아 및 아프리카 몇 개국에 한정되어 있는 수출 대상 국가를 확대하고자 한다.
4. 얻어진 기술에 대한 지적 재산권(특히, 실용신안)을 출원하고자, 신세기특허법인과 출원서를 작성 중에 있으며, 지적 재산권의 확보를 통하여 기술에 대한 권리를 확보하고자 한다.
5. 제작된 시작기를 통하여 단위기기 및 전체 시험을 실시하였으며, 도출된 결과에 대한 분석과 추가 시험 등을 통하여 한국농업기계학회 등 관련 학회에 논문을 제출하고자 한다.
6. 동남아 등지에서 개최되는 주요 농업기계 박람회 및 전시회에 참가하여 적극적인 홍보를 하고자 한다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 쌀의 폭과 두께와 관련한 유전자에 관한 논문

“GS3, a major QTL for grain length and weight and minor QTL for grain width and thickness in rice, encodes a putative transmembrane protein”, *Theor Appl Genet* (2006) 112:1164-1171.

Theor Appl Genet (2006) 112: 1164-1171
DOI 10.1007/s0022-006-0218-1

ORIGINAL PAPER

Chuchuan Fan · Yongzhong Xing · Hailiang Mao
Tingting Lu · Bin Han · Caiguo Xu · Xianghua Li
Qifa Zhang

GS3, a major QTL for grain length and weight and minor QTL for grain width and thickness in rice, encodes a putative transmembrane protein

Received: 16 December 2005 / Accepted: 6 January 2006 / Published online: 2 February 2006
© Springer-Verlag 2006

Abstract The *GS3* locus located in the pericentromeric region of rice chromosome 3 has been frequently identified as a major QTL for both grain weight (a yield trait) and grain length (a quality trait) in the literature. Near isogenic lines of *GS3* were developed by successive crossing and backcrossing Minghui 63 (large grain) with Chuan 7 (small grain), using Minghui 63 as the recurrent parent. Analysis of a random subpopulation of 201 individuals from the BC₃F₂ progeny confirmed that the *GS3* locus explained 80–90% of the variation for grain weight and length in this population. In addition, this locus was resolved as a minor QTL for grain width and thickness. Using 1,384 individuals with recessive phenotype (large grain) from a total of 5,740 BC₃F₂ plants and 11 molecular markers based on sequence information, *GS3* was mapped to a DNA fragment approximately 7.9 kb in length. A full-length cDNA corresponding to the target region was identified, which provided complete sequence information for the *GS3* candidate. This gene consists of five exons and encodes 232 amino acids with a putative PEBP-like domain, a transmembrane region, a putative TNFR/NGFR family cysteine-rich domain and a VWFC module. Comparative sequencing analysis identified a nonsense mutation, shared among all the large-grain varieties tested in comparison with the small grain varieties, in the second exon of the putative *GS3* gene. This mutation causes a 178-aa truncation in the C-terminus of the predicted protein, suggesting that *GS3* may function as a negative regulator for grain size.

Cloning of such a gene provided the opportunity for fully characterizing the regulatory mechanism and related processes during grain development.

Introduction

Grain size is a major determinant of grain weight, one of the three components (number of panicles per plant, number of grains per panicle and grain weight) of grain yield. In breeding applications, grain size is usually evaluated by grain weight, which is positively correlated with several characters including grain length, grain width and grain thickness (Evans 1972; Xu et al. 2002).

Grain size is also a highly important quality trait in rice. Although the preference for rice grain characteristics varies with consumer groups, long and slender grain is generally preferred for *indica* rice by the majority of consumers in China, USA and most Asian countries (Urnevehr et al. 1992; Juliano and Villareal 1993). For example, a length/width ratio of 2.8 is adopted as an enforced threshold for a national quality standard of *indica* rice in China (http://www.knowledgebank.irri.org/regionalSites/china/10_CodesStandards/default.htm). Thus, understanding the genetic and molecular basis of grain size is extremely important for rice improvement programs.

Utilization of molecular markers has greatly facilitated the investigation of the genetic basis of complex quantitative traits. Many QTLs associated with rice grain size were identified in the last decade. Among them, a QTL with major effect on grain size was consistently detected around the centromeric region of chromosome 3 in numerous studies across different genetic backgrounds and environments (Huang et al. 1997; Yu et al. 1997; Redoña and Mackill 1998; Tan et al. 2000; Kubo et al. 2001; Xing et al. 2002; Thomson et al. 2003; Aluko et al. 2004), and was mapped to a region of 93.8-kb in length (Li et al. 2004a, b). Thus this gene, referred to as *GS3* hereafter, can be very useful for

Communicated by Y. Xie

C. Fan · Y. Xing · H. Mao · C. Xu · X. Li · Q. Zhang (✉)
National Key Laboratory of Crop Genetic Improvement and
National Center of Plant Gene Research (Wuhan),
Huazhong Agricultural University, 430070 Wuhan, China
E-mail: qifazh@mail.hzau.edu.cn
Fax: +86-27-87287092

T. Lu · B. Han
National Center for Gene Research,
Shanghai Institutes for Biological Sciences,
Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200233, China

2. 현미의 특성을 고려한 현미기 임펠러의 성능 분석에 관한 논문

"Performance Analysis of an Impeller Husker considering the Physical and Mechanical Properties of Paddy Rice", *J. agric. Engng Res.* (2001) 79 (2), 195–203.

J. agric. Engng Res. (2001) 79 (2), 195–203

doi:10.1006/jaer.2000.0695, available online at <http://www.idealibrary.com> on IDEAL[®]

PH—Postharvest Technology



Performance Analysis of an Impeller Husker considering the Physical and Mechanical Properties of Paddy Rice

D. Shitanda¹; Y. Nishiyama²; S. Koide²

¹United Graduate School, Iwate University, 3-18-27, Morioka, 020-0666, Japan; e-mail of corresponding author: u0298009@iwate-u.ac.jp

²Faculty of Agriculture, Iwate University, 3-18-8, Morioka, 020-8550, Japan; e-mail:ashomu@iwate-u.ac.jp

(Received 22 August 2000; accepted in revised form 18 December 2000; published online 5 April 2001)

Some physical and mechanical properties of three varieties of rice namely; Akitakomachi (short grain), Delta and L201 (long grain) were determined and used in the performance analysis of an impeller husker. Grain motion on the blade was observed at the rated impeller speed of 2362 min⁻¹ using a high-speed camera. The grain exit velocity resulted in an impact force above the yield force of the husk but below the yield force of the grain. However, the maximum friction force experienced on the blade was far below the yield shear force of the husk for all three varieties of rice. Husking tests were performed at different impeller speeds using a hard urethane liner, a soft polystyrene liner and without a liner. Type of liner significantly affected the husking performance. Short-grain rice had high husking energy capacity and cracked grain ratio, but a low broken grain ratio compared with long-grain rice. Performance curves for the three varieties of rice were well expressed by the Weibull's distribution function.

© 2001 Silsoe Research Institute

1. Introduction

Grain properties significantly affect their processing characteristics (Mohsenin, 1970; Sitkei, 1986), thus a clear understanding of their processing characteristics is important in minimizing losses and optimizing production to achieve higher efficiency. Since grain property variation is wide, especially when considering variety difference, rice cannot be considered to have uniform properties. Differences in grain properties can result in a significant variation in the processing characteristics of the grain. Nishiyama *et al.* (1992) simulated grain motion in the impeller husker and showed that husking occurs by friction and impact force. Yamashita (1993) in his case suggested that 20% to 50% of paddy is husked by the friction force on the impeller blade. However, there has been no link made between the husking performance of the husker and the properties of the grain. Due to the friction and impact force involved, emphasis is put on the removal of the husk with minimum energy and grain damage (Nishiyama, 1995). This requires optimization. Thus the objectives of this paper were:

- (1) to determine some physical and mechanical properties of three different varieties of rice that relate to impeller husker performance;
- (2) to evaluate the dynamic flow of paddy rice in an impeller husker and the effect of the impeller speed and liner type on the husking performance; and
- (3) to develop empirical relations between performance and operation parameters based on Weibull's distribution function and thus optimize the husking performance.

2. Theoretical consideration

2.1. Impact force analysis

The basic equation for the impact of a body of mass m in kg, with initial velocity v_1 in m s⁻¹, before impact and final velocity v_2 in m s⁻¹, after impact, expressed as a change in momentum is given by

$$mv_1 - mv_2 = \frac{P_{\max} \Delta t}{2} \quad (1)$$

3. 고무롤러와 임펠러 형식의 현미기 성능 분석에 관한 논문

“Performance Analysis of Impeller and Rubber Roll Husker Using Different Varieties of Rice”. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript FP 01 001. Vol. III.

Performance Analysis of Impeller and Rubber Roll Husker Using Different Varieties of Rice

D. Shitanda¹, Y. Nishiyama², S. Koide²

¹Faculty of Agriculture, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, P.O. Box 62000 Nairobi, Kenya; e-mail of corresponding author: dshitanda@aei.kuat.ac.ke

² Faculty of Agriculture, Iwate University, Ueda 3-18-8, Morioka 020-8550, Japan; e-mail: ashouma@iwate-u.ac.jp

Abstract

Performance analysis of experimental impeller and rubber roll huskers was carried out using three different varieties of rice namely; Akitakomachi (short grain), Delta (long grain) and L201 (long grain). Impeller husker speed was varied from 1400 to 3300 rev/min and rubber roll husker clearance was varied from 0.4 to 2.4 mm. In rubber roll husker, rough rice was husked randomly and as single grain vertically and horizontally. For both huskers, variation of husked ratio with specific husking energy was well expressed by the Weibull's distribution function. Husking energy efficiency, system cracked ratio and system broken ratio curves were well expressed by the empirical equations. The three performance parameters were used to optimize the husking performance of the two huskers for the three varieties of rice. Rubber roll husker had high husking energy efficiency compared to impeller husker for randomly husked short grain rice and for all the three varieties of rice husked as single grain. Optimal husked ratio in terms of husking energy efficiency was also found to be optimal in terms of system cracked ratio and system broken ratio for all the three varieties of rice.

Keywords. Impeller husker, Rubber roll husker, Husking energy efficiency, System cracked ratio, System broken ratio

Shitanda, D., Y. Nishiyama, and S. Koide. “Performance Analysis of Impeller and Rubber Roll Husker Using Different Varieties of Rice”. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript FP 01 001. Vol. III.

4. 정미과정에서 쌀의 온도 상승에 관한 논문

"Wear of Rice in an Abrasive Milling Operation, Part II: Prediction of Bulk Temperature Rise", *Biosystems Engineering* (2004) 89 (1), 101 - 108

Biosystems Engineering (2004) 89 (1), 101–108
doi:10.1016/j.biosystemseng.2004.05.012
PH—Postharvest Technology

Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®



Wear of Rice in an Abrasive Milling Operation, Part II: Prediction of Bulk Temperature Rise

Debahandya Mohapatra; Satish Bal

Agricultural and Food Engineering Department, Indian Institute of Technology, Kharagpur - 721302, India
e-mail of corresponding author: sbal@agfe.iitkgp.ernet.in

(Received 11 June 2003; accepted in revised form 27 May 2004; published online 11 August 2004)

The phenomenon of abrasion of rice grains during milling operations was analysed in Part I. This part includes modelling of the temperature rise and energy utilisation in an abrasion milling operation and its effect on milling quality of grain. Medium grain brown rice was milled in an abrasive polisher. The rise in the bulk temperature was modelled by energy balance, on the basis of abrasion wear theory. The head rice yield was correlated with the final temperature of the grain and was found to decrease steadily with increase in the bulk temperature of the grain. The developed model accurately predicted well the bulk temperature rise in the rice grains with milling time. Energy utilised for milling was found to be about 33%, whereas, about 10% of the energy was utilised to raise the temperature of the grains, and 55–60% of the total energy was utilised in running the machine in idle conditions.

© 2004 Elsevier Research Institute. All rights reserved.
Published by Elsevier Ltd.

1. Introduction

Principles of wear find appropriate application in rice processing. The mechanism of abrasive wear was discussed in Part I of this paper and it was found that wear rate was not only affected by the hardness, length of cut and load on the material but also by the shape of the material (Mohapatra & Bal, 2004). In this paper, the investigation's focus is on the effect of abrasion and friction on the temperature rise in the grain, and its cascading effect on the milling quality.

The temperature rise due to dissipation of energy loss at the peaks of the contacting asperities may be of a high order of magnitude but is of short duration due to the small area of contact. This temperature, normally called the flash temperature, has a profound effect on the friction and wear characteristics of the contacting surface for the changes in mechanical and thermal properties (Guha & Roy Chowdhuri, 1996). The energy supplied during polishing is utilised in polishing, heating of the grain and overcoming the inertial forces of the machine, i.e. it is used for idle running of the machine. Part of the energy for polishing is used in overcoming the forces of adhesion and cohesion between different

layers, resulting in breaking of bonds between the cells. The cells constituting rice grain include starch, protein and fat, which are polymeric in nature. These polymeric bonds easily break due to dissipation of thermal energy. Once one bond in the polymer has dissociated, degradation of that polymer chain follows. Thermal energy distributes itself rapidly along the polymer chain, so that all of the backbone bonds are exposed to the energy at some point (Ernest & Porankiewicz, 1999).

In tropical countries, such as India, where high humidity and temperature conditions prevail in most rice-growing regions, milling operations yield a very high percentage of broken grains. During milling, while bran is being removed, the temperature of the grain increases simultaneously, thereby causing thermal stress inside the grain. With the prevailing average ambient temperature of about 30°C, the grain temperature after milling increases beyond 45°C. The situation deteriorates even more in the summer season, when the maximum ambient temperature in this region varies between 40 and 50°C. This significantly contributes to the reduction in head rice recovery, posing a detrimental effect on rice quality. It is a well-known phenomenon that changes in temperature cause change

제 7 장 참고문헌

1. 금준석, 2008, “쌀 가공산업의 활성화”, 한국식품영양과학회, 제13권 제2호, pp. 9-14.
2. 한국농촌경제연구원, 2009, “농업 전망 2010.1”, 제21장, pp. 603-633.
3. 박경규, 2008, “생물가공시스템공학”, 바이오및메카트로닉스글로벌인재양성사업단, pp. 158-188.
4. 박희만 등, 2002, “현미기용 합성우레탄롤러 개발”, 한국농업기계학회 학술대회 논문집, pp215~220.
5. 한정수 등, 2003, “현미 온도 조절 후 정백 특성”, Food Engineering Progress, Vol. 7, No. 1, pp. 31~36.
6. 쌀에 대한 규격(CODEX STANDARD FOR RICE), CODEX STAN 198-1995.
7. 한충수 등, 2001, “현미 조절에 관한 연구(I) 조절 후 현미의 물성 변화와 예측 모델”, 한국농업기계학회지, 제26권, 제1호, pp. 39~46.
8. 연광석 외, 2000, “가정용 정미기의 벼 도정 특성에 관한 연구 -주축회전수, 롤러의 세라믹코팅길이, 이송스크루 피치의 최적 조건에 대하여-”, 농업과학연구, Vol. 17, pp. 67~74.
9. 전은례, 1995, “도정도에 따른 쌀의 이화학적 특성”, 전남대학교 석사논문.
10. 박준걸 외, 1982, “도정수율과 성능향상을 위한 연구(II) -벼의 정백과정에 관한 실험적 연구-”, 한국농업기계학회지, 제7권, 제1호, pp. 62-72.
11. 이성범 외, 1983, “도정수율과 성능향상을 위한 연구(V) -분풍 연삭식 정미기의

- 정백성능에 관한 실험적 연구-”, 한국농업기계학회지, 제8권 제1호, pp.17-29.
12. 김의웅 외, 2007, “도정편차가 도정특성에 미치는 영향”, 한국농업기계학회 하계 학술대회 논문집, 12(2):238-241.
 13. 김훈 외, 2009, “마찰과 연삭 도정배분에 의한 쌀의 도정특성”, 바이오시스템공학, Vol. 34, No. 6, pp.439-445.
 14. 정종훈 외, 2000, “미국 도정공장의 시뮬레이션과 자동화(I) -시뮬레이션 모델 개발”, Food Engineering Progress, Vol. 4, No. 3, pp.141-150.
 15. 김의웅, 2011, “미국종합처리장”, 설비저널, 제40권 제7호, pp.42-56.
 16. 한상욱 외, 2006, “벼 저장형태 및 저장온도에 따른 쌀 식미치 변화”, 한국작물학회, 제51권 별책1호, pp. 398-399.
 17. 김영상 외, 1988, “보리의 가공기술 개선연구: 1. 걸보리의 도정조건에 따른 탈곡특성 및 도정수율”, 한국작물학회, 제33권 제3호, pp. 281-286.
 18. 김훈 외, 2008, “불균일도정이 저장 중 쌀의 품질에 미치는 영향”, 한국식품저장유통학회, 제13권 제6호, pp. 675-680.
 19. 연광석 외, 2001, “세로형 소형정미기의 벼 도정 특성”, 한국농업기계학회 학술대회논문집, pp. 207-212.
 20. 연광석 외, 2001, “수직형 소형정미기의 벼 도정 특성 - 주축회전수, 롤러의 세라믹코팅길이, 이송스크루 피치의 최적 설계조건에 대하여-”, 한국농업기계학회, 제26권 제2호, pp. 177-188.
 21. 조남홍 외, 1999, “수직형 조합 세라믹스 완패스정미기 개발”, 한국농업기계학회 학술대회논문집, pp. 191-198.

22. 권기현 외, 2004, “씻어나온 쌀 제조기계 개발”, 한국농업기계학회 학술대회논문집, pp. 305-313.
23. 김훈 외, 2007, “연삭 및 마찰 도정배분이 도정편차에 미치는 영향”, 한국농업기계학회 학술대회논문집, 12(2):247-250.
24. 김용석 외, 2004, “연삭식 도정기에 의한 도정 정도별 쌀의 이화학적 특성 변화”, 한국식품영양과학회, 33(1):152-157.
25. 송대빈 외, 2000, “연속식 현미 조질기 개발”, 한국농업기계학회, 제25권 제6호, pp. 503-510.
26. 김기종 외, 2003, “입형이 다른 벼 품종의 도정특성 및 쌀품위”, 한국응용생명화학회, 제46권 제1호, pp. 46-49.
27. 엄천일 외, 2004, “입형정미기를 이용한 청결배아미 제조기 개발”, 바이오시스템 공학, Vol. 29, No. 2, pp. 121-130.
28. 박관규 외, 1989, “자가정미기의 이용비용 분석”, 한국농업기계학회, 제14권 제1호, pp. 41-48.
29. Young Doo Kim etc., 1996, “Comparison of Physicochemical Properties between Japonica and Indica Waxy Rice”, Korean J. Breed, 28(4):429-435.
30. Sang Ha No etc., 1976, “Mechanical and Operational Factors Affecting the Efficiency of Rice Polishing Machines”, Korean Society for Agricultural Machinery, 1(1):15-48.
31. 김의웅 외, 2007, “정미시스템의 도정배분 별 도정특성”, 한국농업기계학회 학술대회논문집, 12(2):233-237.
32. 강태환 외, 2010, “정백공정 중 연삭공정이 쌀 품질에 미치는 영향”, 바이오시스

- 템공학, Vol. 35, No. 3, pp. 169-174.
33. 정중훈, 1997, “초경날식 절삭형 완패스정미기의 개발”, 한국농업기계학회, 제22권 제2호, pp. 199-209.
34. 김창진, 2005, “현미 비정상립 혼입비율이 도정특성에 미치는 영향”, 성균관대학교 석사논문.
35. (株)サタケ, Mill Master SAFF 3B-K 사용설명서, 0802-20A
36. D. Shitanda etc. "Performance Analysis of an Impeller Husker considering the Physical and Mechanical Properties of Paddy Rice", J. agric. Engng Res. (2001) 79 (2), 195-203.
37. D. Shitanda etc. "Performance Analysis of Impellor and Rubber Roll Husker Using Different Varieties of Rice". Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript FP 01 001. Vol. III.
38. Satish Bal etc. Wear of Rice in an Abrasive Milling Operation, Part II: Prediction of Bulk Temperature Rise, Biosystems Engineering (2004) 89 (1), 101 - 108.
39. Chuchuan Fan etc. "GS3, a major QTL for grain length and weight and minor QTL for grain width and thickness in rice, encodes a putative transmembrane protein", Theor Appl Genet (2006) 112:1164-1171.
40. Fu-Ming LU, 2009, "The Role of Agricultural Mechanization in the Modernization of Asian Agriculture: Taiwan's Experience", EAEF 2(4):124-131.
41. Masayuki Koike, 2009, "Custom Hire Systems for Agricultural Machines in Southeast Asia -In a Rural Community in Thailand-", EAEF 2(4):144-149

42. 全農施設・資材部. 共乾施設のてびき 第1分冊. 日本 全農施設・資材部. 1990
43. 全農施設・資材部. 共乾施設のてびき 第2分冊. 日本 全農施設・資材部. 1990
44. 全農施設・資材部. 共乾施設のてびき 第3分冊. 日本 全農施設・資材部. 1990

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.