

1. 표지

최 종 보 고 서

116127-01	발간 등록번호 11-1543000-002128-01	
초미분저온분쇄기의 개발	농식품 창업·벤처지원 R&D 바우처 시범사업 R&D Report	초미분저온분쇄기의 개발 최종보고서
최종보고서	주관연구기관 / 한국에너지기술	농 립 축 산 식 품 부
2017		
농림축산식품부		

2. 제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “농식품 창업.벤처지원 R&D 바우처 시범사업”(개발기간 : 2016. 12. ~ 2017.12 .)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018 . 04. 03 .

주관연구기관명 : 한국에너지기술 (대표자) 장태균



주관연구책임자 : 장 태 균

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제고유번호		해당 단계 연구 기간	1년	단계 구분	(해당단계)/ (총 단계)
연구 사업명	단위 사업	농식품기술개발사업			
	사업명	농식품 창업.벤처지원 R&D 바우처 시범사업			
연구 과제명	대과제명	(해당 없음)			
	세부 과제명	초미분저온분쇄기의 개발			
연구 책임자	장태균	해당단계 참여 연구원 수	총: 5 명 내부: 5 명 외부: 명	해당단계 연구 개발비	정부:100,000천원 민간:33,500천원 계:133,500천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 5 명 내부: 5 명 외부: 명	총 연구개발비	정부:100,000천원 민간:33,500천원 계:133,500천원
연구기관명 및 소속부서명	한국에너지기술			참여기업명	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)				보고서 면수	

4. 국문 요약문

		코드번호	D-01		
연구의 목적 및 내용	- 터치기반 제어장치를 갖춘 초미분 저온 분쇄기의 개발				
연구개발성과	주요 연구개발 목표	연구 성과		평가	
	백미 1000mesh/d50의 입도 구현	백미 3000mesh/d50의 분쇄입도 구현		300% 초과달성	
	효소 불활성화처리공정 후 수분율 5%의 대두분을 200~800mesh/d50의 입도의 분쇄성능 구현	대두 3650mesh/d50의 분쇄입도 구현		450% 초과달성	
	백미분 1kg/h의 시제품 제작	-백미분 2kg/0.1h의 시제품 제작		1200% 초과달성	
	10hp급 저온 분쇄 시스템	20hp급 저온 분쇄 시스템		200% 초과달성	
	분쇄부의 냉각능력 -5 ~ -20℃ 구현(냉각온도 온도 조절기능)	분쇄부의 냉각능력 -5 ~ -30℃ 구현		150% 초과달성	
	주축구동부의 회전 7000rpm 달성	주축구동부의 회전 9000rpm 달성		128% 초과달성	
	부하량과 연동되는 공급장치 속도 제어 과부하시의 속도 : 0 rpm 정상작업시의 속도 : 설정속도 (0-10rpm)	제어 과부하시의 속도 : 0rpm 정상작업시의 속도 : 설정속도 (0-60rpm)		100% 달성	
	분쇄기 가동 파라미터를 기억하는 메모리뱅크형 제어시스템 개발 및 제작 (10개의 품목)	분쇄기 가동 파라미터를 기억하는 메모리뱅크형 제어시스템 개발 및 제작 (27개의 품목)		270% 초과달성	
	시작기 1기 완성	시작기 1기 신청기업에 소유권이전 상품 개발 및 2기 판매실적		100% 달성	
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	이번 연구를 통하여 개발된 초저온 초미세 분쇄기술은 기존 분쇄시스템에서 달성할 수 없었던 대두분의 초미분말화와 산패 등을 방지함과 동시에 원료의 향, 색, 맛, 영양 및 특수성분의 잔존극대화가 가능해 획기적인 기술로서 생물 산업 분야의 한약재, 향료, 식품, 제약 등이 광범위하게 응용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 분쇄공정에서 발생하는 막대한 소음을 격감시킬 수 있어 작업환경 및 능률이 획기적으로 개선 될 것으로 기대되며 국내·외적으로 초저온 system 장치를 부착한 상태에서 초미분말화와 자동화 가공 기계 개발을 완성함으로써 국외수출을 위한 경쟁력과 기틀을 마련하였다.				
중심어 (5개 이내)	저온분쇄	초미분분쇄	대두분쇄	초미분저온분쇄	

7. 본문목차

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
2. 국내외 기술개발 현황
3. 연구수행 내용 및 결과
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도
5. 연구결과의 활용계획 등
6. 연구개발 성과의 보안등급
7. 기타사항

<별첨> 자체평가의견서

8. 뒷면지

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농식품 창업.벤처지원 R&D 바우처 시범사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농식품 창업.벤처지원 R&D 바우처 시범사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.
4. 본연구의 일부에 NEP 적용 기술과 기업체의 자체 선행 연구결과로 취득한 영업비밀에 해당하는 고급 기술을 선행연구결과로서 다수건 적용 하여 기업의 영업비밀이 포함 되어 있으므로 영업비밀에 해당하는 기술내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

1. 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
<p>1-1. 연구개발 목적 기능성 식품인 전두부를 생산하기 위한 저온상태의 분쇄장치 개발</p> <p>1-2. 연구개발의 필요성 초미립 분쇄기의 경우 30kg/h의 장비가 4.8억원에 판매되고 있는 상황임으로 소규모 생산업체에서 사용하기에는 값이 비싸며 이러한 업체용 분쇄장비는 개발되어 있지 않은 상황이다. 이러한 저온분쇄 기술이 복합 적용된 저가의 저온 분쇄장비를 개발할 경우 소상공인 및 중소규모 업체를 대상으로 완성된 전두부 생산라인을 완성할 수 있으며 전두부의 특성상 부가가치가 높아 해당분야 중소기업을 대상으로 빠른속도로 확산되어 경쟁력 및 시장성이 우수할것으로 판단된다.</p> <p>1-3. 연구개발 범위</p> <p>가. 자체분급기능을 보유한 분쇄장치 개발</p> <ul style="list-style-type: none">- 백미 <u>1000mesh/d50</u>의 입도 구현- 효소 불활성화처리공정 후 수분율 5%의 대두분을 <u>200~800mesh/d50</u>의 입도의 분쇄성능 구현- 백미 1kg/h의 시제품 제작 <p>나. 10hp급 저온 분쇄 시스템</p> <ul style="list-style-type: none">- 분쇄부의 <u>-5 ~ -20℃범위의 조절가능한</u> 냉각능력구현- 주축구동부의 회전 <u>7000rpm</u> 달성 <p>다. 컴퓨터로 제어되는 재료정량공급장치 구성</p> <ul style="list-style-type: none">- 부하량과 연동되는 공급장치 회전속도 제어과부하시의 속도 : 0rpm정상작업시의 속도 : 설정속도(0-10rpm) <p>라. 프로그램 가능한 터치기반 <u>자동화 제어시스템</u> 시제품 제작</p> <ul style="list-style-type: none">- 분쇄기 가동 파라미터를 기억하는 메모리뱅크형 제어시스템 개발 및 제작 (10개의 품목)	

2. 국내외 기술개발 현황

코드번호

D-04

가. 국내

국내에서는 대가분쇄기계, 한성분쇄등이 분쇄산업을 이끌고 있으나 대두분쇄 50% < 10 μ m이하의 초미립분말 생산기술에 도달하지 못하고 있으며 대두의 경우 지방질로 인하여 이들 업체에서는 분쇄를 포기하고 있는 상태이다.

따라서 저온상태에서 대두분을 분쇄할 수 있는 저온분쇄기를 저가(2억 이내)에 판매 할 수 있을 경우 국내의 전두부 생산업체에 많은 파급 효과를 가져 올 수 있을 것이다.

나. 국외

국외에서는 독일, 일본등의 선진국에서 초미립분말 생산기술을 확보하고 있으며 특히 식생활이 비슷한 일본에서 기술개발 진척이 높은 상태이다.

독일에서는 화학공업에서 ALPINE, 일본에서는 HOSOKAWA, NPK, NARA등이 생산을 하고 있으나 기계시스템의 수입가격이 대당 5 ~10억정도로 알려져 있고 대두분의 경우 적용을 금지 하고 있는 상태이다.

3. 연구수행 내용 및 결과

가. 세부개발내용 및 방법

(1). 분쇄기의 미립 분급장치

분급부는 유자관을 형성하는 관로로서 분쇄기 본체에 내장된 분급부에서 미분과 조분으로 분리되어 조분으로 분리된 입자만 통과하여 분쇄기 투입구로 유도되는 구조로 되어있다. 여기에서 분급부는 분쇄부에서 배출된 재료를 2차 트랙의 경계부분에서 로터의 고속회전으로 발생하는 원심력과 항력을 받으며 classification zone에서 일정한 방향성을 가지고 회전하게 된다. 미분재료와 공기는 항력의 영향으로 중심에 위치한 배출구를 통하여 하우징 밖으로 배출된다. 조분은 임펠러에 의하여 발생한 원심력으로 classification zone의 바깥둘레에 설치된 재순환구를 통하여 공기와 함께 재순환되고 분쇄와 분급과정을 반복하게 되는 구조 및 일반 classification zone의 와류를 이용한 방법을 병용사용 할 수 있도록 설계 및 제작되었다. 조분 입자의 유자관로이동을 제어하기 위하여 배출부에 개폐 조절링을 설치함으로써 최종제품의 생산량 증감이 가능하도록 하였다.

(가) 대두분의 분급 메카니즘

기류분급분쇄기의 분급원리는 Stokes 법칙안에서 로터의 고속회전에 의해 발생하는 원심력과 항력에 의하여 입자를 분급하게 되며 원심력과 항력이 같아지는 지점을 cut size(절단입도)라고 정의한다. 즉, cut size는 조분과 미분이 될 확률이 50:50으로서 원심력에 영향을 받는 입자는 조분으로 편향되어 배출되고, 항력에 영향을 받는 입자는 미분으로 편향되어 로터 중심부인 Stokes 영역($Rep < 0.1 \sim 0.3$)의 절단입도의 반경(radius of cut size: 항력에 영향을 받는 cut size(절단입도) 생산을 위한 반경)으로 이송되어 공기와 함께 배출된다(이, 1996; Roberson 등, 1997; 노 등, 1998; Galk 등, 1999; Hiroshi 등, 2003; Liu 등 2003). 여기서 Stokes 영역과 항력은 단일입자에 대한 Reynolds 수(Rep)와 항력계수 C_D (유체가 입자에 미치는 저항계수)와의 관계다. 즉, Rep 의 계산결과 Stokes 영역($Rep < 0.3$)이 확인되면 Stokes 영역에서 항력계수 계산식 ($C_D = \frac{24}{Rep}$)을 이용하여 유체가 입자에 미치는 항력을 계산할 수 있다.

또한 Stokes 영역을 결정짓는 것은 파이프 속을 유체가 흐르는 경우에 그 관지름을 고려한 Reynolds수에 의해 결정된다. Stokes 영역에서 단일입자에 Reynolds 수(Rep)는 $Rep < 0.1 \sim 0.3$ 일 때를 기준으로 하게 되는데 이 값이 작을수록 입자표면에 흠어짐이 작은 steady 상태가 되고 $Rep < 0.3$ 이상이 되면 입자의 흐름이 흠어지고 소용돌이가 나타나서 유체가 의한 저항이 증가되어 Stokes 가정에서 벗어나게 되면서 중간층($0.3 < Rep < 500$), 난류층

($500 < Re_p < 2 \times 10^5$)이 된다. 즉, unsteady 상태가 됨으로서 Stokes법칙 가정 하에 원심력과 항력에 의한 입자층 분리를 통한 분급이 불가능하게 된다. 여기서 원심력은 질량 m (kg)의 입자가 회전운동하고 있고 그 회전반경 r (m), 각속도를 ω (rad/s)로 하면 입자는 회전반경방향 외향으로 $mr\omega^2(N)$ 의 힘이다. 또한 입자가 유체속을 운동할 때 유체는 입자에 힘을 미치고 이것을 항력이라 하고 원심력의 반대방향에서 입자에 작용하는 힘을 의미한다(이, 1996; Roberson 등, 1997; 노 등, 1998; Galk 등, 1999).

기류분급분쇄기의 공기분급원리로서 Stokes법칙 가정 하에서 다음의 가정을 따른다(Galk 등, 1996; 이, 1996; Guo 등, 2007).

- ① 입자는 구형이다.
- ② 입자들 사이에는 상호작용은 존재하지 않는다.
- ③ 입자와 원주공기속도 사이에는 미끄럼이 존재하지 않는다.
- ④ 코리올리스 힘(원심력방향에 수직으로 작용하는 힘)은 무시될 수 있다.
- ⑤ 가속도로 인한 힘은 무시되어 질 수 있다.

또한 다음과 같은 조건이 기류분급분쇄기 설계에 반영되어야 한다(Galk 등, 1996; 이, 1996; Guo 등, 2007).

- ① 유동장은 강제소용돌이가 되어야 한다.
- ② 유입되는 공기는 로터와 같은 속도를 갖는다.
- ③ 덩어리는 분산되어야 한다.
- ④ 공기와 입자들 사이의 운동량의 변화는 최소가 되어야 한다.

그림 4는 기류분급분쇄기의 공기분급을 위한 설계기술을 개발하여 나타내었다. 우선 Stokes 법칙 가정 하에 분쇄메카니즘에서 분쇄에 이용되며 고속회전로터를 분급영역으로 확장시켜 원심력과 항력에 의한 분급이 가능하게 한다. 이때 로터의 회전 속도와 분급하기 위한 즉 항력에 영향으로 생산되기 위한 입자의 크기인 cut size $d_{97} 3 \mu m$ 를 위한 가장 안정된 steady 상태의 $Re_p < 0.1$ 의 Stokes영역을 가지는 절단입도의 반경과 steady 상태의 한계영역인 $Re_p < 0.3$ 가지는 Stokes영역을 가지는 절단입도의 반경에서 실험을 통하여 $d_{97} 3 \mu m$ 분말의 생산 검증을 통하여 scale up 을 위한 데이터를 제공하게 된다.

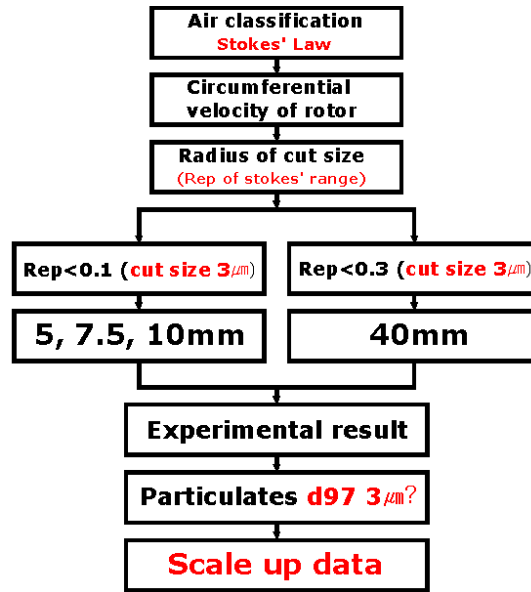


Fig. 4 Design method of classification for ACM.

(나) 대두분쇄기의 분급시스템 설계를 위한 이론적 배경

그림 5는 기류분급분쇄기의 분쇄메카니즘과 연결된 분급시스템의 분급영역을 보여주고 있다. 우선 분급되어지기 위한 분말 재료는 투입재료 입구를 통하여 1차로 분쇄되고 축방향 흐름에 편승하여 분급영역에 공급된다. 분급영역에서는 분쇄와 분급을 위한 로터가 급속하게 회전함으로써 분급영역의 분말은 원심력에 의하여 분급 경계층 바깥쪽으로 유도되며 원심력장에서 분급을 위한 층 분리가 형성된다.

공기흐름과 분급영역 로터의 회전속도 영향 하에서 재료는 조분과 미분으로 분급되어진다. 분급영역에서 회전반경 방향을 따라 입자에 작용하는 원심력과 항력이다.

로터가 회전할 때 원심력은 생성되고 항력은 분급영역에서 집진팬에 의하여 생성된 공기흐름에 입자가 노출됨으로서 생긴다(Liu 등 2003; Worthen, 2001).

분급영역의 원심력장에서 단일 입자의 운동방정식은 다음과 같이 주어진다(Hiroshi 등 2003; Galk 등 1999; Rhodes, 1998, 이, 1996; Worthen, 2001; 노 등, 1997; Roberson 등, 1997).

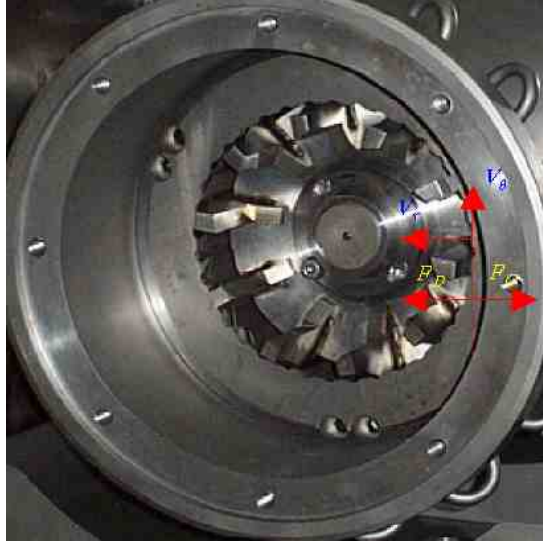


Fig. 5 Photography of ACM for classification.

$$m \frac{DV_{pr}}{D_t} = F_D + F_C \text{-----(1)}$$

여기에서

F_D 항력(N)

F_C 원심력(N)

이다.

F_D 는 다음과 같이 정의된다.

$$F_D = -\frac{1}{2} C_D (R_{ep}) \rho_a V_{pr}^2 \frac{\pi}{4} d_p^2 \text{-----(2)}$$

여기서

V_{pr} 단일입자의 회전반경방향의 침강속도(m/s)

이다.

F_C 는 다음과 같이 주어진다.

$$F_C = m \frac{V_\theta^2}{r} = \frac{1}{6} \pi d_p^3 \rho_p \frac{V_\theta^2}{r} \text{-----(3)}$$

V_θ 절단입도의 반경 선속도(m/s)

r 절단입도의 반경(m)

또한 cut size d_{50} 은 식(1), (2), (3)로부터 식(4)과 같이 표현되어질 수 있다.

$$d_{50} = 3 C_D \rho_a r V_r^2 / 4 V_\theta^2 \rho_p \text{-----(4)}$$

여기서

- ρ_a 공기밀도(kg/m^3)
- ρ_p 입자밀도(kg/m^3)
- r 절단입도의 반경(mm)
- V_r 회전반경 방향의 침강속도 (m/s)

이다.

위 식으로부터 cut size의 값은 고정되어지지 않고 어떠한 범위에서는 바뀐다는 것을 보여줄 수 있다. 항력계수 C_D 는 공기속도와 관계가 높은 Reynolds number(Re_p)의 함수이다.

주어진 분말 재료에 대해 입자와 공기밀도가 일정할 때 d_{50} 은 우선적으로 회전반경과 원주속도에 의존하게 된다.

결국, V_r/V_θ 의 비율 감소로 작은 cut size를 얻을 수 있다. 즉, 로터의 회전속도를 이용하여 cut size를 조절할 수 있다.

또한 C_D 는 Re_p 의 함수이므로 원심력장에서의 회전반경방향의 침강속도 V_r 은 Re_p 에 의존하고 식(5)와 같이 표현된다. 여기에서 Re_p 는 단일입자 Reynolds number가 $Re_p \leq 0.1$ 일 경우에는 오차 없이 거의 정확하게 성립하며, $Re_p \leq 0.3$ 인 경우에는 1% 이내에서, $Re_p \leq 0.5$ 인 경우에는 3% 이내에서, $Re_p \leq 1$ 인 경우에는 9%이내범위의 오차로 성립하게 됨으로서 Stokes 영역을 벗어남으로서 cut size 생산이 불가능하게 된다(Rhodes, 1998; Roberson 등, 1997; 이, 1996; 노 등, 1997, Galk 등, 1999).

Stokes의 법칙 영역에서, $C_D = 24/Re_p$ 을 이용하면 단일입자에 대한 회전반경 방향의 침강속도는 식(14)와 같다(Stokes, 1851).

$$Re_p < 0.3, \quad V_r = \frac{r\omega^2(\rho_p - \rho_a)d_p^2}{18\mu} \text{-----(5)}$$

여기서

$$\mu \quad \text{공기점도} \quad (\text{Pa} \cdot \text{s})$$

이다.

$Re_p < 0.3$ 이상에 중간영역은 Stokes 영역에서의 식(5)는 사용할 수 없고 식(6)과 같이 원심력장에서의 회전반경의 침강속도 V_r 에 대하여 입자와 유체의 특성에 따른 침강속도의 변화는 근사적으로 나타낸다(Guo 등, 2007; Rhodes, 1998; 이, 1996, Morrison 등, 2002).

$$0.3 < Re_p < 500, \quad V_r = 0.153 \frac{(r\omega^2)^{0.71} d_p^{1.14} (\rho_p - \rho_a)^{0.7}}{\rho_a^{0.29} \mu^{0.43}} \text{-----(6)}$$

또한 Newton의 법칙 영역(난류영역)에서는 $C_D = 0.44$ 를 사용하면 회전반경에서의 침강속도는 식(7)과 같다(Guo 등, 2007; Rhodes, 1998; 이, 1996; Coulson 등, 1991, Clift 등, 1978, Chhabra, 1993).

$$500 < Re_p < 2 \times 10^5, \quad V_r = 1.74 \left[\frac{r\omega^2 d_p (\rho_p - \rho_a)}{\rho_a} \right]^{0.5} \text{-----(7)}$$

(2). 대두 분쇄용 로터

(가) 지방이 다량 함유된 재료를 분쇄해야 하는 분쇄메카니즘은 로터와 스테이터로 구성되어 있다. 로터와 스테이터는 고전단력에 의한 분쇄메카니즘 실현이 가능한 구조로서 특히 입자가 속형 가속기 설계에서 특성곡선을 반영하여 설계 및 제작하였다.

로터는 그림4와 같은 순서의 기류가속형 분급분쇄기를 위한 설계방법을 개발하여 설계 및 제작하였다.

우선 반경류형 팬 설계기법을 이용하여 로터의 크기 및 날개수를 결정한 후 설계 및 제작하여 표준 반경류형 팬의 유량과의 비교를 통하여 특성을 파악하고 실제 로터에 작용하는 부하인 토크를 계산하여 모터를 선정하게 된다.

이 때 모터용량의 선정기준은 공기와 재료의 질량비(solids loading, kg solids/kg air)를 계산하여 선정하게 된다(Galk 등 2006; Hiroshi 등, 2003).

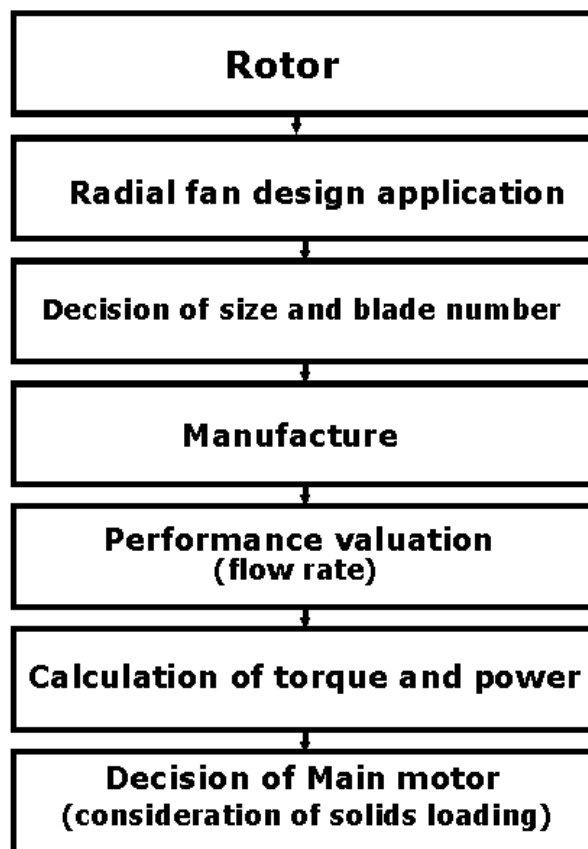


그림-4 Design method of Rotor for Pulverizer.

(나) 표준 로터의 팬구조에서 날개수가 5~8로 증가하였을 경우 풍량은 약 $0.18\sim 0.28\text{ m}^3/s$ 으로 증가한다.

또한 로터의 회전수 2,000rpm에서 내경(D_i)을 $\phi 140\text{ mm}$ 로 고정하고 외경(D_o)을 $\phi 228\text{ mm}$ 와 $\phi 260\text{ mm}$ 로 증가시켰을 경우 풍량은 약 $0.39\sim 0.42\text{ m}^3/s$ 으로 증가하게 되고, 팬의 외경(D_o)을 $\phi 250\text{ mm}$ 로 고정하고 내경(D_i)을 $\phi 188\sim \phi 136\text{ mm}$ 로 감소시켰을 경우 풍량은 약 $0.44\sim 0.36\text{ m}^3/s$ 로 감소하는 경향을 보인다.

그리고 팬의 날개폭을 $0.15D_i$ (내경)~ $0.35D_i$ 로 증가시켰을 경우에는 풍량은 약 $0.38\sim 0.51\text{ m}^3/s$ 로 증가하게 되고 $0.35D_i\sim 0.46D_i$ 로 증가시켰을 경우에는 약 $0.51\text{ m}^3/s$ 로 더 이상 증가하지 않는다.(강 등 1994;박, 1998; 노 등, 1998).

이러한 로터의 특성을 반영하여 분쇄기에 로터는 분쇄영역에서의 분쇄 체류시간(분쇄기회), 전단력 효과를 고려하여 그림 5와 같이 날개 수 8, 내경(D_i) $\phi 20\text{ mm}$, 외경(D_o)을 $\phi 196\text{ mm}$, 날개폭 70mm로 제작하였다. 제작된 로터의 특성을 평가하기 위하여 portable type 풍량측정기(TSI 8386A-M-GB, USA)를 이용하여 풍량을 측정하였고 그림 3와 같이 구성하였다. 실험구성을 위해 모터는 동력 10 hp, 60Hz에서 회전수 3,540rpm인 Siemens 사의 3상 2극모터를 인버터를 이용하여 약 130Hz까지 증가시켜 로터의 회전수를 약 9,100rpm(Angular contact ball bearing: 6210, 허용회전수 약18,000rpm, 60%사용)이 되게 구성하여 풍량을 측정 하였다.



그림-5 Radial type rotor for pulverizer Mill.

측정결과 로터의 회전수 1,000~2,000rpm으로 증가 시 풍량은 약 0.37~0.52 m^3/s 로 나타났고 2,000~10,500rpm으로 증가시켰을 경우 풍량은 약 0.61~1.38 m^3/s 로 증가하였다.

팬과 로터의 회전수 2,000rpm에서 기류분급분쇄기의 로터 풍량이 팬의 풍량 보다 약 25%크게 나타낸 것은 로터 날개폭을 $0.32D_i$ 보다 약 28% 수준으로 크게 제작한 결과로 판단되었다.

로터의 크기, 회전수, 풍량을 이용하여 실제 입자가속형 기류분쇄기의 로터 구동에 필요한 동력계산을 위하여 그림 6과 같이 도식화 하였다.

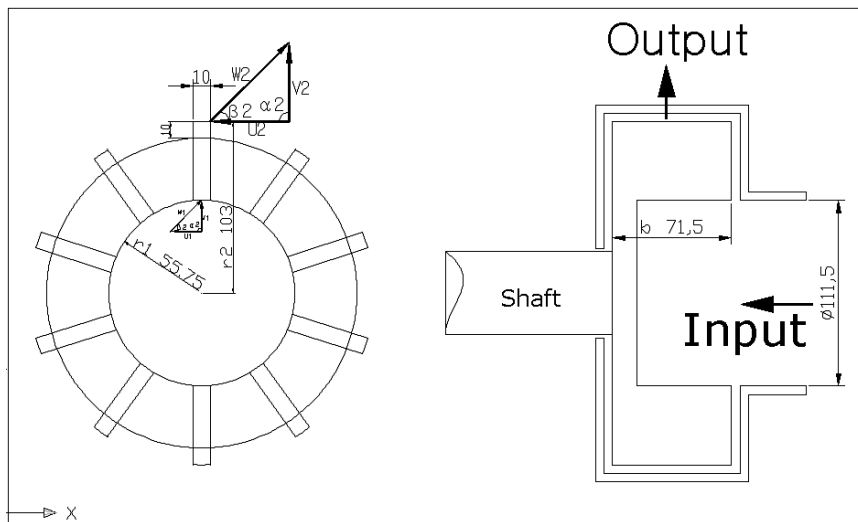


그림-6 Diagram of Rotor for torque calculation.

원심가속형 터보머신에서의 출력 토크와 동력 계산은 식(1), (2)와 같다(Philip, 1992).

$$T = \dot{m} (r_2 V_{u2} - r_1 V_{u1}) \text{-----(1)}$$

$$W = T \cdot \omega \text{-----(2)}$$

여기서

- T 로터의 출력토크(N · m)
- \dot{m} 질량유량(kg/s)
- r_2 로터의 외경(mm)
- r_1 로터의 내경(mm)
- V_{u1} 로터내경의 접선속도(m/s)

V_{u2} 로터외경의 접선속도(m/s)

W 동력(kW)

w 각속도(rad/s)

이다.

우선 질량 유량계산은 식(3)을 이용하였다. 이때 공기밀도는 20~30℃의 표준 대기압에서 공기밀도 1.17~1.2 kg/m³를 이용하여 계산을 하였다(Bolz등, 1973).

$$\dot{m} = \rho_a Q_a \text{-----(3)}$$

여기서

ρ_a 공기밀도(kg/m³)

Q_a 공기유량(m³/h)

이다.

$$\therefore \dot{m} = 1.2 \times 1.44 = 1.728 \text{ kg/s}$$

흡입구에서 로터의 접선속도 계산결과는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} V_{u1} &= r_1 \omega \\ &= \frac{2\pi \times 0.05575 \times 8000}{60} = 82.058 \text{ m/s} \end{aligned}$$

배출구에서 로터의 접선속도 계산결과는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} V_{u2} &= r_2 \omega \\ &= \frac{2\pi \times 0.103 \times 9,100}{60} = 93.34 \text{ m/s} \end{aligned}$$

질량유량 \dot{m} 과 로터의 접선속도 V_{u1} , V_{u2} 를 이용한 출력토크 계산결과는 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \therefore T &= 1.728 \text{ kg/s} \times ((0.103 \text{ m} \times 113.25 \text{ m/s}) - (0.05575 \text{ m} \times 61.3 \text{ m/s})) \\ &= 14.25 \text{ N.m} \end{aligned}$$

로터의 출력토크 T 와 로터의 각속도 w 를 이용한 동력 계산은 아래와 같다.

$$\therefore W = 14.2442 \text{ N.m} \times \frac{2\pi \times 8000}{60} = 7.444 \text{ kw}$$

실제 실험에 사용된 메인모터는 분쇄생성물의 밀도가 공기 밀도보다 약 1,000배가 큼으로 질량비(solid loading)를 감안하여 선정되어야 한다. 즉, 분쇄생성물이 분쇄시스템 운전 중 분쇄와 분급이 일어나는 과정에서 입자와 공기의 질량비(kg solids/ kg air)를 계산하여 분쇄모터를 선정하였다.(Galk 등, 1999; Hiroshi 등, 2003) 본 연구에서는 시간당 처리량을 1 kg/h이하로 가정하였을 경우에 다음과 같은 질량비에 대한 계산결과를 얻는다.

$$\begin{aligned} \text{질량비(solids loading)} &= \frac{\text{feed}(kg/h)}{\text{airmass}(kg/h)} \\ &= \frac{1(kg/h)}{1.2(kg/m^3) \times (1.44kg/s \times 3,600s)} \\ &= 0.000161 \text{ kg solids/kg air} \end{aligned}$$

질량비가 0.000161 kg solids/ kg air 즉, 0.161 g solids/kg air가 투입됨으로서 7.5 kW의 동력을 가진 분쇄모터를 선정하여야 하였다. 실험에 사용된 분쇄모터의 용량은 20hp의 2극 3상 Siemens 모터를 장착하여 실험을 하였고 모터의 정격 회전수는 60Hz에서 3,540rpm이다.

이는 시작기를 생산용으로 사용하고자 하는 신청기관의 의도를 헤아려 원래의 목적보다 200% 증가하여 결정 하였다.

(3) 기류가속 분급분쇄기의 스테이터

본 과제중 가장 핵심요소인 스테이터의 설계를 위해 그림 7과 같은 설계방법을 구상하여 설계 및 제작하였다. 우선 분쇄영역으로서 가장 중요한 로터의 회전에 의한 로터 날개 모서리와 의 cutting에 의한 전단효과를 얻기 위하여 스테이터의 폭(width)은 로터날개폭 7과 일치하는 크기의 반구형상으로 제작하였다. 이때 반구형상(semicircular shell)의 항력계수 C_D 2.3이다 (Brevoort 등, 1935; Lindsey, 1975; Morrison, 1962; Roberson, 1972; Rouse, 1946; Scher 등, 1949). 특히 유체가 입자에 작용하는 힘을 나타내는 항력계수가 크면 클수록 유체가 입자에 미치는 힘이 커지게 된다(Dallavalle, 1948; Schiller 등, 1993).

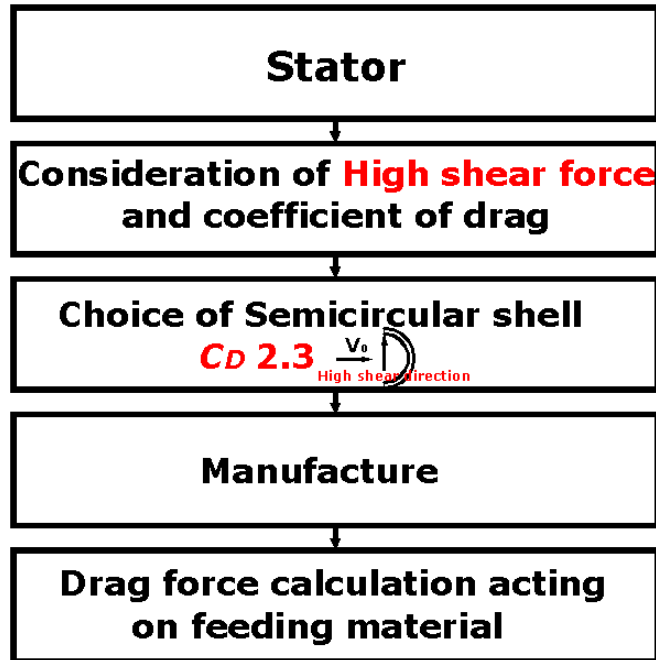


Fig. 7 Design method of stator for Pulverizer.

(가). 우선 로터에 의해 생성되는 회전반경방향 속도를 이용하여 조파쇄된 분쇄재료의 평균입자경에 대한 항력을 계산하였다.

(나). 재료의 조파쇄는 회전자인 로터의 직경 $\phi 200$ mm, 고정자인 로터 외곽에 설치된 1.3 mm 타공망, 분쇄모터 3hp, 회전수 1,750rpm으로 구성된 핀밀(pin mill)을 이용하여 조파쇄하였다. 입자는 구형으로 가정하였고, 조분쇄된 입자의 평균직경은 1.1 mm이었다.

(다). 분쇄재료에 대한 항력계산은 다음과 같다.
로터의 회전반경방향의 속도계산은 식(4)과 같다.

$$v_r = Q/A \text{-----(4)}$$

여기서

v_r 로터의 회전반경방향 속도

Q 로터에 의해 생성된 공기유량(m^3/s)

A 로터의 내, 외경 면적(m^2)

$$v_r = \frac{1.44 \text{ m}^3/s}{\pi(0.103^2 - 0.05575^2)} = 61.1 \text{ m/s}$$

$$\therefore v_r = 61.1 \text{ m/s}$$

회전반경방향 속도에 의한 Reynolds number 계산은 식(5)과 같다.

$$Re_p = \frac{v_r d_p \rho_a}{\mu_a} \text{-----}(5)$$

여기서

Re_p 단일입자에 Reynolds number

d_p 분쇄재료의 입자경(m)

ρ_a 공기밀도(kg/m^3 : 20°C의 공기밀도 $1.2kg/m^3$)

μ_a 공기점도($Pa \cdot s$: 20°C의 공기점도 $1.81 \times 10^{-5} Pa \cdot s$) 이다.

계산결과는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Re_p &= \frac{v_r d_p \rho_a}{\mu_a} \\ &= \frac{61.1 \times 0.0011 \times 1.2}{1.81 \times 10^{-5}} \end{aligned}$$

$$\therefore Re_p = 4,456$$

계산결과 Newtonian영역(난류영역: $500 < Re_p < 10^5$)임으로 Newton 법칙에 의한 단일입자에 대한 항력계수(C_D)값인 0.44로 결정된다(Rhodes, 2005; 이, 1996).

유체가 입자에 미치는 항력은 식(6)와 같다.

$$F_D = \frac{C_D A_p \rho_a v_r^2}{2} \text{-----}(6)$$

여기서

C_D 항력계수

A_p 분쇄재료의 면적(m^2)

이다.

계산결과는 다음과 같다.

$$= \frac{0.44 \times \frac{\pi \times 0.0011^2}{4} \times 1.2 \times 61.1}{2}$$

$$\therefore F_D = 1.533 \times 10^{-5} \text{ N}$$

그림 8은 고 전단력의 분쇄메카니즘을 위한 로터와 스테이터의 제작 설치된 분쇄영역을 나타내었다.(선행연구)

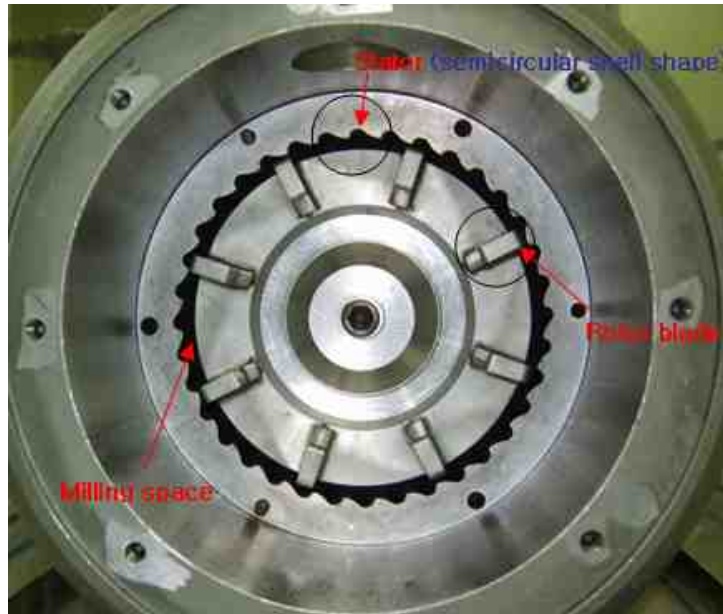


그림-8 로터와 스테이터의 분쇄영역

(4). 분쇄시스템 절단입도의 반경(radius of cut size) 설계 및 제작

절단입도의 반경 결정은 분급이론과 실제 양산 검증으로 Galk 등(1999)에 의해 로터의 선속도 조절은 cut size 조절이 가능하다는 실험결과를 이용하여 본 연구에서도 기류분급분쇄기의 베어링 허용회전수를 9,100rpm 에서 로터의 선속도 93.3 %를 Max로 하여 cut size d_{97} 13 μm 가 되도록 선정하였고 실험 검증을 위해 로터의 선속도 60, 70, 80 %가 cut size에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 표 1은 Stokes 영역의 $Rep < 0.1$ 의 절단입도의 반경 5, 7.5, 10mm 와 $Rep < 0.3$ 의 절단입도의 반경 40mm에 대한 cut size를 로터의 선속도별로 계산하여 나타내었다. 이 때 cut size 계산을 위하여 주어진 조건은 다음과 같다.

$$\rho_a \ 1.2 \ \text{kg/m}^3 \text{(20}^\circ\text{C의 공기밀도)}$$

$$\mu_a \ 1.81 \times 10^{-5} \ \text{Pa.s} \text{(20}^\circ\text{C의 공기점도)}$$

$$\rho_s \ 1,100 \ \text{kg/m}^3$$

표 1 Circumferential velocity of rotor and cut size

V_θ m/s	Cut size d_{97} (μm)			
	Radius of cut size			
	$Rep < 0.3$	$Rep < 0.1$		
	40mm	10mm	7.5mm	5mm
60	3.68	3.937	4.655	4.962
70	2.68	3.523	3.912	4.216
80	2.26	3.33	3.666	4.195

그림 9는 표 1의 데이터를 그래프로 나타내었으며 이를 통한 절단입도의 반경별 로터의 선속도 V_θ 와 cut size d_{97} 의 관계를 표 2와 같이 식으로 나타낼 수 있다.

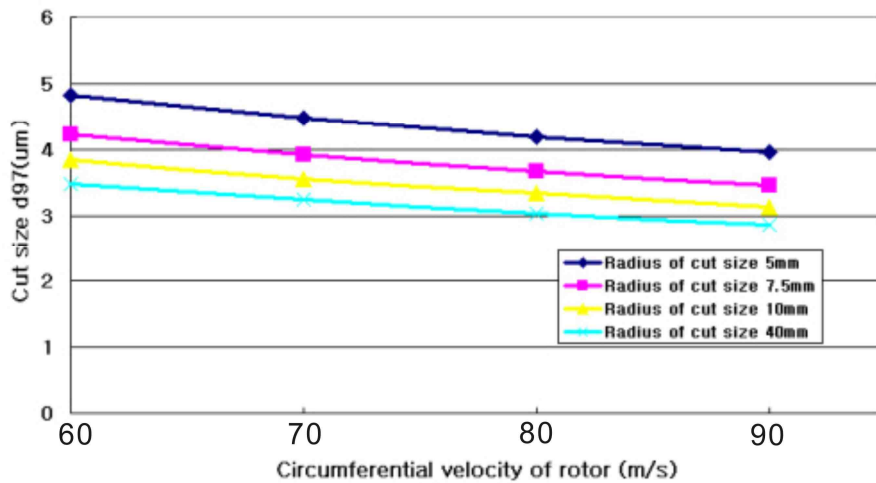


그림. 9 Circumferential velocity and cut size in radius of cut size.

표 2 Cut size(d_{97}) and circumferential velocity of rotor

Radius of cut size (mm)	Equations	R^2
5	Cut size(d_{97})= $-0.0292 V_\theta + 7.7295$	0.9952
10	Cut size(d_{97})= $-0.0258 V_\theta + 6.5225$	0.9935
15	Cut size(d_{97})= $-0.0234 V_\theta + 5.9208$	0.9942
40	Cut size(d_{97})= $-0.0211 V_\theta + 5.3662$	0.9951

그림 10은 로터가 절단반경(r) 90 mm지점에서 $11.092 \times g$ 의 원심가속도로 회전하고 있을 때 $Rep < 0.1$ 의 Stokes 영역을 가지는 절단입도의 반경 5, 7.5, 10 mm와 $Rep < 0.3$ 의 Stokes 영역에서의 절단입도의 반경 40 mm를 나타내었다.

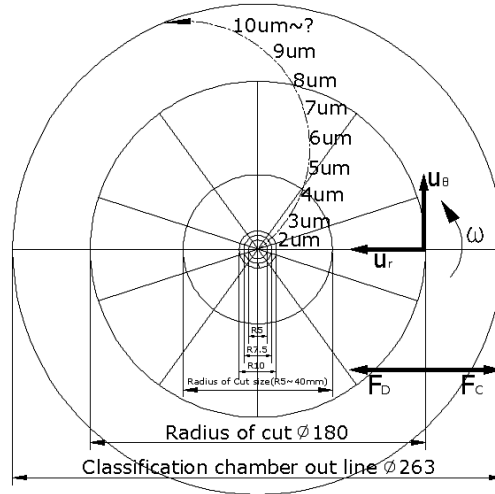


그림 10 Design of classification zone for ACM.

또한 표 2에 계산된 cut size에 생산을 위한 힘은 크게 원심력과 항력 그리고 항력의 작용을 받은 cut size의 배출을 위한 힘으로 구분 된다. 우선 그림 10에서의 원심력과 항력식을 이용하여 결정하고 절단입도의 반경 5, 7.5, 10, 40mm에서 배출방향으로 작용하는 힘은 식(7), (8)을 이용하여 계산하였다.

$$Q = Av \text{-----(7)}$$

$$F = \dot{m}v \text{-----(8)}$$

여기서

A 배출구단면적(m^2)

F 배출부에 작용하는 힘(N)

v 배출부의 유속(m/s)

이다.

이 때 질량 유량은 절단입도의 반경에서 측정된 배출 방향의 풍량을 이용하여 계산을 하였다. 절단입도의 반경 5, 7.5, 10, 40mm에서 측정된 풍량은 각각 1,010, 1,543, 1,652, 2,855 m^3/h (TSI 8386A-M-GB, USA)이었다.

cut size 생산에 필요한 원심력, 항력, 절단입도의 반경에 작용하는 힘에 대한 계산 결과는 표 3과 같다.

표 3 Force analysis acting on cut size (Unit: N)

V_{θ} (m/s)	Radius of cut size (mm)											
	40			10			7.5			5		
	F_C E-10	F_D E-10	F_{out}	F_C E-10	F_D E-10	F_{out}	F_C E-10	F_D E-10	F_{out}	F_C E-10	F_D E-10	F_{out}
60	7.67	7.67	165	2.58	2.58	101	2.58	2.58	48	2.56	2.56	21
70	7.73	7.73	165	2.56	2.56	101	2.57	2.57	48	2.57	2.57	21
80	7.703	7.703	165	2.57	2.57	101	2.57	2.57	48	2.57	2.57	21

(5) 스테이터의 설계

① 일반재료와 달리 지방이 함유된 재료의 분쇄는 기존의 보유기술로는 분쇄는 되나 트랙 홈에 쌓임 현상이 발생하게 되어 분쇄중 크래킹, 케이킹 현상이 일어나게 되었다. 그림-11,



그림-11 대두 분쇄시 발생되는 크래킹 현상

그러므로 이러한 현상 방지를 위해서는 분쇄기 내부에서의 기류흐름을 크랙킹 현상이 발생하지 않도록 트랙의 형상을 설계하였다.

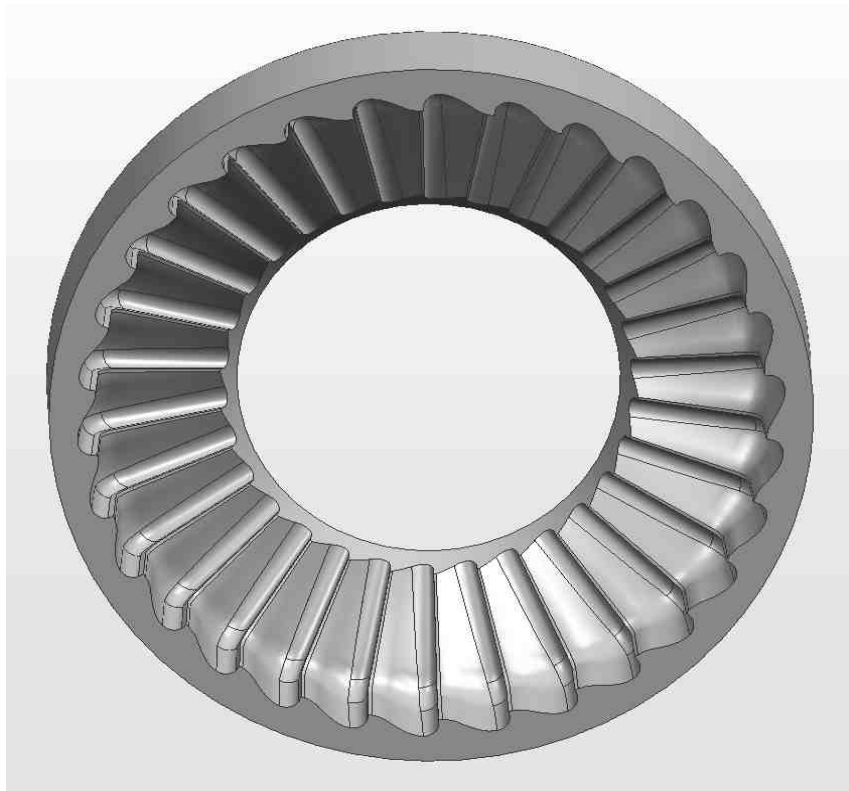
② 트랙은 이러한 원리로 본 연구에서 기류의 흐름을 사선방향으로 유도하여 재료의 흐름 저항을 크게 줄였다. 도면 3은 시제품 트랙의 3D 도면이다.

그림 12는 분쇄로터의 고속회전을 위한 로터원판과 분쇄에 가장 크게 영향을 미치는 로터의 날을 보여주고 있다. 본 연구에서는 로터의 원판을 스테인레스소재를 와이어 커팅하여 열처리를 통한 재료의 인성과 경도증가를 하여 로터를 경량화 함으로써 안정된 기계운전이 가능하도록 제작하였다. 또한 로터 날의 내마모성 증대를 위해 수차례의 복합적인 열처리후 제작하여 로터 날의 수명을 크게 향상시켰으며 이를 통해 사용자측의 운영비용을 줄일 수 있도록 하였다. 그림 12는 1차로 실제 제작된 로터를 보여주고 있다. 실제 시스템은 1차 시운전 데이터를 적용하여 변경하여 제작된 로터와 트랙이 적용 되었다.

③ 이에 따른 데이터를 기반으로 스테이터의 내경은 200MM로 결정 되었고 주재료는 STAINLESS를 주조하여 사용하였으며 주요 형상은 3D 설계하여 제작 하였다.

도면 3은 3D 설계된 도면이다.

도면 4는 스테이터의 머시닝센터 3D 가공절차도면이다.



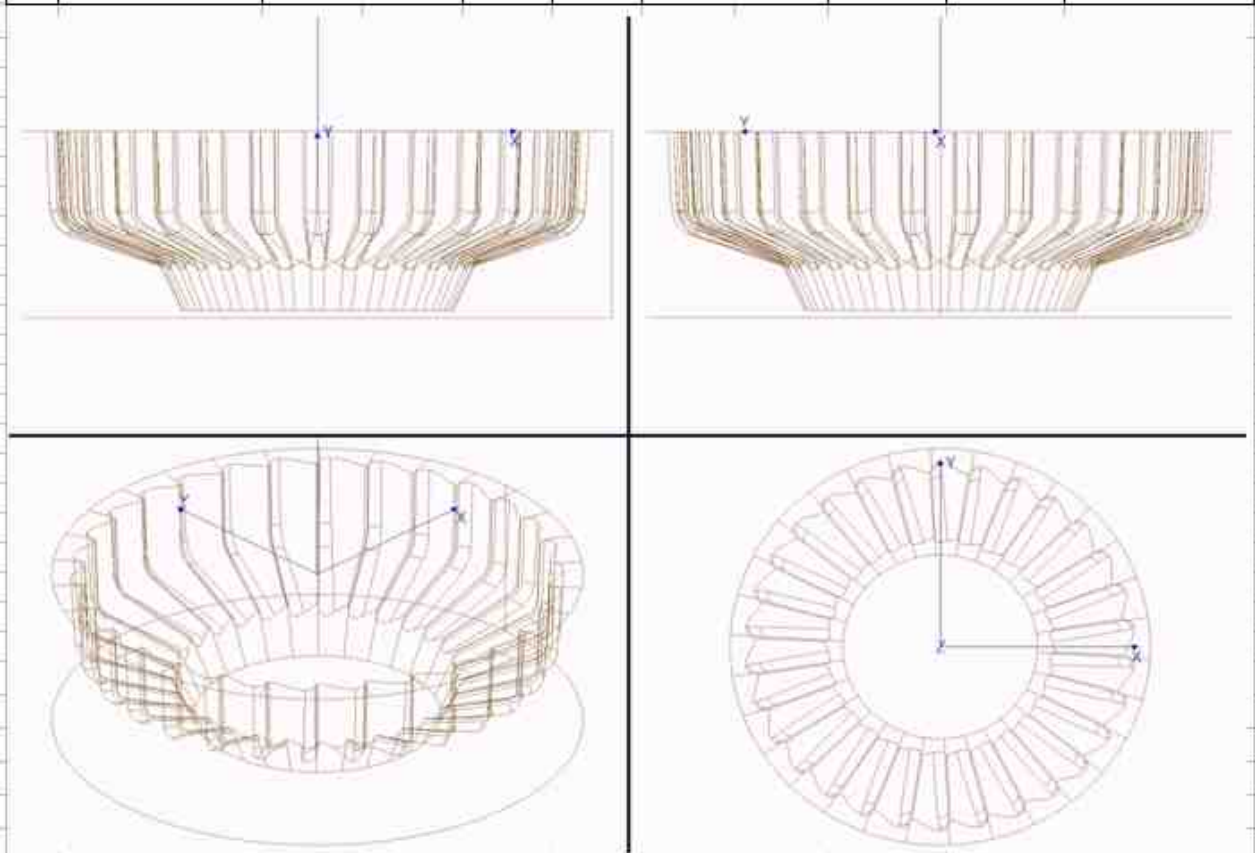
도면-3 스테이터의 3D 도면

PROGRAM SHEET

2010-03-17

PAGE : 1/1

금형 번호		MODEL 명	HKP-05	부품 번호, 명	TRACK A			
PROGRAMMER		제 품 명		소재 치수				
NO.	파일명	공구직경	Z-MAX	Z-MIN	구 분	가공여유	공구길이	REMARK
1	HKP-05-1	Φ 16 BALL	0	-60	황 삭	2	63	
2	HKP-05-2	Φ 16 BALL	0	-63	황 삭	1	63	
3	HKP-05-3	Φ 12 BALL	0	-63	중 삭	1	63	
4	HKP-05-4	Φ 12 BALL	0	-63	중 삭	1	63	
5	HKP-05-5	Φ 12 BALL	0	-63	중 삭	0.5	63	
6	HKP-05-6	Φ 12 BALL	0	-63	중 삭	0.5	63	
7	HKP-05-7	Φ 10 BALL	0	-63	중 삭	0.5	63	
8	HKP-05-8	Φ 10 BALL	0	-63	중 삭	0.5	63	
9	HKP-05-9	Φ 10 BALL	0	-63	정 삭	0	63	



도면-4 스테이터의 3D 가공도면



그림 12 (1차 개발 로터의 모습)

(6) 저온 냉각시스템

(가) 그림 13은 실제로 냉각된 분쇄기 본체를 보여주고 있다. 분쇄기에서 가장 중요한 부분은 본체와 베어링하우징의 냉각부분으로서 기계의 안정성과 연속운전을 하기 위한 온도컨트롤이 가능한 구조를 가지게 하는 것이었다.

즉 냉각에 사용되는 비소모성인 냉매가 본체와 베어링하우징의 냉매라인에서 원활하게 순환하게 함으로써 정확한 온도제어가 가능한 구조로 제작되어야한다.

본 기계에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 분쇄기 본체와 베어링하우징 내부에 냉매라인이 일체형으로 형성되어 최대의 냉각효과와 온도제어가 가능한 구조로 설계 제작하였다.

온도제어의 중요성은 분쇄기 본체의 경우 대두를 분쇄 시 분쇄기 내부의 분위기 온도가 재료가 가지고 있던 수분과 지방질의 함량에 크게 영향을 미치게 되어 분쇄기 내부에서의 caking 현상 등을 야기하게 됨으로 이러한 문제를 사전에 차단하여 연속적으로 안정된 운전을 확보하기 위해 온도제어가 요구되며, 베어링하우징에서의 온도제어는 분쇄기 축의 고속회전으로 인해 베어링부에 발생하는 고열을 베어링 케이싱 손상이 발생하지 않는 온도로 유지하기 위하여 요구되었다.

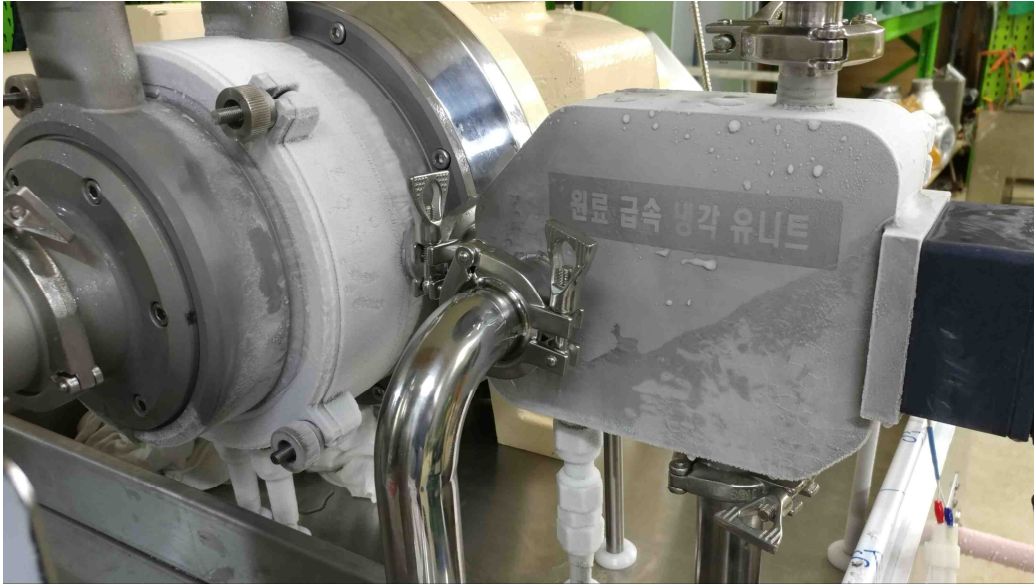


그림-13

(나) 식품 등의 생물소재에서는 딱딱하고 부서지기 쉬운 고체재료의 파괴에서 파괴의 두 단계가 인정되어진다.: (a) 재료의 구조 안에 갈라진 틈을 따라 존재하는 초기 균열; 그리고 (b) 새로운 갈라진 틈의 형성 또는 이러한 갈라진 틈을 따라 균열이 뒤따르는 crack tip.

또한 단지 Pulverizer 장치에 공급되어진 적은양의 에너지는 실제로 파괴작업에 사용되어진다는 사실이 받아들여지고 있고 2% 효율보다 낮은 계산으로 인용되어져왔다.

즉 투입된 에너지의 98%는 열에너지로 장비의 온도상승을 유도하게 된다. 이렇게 분쇄는 전통적인 단위조작에서 가장 비효율적인 공정이다.

많은 양의 투입에너지는 탄성한계 안에서 그리고 입자간의 상호마찰로 입자를 변형시키면서 소멸되고 이런 낭비된 엄청난 양의 에너지는 열로 바뀌게 되어 생물학적 재료의 열 손상을 가져오게 된다.

(나) 특히 열에 예민한 유기적 성분, 향, 색상 등을 갖고 있는 약용작물, 식품재료, 제약에서는 분쇄가공이 중요하다(Bond, 1952; 1954; Coulson 등, 1996; Barbosa-Canovas 등, 2005; Gupta 등, 2006).

이러한 분쇄는 Top down 방식에 의하여 순차적으로 입자크기를 축소하여 최종 분말생성물을 얻게 된다.

(다) 표 4는 이러한 순차적 입자크기 축소장비와 이에 따른 비에너지(Specific energy, kWh/ton)를 나타내었으며 전체 분말생성물의 입자에서 80% 통과기준으로서 1, 2차 분쇄($10^6 \sim 10^4 \mu\text{m}$)에는 톤당 0.1~2 kWh가 들며 초미분 분쇄($10 \sim 1 \mu\text{m}$)에는 톤당 100~1,000 kWh가 소요된다(Hukki, 1961, 1975; Prasher, 1987).

표 4 Classification of comminuted products by size

Stage of reduction	Typical machine	Product size passing 80% (micron)	Specific energy, kWh/ton
Primary crushing	Compression or impact crusher	$10^6 - 10^5$	0.1-2
Secondary crushing	Compression or impact crusher	$10^5 - 10^4$	
Coarse grinding	Rod mill	$10^4 - 10^3$	2-4
Fine grinding	Ball or vertical spindle mill	$10^3 - 10^2$	5-20
Very fine grinding	Tube mill	$10^2 - 10$	20-100
Super-fine grinding	Attrition or fluid energy mill	$10 - 1$	100-1,000

(라) 미분쇄기인 핀밀(pin mill)을 이용한 향료의 분쇄 경우 제품온도는 42~95℃까지 상승하며 유효성분의 손실을 발생시킨다(Pruthi 등, 1963; Andres, 1976; Landwehr 등, 1986).

이러한 문제를 해결하기 위하여 저온에서는 강도, 경도는 증가하지만 연성, 충격값이 저하되어 취성현상이 나타나게 되는데 이러한 현상이 급격히 일어난다는 연성-취성전이거동(ductile-brittle transition behavior)이론을 적용하여 13 μ m/D50의 분말생성물과 유효성분등의 손실을 방지하기 위한 경제적인 냉각기술을 그림 14와 같이 적용하여 개발하였다.(김 등, 1995; 김 등, 1998; Raynor, 1975; Wasilewski, 1965; Bain 등, 1966)

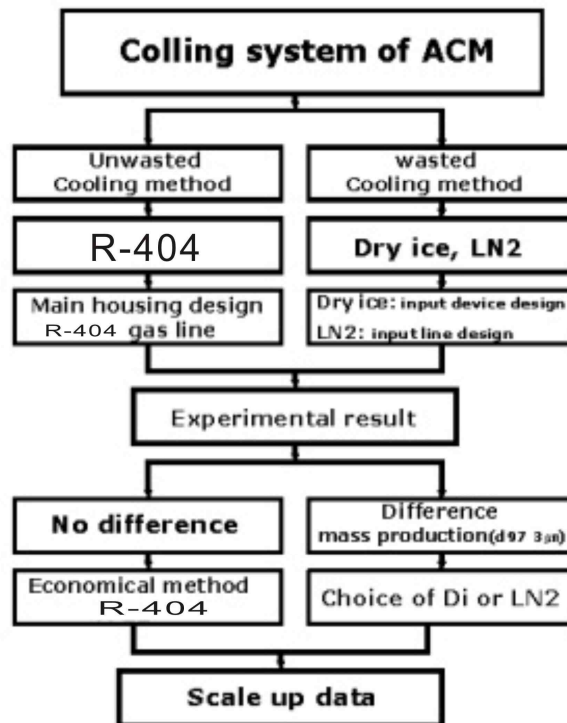


그림 14 Design of cooling method

(마) 우선 경제성의 이유로 비소모성 냉각방법으로 시스템에 적용하였다.
 비소모성 냉각방법으로서 임계온도 96°C와 비점 -40.8°C를 나타내는 R-22(R-404)를 선정하였다(Pruthi, 1980; Goswami 등, 2003).
 선정된 비소모성의 R-22(R-404)는 기류분급분쇄기에 적용이 가능한 구조로 설계 및 적용하게 되었다.

① R-404(R-22겸용)시스템

기류분급분쇄기에서는 비소모성 냉매로서 R-404 증기압축 냉매사이클의 기본원리는 그림 15와 같다.

작동원리는 우선 1에서 저온 저압의 건포화 증기가 압축기로 들어가서 가역 단열 압축과정을 거치면 냉매의 압력이 2배 증가하게 되어 과열 증기가 된다. 압축기에서 나온 과열증기가 2-3의 응축 과정을 거치면서 액화되어 방출 열량 Q_H 를 방출하고, 작동유체인 냉매는 포화액체가 되어 응축기에서 나온다.

이와 같은 포화액체 상태인 냉매는 팽창밸브에서 교축과정인 3-4과정을 거치면서 증발기로 들어가고, 증발기에서는 4-1과정을 거치면서 냉매가 증발되어 건포화 증기가 되며, 이 때 외부로부터 증발열을 흡수하게 되어 냉각효과를 얻게 된다(Richard 등, 1998; Wylen 등, 1985; Bernard, 1982; 김 등, 2006; 김, 1995; 김 등, 1994; 김 등, 2006).

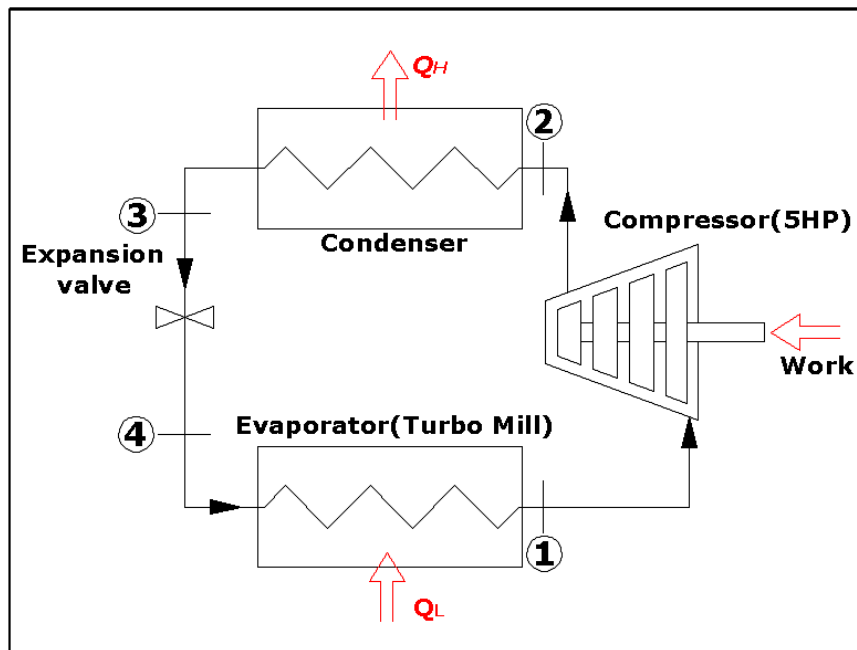


그림 15 The ideal vapor-compression refrigeration cycle for Pulverizer.

② 그림 15는 분쇄기에 R-404 냉동사이클을 적용하기 위한 냉매라인의 설계도를 나타내었고 그림 16은 실제 제작된 장비를 나타내었다. 분쇄기에 적용된 압축기는 5hp(copeland, Germany)을 적용하였고 팽창변은 3냉동톤(model: 3403)을 사용하였다. 냉각 후 분쇄기의 온도는 약 -29°C 이고 응축기의 온도는 약 90°C 이었다. 냉각파트는 선행 연구결과로서 주관기관이 보유하고 있던 기술을 적용 하였다.

③ 대두 분쇄기로서 액체질소와 같은 소모성 냉매를 사용하지 않는 구성은 독보적인 것으로서 대두분쇄분야에서 생산비 절감, 품질 향상, 결로 방지 대책이 완벽한 분쇄시스템으로서 세계 초유의 기술로 판단된다.



그림 16 실제 제작된 분쇄기의 냉각라인

(7) 대두분 집진용 집진시스템

(가) 분쇄기에서 집진기는 최종제품을 포집하는 곳으로서 위생적이어야 하며 외부공기의 유입이 차단되어야하고 분쇄기에서 배출된 재료들이 외부에서 쉽게 확인이 가능한 구조로 설계 및 제작되어야한다.

이를 위하여 본 연구에서는 집진시스템을 일본에서 수입한 휴대형초미분 집진시스템을 사용하였다.

이러한 기성품을 사용한 이유는

- ① 본 시스템은 시작기로서 시간당 처리량이 1kg/h의 소용량인 점.
- ② 본 연구에 사용한 휴대형 집진시스템은 현재 수 μ m의 집진시스템으로 사용 하고 있으며 국제적으로 성능이 입증된 제품인 점.
- ③ 연구비의 주된 사용처가 대두의 분쇄기술에 있으며 집진시스템에 사용될 여유가 없는점 등이 고려 되었다.
- ④ 이 시스템을 사용함으로써 대두분말의 연속생산에서 필터의 펄싱 없이 사용 가능성을 입증 하였으며 이에 대한 대두분의 분쇄를 시행하여 약2시간의 연속 분쇄작업후 시료를 채취하여 입도 분석을 시행 하였다. (표9 - 표16)
- ⑤ 본시스템은 사용의 편리를 위하여 분쇄후 원료의 배출시 분쇄물 저장통을 엘리베이션 처리를 하여 재료의 인출이 쉽도록 구성 하였다. 그림 17은 사용 조건에 맞게 개조된 집진기를 보여주고 있다.



그림 17 대두분 집진용 집진시스템

(8). 자동제어 시스템 개발

(가) 분쇄시스템 제어 프로그램개발은 최근에 High level 공장자동화 프로그램인 MMI(MAN MACHINE INTERFACE)를 이용하여 개발하였다.

그림 18 에서 처럼 모든 운전상황을 모니터링할 수 있는 분쇄공정 자동제어 프로그램을 개발하여 시스템을 제작하였다.

(나) 또한 모든 동작이 터치스크린방식으로서 조작자의 편의성을 극대화하였다.

(다) 모든 운전조건들이 상호연동으로 동작하게 프로그램이 되어있어서 위험상황발생 시 즉각적으로 모든 기계동작이 멈추도록 하였다.

(라) 재료의 투입에서 배출에 이르는 정교한 분쇄작업과정은 전 공정이 자동화 되어야 하며 작업자가 분쇄기 조작을 원만하게 하기 위한 필요충분조건을 충족 시켜 주어야 한다. 이를 위해 본 기기는 MMI(Man Machine Interface)시스템을 이용하여 작업자가 저장된 틀 안에서 손쉽게 조작을 하면서 분쇄의 전 과정과 기계의 현재 상태를 확인하고 진단 할 수 있도록 구성하였다.

(마) 또한 작업과정과 결과가 디지털 데이터베이스화 되어 향후 작업계획을 수립 할 때 참고자료로 활용할 수도 있다.

(바) 향후 SMS 서버를 추가로 설치시에는 분쇄시스템의 동작 중에는 작업자에게 필요한 정보를 문자 메시지로 전송함으로써 작업의 효율을 높일수 있을 것으로 기대한다.

이를 위해 본 연구과제는 MMI시스템을 이용한 분쇄작업과정의 자동화에 초점을 맞추었다. 시스템의 구소요소인 구동장치와 각종 센서들의 작동상태를 확인하고 문제점 발생 시 현재 상황을 작업자에게 알려줄 수 있는 경보기능이 필수적이다.

또한 산업용 기기의 가장 중요한 사안인 노이즈문제가 스파크나 자기장, 접지문제와 관련성이 크므로 이런 원인들을 차단하여 양질의 전원을 확보하도록 하였다.

또한 고장 발생시 과거에는 원인진단과정에만 무수한 시간이 소비되었으나 운전정보와 경보정보를 체크하여 고장 발생 원인을 파악할 수 있고 원격진단 기능을 추가하여 미리 진단을 하여 소프트웨어적인 문제발생시 원격에서 처리가 가능하게 되고 하드웨어적인 문제라 할지라도 원인 파악 후 대처를 할 수 있기 때문에 A/S시간이 현저히 줄어들게 된다.

(사) 그림-18은 자동운전 화면을 보여주고 있다.



그림-18

(아) 그림-19는 속도/온도 설정화면을 보여주고 있다

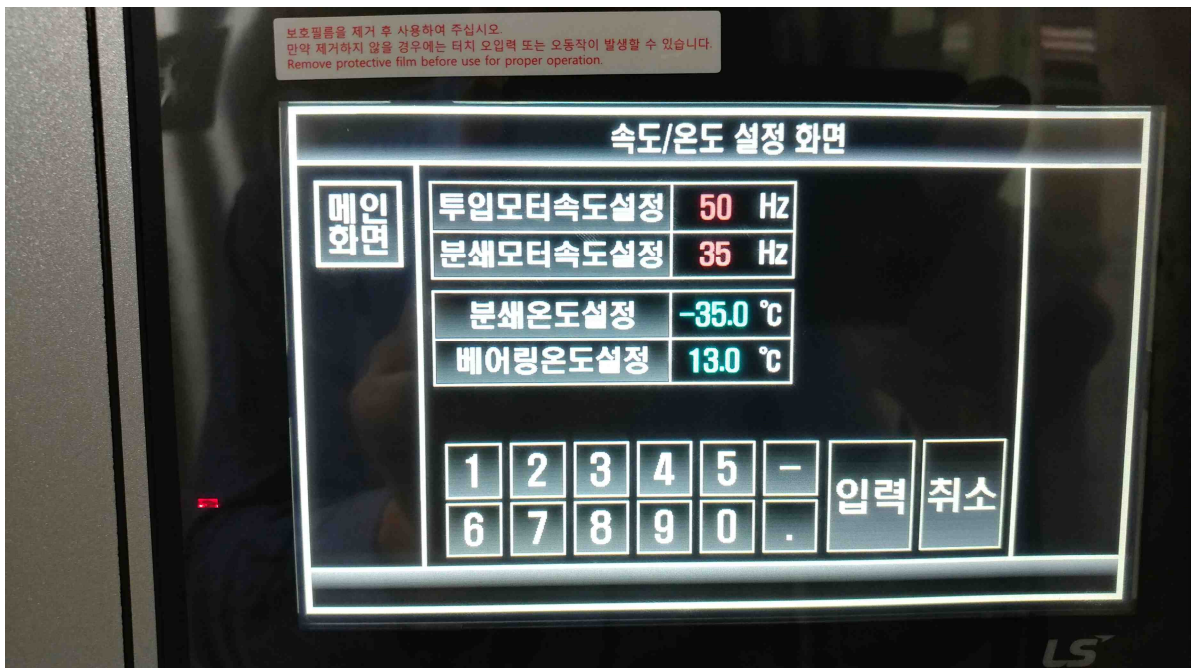


그림-19

(자) 그림-20은 동작/정지지연시간 설정화면을 보여주고 있다
이 화면에서 기계적 요소의 절차를 지정할 수 있다.

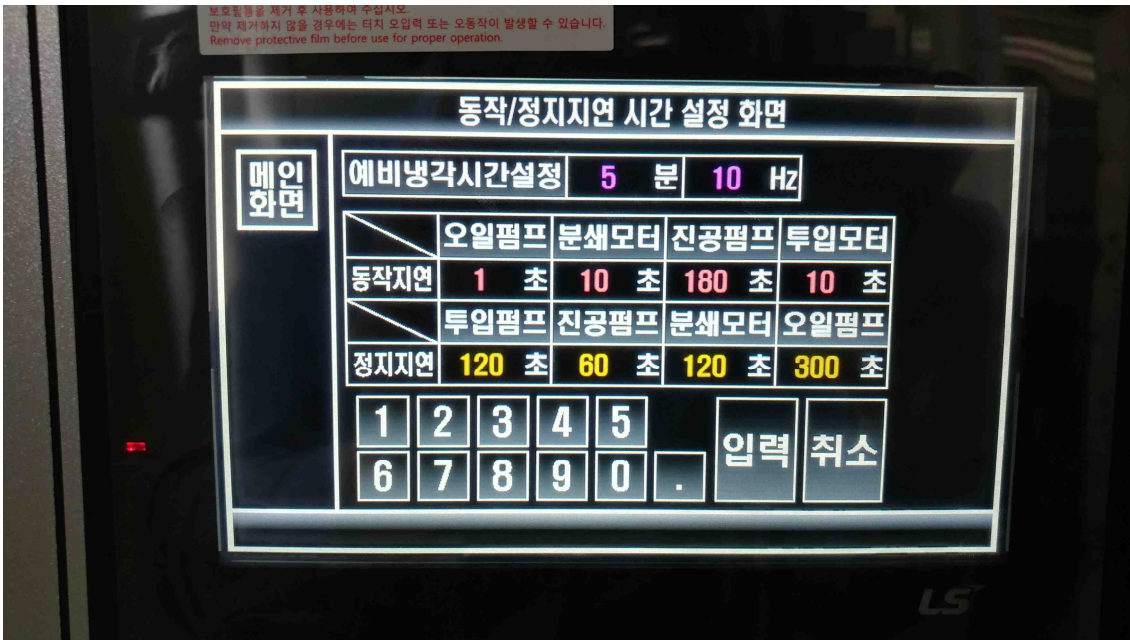


그림-20

(차) 그림-21는 분쇄시스템의 한계를 설정할 수 있는 상한설정화면을 보여주고 있다
이 화면에서 기계적 요소의 한계성을 지정할 수 있다.

분쇄모터 설정은 베어링의 길들이기 운전이 끝나면 50hz 즉 9000RPM으로 운전 할 수 있다.

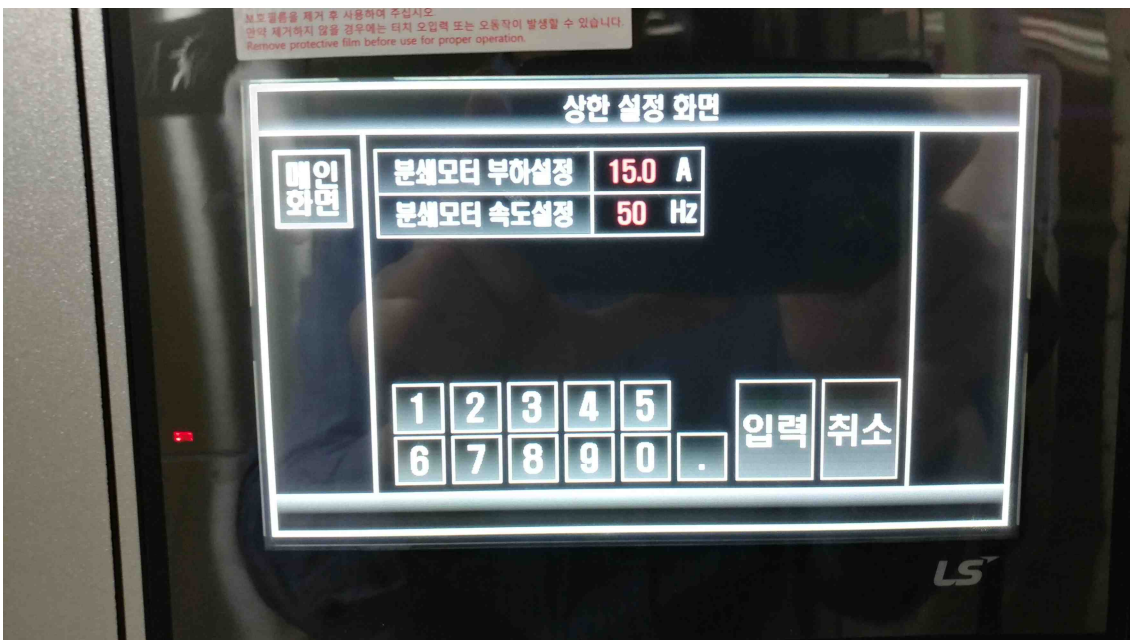


그림-21

(9). 성능검증

개발된 제품을 테스트 하기 위하여 대두를 아래의 공정으로 전처리 하였다.

(가) 대두를 1차 파쇄하여 대두피와 분리한 후 주관기관이 보유하고 있는 효소 불활성화 장비를 이용하여 대두를 극미세 스팀 발생장치에 넣어 25초간 노출하여 효소 불활성화 처리 및 비린 냄새를 제거 하였다. 그림 22, 그림 23



그림 22



그림 23

(나) 효소 불활성화 처리된 대두는 원적외선으로 78℃의 온도에서 30분간 건조하여 수분율 5%로(기술개발 과제의 원료수분율) 건조하였다.

(다) 전처리(효소불활성화 처리 +건조)가 완료된 대두를 1MM로 조분쇄하여 분쇄를 시도 하였다. 이에 대한 처리결과는 표5와 같다.

항 목		분쇄기 파라미터	목표	결과
분쇄시간(2KG)	12분	투입속도: 16 분쇄속도: 42	1kg/1hr	1kg/6분
분쇄시작시의 분쇄기 온도	-23℃	분쇄온도: -25℃	-5~-20℃	-5~-30℃
시료의 무게	2KG			
백미의 분쇄입도			1000mesh/d50	3000mesh/d50
대두의 분쇄입도			200~800mesh/d50	3650mesh/d50
테스트시 주축의 회전수		6212 RPM	7000 RPM	0-9000 RPM 가변조절

표-5

(라) 시작기의 사진 및 외형

그림 24는 완성된 시작기의 완성된 사진이다.

좌측에 자동제어시스템, 가운데 분쇄장치 본체, 우측에 냉매압축기로 구성된 모습이다.



그림 24 시작기의 완성 모습

(마) 신청기관에 시작기를 양도

그림 25는 신청기관에 양도, 설치된 시작기의 사진이다.



그림 25 신청기관에 양도된 시작기의 사진

(바) 신청기관에 설치된 시작기를 가동하여 대두분의 입도분석 시료 채취

그림 26은 신청기관에 양도, 설치된 시작기로 대두를 분쇄하여 입도분석 시료를 채취하는 사진이다.



그림 26 신청기관에 양도된 시작기로 대두분쇄중의 사진

(10) 실험데이터, 입도분석표등 실험사진

(가) 회전수 실험 데이터

주축의 회전은 SIEMENS 2극모터(부하회전 3550RPM)를 타이밍 벨트를 이용하여 기어비 3 배로 증속을 시켰다.

이러한 시스템을 고속회전시 운전특성이 우수한 야스카와(일본업체) 인버터로 주파수를 변경하여 회전수를 콘트롤 하였다.

실제 이러한 시스템에서 통상적으로 정밀도는 +-1%이내로 보고되고 있음으로 실제 회전수와 오차범위내에서 동일하다고 인정된다.

또한 주축 노출상태에서 주관기관이 보유하고 있는 회전수검출계로 3회 측정하여 비교한 결과 오차범위내에서 운전되고 있음을 확인 하였다.

분쇄주축의 회전수와 분쇄모터 설정데이터의 회전수 산출 공식은 아래의 표-6과 같다.

분쇄 주축의 회전수 산출 공식		
	분쇄모터 설정데이터	회 전 수
분쇄모터 설정치	54Hz	3590*3(54/60)=9691RPM
	60Hz	3590*3(60/60)=10,770RPM

표-6

(나) 분쇄주축의 원리 및 제작은 선행연구결과를 그대로 적용하였으며 냉각기술도 선행연구결과를 사용 하였으므로 당시공인기관인 한국산업기술시험원에 분석의뢰 하였던 분석표를 사용 하였다. 그림-27

(11) 기존 러시아 및 일본산 수입대두분

(가) 선행 연구작업중 시중에 유통중인 연해주산 대두분말(1000MESH/D50으로 유통중)과 일본산 대두분말(2000MESH/D50 으로 유통중)을 구입하여 시행한 입도분석표를 보면 실제입도는 러시아 연해주산은 42 μ m/D50으로서 약 320MESH/D50 정도이며 일본산 수입대두분의 실제 입도는 24 μ m/D50으로서 약 600MESH/D50 정도에 불과 함을 알 수 있다. 표17, 표18

(12) 개발기술과 기존 분쇄방식의 비교

평가 항목	개발기술	햄머밀	기류식 (ACM)	제트밀 (일본, 독일)
분쇄중 원료의 온도상승	없음	110℃	95℃	65℃
소모성 냉매의 사용(대두분쇄시)	없음	액체질소		
장비의 자체냉각장치	-5 ~ -30℃	없음	없음	없음
Bridge / Caking	없음	많음	많음	많음
입도조절방법	입자가속도변환	망교환	와류속도 변경	분급기 사용
공기에 의한 산화	없음	많음	아주많음	아주많음
분쇄후의 CIP	간단	어려움	어려움	어려움
고섬유질(1000MESH 분쇄여부)	가능	불가능	불가능	가능
대두분(고지방,1000MESH 분쇄여부)	가능	불가능	불가능	불가능
포도당, 당류(1000MESH 분쇄여부)	가능	불가능	불가능	가능
장비의 가격	보통	보통	높음	아주높음

1. 시험정보

품 명 : 분쇄기
 모델/형식: HKP-30
 제 조 자 : 한국에너지기술
 기기번호 : -
 시험환경 : 온도 (17.5 ± 0.7)℃, 습도 (17 ± 2) % R.H.
 참고사항 : 본 성적서는 기기의 정밀 정확도에 영향을 미치는 요소(과부하, 온도, 습도등의 급격한 변화)가 발생 할 경우에는 무효가 됨
 시험장비

사용장비명 Description	제조회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	교정유효일자 Calibration valid until	교정기관 Calibration Laboratory
Digital Tachometer	ONO SOKKI / HT-441	-	2010. 05. 12.	한국산업기술시험원
Digital Thermometer	SUMMIT / SDT 25	0703150226	2011. 01. 04.	한국산업기술시험원
PSA	PSS-NICOMP / 380ZLS	-	-	-

2. 시험결과

시험항목	설정값	지 시 값		측정위치
		회수	rpm	
회전속도	54Hz	1회	9,689 rpm	
		2회	9,693 rpm	
		3회	9,691 rpm	
	60Hz	1회	10,764 rpm	
		2회	10,766 rpm	
		3회	10,767 rpm	
본체온도	-	10분	-17.0℃	
		20분	-18.5℃	
		30분	-19.0℃	
입도분석	Green tea	평균지름	1.58 μm	성적서번호:2010-S730-15 참조
	Red ginseng	평균지름	1.40 μm	

* 입도분석의 환경 조건 : [온도 (23 ± 2) °C, 습도: 70 % R.H. 이하]. 끝.

FP204-02-01

그림-27 회전수 및 냉각온도의 시험결과표

(다) 분쇄온도의 실험 데이터

분쇄기의 온도 조절시스템은 LS산전의 PLC 시스템과 오토닉스의 온도 검출계를 개발시스템의 제어계로 사용 하였다. 이러한 시스템의 측정공차는 THD 0.003%로서 상당한 정밀도를 갖추고 있어서 분쇄시스템의 대략적인 온도조절 및 측정에는 차고 넘침이 있을 정도이다.

이러한 시스템에서 분쇄시 측정된 온도는 아래의 그림9의 자동운전화면에서 표시된 -29.6도를 참조 하면 표-3과 같다. 이러한 측정일례는 실험시 측정된 수치로서 실제 성능은 설정에 따라 더욱 강화될 수 있다.

아래의 표-7은 설정온도를 -20℃로 설정시의 실험분석표이다.

분쇄기의 분쇄시 측정 온도		
냉각 시간	설정온도	분쇄 온도
10분	-20℃	-17℃
20분	-20℃	-19℃

표-7

(라) 분쇄기의 냉각원리 및 설계 제작은 선행연구결과를 그대로 적용하였으므로 선행연구 당시공인기관인 한국산업기술시험원에 분석의뢰 하였던 분석표를 사용 하였다. 그림-27

(마) 분쇄물의 입도분석

신청기관에 설치된 시작기를 신청기관의 대표와 동석한 자리에서 가동을 진행 하였으며 이때 채취한 시료의 입도분석을 공인기관인 한국산업기술시험원에 분석 의뢰하였다.

이에 대한 분석결과는 표-8과 같다.

항 목	분쇄 목표	입도분석 결과(볼륨법)	입도분석 결과(넘버법)	조건
백미분쇄	1000mesh/d50	1400mesh/d50	4500mesh/d50	공정수분을 함유
대두분쇄	200~800mesh/d50	960mesh/d50	6200mesh/d50	효소 불활성화 처리 공정 후 수분을 5%의 대두분
분쇄 소요시간(1kg)	60분	6분		

표-8

(바) 입도 분석표는 매질을 물과 에탄올 2가지로 진행 하였으며 각각의 시료와 매질에 대하여 Particle Size Analyzer를 이용하여 각3회 측정하여 평균입경을 분석하였다.

이에 대한 분석표는 표-9~ 표16 으로서 첨부하였다.

더욱이 입도분석차 채취한 시료는 단 1회의 시운전시 채증한 시료로서 분쇄설정 데이터를 변경할 시에 더욱 좋은 결과를 확보할 수 있을 것이다.

시험 성적서 (TEST REPORT)



성적서 번호 : 17-077569-01-4
Report No.
페이지 (1) / (총 3)
Page of Pages



1. 의뢰자 (Client)

기관명 (Name) : 한국에너지기술
주소 (Address) : 서울특별시 금천구 가산동 448 대륭테크노타운3차 508
의뢰일자 (Date of Receipt) : 2017. 12. 13.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : 농림식품기술기획평가원 제출용

3. 시험대상품목/물질/시료명 (Test Sample)

제품명 (Description) : rice
제작회사 (Manufacturer) : 의뢰자가 제시한 시험품
모델명 (Model Name) : * * *
제조번호 (Serial Number) : * * * *
기타 (Remark) : * * *

4. 시험기간 (Date of Test) : 2017년 12월 18일 ~ 2017년 12월 20일


5. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 후면참조

6. 시험환경 (Testing Environment)

온도 (Temperature) : (25.0 ± 10.0) °C, 습도 (Humidity) : (45.0 ± 10.0) % R.H.

7. 시험결과 (Test Results) : 후면참조

비고 (Note) : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 대한 시험결과이며,
(The test results contained apply only to the test sample(s) supplied by the client)
2. 우리 원의 사전 동의 없이 본 성적서의 전부 혹은 일부를 복사할 수 없습니다.
(This test report shall not be reproduced in full or in part without approval of the KTL in advance.)

확 인 Affirmation	작성자 (Tested by)	기술책임자 (Technical Manager)
	성명 (Name): 이재훈 	성명 (Name): 신현규 

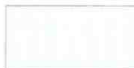
2017. 12. 21.

한국산업기술시험원장



서울특별시 구로구 디지털로26길 87 (구로동) (87, Digital-ro 26-gil, Guro-gu, Seoul, KOREA) Tel.02-860-1576 Fax. 02-860-1579

FP204-01-03



* 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

시험 결과 (Test Results)

1. 시험품명 및 시험항목

1.1 시험품 구분

시험품명	모델명	Lot No.	시험품 수
rice	-	-	사진 1 참조

1.2 시험품 사진



사진 1 - 시험품

1.3 시험 항목 : 입도분석

2. 시험 규격/방법

2.1 입도분석

2.1.1 시험규격 : KS L 1614

2.1.2 시험방법 : Particle Size Analyzer를 이용하여 평균입경을 분석함.

FP204-02-02



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

3. 시험결과

3.1 입도분석

시험품명	시험결과(μm)	비고
rice	2.87	3회 측정 평균 Number - based Fluid : Ethanol

4. 시험환경

4.1 온도 : (25 ± 10) °C

4.2 습도 : (45 ± 10) % R.H.

5. 시험장비

장비명	제조사	모델
Particle Size Analyzer	Microtrac	Bluewave

이상 끝.

FP204-02-02



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

3. 시험결과

3.1 입도분석

시험품명	시험결과(μm)	비고
rice	9.46	3회 측정 평균 Volume - based Fluid : Ethanol

4. 시험환경

4.1 온도 : (25 ± 10) °C

4.2 습도 : (45 ± 10) % R.H.

5. 시험장비

장비명	제조사	모델
Particle Size Analyzer	Microtrac	Bluewave

이상 끝.

FP204-02-02



※ 위 마크는 주후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

시험 성적서 (TEST REPORT)



성적서 번호 : 17-077569-01-6
Report No.
페이지 (1) / (총 3)
Page of Pages



1. 의뢰자 (Client)

기관명 (Name) : 한국에너지기술
주소 (Address) : 서울특별시 금천구 가산동 448 대림테크노타운3차 508
의뢰일자 (Date of Receipt) : 2017. 12. 13.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : 농림식품기술기획평가원 제출용

3. 시험대상품목/물질/시료명 (Test Sample)

제품명 (Description) : soybean
제작회사 (Manufacturer) : 의뢰자가 제시한 시험품
모델명 (Model Name) : * * *
제조번호 (Serial Number) : * * *
기 타 (Remark) : * * *

4. 시험기간 (Date of Test) : 2017년 12월 18일 ~ 2017년 12월 20일

5. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 후면참조

6. 시험환경 (Testing Environment)

온도 (Temperature) : (25.0 ± 10.0) °C, 습도 (Humidity) : (45.0 ± 10.0) % R.H.

7. 시험결과 (Test Results) : 후면참조

비고 (Note) : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제출한 시료에 대한 시험결과이며,
(The test results contained apply only to the test sample(s) supplied by the client)
2. 우리 원의 사전 동의 없이 본 성적서의 전부 혹은 일부를 복사를 할 수 없습니다.
(This test report shall not be reproduced in full or in part without approval of the KTL in advance.)

확 인 Affirmation	작성자 (Tested by)	기술책임자 (Technical Manager)
	성명 (Name): 이재훈 	성명 (Name): 신현규 

2017. 12. 21.

한국산업기술시험원장 

서울특별시 구로구 디지털로26길 87 (구로동) (87, Digital-ro 26-gil, Guro-gu, Seoul, KOREA) Tel.02-860-1576 Fax. 02-860-1579

FP204-01-03



* 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

시험결과 (Test Results)

1. 시험품명 및 시험항목

1.1 시험품 구분

시험품명	모델명	Lot No.	시험품 수
soybean	-	-	사진 1 참조

1.2 시험품 사진



사진 1 - 시험품

1.3 시험 항목 : 입도분석

2. 시험 규격/방법

2.1 입도분석

2.1.1 시험규격 : KS L 1614

2.1.2 시험방법 : Particle Size Analyzer를 이용하여 평균입경을 분석함.

FP204-02-02



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

3. 시험결과

3.1 입도분석

시험품명	시험결과(μm)	비고
soybean	2.26	3회 측정 평균 Number - based Fluid : DI water

4. 시험환경

4.1 온도 : (25 ± 10) °C

4.2 습도 : (45 ± 10) % R.H.

5. 시험장비

장비명	제조사	모델
Particle Size Analyzer	Microtrac	Bluewave

이상 끝.



3. 시험결과

3.1 입도분석

시험품명	시험결과(μm)	비고
soybean	14.04	3회 측정 평균 Volume - based Fluid : DI water

4. 시험환경

4.1 온도 : (25 ± 10) °C

4.2 습도 : (45 ± 10) % R.H.

5. 시험장비

장비명	제조사	모델
Particle Size Analyzer	Microtrac	Bluewave

이상 끝.

FP204-02-02



※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.



MASTERSIZER



Result Analysis Report

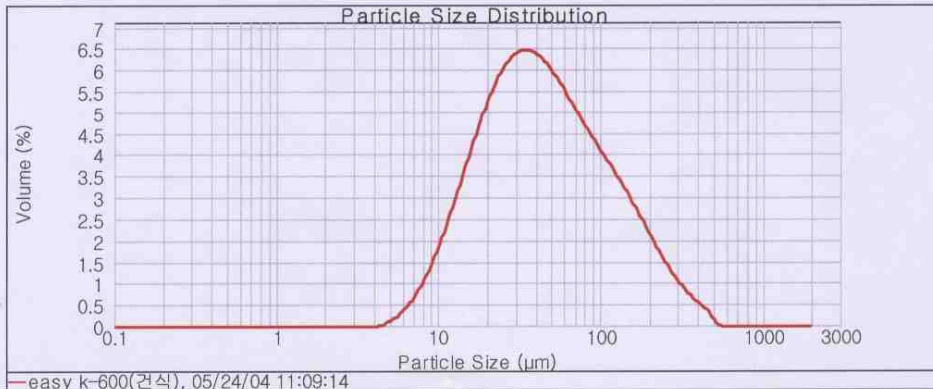
Sample Name: easy k-600(건식) SOP Name: Measured: 05/24/04 11:09:14
 Sample Source & type: Measured by: 기본 Analysed: 05/24/04 11:09:15
 Sample bulk lot ref: Result Source: Measurement

Particle Name: Default Accessory Name: Scirocco 2000 (A) Obscuration: 10.26 %
 Particle RI: 1.520 Absorption: 0.1 Analysis model: General purpose
 Dispersant Name: Dry dispersion Size range: 0.020 to 2000.0... um Weighted Residual: 0.890 %
 Dispersant RI: 1.000 Result Emulation: Off

Concentration: 0.0108 %Vol Vol. Weighted Mean D[4,3]: 69.038 um Specific Surface Area: 0.192 m²/g
 Span: 3.399 Uniformity: 1.06 Surface Weighted Mean D[3,2]: 31.227 um

Result units: Volume

d(0.1): 14.420 um d(0.5): 42.730 um d(0.9): 159.653 um



Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	1.056	0.00	11.482	2.53	120.226	3.13	1258.925	0.00		
0.011	0.00	1.259	0.00	13.183	3.17	138.038	2.79	1445.440	0.00		
0.013	0.00	1.445	0.00	15.136	3.81	158.489	2.43	1659.587	0.00		
0.015	0.00	1.660	0.00	17.378	4.42	181.970	2.04	1905.461	0.00		
0.017	0.00	1.905	0.00	19.953	4.95	208.930	1.66	2187.762	0.00		
0.020	0.00	2.188	0.00	22.909	5.38	239.883	1.30	2511.886	0.00		
0.023	0.00	2.512	0.00	26.303	5.67	275.423	1.00	2884.032	0.00		
0.025	0.00	2.894	0.00	30.200	5.82	316.228	0.74	3311.311	0.00		
0.030	0.00	3.311	0.00	34.674	5.82	363.078	0.53	3801.894	0.00		
0.035	0.00	3.802	0.00	39.811	5.69	416.869	0.37	4365.158	0.00		
0.040	0.00	4.365	0.06	45.709	5.46	478.630	0.08	5011.872	0.00		
0.046	0.00	5.012	0.16	52.481	5.15	549.541	0.00	5754.399	0.00		
0.052	0.00	5.754	0.36	60.256	4.80	630.957	0.00	6606.934	0.00		
0.060	0.00	6.607	0.61	69.183	4.45	724.436	0.00	7585.776	0.00		
0.069	0.00	7.586	0.97	79.433	4.10	831.764	0.00	8709.636	0.00		
0.079	0.00	8.710	1.40	91.201	3.77	954.993	0.00	10000.000	0.00		
0.091	0.00	10.000	1.94	104.713	3.45	1096.478	0.00				
0.105	0.00	11.462	2.53	120.226	3.13	1258.925	0.00				

Operator notes:

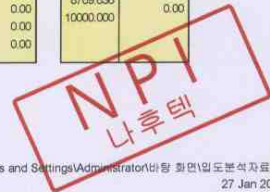


표-17 러시아산 수입 대두분의 입도분석표(선행 연구시 분석자료)

【기술분야】

본발명은 원료냉각장치(200)를 포함하는 분쇄기에 관한 것으로
분쇄부의(300) 측면에 설치되고 그상부에 원료를 투입하는 호퍼가(201) 설치되며
호퍼의 하단부에 직각으로 교차되는 실린더(208), 실린더의 말단부에는
공기흡입공을(206) 형성하며 실린더의 내부에 스크류(207)를 배치하고 이를 감싸는
냉각장치 하우징(205), 냉각장치하우징(205)의 하단에 기화 가스를 공급하는
기화가스입구(204), 냉각장치하우징(205)의 상부에 기화가 완료된 가스를 배출하는
기화가스출구(203), 기화가스입구(204)와 기화가스출구(203)를 연결하는
가스냉매 사이클(600)을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 가스기화식
원료냉각장치를 갖춘 분쇄기에 관한 것이다.

(11) 동물실험결과(선행연구데이터)

(가) 동물실험 결과로서 전두부와 Casein, 일반두부 3가지로 섭생시킨 실험쥐를 이용한 동물실험결과로서 선행연구에서 밝혀진 전두부 분말의 효능이다.

전두부 섭생군의 동물군이 토탈콜레스테롤 수치, hdl 콜레스테롤 수치, 중성지질의 농도가 뚜렷하게 낮음을 확인 할수 있다. 표-19



동물실험결과

Table1. Concentration of serum lipids in the experimental rats

	Casein	일반두부	전두부
Total cholesterol (mg/dℓ)	113.6 ± 13.62 ^b	69.0 ± 6.87 ^a	53.7 ± 3.16 ^a
HDL-cholesterol (mg/dℓ)	21.59 ± 1.942 ^b	14.84 ± 1.363 ^a	13.36 ± 0.738 ^a
HDL-C/TC (%)	19.54 ± 1.351 ^a	21.95 ± 1.543 ^{ab}	24.99 ± 0.682 ^b
Triglyceride (mg/dℓ)	132.4 ± 10.85 ^c	100.5 ± 11.64 ^b	63.7 ± 6.73 ^a
NEFA (μEq/ℓ)	598 ± 22.6 ^a	617 ± 56.4 ^a	613 ± 25.6 ^a

Mean ± S.E. of 7 rats.
^{a, b, c} Values in a same line without superscript letters denote significant difference(p<0.05).
 HDL-C : HDL-cholesterol, TC : total cholesterol, NEFA : non-esterified fatty acid.

* 연구 결과:
 - 체지방감소효과: 전두부 > 일반두부
 - 혈중 콜레스테롤 농도 및 중성지질농도: 일반두부보다 전두부에서 뚜렷하게 감소
 - 지질개선효과가 뚜렷한 기능성 소재로서 개발할 가치가 높음
 - 미세분말을 이용한 두부가공은 기능성소재제품개발을 위해 매우 유용한 기술로 사료됨

 한국에너지기술
Korea Energy Technology

표 19 동물섭생 실험 결과(선행연구 자료)

(나) Casein 섭취군과 전두부 섭취군의 간세포 성장 비교로서 A의 사진이 전두부 섭취군으로서 건강한 세포군을 형성하고 있음을 알 수 있다.

- ① 그림 28의 A는 전두부 섭취군의 간 및 간세포의 사진이다.
- ② 그림 28의 B와 C는 Casein 섭취군의 간 및 간세포의 사진이다.
- ③ 그림 28의 D는 일반 두부 섭취군의 간 및 간세포사진이다.

New technology

www.pulverizer.co.kr

동물실험결과(선행연구)

⊙ CASEIN 섭취군과 전두부 섭취군의 간세포의 성장 비교

한국에너지기술
Korea Energy Technology

그림 28 동물섭생 실험 결과(선행연구 자료)

(1) 대두를 분쇄하기 위한 시스템의 설계

(가). 주관연구기관이 이미 보유하고 있는 초미립 분쇄기술을 기반으로 연구의 주된 난제는 두가지로 요약 되었다.

- ① 대두분의 브릿지 현상을 막는 기술
- ② 대두분을 액체질소를 사용치 않으면서 냉각하는 기술

(나). 연구를 수행하기 위하여 1차 실험장치 제작후 실물 테스트 진행

① 대두분의 브릿지 현상을 막기 위하여 2D 설계 프로그램 및 3D 설계 프로그램인 AUTO CAD 및 INVENTER를 사용하여 분쇄 트랙 및 로터의 형상을 설계 하였다.

-연구기간 5개월 소요

(다). 나의 시뮬레이션이 이루어진 설계를 3D 가공 프로그램으로 변환하여 3D 가공기로(머시닝센터) 가공

-가공시간 1.1개월 소요

(다). 1차 실험장치로 얻어진 데이터를 이용하여 설계변경 적용후 2차 실험기 제작

(프레임은 기존 주관기관의 양산기 프레임에 트랙과 로터를 적용하여 2차 실험기 완성 및 테스트 진행)

(라). 2차 실험기에서 얻어진 데이터로 판매 할 수 있는 외형을 갖춘 시작기 제작 및 테스트 진행

(2). 연구 수행 기간표

	수행 기간	내 용	결 과
1	2016. 12~2017. 05	3D 설계 및 시뮬레이션	핵심부의 설계 완성
2	2017.05~2017.06	1차 실험장치 완성	테스트 완료 및 수정 데이터 추출
3	2017. 06~2017. 09	2차 실험장치 완성	테스트 완료 및 수정 데이터 추출
4	2017.09~2017.10	시작기 완성	냉각 테스트 완료 -30℃까지 냉각효과 달성 - 분쇄 테스트 완료
5	2017. 10~2017. 11	시작기 신청기관에 설치	연구 장비 시운전완료 연구 장비 테스트 완료
6	2017. 11~2017.12	신청기관에서 시운전 시료 채증 및 시험분석(외부 검증기관인 한국산업기술시험원에서 진행)	시료의 시험분석의뢰

(3) 사업화성과 및 매출실적

(가) 사업화 성과

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	3억원
			향후 3년간 매출	20억원
		관련제품	개발후 현재까지	억원
			향후 3년간 매출	억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 5% 국외 : %
			향후 3년간 매출	국내 : 30% 국외 : %
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		3 위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		2 위

(나) 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1			
	소요예산(백만원)	300			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		3	20	25	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	5	30	50
국외		0	0	5	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	주축 회전수 20,000RPM급의 분쇄장치 개발 및 사업화 진행 계획 진정한 의미의 나노급 분쇄장치가 될 것으로 예상			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	14	95	150	
	수 출			5.4	

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

코드번호 D-06

가. 목표달성도

	주요 연구개발 목표	연구 성과	평가
연구개발 목표 및 달성도	백미 <u>1000mesh/d50</u> 의 입도 구현	백미 <u>3000mesh/d50</u> 의 분쇄입도 구현	300% 초과달성
	효소 불활성화처리공정 후 수분을 5%의 대두분을 <u>200~800mesh/d50</u> 의 입도의 분쇄성능 구현	대두 <u>3650mesh/d50</u> 의 분쇄입도 구현	450% 초과달성
	백미분 1kg/h의 시제품 제작	-백미분 2kg/0.1h의 시제품 제작	1200% 초과달성
	10hp 급 저온 분쇄 시스템	20hp 급 저온 분쇄 시스템	200% 초과달성
	분쇄부의 냉각능력 <u>-5 ~ -20℃</u> 구현(냉각온도 온도 조절기능)	분쇄부의 냉각능력 <u>-5 ~ -30℃</u> 구현	150% 초과달성
	주축구동부의 회전 <u>7000rpm</u> 달성	주축구동부의 회전 <u>9000rpm</u> 달성	128% 초과달성
	부하량과 연동되는 공급장치 속도 제어 과부하시의 속도 : 0 rpm 정상작업시의 속도 : 설정속도 (0-10rpm)	제어 과부하시의 속도 : 0rpm 정상작업시의 속도 : 설정속도 (0-60rpm)	100% 달성
	분쇄기 가동 파라미터를 기억하는 메모리 뱅크형 제어시스템 개발 및 제작 (10개의 품목)	분쇄기 가동 파라미터를 기억하는 메모리 뱅크형 제어시스템 개발 및 제작 (27개의 품목)	270% 초과달성
	시작기 1기 완성	시작기 1기 신청기업에 소유권이전 상품 개발 및 1기 판매실적	100% 달성

나. 관련분야 기여도 및 파급효과

(1). 기여도

액체질소를 이용하는 일부 소용량 분쇄기를 제외한 산업용 대두분쇄기의 대부분은 전량 수입에 의존하고 있으며 대당 5억에서 14억원에 이르는 가격을 이루고 있으며 이러한 시장에 대응량으로 저가에(약 2억원) 분쇄장비를 보급할 수 있으므로 지역시장의 전두부 제조공장 및 대규모 두부 공장의 전두부로의 업종전환이 쉽게 이루어 질 수 있을 것으로 판단되며 이러한 분쇄장비는 당분이 많이 함유된 재료도 분쇄 할수 있으므로 오미자, 구기자, 감귤, 유자등의 건조물을 초미분 분쇄하여 농촌지역의 B2B 매출신장에 도움을 줄 수 있을것으로 기대 됩니다.

또한 식품업계에도 신소재 개발에 활력을 제공할 수 있을 것으로 판단 됩니다.

(2) 파급효과

(가). 이번 연구를 통하여 개발될 초저온 초미세 분쇄기술은 기존 분쇄시스템에서 달성할 수 없었던 대두분의 초 미분말화와 산패 등을 방지함과 동시에 원료의 향, 색, 맛, 영양 및 특수성분의 잔존 극대화가 가능해 획기적인 기술로 판단됨.

(나). 이러한 분쇄 가공 기술은 생물 산업 분야의 한약재, 향료, 식품, 제약 등이 광범위하게 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

(다). 분쇄공정에서 발생하는 막대한 소음을 격감시킬 수 있어 작업환경 및 능률이 획기적으로 개선 될 것으로 기대된다.

(라). 국내·외적으로 초저온 system 장치를 부착한 상태에서 초미분말화와 자동화 가공 기계 개발은 아직 초기 상태이므로 초미분쇄 분쇄기 설계 및 자동화 기술이 국내 기업에 의하여 산업화 기술 개발이 요구되고 있다.

(마) 기술적 측면으로는 이번 연구를 통하여 개발된 저온 초미분 분쇄기술은 기존분쇄방식과는 전혀 원리가 다르며, 기존 분쇄기술에서 달성할 수 없었던 입자의 미세함, 원료식품의 향, 색, 맛, 영양 및 특수성분의 잔존극대화가 가능해 획기적인 기술로 판단된다. 본 연구에서 개발한 분쇄기는 진단 작용과 기류-입자의 상호작용에 의한 분쇄 메카니즘을 사용하므로 마찰에 의한 이물질(씻가루 등) 혼입을 방지할 수 있어 매우 순수한 고품질의 분쇄생성물을 생산할 수 있는 기술이 개발되어 분쇄공정의 신기술로 기대되고 이러한 분쇄 가공 기술은 생물 산업 분야의 한약재, 향료, 식품, 제약 등이 광범위하게 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

(바) 분쇄공정에서 발생하는 막대한 소음을 격감시킬 수 있어 작업환경 및 능률이 획기적으로 개선 될 것으로 기대된다. 또한 국내·외적으로 비소모성 냉매를 이용한 분쇄시스템의 온도를 $-25\sim-15^{\circ}\text{C}$ 의 저온 system 장치를 부착한 상태에서 초미분쇄 할 수 있는 분쇄 가공 기계 개발은 생물 산업분야에서 거의 전무한 상태에서 본 연구팀에 의하여 저온system을 갖춘 초미분쇄 분쇄기 설계 및 제작 기술을 확보하여 산업화 및 현장에 투입되어 고부가가치의 제품을 생산하고 있다.

경제, 산업적 측면에서 이번 연구개발에서 확보한 분쇄시스템 기술은 고부가가치의 제품을 생산하기 위하여 필수적으로 요구되는 원재료의 초미세 분말공급이 가능함으로써 경제·산업적으로 미치는 효과는 지대할 것으로 기대되고 있다. 우선 가공제품의 품질 향상을 통한 부가가치 증대효과가 지대하며 최종제품의 획기적인 질적 향상으로 소비촉진 효과가 크게 기대되어 원료식 자원의 생산 및 소비증대가 기대된다. 기존 가공공장의 분쇄시설은 pin mill, roller mill 등을 이중으로 갖추고 있는 경우가 대부분인데 이번에 개발된 분쇄기는 이들 기능을 한 대로 할 수 있어 투자 비용면에서 매우 유리할 것으로 기대된다. 또한 설치 면적이 적게 차지하며 분쇄생성물 생산 수율 또한 적어도 2배 이상 가능하여 생산비가 절감된다. 국내·외 시장에 저온 system·초미분쇄가 신상품으로 개발되어 국제 경쟁력이 있는 상품으로 수출 확대를 예상하고 있으며 국내에 고가의 초미분쇄기 수입 대치 효과가 있다. 또한 본 연구에서 개발된 자동제어 저온 분쇄시스템은 온도에 민감한 특히 색, 향이 중요시 되는 분야에 보급되어 사용되고 있다. 최근에 Wellbeing바람을 타고 식음료 시장에서 선풍적인 인기를 얻고 있는 녹차산업에서 활용되고 있는데 중, 대형 3대가 보급되어 가동중에 있다. 또한 이유식과 빙과류에 첨가되는 과일류의 저온 분쇄가 요구되는 산업에 대형 1대가 보급되어져있다. 또한 학교 연구용으로 종합대학교의 생물산업공학과에 생물소재 생산을 위해 2대가 보급되어져 이용되어지고 있다. 2005년 7월부터는 한방재 산업 육성하기 위하여 지역혁신특성화사업(RIS)으로 홍천 나노한방 바이오 신산업 육성사업이 선정되었는데 본 연구에서 개발한 분쇄기가 RIS에서 제품개발에 핵심장비로 선정되어 운영될 예정이다. 한약재료 예를 들어 감초, 당귀, 인삼, 산삼 등은 섬유소로 구성되어 일반적인 한약방에서는 초과쇄를 하거나 잘게 썰어서 약탕기에 재료와 물을 넣고 달인다. 그러나 한약재료의 고유한 향 등으로 인한 식감저하로 성장기에 있는 유소년층에게 섭취시키기가 어렵다. 이러한 복용법상에 문제를 해결하기 위해서는 양약과 같이 알약처럼 간편하게 복용이 가능한 제품으로 개발된다면 문제를 쉽게 해결할 수 있을 것이다. 양약에서 알약이 되기 위해서는 일정한 크기의 초미분말이 요구되며 이러한 입자를 생산하기 위해 고정밀도의 초미분말 분쇄시스템을 사용하게 된다. 그러나 한약재는 앞서 언급된 것처럼 대부분 섬유소로 구성되어 있어서 기존의 양약에서 사용하던 분쇄시스템을 사용하면 알약을 만들 정도의 입자로 분쇄할 수가 없을 뿐만 아니라 분쇄가 가능하더라도 분쇄기 내부에서 발생하는 열을 신속히 제거할 수 없어 성분 등의 손상을 가져올 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 본 연구에서 개발한 생물 산업용 저온 초미분말 분쇄시스템을 이용하면 알약처럼 간편복용이 가능한 제품개발이 가능하게 되어 남녀노소 누구나 부담 없이 미래의 대체의학으로 뜨고 있는 한의학을 이용할 수 있을 것이다.

다. 활용방안

- (1). 이번 연구를 통해 산업화된 초저온·초미분말분쇄시스템을 GMP시설에 준하는 기계로 발전되면 안정적이며 정확한 품질관리가 가능할 것으로 기대된다.
- (2). 현재 가공방법의 부재로 인하여 습식작업공정에 의존하던 두부제조공정에 응용하면 수용성단백질, 수용성비타민등의 손실을 없애고 비지가 발생되지 않는 공정이 이루어지므로 연간 24만 9천톤이 생산되는 두부산업에 42%의 폐기물 처리비용이 절감될 것이며 수처리비용 또한 절감될 것임으로 동업계에 파급되는 효과가 클것으로 기대된다.
- (3). 곡물류의 도정작업 시 발생하는 배아의 기능성식품, 음료의 재료로 사용하고자 하는 기업들의 생산공정을 간단히 할 수 있고 음료식품산업계의 수요를 국내설비로 충당할 수 있을 것이다.(국내생산 시 대당 2억 정도 예상)

5. 연구결과와 활용계획

코드번호

D-07

가. 30kg/h대의 중규모 대두분쇄장치 사업화

본연구의 목표는 달성하였으나 연구목표인 시작기는 시간당 1KG 대의 소형 장비로 개발 되었으므로 향후 배출부를 연속 생산이 가능한 **중규모의** 사이클론 포집장치를 개발 한다면 동일한 시작기로도 시간당 30KG대의 생산이 가능한 중규모의 대두분말 생산 장치가 될 것이다.

따라서 연속 생산이 가능한 중규모의 분쇄장치를 2억원정도에 판매 할 수 있게 될 시에 국내의 분쇄산업에 큰 도움이 될 것으로 판단됨으로 세계시장(특히 일본과 미국)에 진출 할 수 있는 교두보를 확보할 계획이다.

나. 제품 홍보의 방법으로 활용

본연구와 관련된 기술홍보로서 매년 개최되는 서울국제식품기술전에 참가 및 홍보에 사용할 예정이다.



2017년 전시회 참가사진

6. 연구개발결과의 보안등급

코드번호	D-09
<p>가 보안 필요</p> <p>본 과제는 영업비밀보안에 관한 비밀유지가 필요한 과제라고 판단됩니다.</p> <p>본연구의 일부에 NEP 적용 기술과 기업체의 <u>자체 선행 연구결과</u>로 취득한 영업비밀에 해당하는 <u>고급 기술을 선행연구결과로서 다수건 적용</u> 하여 <u>기업의 영업비밀이 포함</u> 되어 있는 기술임으로 기술 보안이 필요할 것입니다.</p>	

7. 기타사항

가. 향후 개선사항

(1) 냉각시스템의 구성 단순화

냉각시스템의 구성을 단순화 하여 제작 비용을 감소(판매 가격의 하락 유도)

(2) 배출용 사이클론 시스템의 대형화

배출 사이클론을 탈착식, 대형화하여 양산에 적용이 용이하게 개선(대부분 30kg/h의 용량)

(3) 국제적 규격 획득

CE, UL, 등 의 마크 획득

(4) 양산화 시스템 구축

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 초미분 저온 분쇄기의 개발				
	(영문) Development of ultra-low-temperature crusher				
주관연구기관	한국에너지기술		(소속) 한국에너지기술		
참여기업			(성명) 장태균		
총연구개발비 (133,500천 원)	계	133,500	총 연구 기간	2016. 12. 05 - 2017. 12. 04	
	정부출연 연구개발비	100,000	총 참 여 원 수	총 인원	5
	기업부담금	3,350		내부인원	5
	연구기관부담금	30,150		외부인원	

○ 연구개발 목표 및 성과

연구개발목표 및 달성도	주요 연구개발 목표	연구 성과	평가
		백미 <u>1000mesh/d50</u> 의 입도 구현	백미 <u>3000mesh/d50</u> 의 분쇄입도 구현
	효소 불활성화처리공정 후 수분율 5%의 대두분을 <u>200~800mesh/d50</u> 의 입도의 분쇄성능 구현	대두 <u>3650mesh/d50</u> 의 분쇄입도 구현	450% 초과달성
	백미분 1kg/h의 시제품 제작	-백미분 2kg/0.1h의 시제품 제작	1200% 초과달성
	10hp 급 저온 분쇄 시스템	20hp 급 저온 분쇄 시스템	200% 초과달성
	분쇄부의 냉각능력 -5 ~ -20℃ 구현(냉각온도 온도 조절기능)	분쇄부의 냉각능력 -5 ~ -30℃ 구현	150% 초과달성
	주축구동부의 회전 7000rpm 달성	주축구동부의 회전 9000rpm 달성	128% 초과달성
	부하량과 연동되는 공급장치 속도 제어 과부하시의 속도 : 0 rpm 정상작업시의 속도 : 설정속도 (0-10rpm)	제어 과부하시의 속도 : 0rpm 정상작업시의 속도 : 설정속도 (0-60rpm)	100% 달성
	분쇄기 가동 파라미터를 기억하는 메모리 뱅크형 제어시스템 개발 및 제작 (10개의 품목)	분쇄기 가동 파라미터를 기억하는 메모리 뱅크형 제어시스템 개발 및 제작 (27개의 품목)	270% 초과달성
	시작기 1기 완성	시작기 1기 신청기업에 소유권이전 상품 개발 및 1기 판매실적	100% 달성

○ 연구내용 및 결과

1. 자체분급기능을 보유한 분쇄장치 개발
2. 프로그램 가능한 터치기반 **자동화 제어시스템** 시제품 제작
3. 시작기를 신청기관에 인계

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 1차년도에 국내의 가공 업체에 초미분 저온분쇄기 판매실적
- 수입에 의존하고 있는 대두분말의 국산화 및 국내 대두를 사용함으로써 전두부 생산공장의 품질 향상 및 수입증대에 기여하며 전두부의 활성화 기대
- 저온분쇄시스템의 전두부 제조업체에 공급
- 전시회를 통하여 제품홍보
- 인터넷 장비홍보 사이트에 광고 게재(다아라 기계장터등)

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

			코드번호	D-15	
			과제번호	116127-01	
사업구분	농식품창업.벤처지원 R&D 바우처 시범사업				
연구분야	초미분저온분쇄기의 개발		과제구분	단위	
사업명	농식품 창업. 벤처지원 R&D 바우처 시범사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	초미분저온분쇄기의 개발		과제유형	(기초,응용,개발)	
연구기관	한국에너지기술		연구책임자	장태균	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	12개월	100,000	33,500	133,500
	2차년도				
	3차년도				
	4차년도				
	5차년도				
	계				
참여기업					
상대국		상대국연구기관			

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2018. 02. 02

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
한국에너지기술	대표	장태균

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	장태균
----	-----

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

연구개발기술은 대두류의 저온분쇄에 있어서 백미 3000mesh/d50의 분쇄능력을 달성하였으며 저온분쇄라는 개념에 의하여 유기재료의 산화를 방지하며 초미립 분쇄물을 생산하는 새로운 분쇄개념을 정립하였습니다.

본 개발기술은 주관기관의 제품에 즉시 적용 가능한 기술이며 독일의 ALPINE, 일본의 HOSOKAWA 등에서 생산되는 제품에는 적용되지 않은 저온분쇄가 가능하여 제품 경쟁력이 우수하며

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

동기술은 대두의 분쇄뿐만 아니라 지방질, 당분이 다량 함유된 재료의 분쇄에도 적합하여 오미자, 구기자, 감귤, 사과, 유자등의 현존하는 분쇄기술로 분쇄가 어려운 재료를 쉽게 초미분 분쇄 할 수 있으므로 식품분야에 폭 넓게 활용 할 수 있는 기술입니다.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

이번 연구를 통하여 개발된 초저온 초미세 분쇄기술은 기존 분쇄시스템에서 달성할 수 없었던 대두분의 초미분말화와 산패 등을 방지함과 동시에 원료의 향, 색, 맛, 영양 및 특수성분의 잔존극대화가 가능해 획기적인 기술로서 생물 산업 분야의 한약재, 향료, 식품, 제약 등이 광범위하게 응용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 분쇄공정에서 발생하는 막대한 소음을 격감시킬 수 있어 작업환경 및 능률이 획기적으로 개선 될 것으로 기대되며 국내·외적으로 초저온 system 장치를 부착한 상태에서 초미분말화와 자동화 가공 기계 개발을 완성함으로써 국외수출을 위한 경쟁력과 기틀을 마련하였습니다. 기술개발단계에서 1기의 제품을 납품할 정도로 활용 가능성이 높다고 판단 됩니다.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본연구의 수행결과물의 연구목표를 100% ~ 수백 % 초과 달성 하였으며 대두분의 양산화 기틀을 마련 하였다는 점, 양산용 제품과 동일한 외형과 성능의 시작기를 완성한 점, 대두분말 생산을 위한 레시피를 확립한 점, 지원받은 연구개발비를 약 4000만원을 상회하는 연구개발비를 투입한 점 등 매우 성실히 과제를 수행 하였다고 판단됩니다.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

1. “기화식 냉각장치를 포함하는 분쇄기” 로 특허 출원을 하였습니다.
2. 초미분 저온분쇄의 분야를 “한국식품마이스터 고등학교의 교육과정”으로 편입하기 위하여 수차례 기술 에 관한 정책자료를 제공하여 정식 실습과정으로 선택 되고 초미분 저온분쇄 실습장비를 구축하게 하였습니다.
3. 신청기관에 전두부 및 전두유의 분말 생산 플랜트의 설계를 포함한 전두부 생산 레시피등을 제공하여 전두부 사업이 활성화 되도록 정책에 활용 하였습니다.
4. 한국경제신문에 주관기관이 초미분저온분쇄기술의 신제품인증을 갖고 있음을 홍보하였고 원적외선 건조기와 초미분저온분쇄장치가 포함된 설비를 우즈베키스탄의 공기업과 2300만불 상당의 MOU를 체결하였음을 홍보 하였습니다.
5. 현재 전시회를 통한 홍보를 1.4억원의 경비를 사용하여 진행 하였습니다.

II . 연구목표 달성도

	주요 연구개발 목표	연구 성과	평가
연구개발목표 및 달성도	백미 <u>1000mesh/d50</u> 의 입도 구현	백미 <u>3000mesh/d50</u> 의 분쇄입도 구현	300% 초과달성
	효소 불활성화처리공정 후 수분율 5%의 대두분을 <u>200~800mesh/d50</u> 의 입도의 분쇄성능 구현	대두 <u>3650mesh/d50</u> 의 분쇄입도 구현	450% 초과달성
	백미분 1kg/h의 시제품 제작	-백미분 2kg/0.1h의 시제품 제작	1200% 초과달성
	<u>10hp</u> 급 저온 분쇄 시스템	<u>20hp</u> 급 저온 분쇄 시스템	200% 초과달성
	분쇄부의 냉각능력 <u>-5 ~ -20℃</u> 구현(냉각온도 온도 조절기능)	분쇄부의 냉각능력 <u>-5 ~ -30℃</u> 구현	150% 초과달성
	주축구동부의 회전 <u>7000rpm</u> 달성	주축구동부의 회전 <u>9000rpm</u> 달성	128% 초과달성
	부하량과 연동되는 공급장치 속도 제어 과부하시의 속도 : 0 rpm 정상작업시의 속도 : 설정속도 (0-10rpm)	제어 과부하시의 속도 : 0rpm 정상작업시의 속도 : 설정속도 (0-60rpm)	100% 달성
	분쇄기 가동 파라미터를 기억하는 메모리뱅크형 제어시스템 개발 및 제작 (10개의 품목)	분쇄기 가동 파라미터를 기억하는 메모리뱅크형 제어시스템 개발 및 제작 (27개의 품목)	270% 초과달성
	시작기 1기 완성	시작기 1기 신청기업에 소유권이전 상품 개발 및 2기 판매실적	100% 달성

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
백미 <u>1000mesh/d50</u> 의 입도 구현	20	300%	매우 우수 백미 <u>3000mesh/d50</u> 의 분쇄입도 구현
효소 불활성화처리공정 후 수분율 5%의 대두분을 <u>200~800mesh/d50</u> 의 입도의 분쇄성능 구현	20	450%	매우 우수 대두 <u>3650mesh/d50</u> 의 분쇄입도 구현
백미분 1kg/h용량의 시작기 제작	20	1200%	매우 우수 백미분 2kg/0.1h의 시제품 제작
10hp급 저온 분쇄기제작	5	200%	매우 우수 20hp급 저온 분쇄 시스템
분쇄부의 냉각능력 <u>-5 ~ -20℃</u> 구현(냉각 온도 온도 조절기능)	5	150%	매우 우수 분쇄부의 냉각능력 <u>-5 ~ -30℃</u> 구현
주축구동부의 회전 <u>7000rpm</u> 달성	10	128%	매우 우수 주축구동부의 회전 <u>9000rpm</u> 달성
부하량과 연동되는 공급장치 속도 제어 과부하시의 속도 : 0 rpm 정상작업시의 속도 : 설정속도 0-10rpm	5	100%	매우 우수 제어 과부하시의 속도 : 0rpm 정상작업시의 속도 : 설정속도 (0-60rpm)
분쇄기 가동 파라미터를 기억하는 메모리 뱅크형 제어시스템 개발 및 제작 (10개 의 품목)	5	270%	매우 우수 분쇄기 가동 파라미터를 기억하는 메모리 뱅크형 제어시스템 개발 및 제작 (27개의 품목)
시작기 1기 완성	10	100%	매우 우수 시작기 1기 신청기업에 소유권이전 상품 개발 및 1기 판매실적
합계	100점		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

연구개발목표를 월등히 상회하는 결과를 단기간에 도출하여 활용가능성이 높고 완성도 있는 기술을 개발하였습니다.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

본 연구개발 목적인 실물기술의 연구결과를 비중있게 판단하여 주시길 바랍니다.
계획을 위한 연구가 아닌 실물을 위한 기술 개발을 충실히 수행 하였으며 수령한 연구비의 1.4배를 재료비에만 투입하였고 2.4억여원에 해당하는 현물투입을 하여 실용화된 첨단 기술을 개발하였습니다.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

가. 냉각시스템의 구성 단순화

냉각시스템의 구성을 단순화 하여 제작 비용을 감소(판매 가격의 하락 유도)

나. 배출용 사이클론 시스템의 대형화

배출 사이클론을 탈착식, 대형화하여 양산에 적용이 용이하게 개선할 경우 국내의 대두 및 식물 재료 분쇄시장에 많은 영향을 미칠것으로 판단됩니다.

다. 은행권과 리스제품을 개발하여 장비 대금을 분할하여 지급할 수 있게 상품 개발을 할 경우 영세 업체에 이르기 까지 장비를 사용하기 쉽게 될 것으로 판단됩니다.

라. 향후 판매 실적이 쌓일 시기에 신제품 인증을 시도 할 수 있을 것으로 판단됩니다.

마. 일본의 경우 소용량 제품의 판매가 많은 시장의 특성상 일본 진출시 매우 전망이 밝을 것으로 판단 되며 KOTRA의 해외시장 진출 프로젝트를 이용하여 일본시장을 개척할 시에 해외 수출의 시기가 빨라 질 수 있을 것으로 판단 됩니다.

바. 주요제품을 금형화 하여 생산비를 절감할 수 있는 투자가 필요 하다고 판단됩니다.

IV. 보안성 검토

○ 본 과제는 영업비밀보안에 관한 비밀유지가 필요한 과제라고 판단됩니다.

본연구의 일부에 NEP 적용 기술과 자체 선행 연구결과로 취득한 영업비밀에 해당하는 고급 기술을 선행연구결과로서 다수건 적용 하였으므로 기업의 영업비밀이 포함 되어 있는 기술임으로 기술 보안이 필요할 것입니다.

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

보안과제로서 연구내용의 대외비가 요구됩니다.

해당기술은 독일의 ALPINE, 일본의 HOSOKAWA등에서도 생산하지 못하고 있는 기술로 판단됩니다.

2. 연구기관 자체의 검토결과

보안과제로서 연구내용의 대외비가 요구됩니다.

주관연구기관은 이러한 영업비밀의 보안시스템으로 1.4억원상당의 컴퓨터보안프로그램 및 서버시스템, 지문인식 출입통제 시스템을 운영할 정도로 관련기술의 보안을 구축하고 운영중입니다.

농림축산식품 연구개발사업 중간평가 정량성과 실적종합표

□ 과제개요

사업명	과제명				주관연구기관		연구책임자
첨단생산기술 개발사업	초미분 저온 분쇄기의 개발				한국에너지기술		장태균
과제유형	총 연구개발비(백만원)				시스템 입력점수 (E)	정량비율 반영점수 (E×0.2)	연구기간
	정부출연금	기업부담금	기타	합계			
비사업단	100	34	-	134			

□ 연구성과목표 달성도(정량적 성과)

(단위 : 건, 점)

성과지표	계획 (A)	실적평가 (B)	유효성 ²⁾	목표달성률 (C:B/A)	지표달성률 ³⁾ (C'≒C)	적용비 ³⁾ (D)	점수(E) (E:C'×D)
사업화	제품화	0	1	X	-	100% (2차년도목표 선행달성)	-
	기술창업	0	0	X	-	-	-
	매출창출	0	2	X	-	100% (2차년도목표 선행달성)	-
	고용창출	0	0	X	-	-	-
	투자유치	0	0	X	-	-	-
	소계	0	3	X	-	-	-
지식재산권(출원)	1	1	0	100%	100%	1/3	33.3
지식재산권(등록)	0	0	X	-	-	-	-
논문(SCI)	0	0	X	-	-	-	-
논문(비SCI)	0	0	X	-	-	-	-
학술발표	0	0	X	-	-	-	-
기술이전	0	0	X	-	-	-	-
교육지도	0	0	X	-	-	-	-
기술인증	0	0	X	-	-	-	-
인력양성	0	0	X	-	-	-	-
정책활용	1	2	O	200%	100%	1/3	33.3
홍보전시	1	1	O	100%	100%	1/3	33.4
기타	0	0	X	-	-	25	-
계	3	10	3				100점

- 1) 실적평가는 2018년 1월 29일 기준으로 FRIS 성과관리시스템에 입력된 성과만 반영한 것임
- 2)유효성 : 계획이 있는 성과만 정량적 성과로 인정 (미계획 실적은 참고자료로만 활용)
- 3)지표달성률 : 100%를 초과하는 목표달성률의 경우 100%로 조정, 적용비 : 1 / 유효성 성과지표 개수
- 4) 2016년 미래부 '논문 건수의 정량적 평가 제외' 지침에 따라 논문성과는 정량평가에서 반영되지 않고, 정성적 평가에 반영