

최 종  
연구보고서

유제품 및 과실류 농축액 가공 (급속냉각, 가열,  
반동결 등) 처리 장치 개발

Development of SSHE (Scraped Surface Heat  
Exchanger) for Dairy products,  
Fruit's Concentrates

연 구 기 관

중 원 정 공

농림부행정자료실



0005340

농 립 부



최 중  
연구보고서

유제품 및 과실류 농축액 가공 (급속냉각, 가열,  
반동결 등) 처리 장치 개발

Development of SSHE (Scraped Surface Heat  
Exchanger) for Dairy products,  
Fruit's Concentrates

연 구 기 관

중 원 정 공

농 립 부

2000-87

농 립 부 자 료 실
등록번호: 5340
등록일: 2001년 2월 16일
가증:

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “유제품 및 과실류 농축액 가공(급속냉각, 가열, 반동결등)에 관한 연구” 과제 최종보고서로 제출합니다.

2000 . 10 . 15 .

주관연구기관명 : 중원정공

총괄연구책임자 : 명 노 진

연 구 원 : 김 영 노

연 구 원 : 엄 중 화

연 구 원 : 심 길 섭

협동연구기관명(주)이우T&S

협동연구책임자 : 서 재 형

위탁연구기관명 : 고려대학교

위탁연구책임자 : 김 세 현

# 요 약 문

## I. 제 목

유제품 및 과실류 농축액 가공(급속냉각, 가열, 반동결 등)처리 장치 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

- 본 “유제품 및 과실류 농축액 가공(급속냉각, 반동결, 가열)처리장치개발은 농, 축산 가공품의 가공상 그 조작(Handling)이 난이한 고점도 액체의 가공기술 확보로 국내 농축산물원료를 합리적이며 손쉽게 가공할 수 있는 범용설비의 공급에 있다.
- 이는 국내 농, 축산물의 가공품의 품질향상으로 이어져 국내 농, 축산물 소비 확대를 기대할 수 있으며, 현재 가공업체에서 전량 수입하여 사용하는 것을 국내개발을 통하여 국산화하여 수입 대체효과를 얻을 수 있다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

- SHES 처리장치의 설비기능 분석 및 설계
  - 기존 설비 분석, 소재 분석 및 선정
- SSHE 처리장치의 수동(자동)제어 기술 연구
  - 열교환 이론 연구, 압력 용기 연구, 생산조건 변수 연구
- SSHE 부품개발 및 가공, 시제품 제작, 시험
  - 부품 개발 및 설계 가공 시제품 제작 및 개선, 응용 시험

## IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

### ○ 연구 결과

(1) 초기 계획했던 하기 사양의 SSHE 개발 TEST 완료.

- CAPACITY : 1,000 l /hr
- Product Temp : +5°C in, -4.5°C out
- 열교환량 : 26,000 kcal/hr(가동상태에 따라 조절 가능함)

(2) 전열저항에 따른 열통과량

- 순수 니켈 : 1,527 kcal/m<sup>2</sup> · hr · °C
- STS 316 : 927 kcal/m<sup>2</sup> · hr · °C

니켈재질이 스텐레이스스틸에 비하여 약 1.6배의 열전달 상승효과가 있음.

(3) 열교환 CYLINDER

- 1) 내부는 경질크롬을 도금하여 거울면과 같이 가공처리, 이때 크롬도금층의 두께는 100 ~ 150 μ이 적당함.
- 2) 열교환용 전열면적의 증대를 위하여 전열면의 외부를 톱니형상 가공처리
- 3) 열교환시 Product의 압력은 열교환 능력 및 제품품질에 영향을 미치며 그 압력은 2.5~4.5kg/cm<sup>2</sup>정도가 적당하다.

(4) DASHER

- 1) Scraped Blade, Beater등으로 구성되며 Scrapper의 소재는 STS 420재질을 사용하며
- 2) 열교환 CYLINDER의 직경이 φ 195, 원주상 Scrapper가 4개 부착 경우 Dasher의 회전수는 350RPM이 적당함 ; 그 이하 시에는 교반효과가 부족하여 열교환 효율이 떨어지고, 그 이상시에는 지방이 응집되어 걸착 되는 현상이 빠름.

(5) 인입 · 인출 PUMP

- 1) 가열 · 냉각이 반복되므로 RTOR CASING 틈새는 0.015mm 정도가 적당함.
- 2) 청소 시에는 통과면적의 확대를 위하여 내접기어가 뒤로 빠져주는 구조로 설계.
- 3) 인입 · 인출 PUMP 2개의 회전비를 조절하여 열교환 CYLINDER의 내압이 유지되며 그 결과는 본문 참조.

(6) 자동제어

- 1) Product의 상태는 토출온도와 PRODUCT의 점성으로 나타나 DASHER의 부하량으로서 판단할 수 있음.
- 2) 따라서 본 SSHE의 제어는 DASHER의 부하량에 따라 PUMP의 제어, 냉매의 제어, 기타 부가장치의 제어 등을 행한다.

○ 활 용 건 의

- (1) 당사에서 주관하여 연구, 개발된 SSHE 기술을 자체에서 산업화 혹은 타 업체에 기술 이전하여 산업화 실시 예정(2001년 계획)
- (2) SSHE 장치의 가공 정밀 기술(실린더 내가공, 도금등)은 농,축산물을 원료로 사용하는 식품의 가공기계 제작의 기초 응용 기술로 이용될 수 있음.
- (3) 열교환 이론 연구는 극한조건(고온, 고압, 저온, 저압)에서 사용할 수 있는 식품 가공 기계류의 설비 소재의 자료로 응용 가능함.

# SUMMARY

## Development of SSHE(Scraped Surface Heat Exchange) for Dairy products, Fruit's Concentrates.

There are some heat exchanging process in agriculture, dairy fields.

Batch type heat exchanger has the deficiency of uniform product's texture qualities and the uncomfortable operating system.

Therefore compact and efficient heat exchanger is essential for good product's qualities and convenient operations.

This SSHE is a continuous processing equipment that can be get exchanging heat for process of dairy products , fruits concentrates.

We are going to develop this SSHE, main results are as follows ;

1. Specification of this SSHE are ;
  - Capacity : up to 1,000 l /hr
  - Product's temp : Inlet 5°C, Outlet -4.5°C
  - Volume of heat exchange : 26,000kl/hr
2. Material of SSHE cylinder is made of pure nickel for effective heat exchange and has hard chromium plated inside surface.
3. The dasher of SSHE cylinder, equipped with scraper blades and beater is made of stainless steel materials(STS420).
4. The pumps are started automatically when the cylinder content has reached an optimal viscosity.
5. The inlet and outlet pumps are driven by variable speed gear motors and designed for CIP(cleaning in place).



## -- CONTENTS--

### **1. Introduction**

- 1.1 Purpose and scope of development
- 1.2 Effect of development

### **2. Basic study of SSHE**

- 2.1 Function analysis and basic design
- 2.2 Basic engineering

### **3 Applied study and design of pilot plant**

- 3.1 Automatic control technology of SSHE and engineering
- 3.2 Detailed design of SSHE

### **4. Manufacture of pilot plant**

- 4.1 Accessories development and metal machining technique
- 4.2 Manufacture of pilot plant

### **5. Standardization of product's processing condition**

- 5.1 Basic product's processing Condition
- 5.2 Standard processing condition for dairy products
- 5.3 Standard processing condition for fruit's ingredients

- 목 차 -

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 개요

1. 개발 개요 -----	8
2. 개발 대상제품의 용도 및 가공대상 농·축산물 -----	10
3. 개발 대상제품의 원리 -----	11
4. 대상기술 개발의 중요성 및 국내·외 관련기술의 현황 -----	12

제 2 절 기술개발의 효과

1. 생산성 향상 -----	13
2. 원가 절감 -----	14
3. 인력 절감 -----	16
4. 품질향상 및 위생성향상 -----	17

제 2 장 설비의 기초연구

제 1 절 설비의 기능분석 및 기초설계

1. 기존 설비의 분석 -----	18
2. 설비의 소재분석 및 선정 -----	22
3. 각 요소부품의 설계 및 선정 -----	26

제 2 절 SSHE 설계이론 및 시스템 엔지니어링

1. 열교환 이론 연구 -----	32
2. 생산물의 비열과 비중 계산 -----	38
3. 압력 용기류의 설계 -----	39
4. 축동력의 산출이론 -----	41
5. PNEUMATIC LINE의 설계 -----	42
6. 급속냉각을 위한 냉동 시스템 -----	44
7. 기계 구조의 적합성 -----	45

제 3 장 응용연구 및 시제품의 설계

제 1 절 SSHE 자동제어 기술 및 시스템엔지니어링

1. 생산조건변수선정 -----	46
2. 기본 CONTROL SEQUENCE 의 설계 -----	49
3. 시뮬레이션 및 시작품 제작 -----	50

제 2 절 SSHE 의 상세설계 및 시스템엔지니어링

1. SSHE 열교환 PART 및 DASHER동력의 상세 설계	53
2. SSHE에 사용되는 압력용기류의 상세 설계	60
제 3 절 SSHE의 자동제어 설계	
1. 자동제어 적합성 요소판단 및 설계	63
2. 자동제어 SEQUENCE 설계	68
제 3 장 시제품의 제작	
제 1 절 SSHE 금속가공기술 및 부품개발	
1. 저온용 금속가공	73
2. 정밀부품개발	74
3. 금속표면처리	75
제 2 절 시제품제작	
1. SSHE 설비 각 부분의 상세 설계 주요내용	76
2. 문제점의 보완	82
제 4 장 SSHE를 이용한 가공조건 표준화	
제 1 절 SSHE 장치의 기본가공조건	
1. 가공조건 조사의 방향	84
2. 기본가공조건	84
제 2 절 유제품 표준 가공 조건	
1. 원료선정	88
2. 혼합믹스의 제조공정	89
3. 혼합믹스의 믹스성분 조건 설정 (냉각, 반동결시)	90
4. 혼합믹스의 최적조건	91
5. 혼합믹스의 시험결과	92
6. 혼합 믹스의 기계조건	92
제 3 절 과실류 및 기타 식품 표준 가공 조건	
1. 원료선정	93
2. 혼합믹스 제조공정	93
3. 혼합믹스의 믹스성분조건	94

첨부 : 관련 사진

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구개발의 개요

### 1. 개발 개요

가. 본 “유제품 및 과실류 농축액 가공(급속 냉각, 가열, 반동결)처리장치”는 식품의 가공에 있어서 가장 중요한 요소인 생산물의 가공시간, 가공온도, 가공압력 등을 연속적으로 자동 제어 할 수 있는 장치이다.

(일명 SSHE-Scrapped Surface Heat Exchanger)

나. 농·축산물의 가공은 보통 유통용이성과 미생물 오염방지등을 위하여 통상적으로 착즙(또는 착유)된 후 농축 처리되어 원료 및 기타 첨가물로서 사용되고 있다. 이때 그 농축액의 물성은 상기 기술된 가공온도, 가공시간, 가공압력에 의하여 크게 변화되는 바, 그 가공조건들을 인위적으로 제어할 수 있다면, 원하는 고품질의 생산제품을 인위적으로 변화가 가능한데 여직껏 고점도 액체상태의 물성에서는 액체의 점도(Viscosity)가 높은 관계로 그 조작(Handling)이 어려워 생산공정을 합리화 하거나 작업의 편의성을 부가시키기가 매우 불편 하였다.

다. 따라서 현재까지의 중소 농·축산물 가공업체에서는 단위용량방식(Batch 식) 공정 구성에 의하여 작업을 하는 공정이 채택되게 되었으며, 그로 인한 작업의 불편함과 제품의 물성에 영향을 주는 국부가열·자연냉각·자연동결의 영향을 피할 수 없게 되어 그에 따른 물성의 비의도적인 변화를 감수 할 수 밖에 없었다. 이는 농·축산물의 품질에 지대한 영향을 끼쳐 신선도의 저하, 이취의 발생, 맛의 떨어짐, 저장기간(유통기간)의 단축 등을 초래 하게되어 전체 농·축산물의 소비욕구저하와 농·축산물 생산 부가가치의 저하로 이어지게 되는 원인이 될 수 있는 바 이의 개선이 시급히 필요한 것으로 판단된다.

라. 본 “유제품 및 과실류 농축액 가공(급속 냉각, 가열, 반동결)처리장치”는 고점도의 액상유체를 짧은 시간내에 가열, 냉각, 반동결 등의 기능을 연속적·합리적으로 자동화 되어 수행 할 수 있는 농·축산물의 가공용 전용 설비인바 상기에 기술된 농·축산물의 가공시의 문제점을 손쉽게 해결 할 수 있게되어 농·축산물의 가공업체와 농가에게 국내현실에 맞는 적절한 설비를 공급 할 수 있게되어 원할하고 위생적인 생산에 기여하고 나아가서는 국내 농·축산물 품질향상으로 전체적 시장확대와 농가의 소득증대로 이어질 것으로 판단된다. 또한 세계화에 편승하여 기술자립에 의한 국제적 경쟁력이 있는 설비로서 적게는 수입대체효과와 크게는 수출로 인한 외화획득에 공헌할 것으로 기대되는 중요한 역할을 수행할 것으로 기대된다.

## 2. 개발 대상제품의 용도 및 가공대상 농·축산물

### 가. 개발 대상제품의 용도

- 1) 농·축산물 생산제품의 가열기
- 2) 농·축산물 생산제품의 냉각기
- 3) 농·축산물 생산제품의 살균기
- 4) 농·축산물 생산제품의 가공중 발생하는 폐열(폐냉) 회수기
- 5) 농·축산물 생산제품 최종 생산제품의 제조기

### 나. 개발 대상제품의 용도

대상 항목	세부 가공 대상물	비 고
농 산 물	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 각종 과실의 과즙 및 농축과즙액</li> <li>- 각종 야채쥬스 및 쥬스 농축액</li> <li>- 두유등 액상의 농산물 추출액</li> </ul>	
축 산 물	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 우유, 농축우유</li> <li>- 아이스크림</li> <li>- 요구르트</li> <li>- 기타 축산 유가공품 (치즈,버터,생크림 등)</li> </ul>	

### 3. 개발 대상제품의 원리

◎ 본 “유제품 및 과실류 농축액가공(급속 냉각, 가열, 반동결)처리장치”는 하기 그림1과 같은 공정의 장치로서 고점도 액체의 급속 냉각, 가열, 반동결장치로 사용되며 그 상세한 원리는 하기 제 2 장 설비의 기초연구에서부터 상세히 기술하기로 한다.

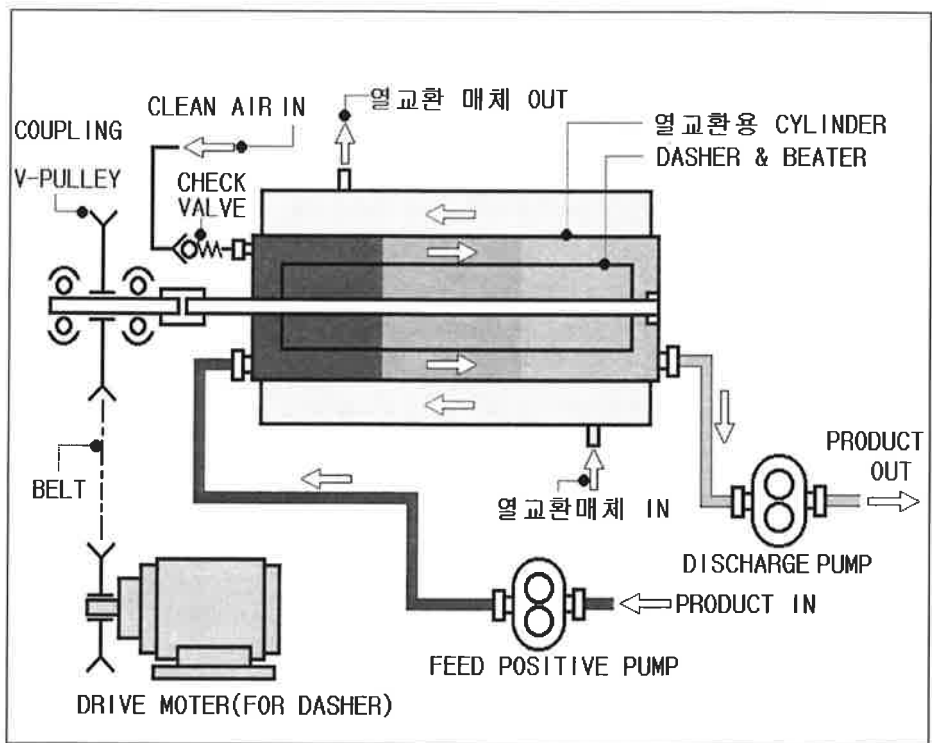


그림 1) 농축액 처리기의 개략 공정도

#### 4. 대상기술 개발의 중요성 및 국내·외 관련기술의 현황

가. “유제품 및 과실류 농축액 가공(급속 냉각, 가열, 반동결)처리장치”는 일반적으로 세계의 몇몇 전문 식품기계 제조업체에서 전 세계시장의 대부분을 담당하고 있다.

특히 덴마크의 “알파 호이어(Alfa Hoyer)”, 미국의 “APV”社. 제품이 세계 시장뿐만 아니라 국내의 많은 수요를 담당하고 있음.

나. 그동안 국내의 기술로 이를 개발하고자 하는 의욕은 있었지만 기초적인 설계미숙, 재질선택의 어려움, 기계원리의 미파악, 가공의 난이도 관계상 실제적 개발접근은 실시되지 못 하였다. 더욱이 지속적인 연구활동비의 부족과 외국기업의 시장독점으로 중소기업으로서는 설비개발의 한계성을 가질 수밖에 없었음.

다. 특히 소규모의 가공업체나 농·축산물생산자에게 본“유제품 및 과실류 농축액 가공(급속 냉각, 가열, 반동결)처리장치”는 다양하게 사용되어 농·축산가의 소득증대에 기여할 수 있는 품목임에도 불구하고, 국내에 있어서는 외국설비의 시장독점으로 높은 수입가격 때문에 대규모 가공업체에서만 일부 사용되고 있는 실정이다.

라. 따라서 본“유제품 및 과실류 농축액 가공(급속 냉각, 가열, 반동결)처리장치”의 개발로, 수입대체로 외화절감 및 소규모 농·축산식품가공 사업장에서 사용이 가능하게 되고 이를 통한 농·축산생산업자의 소득 증대에 직접 기여 할 수 있다고 판단됨.



## 제 2 절 기술개발의 효과

### ○ 기술개발에 따른 기대효과

- ▶ 본 “유제품 및 과실류 농축액 가공(급속 냉각, 가열, 반동결)처리장치”의 개발은 상기 가.항 개발 대상제품의 개요에서 언급되었듯이 식품가공의 중요요소인 가공온도, 가공시간, 가공압력을 연속적으로 자동 조절하면서 연속적인 생산이 가능한 설비의 개발로서, 현재까지 다루기 힘들었던 고점도물질을 포함한 넓은 용도로 활용이 가능하며, 하기에 기술된 농·축산물제품 가공상의 여러부분에서 효과를 기대할 수 있다.

#### 1. 생산성 향상

가. 현재 소규모의 농·축산물제품 가공공장(특히 소규모의 가공공장)에서 유제품 및 과실류 제품가공시 상기에 언급되었듯이 단위용량방식(Batch식) 공정구성에 의하여 수동작업을 하는 공정이 채택되어 생산물의 가열, 냉각, 동결시 처리시간이 길어지고 수동작업에 의하여 생산성이 현저히 낮다.

나. 따라서 본 “유제품 및 과실류 농축액 가공(급속 냉각, 가열, 반동결)처리장치”가 도입될 경우 농·축산물제품 가공시간을 자유롭게 조절할 수 있으므로 생산성을 크게 증가 시킬 수 있다.

## 2. 원가 절감

가. 일괄적인 생산라인을 설치하여 농·축산물제품 가공공정을 단순화 시킬 수 있기 때문에 가공시간의 절감으로인한 원가 절감을 할 수 있으며, 가공시간의 단축에 따른 동력손실을 줄일 수 있다.

나. 가공시 발생하는 폐열(폐냉)을 회수 할 수 있기 때문에 열효율(냉효율) 향상으로 인한 Utility비용을 줄일 수 있다.

\* 하기 그림 3) 폐열회수 System 공정도 참고

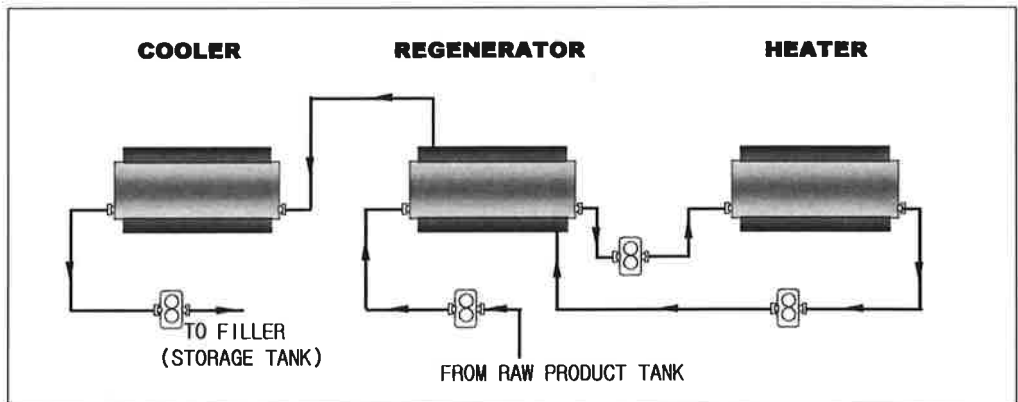


그림 3) 폐열 회수 System 공정도

다. 가공 시간이 짧아짐으로 인하여 정체에 따른 열손실(냉손실)을 방지 할 수 있어 Utility손실을 막아 Utility비용을 줄일 수 있다.

라. 농·축산물제품을 가공시 Batch식 공정은 여러개의 용기류(가열 Tank, 냉각 Tank, 저장 Tank 등)를 사용 함으로 인하여 넓은 공장면적이 필요하나, 본 “유제품 및 과실류 농축액 가공(급속 냉각, 가열, 반동결)처리장치”가 도입 될 경우 공정을 단축하여 Compact하게 설비를 설치 할 수 있다.

따라서 농·축산물제품 가공공장의 사용면적을 축소하여 타용도로 사용할 수 있고, 결과적으로 공장 건설면적을 줄여 전축비, 대지구입비 등을 줄일 수 있다.

마. 농·축산물제품 가공공장의 설비배치합리화와 사용면적의 축소로 인하여 물류의 이동경로를 줄일 수 있기 때문에 이동시간의 단축에 따른 원가절감이 가능하다.

### 3. 인력 절감

가. 농·축산물제품 가공공장의 설비배치합리화로 인하여 물류의 이동경로를 줄일 수 있으므로 3D 업종에 속하는 중량물의 운반인원을 절감할 수 있다.

나. 설비의 자동 CIP.(청소)를 행할 수 있기 때문에 CIP.(청소)를 위한 청소작업인원을 줄일 수 있다.

다. 결과적으로 비교적 힘든 일을 하는 부분의 인원을 감축 할 수 있어 작업환경이 개선되어 노동 생산성이 증가한다.

#### 4. 품질향상 및 위생성향상

가. 본 “유제품 및 과실류 농축액 가공(급속 냉각, 가열, 반동결)처리장치”는 농·축산물제품을 가공시 식품에 있어서 가장 중요한 요소인 생산물의 가공시간, 가공온도, 가공압력 등을 연속적으로 자동 제어 할 수 있는 장치이기 때문에 농·축산물 가공제품의 품질을 혁신적으로 향상 시킬 수 있다.

나. 농·축산물제품 가공공정을 단순화 시키고, 자동 CIP. Program에 의하여 청소작업을 행할 수 있기 때문에 농·축산물 가공제품의 위생과 품질을 크게 향상 시킬 수 있다.

다. 농·축산물제품 가공공정에서 각종 Tank류(가열, 냉각 등)의 생산공정과 CIP. 공정중 발생하는 증기(Steam)의 외부방출을 감소시켜 작업장의 환경이 개선되며, 미생물의 오염을 줄여 농·축산물제품의 품질을 향상 시킬 수 있다.

라. 결과적으로 농·축산물제품 가공시 위생성이 크게 향상되어 좋은 품질의 농·축산물제품 생산이 가능하다.

## 제 2 장 설비의 기초연구

### 제 1 절 설비의 기능분석 및 기초설계

#### 1. 기존 설비의 분석

##### 가. 개발 대상제품의 원리

※ 본 “유제품 및 과실류 농축액가공(급속 냉각, 가열, 반동결)처리장치”는 하기 그림 1 개략적 원리도에 나타난 바와같은 System을 갖는다.

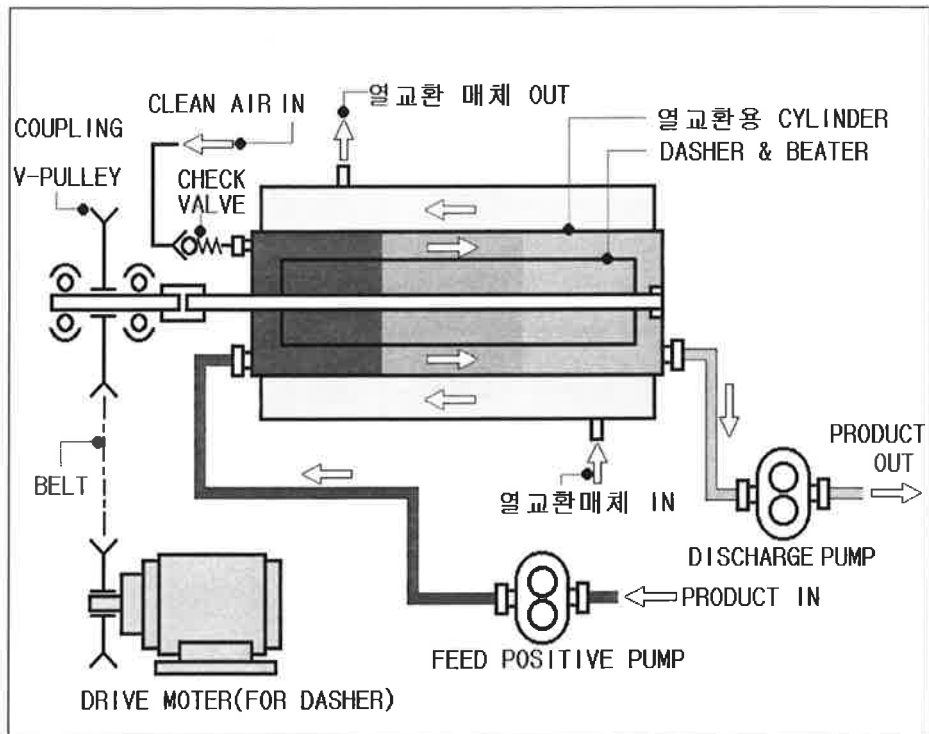


그림 1) 농축액 처리기의 개략 공정도

나. 작동원리와 각 장치의 기능

- 1) 열 교환용 Cylinder의 주위에는 열교환용 열매체(또는 냉매체)가 순환되고 열교환용 Cylinder안으로 생산물(Product)을 밀어주는 정량공급Pump로서 Positive Type Feed Pump와 생산물을 열 교환용Cylinder밖으로 빼내주는 Discharge용 Positive Type Pump가 설치되어 Product를 열 교환용 Cylinder 안으로 강제적으로 밀어주고 빼어낸다.
- 2) 열 교환용 Cylinder 내부에는 Product의 점도관계상 유체의 유동성이 부족한 관계로 열매체(또는 냉매체)와 Product의 열교환을 왕성하게하여 주기 위하여 열교환용 Cylinder 내면을 긁어 줄 수 있는 Dasher(또는 Scrapper)가 설치되어 있다.
- 3) Dasher의 내부에는 열교환이 일어난 것과 열교환이 안일어난 것을 균일하게 섞어 주는 Beater가 설치되어 있다.
- 4) Dasher와 Beater는 외부(Dasher Drive Motor)로부터 동력이 전달되어 서로 연동하여 회전하면서 열교환을 도와준다.
  - \* Dasher 및 Beater의 구조는 도면 2) 냉동원리 및 Dasher & Beater 참고.
- 5) 생산물의 종류에는 여러 가지가 있으며 Ice Cream과 Whipping Cream과 같이 Clean Air를 균일하게 섞어줄 필요가 있는 Product에 대하여는 계량된 양질의 Clean Air를 정량으로 공급시켜주는 장치가 설치되며 Clean Air Line에는 Product 의 역류를 방지하기 위하여 Sanitary Check Valve가 설치된다.
  - \* 그때 Beater는 Clean Air가 작게 부쉬어진 상태로 Product와 함께

존재하도록 공기의 입자를 잘게 부쉬어 주는 역할도 수행한다.

6) 냉각 및 반 동결상태의 제품을 생산하기 위하여는 열 교환용 냉매체로서 액체암모니아(NH<sub>3</sub>)와 액체프레온(Freon)등이 사용된다. 이를 위하여 독립적으로 운전되는 별도의 냉동 System이 설치되어야 한다.

\* 이때 내부의 구조는 하기의 그림 2) 냉동원리 및 Dasher & Beater 참고.

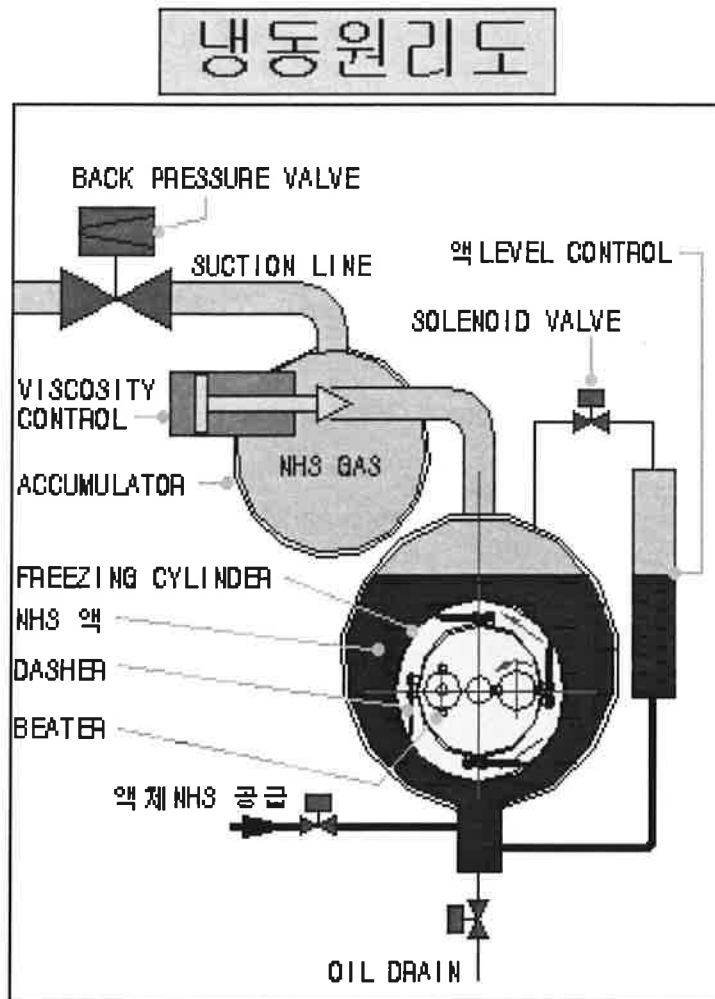


그림 2) 냉동원리 및 Dasher & Beater의구조도



- 7) 본 “유제품 및 과실류 농축액 가공(급속 냉각, 가열, 반동결)처리장치”는 일반 열교환기로서는 열교환이 어려운 고점도 액체류에 적용되는 설비로서(일반 저점도액체도 열교환은 가능함) Dasher Drive Motor의 부하량을 감지하여 열교환 상태를 감시할 수 있는 Controller가 장착되며, 그 Controll 장치는 Computer와 연결되어 제어되며, 생산물(Product)을 일정한 수준의 품질상태로 유지시켜 생산제품의 품질향상을 꾀할 수 있다.
- 8) Discharge용 Positive Type Pump는 Product의 종류 및 상태에 따라 배출량이 결정되어지며, 열 교환용 Cylinder내부의 열교환 압력이 일정한 수준으로 유지되도록 계산된 회전수에 의하여 제어된다.
- \* 열 교환용 Cylinder내부의 열교환 압력은 각 Positive Type Pump의 Pumping 량에 의하여 결정되며, Product의 종류 및 상태에 따라 그 상태가 바뀔 수 있다.

## 2. 설비의 소재분석 및 선정

### 가. 저온 · 고온용 압력용기의 소재

고압가스 안전 관리법 시행규칙 제9조 별표 11 제2호 나목의 규정에 의한 냉동기에 사용하는 재료 기준에 준하여 발췌시 아래와 같다.

#### 1) 탄소강재 및 저 합금강 강재

KSD 3521	:	압력 용기용 강판
KSD 3541	:	저온 압력용 탄소강판
KSD 3563	:	보일러 및 열 교환기용 탄소강판
KSD 3571	:	저온 열 교환기용 강판
KSD 3707	:	크롬 강재

#### 2). 고합금 강 강재

KSD 3706	:	스테인레스 강봉
KSD 3705	:	열간 압연 스테인레스 강판
KSD 3576	:	배관용 스테인레스 강판

나. 열 교환 CYLINDER의 사용재료 분석

1) 사용 조건

가) 위생관계 및 세척액 (각종 산류) 사용할 때에 안전하기 위하여 내부식성이 높아야 하며

나) MIX의 빠른 냉각 및 고온 냉 전달을 위하여 총괄 전열 계수 U값이 크기 위하여는 열 전달 계수가 커야 하며

다) 외압을 받는 기계 구조물로서 기계적 성질이 우수해야 한다.

라) 큰 온도차 (냉매 -40℃ ~ CIP 용액 85℃ : 총 Δt 125℃)에 견디기 위하여 상기 온도차 하에서 조직의 변형이 없어야 하고 열 변형율이 작아야 한다.

마) Dasher의 마찰에 견디기 위해 내 마모성이 커야 한다.

2) 상기 사용조건을 만족시킬 수 있는 몇몇 재료를 비교해 보면

순위	항 목	Ni	STS 강재	MILD STEEL	CU 합금	비 고
1	내부식성	◎	◎	X	△	필요조건
2	열전달	◎	△	△	◎	
3	기계적 성질	◎	○	◎	○	
4	조직의 변화 및 팽창	◎	△	○	○	
5	표면경도	△	○	△	X	

기호범례 ◎ : 아주좋다  
 ○ : 좋다  
 △ : 그저 그렇다.  
 X : 나쁘다

※ 따라서 사용 가능한 재질은 Ni 과 STS 강재 2종으로 분류 된다.

3) 따라서 상기 2)항의 우선 순위에 의거 분류된 사용 가능한 재질 Ni과 STS 316과 제 성질을 비교해 보면

항 목	Ni	STS 316	비 고
a. 내부식성 (max. inch/1년)	0.020	0.020	Nacl 기준
b. 열전도도(BTU/ft · Hr · OF)	36	9.4	Ni 이 3.8배 우수
c. 인장강도 (kg/ mm <sup>2</sup> )	57 ~ 63	53	가공재 기준
d. 선팽창 계수 ( / °C)	13.3 x 10 <sup>-6</sup>	18 x 10 <sup>-6</sup>	
e. 표면경도 (H <sub>B</sub> )	180 ~ 220	187	

따라서 Ni 이 STS 316보다 모든 면에서 우수하며 특히 열전도도에 있어서는 STS 316 의 3.8배 수준이다.

STS 316을 사용할 때에는 STAINLESS STEEL의 가장 큰 결점인 가열시 500~900°C에서 임계 탄화물의 석출이 쉽고 그에 따라 임계근방의 Cr 고용량이 감해져 임계 부식을 일으키는 것을 주의해야 한다. 따라서 용접 부위에서의 취약성 관계로 AMONIA(NH<sub>3</sub>)을 사용 할 경우에는 특별히 주의해야 한다.

참고적으로 Ni 의 주요 기계적 성질은 아래와 같다.

항목 \ 처리방법	주 물	가 공 재	플 립 재
인장 강도 (kg/mm <sup>2</sup> )	40	57 ~ 63	44 ~ 50
항 복 점 (kg/mm <sup>2</sup> )	15	47 ~ 55	19 ~ 24
연 신 율 (%)	25	15 ~ 20	40 ~ 50
경 도 (H <sub>B</sub> )		190 ~ 210	80 ~ 90

다. 열교환 CYLINDER 의 내마모성 대책

열교환 CYLINDER 는 정상 가동시 SCRAPER 에 의하여 항상 긁혀지므로 내마모에 대한 대책이 필요함.

그 대책으로서 표면에 내마모성이 우수한 경질크롬을 도금을 실시하는 것으로 결정.

라. SCRAPER 사용재료

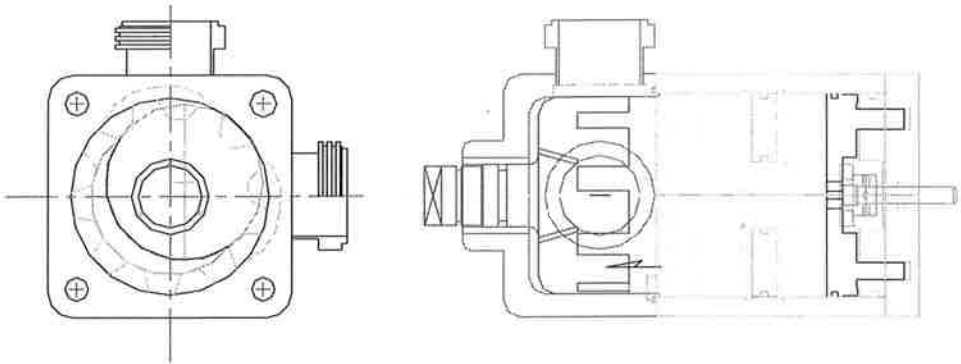
SCRAPER의 사용재료는 내마모성이 우수하면서도 내식성이 우수한 재료인 STS420 의 재질을 선택함.(수입분 유사설비의 재질분석 시 STS420으로 판명됨)

### 3. 각 요소부품의 설계 및 선정

#### 가. POSITIVE PUMP

본 POSITIVE PUMP의 형식은 내접 GEAR PUMP로서 현재 진행하고자 하는 기종은 하기의 도면과 같은 구조로서 설계되어 있으며 3가지의 MODEL 로 설계하여 그 SPEC. 을 비교해 보면 아래에 나타난 바와 같다.

POSITIVE PUMP의 구조도면



POSITIVE PUMP의 종류 및 SPEC.		
항 목	배출량	비 고
	(ml/rev)	(ml/rev)
1) Model 1	18	
2) Model 2	60	
3) Model 3	120	

※ 단, 상기에 표시된 배출량은 GEAR의 치형을 PC로작성하여 COMPUTER에 의하여 계산된 것으로서 실제와는 다소의 차이가 있음.

상기 3종류의 POSITIVE PUMP를 생산량별로 회전수를 구하여 보면 하기와 같다.

MODEL명	배출량 (ml/rev)	생산량(l/H)에 따른 회전수(RPM)		
		1000	1500	2000
1) Model 1	18	925.93	1388.89	1851.85
2) Model 2	60	277.78	416.67	555.56
3) Model 3	120	138.89	208.33	277.78

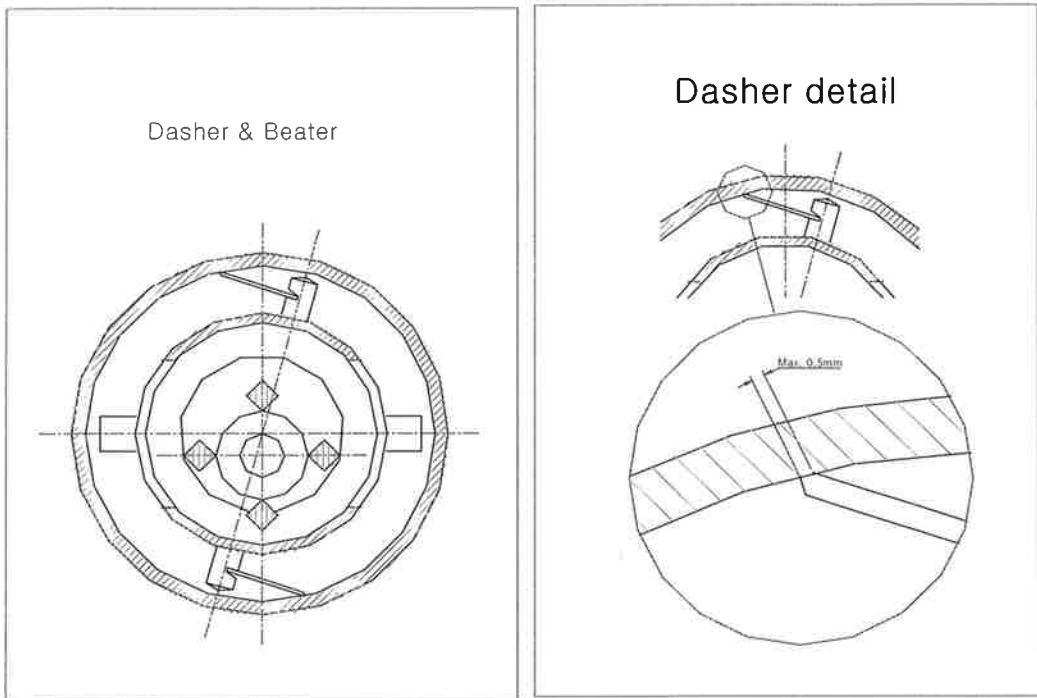
※ 따라서 FEED용 POSITIVE PUMP는 MODEL 2로 선정하고,  
DISCHARGE용 POSITIVE PUMP는 MODEL 3으로 선정함이  
적당하다고 판단됨.

#### 나. DASHER 및 BEATER의 구조

열 교환용 Cylinder 내부에는 Product의 점도관계상 유체의 유동성이 부족한 관계로 열매체(또는 냉매체)와 Product의 열교환을 왕성하게 하여주기 위하여 열 교환용 Cylinder 내면을 긁어 줄 수 있는 기능을 갖는 것이 Dasher이며 Dasher의 내부에는 열교환이 일어난 것과 열교환이 안일어난 것을 균일하게 섞어주는 Beater가 설치되어 있다.

그 구조는 다음의 도면과 같이 설계된다.

DASHER 및 BEATER 의 구조 와 상세 도면



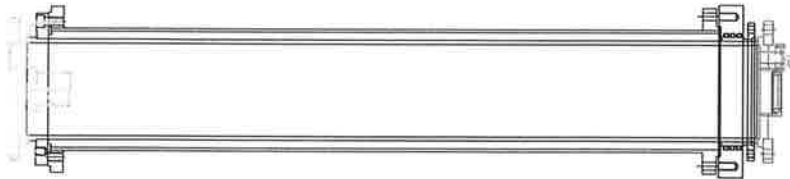
※ 상기도면은 굽기장치의 수가 2개인 경우로서 DASHER 및 BEATER의 내부 구조를 나타낸 도면임.



다. 열교환 CYLINDER의 구조

열교환 CYLINDER는 아래와 같이 INNER CYLINDER와 JACKET으로 구성되어 있으며 그 구조는 아래의 도면과 같다.

열 교환 CYLINDER 및 JACKET의 구조도



INNER CYLINDER와 JACKET의 사이에는 냉매가 액체상태로 존재하며(만액식 구조시) INNER CYLINDER의 내부에는 DASHER 및 BEATER가 설치되어 PRODUCT의 왕성한 열교환을 위하여 굽기장치를 작동하도록 설계된다.

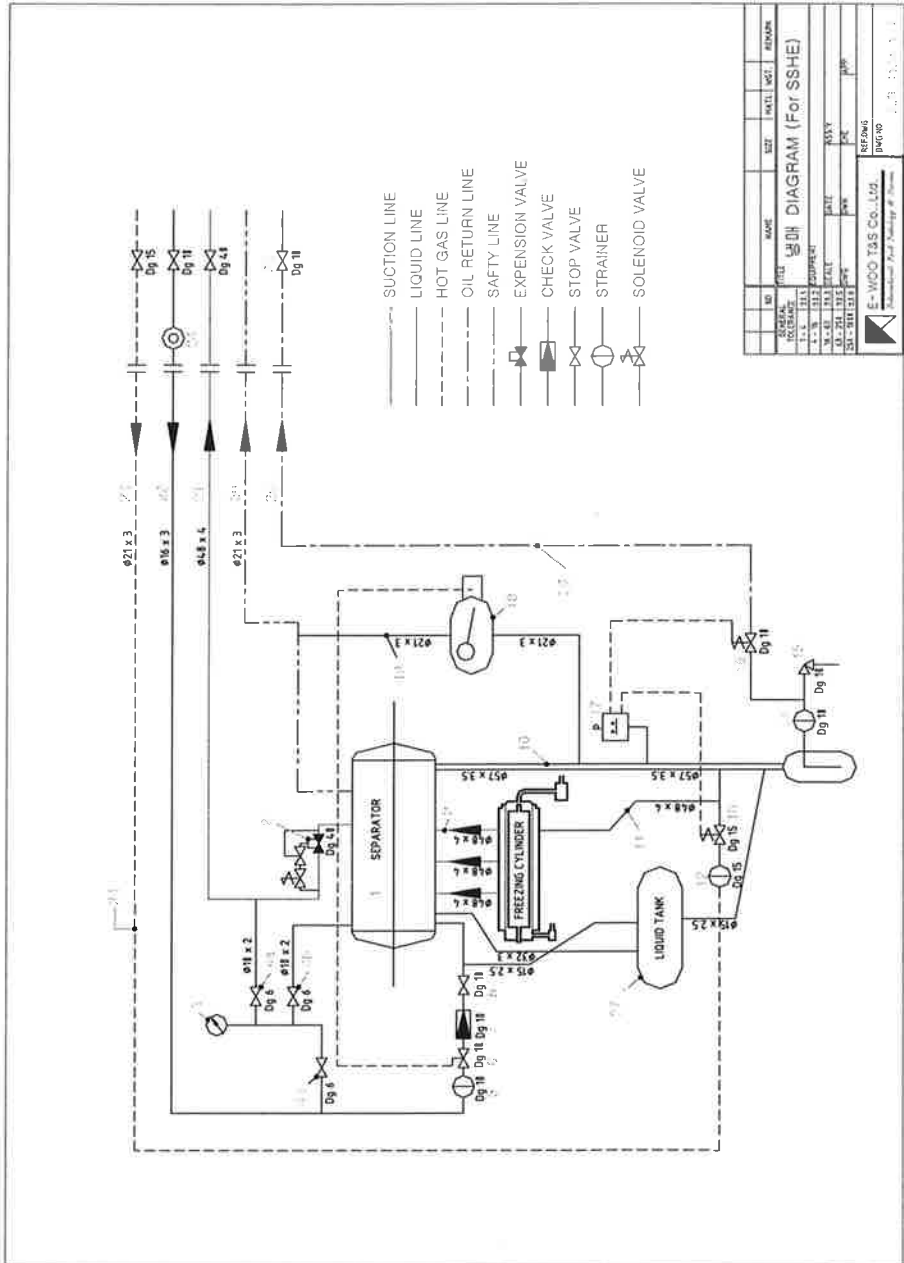
※ 굽기장치 및 DASHER 및 BEATER의 구조는 상기 나.항 DASHER 및 BEATER의 구조를 참조.

특히 냉매의 온도가 -35도 이하에서 가동되고 청소시에는 100도 까지 올라감으로 본 장치에서 SEAL의 구조 및 재질의 선정이 중요함.

내부 압력에 의한 강도계산은 차기의 응용연구에서 기술함.

라. 냉동 SYSTEM

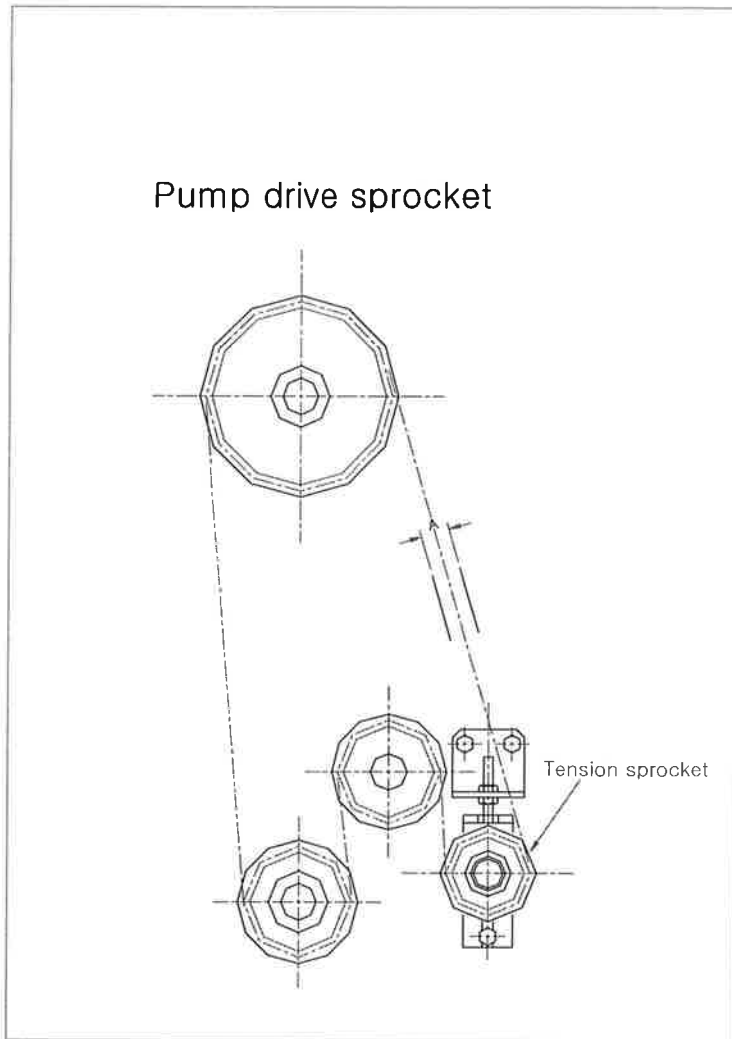
만액식 냉동시스템으로서 그 냉매 계통은 아래의 도면과 같다.



※ 상기 도면의 냉동 시스템은 기존설비의 상태를 응용하여 설계한 것으로서 시제품설비에 적용시에는 개선 보완하여 시스템에 적합하도록 개선예정임.

마. 구동장치의 구조

PUMP구동장치는 1개의 MOTOR에 의하여 FEED 및 DISCHARGE PUMP가 동시에 구동되며 그 구동구조는 아래와 같다.



각 Pump 의 회전수는 Pump 가 구동되는 Sprocket의 잇수에 의하여 제어되며 그 회전비에 따라 Freezing Cylinder 내의 압력을 제어 할 수가 있다.

## 제 2 절 SSHE 설계이론 및 시스템 엔지니어링

### 1. 열교환 이론 연구

가. SSHE의 열교환 량

1) 정상 가동시 열회수에 필요한 열량의 산출이론

MIX 냉각에 필요한 열량  $Q_m$  은

$$Q_1 = \left[ \left( Q_p - \frac{Q_p \times OV \times 1.02}{1+OV} \right) r_1 \times (1-TS) \times \eta \times 1 \times 80 \right] \quad \text{: 얼음 동결잠열}$$

$$Q_2 = \left[ \left( Q_p - \frac{Q_p \times OV \times 1.02}{1+OV} \right) \times r_1 \times 0.5 \times (O-T_2) \times (1-TS) \right] \quad \text{: 얼음냉각 열량}$$

$$Q_3 = \left[ \left( Q_p - \frac{Q_p \times OV \times 1.02}{1+OV} \right) TS \times r_2 \times C_2 \right] \quad \text{: TOTAL SOLID의 냉각열량}$$

$$Q_4 = \left[ \left( Q_p - \frac{Q_p \times OV \times 1.02}{1+OV} \right) \times r_1 \times C_1 \times T_1 \times (1-TS) \right] \quad \text{: MIX 의 냉각열량 1}$$

$$Q_5 = \left[ \left( Q_p - \frac{Q_p \times OV \times 1.02}{1+OV} \right) \times r_1 \times (O-T_2) \times (1-TS) \times (1-\eta) \times 1 \times C_1 \right] \quad \text{: MIX 의 냉각열량 2}$$

$$Q_6 = 860 \times W$$

$$Q_m = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

$Q_p$  : PRODUCT의 VOLUM 유량

OV : OVER-RUN

$r_1$  : 함유 수분의 비중

$r_2$  : 함유 SOLID의 외관비중.

$C_1$  : 함유 수분의 비열

$C_2$  : 함유 SOLID의 외관비열

TS : TOTAL SOLID

$\eta_1$  : 동결율

W : DASHER의 구동동력

## 2) 간략된 열 교환량 산출공식의 정리

$$Q_1 = C \cdot G \cdot (T_1 - T_2) \quad \text{내용물을 빙점까지 냉각시키는 열량}$$

$$Q_2 = C \cdot G \cdot (T_3 - T_4) \quad \text{내용물을 빙점이하까지 냉각시키는 열량}$$

$$Q_3 = 80 \cdot G \cdot A \cdot B \quad \text{내용물중 수분의 상태변화에 필요열량}$$

$$Q_4 = 860 \cdot W \quad \text{DASHER의 축동력에 의한 열량}$$

C : 내용물의 외관비열 (kcal/kg·°C)

G : 내용물의 통과량 (kg/hr)

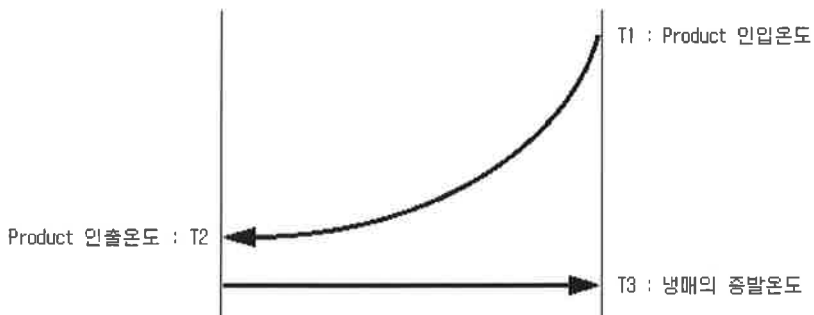
( $T_1-T_2$ ) : 내용물의 온도차 (빙점까지 °C)

( $T_3-T_4$ ) : 내용물의 온도차 (빙점이하 °C)

- A : 내용물 중의 수분 함유량 (%)
- B : 소정의 온도까지 냉각시킬 경우 수분의 경화율 (%)
- 80 : 물의 잠열 (kcal/kg)
- 860 : 1 kwh의 열량 (kcal/hr)

나. SSHE의 열교환 CYLINDER 내에서의 열교환 해석

1) 유체의 열 이동 선도



2) 대수 평균 온도차  $\Delta t_m$  은

$$\Delta t_m = \frac{(T_2 - T_3) - (T_1 - T_3)}{\ln \frac{T_2 - T_3}{T_1 - T_3}}$$

$T_3$  는 CYLINDER 주위의 LN $H_3$  의 증발온도로 만액식 증발장치 이기 때문에 일정.

다. 전체 전달 열량

전체의 전달열량  $Q_f$  는 하기와 같이 총괄전열계수, 대수평균온도차, 전열면적에 비례하는 일반적인 공식에 의한다.

$$Q_f = U \cdot \Delta t_m \cdot A$$

$\Delta t_m$  : 대수 평균 온도차

$K$  : 총괄 전열 계수

$A$  : 전열 면적

라. 총괄 전열 계수(U)의 산출

1) 전열계수의 산출

$$\frac{1}{h'} = \frac{1}{h_0} \cdot \frac{D_i}{D_0} + \frac{t_s}{\lambda} \cdot \frac{D_i}{D_m}$$

$$h_s = 1.24 \cdot (h')^{(-0.03)} \cdot (k \cdot c \cdot \rho / \theta)^{(0.515)}$$

여기서

$$\theta = 1 / (N \cdot n) \quad \text{-----} \quad \text{굽기 주기}$$

$h_0$  : JACKET쪽 격막전열계수

$h_s$  : 내용물쪽의 격막전열계수

$h'$  : 냉매에서 전열벽면까지의 복합전열계수

$D_0$  : 전열원통의 외경 ( m )

$D_i$  : 전열원통의 내경 ( m )

$D_s$  : 회전축의 외경 ( m )

$D_m$  : 전열원통의 대수평균경 ( m )

$$D_m = \frac{(D_0 - D_i)}{\ln(D_0 / D_i)}$$

- ts : 전열원통의 두께 ( m )
- $\lambda$  : 전열원통재료의 열전도율
- k : 피처리 프로세스유체의 열전도율 ( kcal/m hr  $^{\circ}$ C )

2) 전열원통내 유속(v)는

$$v = \frac{\omega \cdot \rho}{\frac{\pi}{4} \cdot (D_i^2 - D_s^2)}$$

- 여기서  $\omega$  : 피처리유체의 중량유량
- $\rho$  : 피처리유체의 밀도

3) 페크레수 ( Pe ) 는

$$Pe = \frac{\rho \cdot c \cdot (D_i - D_s) \cdot v}{k}$$

- 여기서 c : 피처리유체의 비열

4) 보정계수 ( f ) 는

f 값은 페크레수 Pe 값에 의하여 아래와 같이 산출된다.

Pe < 1500 일 때

$$f = 3.28 Pe^{(-0.22)}$$



Pe > 2500 일 때

$$1 - f = 2.0 (c \cdot \mu / k)^{-0.25}$$

5) 총괄 전열 계수 U

$$U = \frac{1}{h'} + \frac{1}{hi}$$

## 2. 생산물의 비열과 비중 계산

### 가. 생산물의 비열계산

비열은 동결전과 동결후의 비열이 서로 상이하므로 하기와 같은 실험식에 의하여 계산 할 수 있다.

$$C1 \text{ (동결전)} \equiv X + 0.5Y + 0.35Z$$

$$C2 \text{ (동결후)} \equiv 0.5X + 0.5Y + 0.35Z$$

C1 : 동결전 비열

C2 : 동결후 비열

X : 수분을

Y : 지방을

Z : 전 고형분을

### 나. 생산물의 비중계산

일반적인 상태하에 있어서 (15 ℃, 대기압) 비중은 아래와 같은 실험식에 의하여 계산 될 수 있다.

$$\gamma_n = \frac{100}{\frac{\text{지방을}(\%)}{0.93} + \frac{\text{설탕}(\%)+\text{SNF}(\%)+\text{안정제}(\%)+\text{유화제}(\%)}{0.58} + \text{수분}(\%)}$$

### 3. 압력 용기류의 설계

압력용기의 구조설계는 고압가스 관련법규와 압력용기 구조규격에 명시 되어 있으며 아래와 같은 산출식에 의하여 산출한다.

가. 내면에 압력을 받는 압력용기

1) 동판의 두께산출

$$t_d = \frac{P \cdot D_i}{200 \cdot \sigma_x \cdot \eta - 1.2 \cdot P} + \alpha$$

2) 경판의 두께산출

$$t_k = \frac{P \cdot R \cdot W}{200 \cdot \sigma_x \cdot \eta - 0.2 \cdot P} + \alpha$$

여기에서 구체계수 W는

$$W = \frac{3 + \text{sqr}(R/r)}{4} \quad \text{로 계산된다.}$$

나. 외면에 압력을 받는 압력용기

1) 동판의 두께산출

$$t_{d1} = t_d \cdot 1.5$$

이는 외압에 의하여 재료가 압축응력을 받으면서 국부적인 좌굴 등에 의하여 변형될 위험요소관계로 내압받는 두께보다 50%를 가산하여 준다.

다. 배관의 강도계산

배관의 두께  $t_p$  는

$$t_p = \frac{P \cdot D_o}{20 \cdot \sigma_x \cdot \eta - 0.8 \cdot P} + a$$

$P$  : 설계압력 (  $\text{kg}/\text{cm}^2$  )

$D_i$  : 동체의 안지름 (  $\text{mm}$  )

$D_o$  : 배관의 안지름 (  $\text{mm}$  )

$\sigma_x$  : 사용재료의 허용인장응력 (  $\text{kg}/\text{mm}^2$  )

$\eta$  : 용접이음효율

$R$  : 경판의 반지름 (  $\text{mm}$  )

$r$  : 경판의 모서리 반지름 (  $\text{mm}$  )

$W$  : 구체계수

#### 4. 축동력의 산출이론

؛ 일반적으로 굽기형 열교환기에서 소비동력의 상관식으로 아래의 식이 이용된다.

$$P = 4.75 \cdot 10^{(-7)} \cdot \frac{(N \cdot D_i)^{1.79} \cdot \mu^{0.66} \cdot n^{0.68} \cdot L}{(D_i - D_s)^{0.31}}$$

P : 소비전력 (W)

$D_i$  : 전열원통의 내경 (m)

$D_s$  : 굽기날개의 회전축 직경 (m)

n : 굽기날개의 수

L : 전열원통의 길이 (m)

N : 굽기장치의 회전수 (rev/hr)

$\mu$  : 유체의 점도 (kg/m · hr)

## 5. PNEUMATIC LINE의 설계

압축공기는 PUMP용 AIR CYLINDER와 OVERRUN AIR의 투입용으로 사용되며 그 설계 기본이론은 아래와 같다.

### 가. PUMP용 AIR CYLINDER의 작동

⋮ 기본적인 사항으로 5 PORT 2WAY VALVE를 이용하여 동작시킨다.

### 나. OVERRUN AIR의 투입

#### 1) 온도에 따른 AIR의 체적변화

AIR의 체적을 표준상태 (0 °C의 표준대기압상태)로 표시하고 그 단위를 N l/hr로 표시한다.

만약 0 °C의 표준대기압상태의 AIR가 인입된다고 하면, SSHE를 통과하면 -5.5°C의 표준대기압상태로 바뀌게 된다. 이때의 인입 VOLUME 대비 토출 AIR의 체적변화는 CHARLES 법칙에 의하여 절대온도에 비례한다. 그 상관관계를 아래에 나타내었다.

(온도에 따른 체적의 변화는 미세하나 그 변화량은 보통 다른 조건의 변화와 함께 보정계수로 보완한다.)

$$\frac{NT}{NV} = \frac{T1}{V1} = \text{일정}$$

따라서

$$\begin{aligned} V1 &= \frac{T1}{NT} \cdot NV \\ &= \frac{273.2 - 5.5}{273.2 + 0} NV \end{aligned}$$

$$= 0.97987 \cdot NV \quad \text{로 정리된다.}$$

- T1 : 토출후의 온도 (절대온도)
- NT : 표준상태의 온도 (절대온도)
- V1 : 토출후 AIR만의 체적
- NV : 표준상태의 체적

## 2) OVERRUN AIR의 투입량

PRODUCT 전체의 생산 체적을  $Q_p$   
 AIR 투입 체적을  $Q_a$   
 OVERRUN을  $OV$  라고 하면

$$OV = \frac{Q_p}{Q_p - Q_a}$$

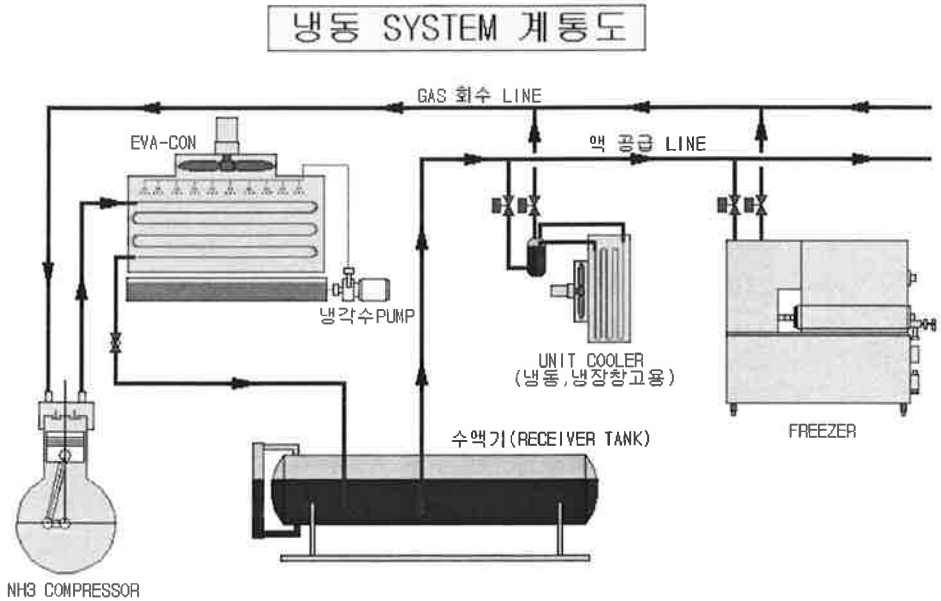
$$Q_a = OV \cdot (Q_p - Q_a)$$

$$Q_a \cdot (1 + OV) = OV \cdot Q_p$$

따라서  $Q_a = \frac{OV \cdot Q_p}{(1 + OV)}$

## 6. 급속냉각을 위한 냉동 시스템

급속한 냉각을 위하여는 냉매를 암모니아 또는 프레온 등을 직접 이용하여 생산물과의 온도차를 최대한 크게하는 것이 필요하며 그 냉동시스템은 하기와 같다.





## 7. 기계 구조의 적합성

본 기계구조의 적합성은 하기 B항 “응용연구 및 시제품제작”에서 각각의 이론에 맞추어 상세히 응용계산하기로 한다.

## 제 3 장 응용연구 및 시제품의 설계

### 제 1 절 SSHE 자동제어 기술 및 시스템엔지니어링

#### 1. 생산조건변수선정

##### 가. 냉매의 선정에 따른 생산조건

앞에서 언급했듯이 냉매로서의 조건이 생산물과의 큰 온도차가 요구됨으로 냉매로는 암모니아 및 프레온을 직접 액체상태로 사용하는 것으로 하면 그 조건은 아래와 같다.

온도 (°C)	포화 압력 (kg/cm <sup>2</sup> )		비고
	암모니아	프레온(R-22)	
-70	0.1114	0.210	
-60	0.2233	0.382	
-50	0.4168	0.661	
-40	0.7318	1.078	
-30	1.2190	1.680	냉매의 운전온도
-25	1.546	5.06	
-20	1.940	6.51	
-15	2.410	7.03	
-10	2.966	8.63	
-5	3.619	9.32	
0	4.379	5.10	
5	5.295	6.00	
10	6.271	7.00	
15	7.429	8.12	
20	8.741	9.35	
25	10.225	10.72	
30	11.865	12.25	
35	13.795	13.94	고압축냉매응축온도
40	15.850	15.80	
45	18.165	17.80	

따라서 범용적으로 많이 사용되는 상기의 2가지 냉매를 모두 수용하도록 압력조건을 선정하여 각 장치의 설계에 임하는 것으로 한다.

나. 생산물의 온도조건 설정

생산물의 온도조건은 설비에 가장 큰 부하를 설정하여 설비장치의 계산에 임하는 것으로한다.

그 조건을 산정하는 계산식은 앞에서 언급했듯이

$$\Delta t_m = \frac{(T_2 - T_3) - (T_1 - T_3)}{\ln \frac{T_2 - T_3}{T_1 - T_3}} \quad \text{로 산출되며}$$

그 산출된 내용은 아래와 같다.

항 목	온도 조건 (°C)	
	OVERRUN 제품	일반냉각제품
인입온도	5	5
토출온도	-5.5	-3
냉매의 증발온도	-30	-30
대수평균온도차	29.44	30.83

다. 수분,지방,고형분 등의 함유율에 따른 생산물의 비열계산

유제품(또는 그와 유사제품)의 비열은 상기에서 언급되었듯이 하기의 계산식으로 계산될 수 있다.

$$C1 (\text{동결전}) = X + 0.5Y + 0.35Z$$

$$C2 (\text{동결후}) = 0.5X + 0.5Y + 0.35Z$$

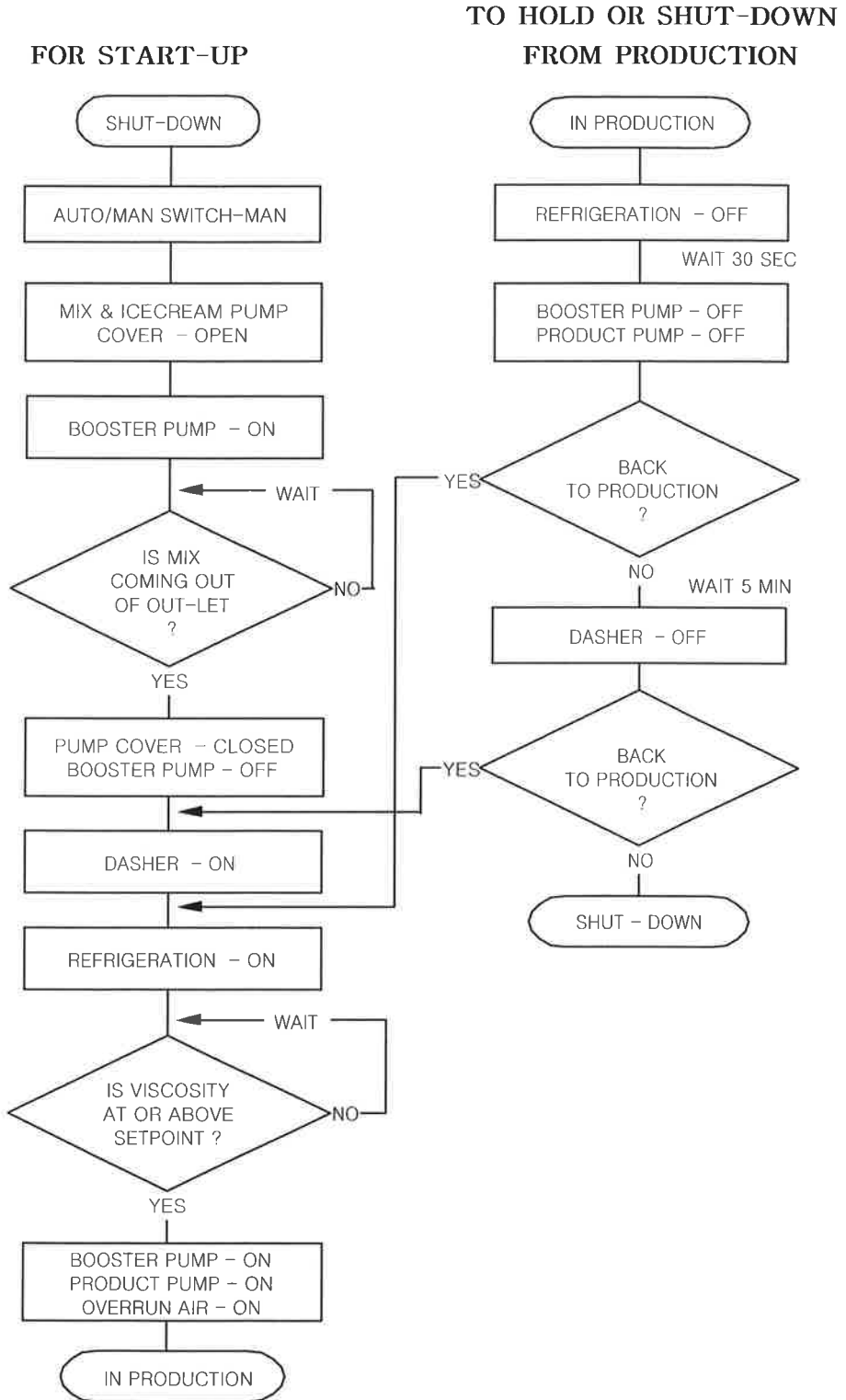
그에 따른 산출내용을 다음과 같이 정리하였다.

수분율, 지방율, 전고형분에 따른 비열 계산표

수분율	지방율	전고형분율	동결전비열	동결후비열
60%	10%	40%	0.790	0.490
61%	10%	39%	0.797	0.492
62%	10%	38%	0.803	0.493
63%	10%	37%	0.810	0.495
64%	10%	36%	0.816	0.496
<u>65%</u>	<u>10%</u>	<u>35%</u>	<u>0.823</u>	<u>0.498</u>
66%	10%	34%	0.829	0.499
67%	10%	33%	0.836	0.501
68%	10%	32%	0.842	0.502
69%	10%	31%	0.849	0.504
70%	10%	30%	0.855	0.505
71%	5%	29%	0.837	0.482
72%	5%	28%	0.843	0.483
73%	5%	27%	0.850	0.485
74%	5%	26%	0.856	0.486
<u>75%</u>	<u>5%</u>	<u>25%</u>	<u>0.863</u>	<u>0.488</u>
76%	5%	24%	0.869	0.489
77%	5%	23%	0.876	0.491
78%	5%	22%	0.882	0.492
79%	5%	21%	0.889	0.494
80%	5%	20%	0.895	0.495

밑줄부분은 이하 계산에 사용될 2가지의 조건임.

2. 기본 CONTROL SEQUENCE 의 설계

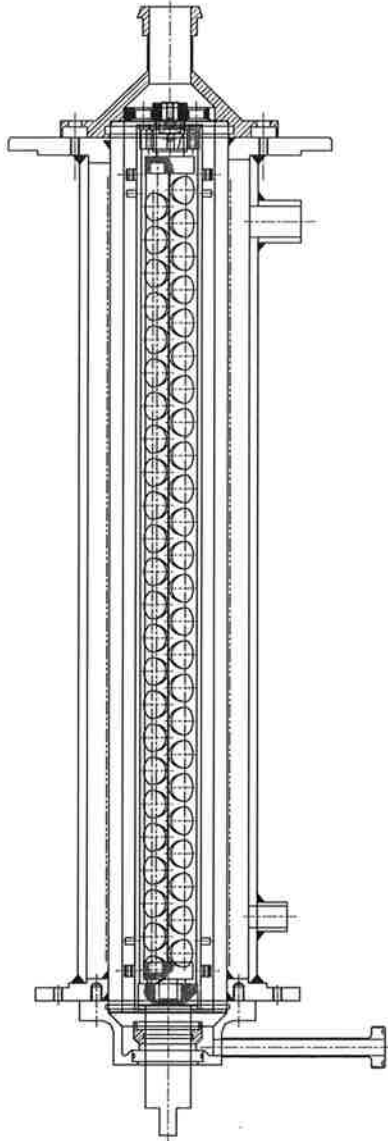


### 3. 시뮬레이션 및 시작품 제작

본설비를 제작하기 전에 개발실패에 따른 위험부담을 줄이기 위하여 축소된 간이 장치를 제작하여 충분한 시운전 후 본설비의 제작에 임한다.

#### 가. 시뮬레이션 설비의 설계

아래의 도면은 본설비의 축소된 간이장치의 설계도면이다



나. 시뮬레이션 설비의 제원

※ 생산용량 300 Liter/Hr의 냉각용 SSHE

- 1) 열교환 CYLINDER의 크기 : 내경 80 mm × 길이 805 mm
- 2) 열교환 CYLINDER의 재질 : STS304
- 3) 열교환 CYLINDER의 내측보완 : 경질 크롬 도금
- 4) SCRAPER의 재질 : STS420
- 5) SCRAPER의 수량 : 원주상 2개 장착
- 6) DASHER의 동력 : 3 HP
- 7) 냉동기 : 5 HP

다. 시뮬레이션 설비의 TEST 결과

1) 각 부분의 재질

- 가) 열교환 CYLINDER : STS304로 제작하여 다소 열교환능력이 떨어짐. 그에 대응하여 냉동기의 증발온도를 낮추어(-40도) TEST시 OK.
- 나) 열교환 CYLINDER 내부 크롬도금 : DASHER의 회전수가 350~450 RPM시에도 표면상태에 무리없이 작동됨.
- 다) DASHER BLADE : DASHER의 회전수가 350~450 RPM 시에도 상태양호함. 단, 경화열처리가 미흡할 경우에는 손상됨을 확인.

2) 열교환량

- 가) 열통과량을 계산값과 비교하여 하기 시제품 설계에 반영예정임.
- 나) OVERRUN투입시 CYLINDER 내압과 관계됨.  
-CYLINDER의 내압이 너무 낮으면 AIR CELL의 크기가 커져서 열교환에 방해된다(약 20%정도). 가장 좋은 상태시 CYLINDER의 내압은 2.5~4.5 kg/cm<sup>2</sup>정도로 판단됨. : 하기 시제품 설계에 반영예정임.

### 3) 구조적 측면

가) FREEZING CYLINDER에 PRODUCT가 채워질 때 초기에 FREEZING CYLINDER내에 채류하고 있는 공기가 빠져나오지 않으면 초기가동시간이 많이 소요됨.

: 처음에는 수평으로 설치하여 TEST하다가 이를 판단하여 수직으로 바꾸어 TEST

-본설비시에는 IN-OUT의 PIPE LINE위치를 AIR VENT가 잘 되게끔 설계예정.

나) DASHER BLADE의 각도 : 칼날이 원주의 접선에 대하여 15도의 기울기 정도가 적당함. 단, DASHER의 회전수를 빠르게 할 경우 원심력에 의한 사항도 고려요.

다) PRODUCT의 정체 : 구조적으로 원만히 진행-OK.

라) 위생 및 청소 : 가공품의 표면상태에 따라 차이

※ 가공품의 표면처리 : STS 재료는 모난부위를 부드럽게 가공하여 전해 연마처리시 최상의 청소효과를 얻었음.-하기 시제품 설계에 반영예정임.

마) DASHER의 동력 : 상기에 기술된 동력 계산 값과 거의 일치함.-하기 시제품 설계에 반영예정임.

바) SEAL의 구조 : FREEZING CYLINDER의 내압을 원만히 견디면서도 LEAK를 방지하는 구로로서는 내축 MECHANICAL SEAL TYPE이 적절함. 이때 SPRING은 압축 TAPER SPRING을 사용할것.-∵PRODUCT의 접도가 높아 축에 밀착시 SPRING역할을 못하여 PRODUCT가 LEAK



## 제 2 절 SSHE 의 상세설계 및 시스템엔지니어링

### 1. SSHE 열교환 PART 및 DASHER동력의 상세 설계

가. 생산물의 점도에 따른 굽기 장치 동력 소요량의 계산

굽기 장치 동력 소요량의 계산은 상기에서 언급된 공식에 의한다.

$$P = 4.75 \cdot 10^{(-7)} \cdot \frac{(N \cdot Di)^{1.79} \cdot \mu^{0.66} \cdot n^{0.68} \cdot L}{(Di - Ds)^{0.31}}$$

산 출 조 건			
항 목	기 호	조건값	단 위
Cyl.내경	Di	0.195	m
축직경	Ds	0.1135	m
굽기날개수	n	4	개
Cyl.길이	L	1.55	m
굽기장치회전수	N	21000	rev/hr
유체의 점도	$\mu$	18000	Kg/m hr

점도에 따른 굽기장치(DASHER)의 동력 소요량

점 도		동력 소요량	
cps	Kg/m hr	Kw	HP
1,000	3,500	2.62	3.57
2,500	8,750	4.80	6.53
5,000	17,500	7.59	10.32
7,500	26,250	9.92	13.49
10,000	35,000	11.99	16.31
12,500	43,750	13.90	16.31
15,000	52,500	15.67	21.32
17,500	61,250	17.35	23.6
20,000	70,000	18.95	25.78
22,500	78,750	20.48	27.86
25,000	87,500	21.96	29.87
27,500	96,250	23.39	31.80

나. 생산량에 따른 회수열량의 산출

생산량에 따른 회수열량의 산출계산은 상기에서 언급된 공식에 의한다.

$Q1 = C \cdot G \cdot (T1 - T2)$	내용물을 빙점까지 냉각시키는 열량
$Q2 = C \cdot G \cdot (T3 - T4)$	내용물을 빙점이하까지 냉각시키는 열량
$Q3 = 80 \cdot G \cdot A \cdot B$	내용물중 수분의 상태변화에 필요열량
$Q4 = 860 \cdot W$	DASHER의 축동력에 의한 열량

1) OVERRUN이 투입된 제품의 생산경우

생 산 조 건	
생산물의 외관비열	0.823
빙 점	-2.7 °C
생산물의 입구온도	5 °C
생산물의 출구온도	-5.5 °C
빙점까지의 온도차	7.7
빙점이하의 온도차	2.8
Overrun	100%
생산물 수분함량	65%
출구의 수분경화율	45%

OVERRUN투입제품의 각 항목별 소요열량의 산출표

생 산 량 (Litter/hr)	빙점까지냉각 (Q1)	빙점이하냉각 (Q2)	수분동결 열량 (Q3)	Dasher동력열량 (Q4)	총필요열량 Kcal/hr
500	1,584	576	5850	10311	18,322
600	1,901	691	7020	10311	19,924
700	2,218	807	8190	10311	21,526
800	2,535	922	9360	10311	23,128
900	2,852	1,037	10530	10311	24,730
1,000	3,169	1,152	11700	10311	26,332
1,100	3,485	1,267	12870	10311	27,934
1,200	3,802	1,383	14040	10311	29,536
1,300	4,119	1,498	15210	10311	31,138
1,400	4,436	1,613	16380	10311	32,740
1,500	4,753	1,728	17550	10311	34,343
1,600	5,070	1,844	18720	10311	35,945
1,700	5,387	1,959	19890	10311	37,547
1,800	5,703	2,074	21060	10311	39,149
1,900	6,020	2,189	22230	10311	40,751
2,000	6,337	2,304	23400	10311	42,353

2) OVERRUN이 미투입된 제품의 생산경우

**생 산 조 건**

생산물의 외관비열	0.863
빙 점	-2.7 °C
생산물의 입구온도	5 °C
생산물의 출구온도	-3 °C
빙점까지의 온도차	7.7
빙점이하의 온도차	0.3
Overrun	0%
생산물 수분함량	75%
출구의 수분경화율	25%

OVERRUN 미투입제품의 각 항목별 소요열량의 산출표

생 산 량 (Litter/hr)	빙점까지냉각 (Q1)	빙점이하냉각 (Q2)	수분동결 열량 (Q3)	Dasher동력열량 (Q4)	총필요열량
100	665	26	1500	10311	12,502
200	1,329	52	3000	10311	14,692
300	1,994	78	4500	10311	16,883
400	2,658	104	6000	10311	19,073
500	3,323	129	7500	10311	21,263
600	3,987	155	9000	10311	23,454
700	4,652	181	10500	10311	25,644
800	5,316	207	12000	10311	27,835
900	5,981	233	13500	10311	30,025
1,000	6,645	259	15000	10311	32,215
1,100	7,310	285	16500	10311	34,406
1,200	7,974	311	18000	10311	36,596
1,300	8,639	337	19500	10311	38,787
1,400	9,303	362	21000	10311	40,977
1,500	9,968	388	22500	10311	43,167
1,600	10,632	414	24000	10311	45,358
1,700	11,297	440	25500	10311	47,548
1,800	11,961	466	27000	10311	49,739
1,900	12,626	492	28500	10311	51,929
2,000	13,290	518	30000	10311	54,119

다) 열 교환기 재질별 총괄 전열계수의 산출

열 교환기 재질별 총괄 전열계수의 산출계산은 상기에서 언급된 공식에 의한다.

$$U = \frac{1}{h'} + \frac{1}{h_i}$$

1) OVERRUN이 투입된 제품의 생산경우

생 산 조 건			
항 목	기 호	조 건 값	단 위
밀도	$\rho$	500	kg/m <sup>3</sup>
비열	$c$	0.823	kcal/kg·°C
열전도율	$k$	0.4	kcal/m·hr·°C
점도	$\mu$	42000	kg/m·hr
Jacket격막전열계수	$h_0$	2300	kcal/m <sup>2</sup> ·hr·°C
Cyl. 열전도율	$\lambda$	14	kcal/m·hr·°C
대수평균온도차		29.43857	°C
굽기주기	$\Theta$	1.19E-05	
Cyl. 외경	$D_0$	0.2084	m
Cyl. 내경	$D_i$	0.195	m
축직경	$D_s$	0.1135	m
굽기날개수	$n$	4	
Cyl. 길이	$L$	1.55	m
굽기장치회전수	$N$	21000	rev/hr
유체의 점도	$\mu$	36000	Kg/m hr
Cyl.의 두께	$t_s$	0.0067	m
Cyl.의 대수평균경	$D_m$	0.201626	°C

OVERRUN투입제품의 열 교환기 재질별 총괄 전열계수의 산출표

	$\lambda$	$1/h'$	$h'$	$h_s$	$1/U$	$U$
철강	50	0.00054	1864.20	4707.30	0.00075	1335.37
스텐레스	14	0.00087	1149.86	4776.04	0.00108	926.74
청동	50	0.00054	1864.20	4707.30	0.00075	1335.37
니켈	190.7	0.00044	2268.57	4679.66	0.00065	1527.89

2) OVERRUN이 미투입된 제품의 생산경우

생 산 조 건			
항 목	기 호	조 건 값	단 위
밀도	$\rho$	1100	kg/m <sup>3</sup>
비열	$c$	0.863	kcal/kg·°C
열전도율	$k$	0.4	kcal/m·hr·°C
점도	$\mu$	17500	kg/m·hr
Jacket격막전열계수	$h_0$	2300	kcal/m <sup>2</sup> ·hr·°C
Cyl.열전도율	$\lambda$	14	kcal/m·hr·°C
대수평균온도차		30.83	°C
굽기주기	$\Theta$	1.19E-05	
Cyl.외경	$D_0$	0.2084	m
Cyl.내경	$D_i$	0.195	m
축직경	$D_s$	0.1135	m
굽기날개수	$n$	4	
Cyl.길이	$L$	1.55	m
굽기장치회전수	$N$	2100	rev/hr
유체의 점도	$\mu$	36000	Kg/m hr
Cyl의 두께	$t_s$	0.0067	m
Cyl의 대수평균경	$D_m$	0.201626	°C

OVERRUN 미투입제품의 열 교환기 재질별 총괄 전열계수의 산출표

	$\lambda$	$1/h'$	$h'$	$h_s$	$1/U$	$U$
철강	50	0.00054	1864.20	7239.93	0.00067	1482.48
스텐레스	14	0.00087	1149.86	7345.64	0.00101	994.23
청동	50	0.00054	1864.20	7239.93	0.00067	1482.48
니켈	190.7	0.00044	2268.57	7197.42	0.00058	1724.90

라. 열 교환기 재질별 필요 길이의 계산

열 교환기의 필요길이는 전체 전열면적소요분을 계산하여 원주의 둘레로 나누값으로 하기의 기본공식에 의한다.

$$Q_f = U \cdot \Delta t_m \cdot A$$

1) OVERRUN이 투입된 제품의 열 교환기 재질별 필요 길이의 계산

	생산량에 따른 회수열량(kcal/hr)과Cylinder의 길이(m)		
	1000l/hr	1500l/hr	2000l/hr
	26400	34400	42400
(철)1335.3	1.094	1.426	1.759
(STS)926.7	1.576	2.055	2.534
(청동)1335.3	1.094	1.426	1.759
(니켈)1527.7	0.956	1.246	1.537

2) OVERRUN이 미투입된 제품의 열 교환기 재질별 필요 길이의 계산

	생산량에 따른 회수열량(kcal/hr)과Cylinder의 길이(m)		
	1000l/hr	1500l/hr	2000l/hr
	26400	34400	42400
(철)1516.1	0.730	0.982	1.233
(STS)1009.0	1.097	1.475	1.852
(청동)1516.1	0.730	0.982	1.233
(니켈)1770.9	0.625	0.840	1.055

마. SSHE의 열 교환기 규격의 최종판단

상기의 계산 내용을 종합하여 볼 때 본 SSHE의 열 교환기 규격은 아래와 같이 결정한다.

- 1) 열 교환기의 재질 : 니켈
- 2) 열 교환기의 길이 : 1550 mm
- 3) 열 교환기의 내경 : 195 mm
- 4) 열 교환기의 두께 : 6.7 mm
- 5) DASHER의 회전수 : 350 RPM
- 6) DASHER 원주상 BLADE의 설치 개수 : 4 개

## 2. SSHE에 사용되는 압력용기류의 상세 설계

### 가. SEPARATOR TANK

#### 1) 설계조건

P : 설계압력	15.3 Kg/cm <sup>2</sup>
Di : 동체의 안지름	500 mm
$\sigma_x$ : 재료의 허용인장응력	14.53 Kg/mm <sup>2</sup>
$\eta$ : 용접이음효율	0.95
R : 경판반경	500 mm
r : 경판모서리반경	50 mm
W : 구체계수= $(3+\text{sq}R/r)/4$	1.540569

#### 2) 동판의 강도계산

$$t = \frac{P d_i}{200 \sigma_x \eta - 1.2P} + 1$$

$$= 3.78959$$

동판의 두께는 6 mm 를 사용

#### 3) 경판의 강도계산

$$t = \frac{PRW}{200 \sigma_x \eta - 0.2P} + 1$$

$$= 5.27371$$

경판의 두께는 8 mm 를 사용



나. DRAIN TANK

1) 설계조건

P : 설계압력	15.3 Kg/cm <sup>2</sup>
Di : 동체의 안지름	267 mm
$\sigma_x$ : 재료의 허용인장응력	14.53 Kg/mm <sup>2</sup>
$\eta$ : 용접이음효율	0.95
R : 경판반경	267 mm
r : 경판모서리반경	27 mm
W : 구체계수=(3+sqR/r)/4	1.536265

2) 동판의 강도계산

$$t = \frac{P d_i}{200 \sigma_x \eta - 1.2 P} + 1$$

$$= 2.48964$$

동판의 두께는 6 mm 를 사용

3) 경판의 강도계산

$$t = \frac{P R W}{200 \sigma_x \eta - 0.2 P} + 1$$

$$= 3.27564$$

경판의 두께는 6 mm 를 사용

다. FREEZING CYLINDER

1) 설계조건

P : 설계압력	15.3 Kg/cm <sup>2</sup> Cylinder의 외압
Do : 동체의 안지름	195 mm
σx : 재료의 허용인장응력	10.58 Kg/mm <sup>2</sup> Cylinder재료의 허용응력
η : 용접이음효율	1
α : 부식여유	1 mm

2) 설계계산

가) 내압에 의한 강도계산

$$t_1 = \frac{P D_o}{200 \sigma_x \eta - 1.2 P} + \alpha$$

$$= 2.422312694 \text{ mm}$$

나) 외압에 의한 강도계산

$$t_2 = t_1 \times 1.5$$

$$= 3.633469041 \text{ mm}$$

다) 내·외압에 의한 강도계산 결론

상기 계산내용을 감안하여 FREEZING CYLINDER의 두께는 열교환용 전열면적의 확대 등을 감안하여 6 mm 이상의 두께를 사용하는 것으로 결정함.

## 제 3 절 SSHE의 자동제어 설계

### 1. 자동제어 적합성 요소판단 및 설계

본 SSHE의 제어는 생산물의 온도조건제어가 가장 중요하며 그 온도조건제어는 하기에 나타낸 4가지의 요소에 의하여 좌우된다.

가. SSHE의 시동 및 정지 시 냉매 및 각종 PUMP류의 자동제어

： 각각의 CONTROL SEQUENCE를 구성하여 자동제어장치를 구성.

▷ 상기 “제 3 장의 2항 기본 CONTROL SEQUENCE 설계”항에 그 CONTROL SEQUENCE가 기록되어 있으며, 그 자세한 내용은 하기 “제 3 장의 2항 기본 CONTROL SEQUENCE 설계”항에 설계하기로 한다.

나. OVERRUN AIR 자동 CONTROL

본 OVER-RUN 자동 CONTROL 제어는 생산량과 PRODUCT 내에 존재하는 AIR의 량을 결정하여 AIR를 자동으로 투입시켜 주는 개념의 자동제어로서 아래의 4가지 방식을 서로 비교하여 TEST를 거친 후에 최종 방식을 선택할 예정이다.

1) Throttle Valve를 이용한 방식

Plant Air를 깨끗하게 여과시킨 후에 일정한 압력으로 조절 후(열교환 Cylinder의 내압 보다 큰 압력) Throttle Valve로 유량을 조절하여 열교환 Cylinder에 Overrun Air로 공급시켜주는 방식.

2) Product의 흐름량을 Pump의 회전수로 감지하여 제어

정적식 PUMP의 정량성을 이용하여 PUMP의 회전수를 감지하여 인입되는 Product의 유량을 판단하여 공급되는 Overrun Air의 량을 CONTROL 하는 방식으로 이 방식은 비교적 CONTROL 방식이 간단하여 저렴하게 SYSTEM을 구성할 수 있으나 PUMP의 정밀도를 향상시켜야만 본 제어 SYSTEM을 사용할 수 있음. 따라서 PUMP의 유량정확성을 판단 후 실행예정임.

### 3) Product의 흐름량을 Flow Meter로 감지하여 제어

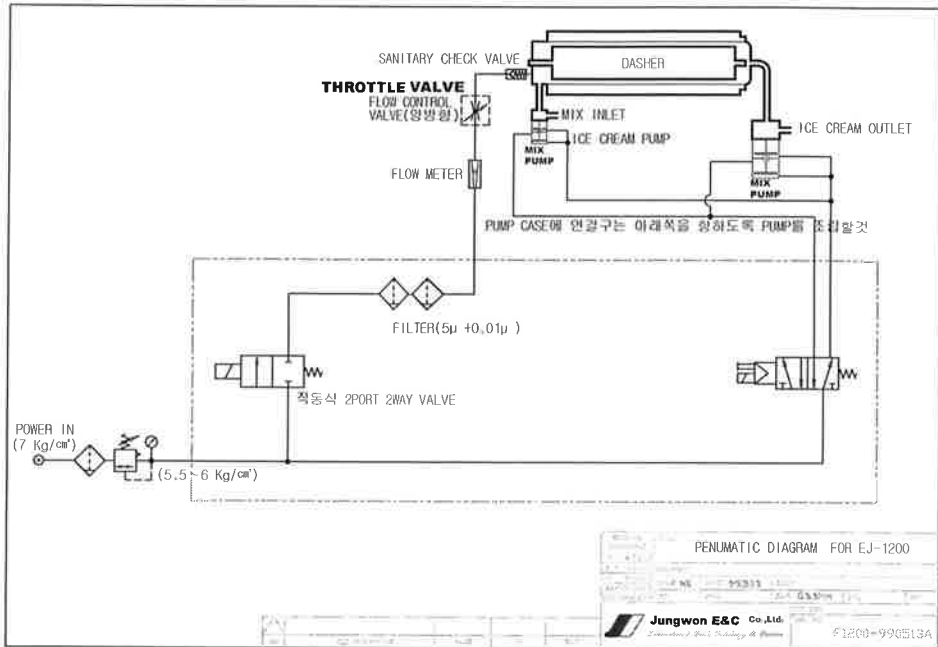
Product의 흐름량을 Flow Meter로 감지하여 그에 상응하는 Overrun Air를 공급하여주는 CONTROL 방식으로 CONTROL 방식이 복잡하고 SYSTEM을 구성하는 비용도 고가이나 상기항에 기술된 2가지 방식에 비하여 정교하게 Control 할 수 있으며 PUMP의 성능에 관계하지 않고 CONTROL이 가능하며, 사용 내구 년수에 의한 PUMP의 노후 시에도 비교적 정밀한 제어를 행할 수 있다.

### 4) Pressure & Throttle Valve 복합 Control 방식

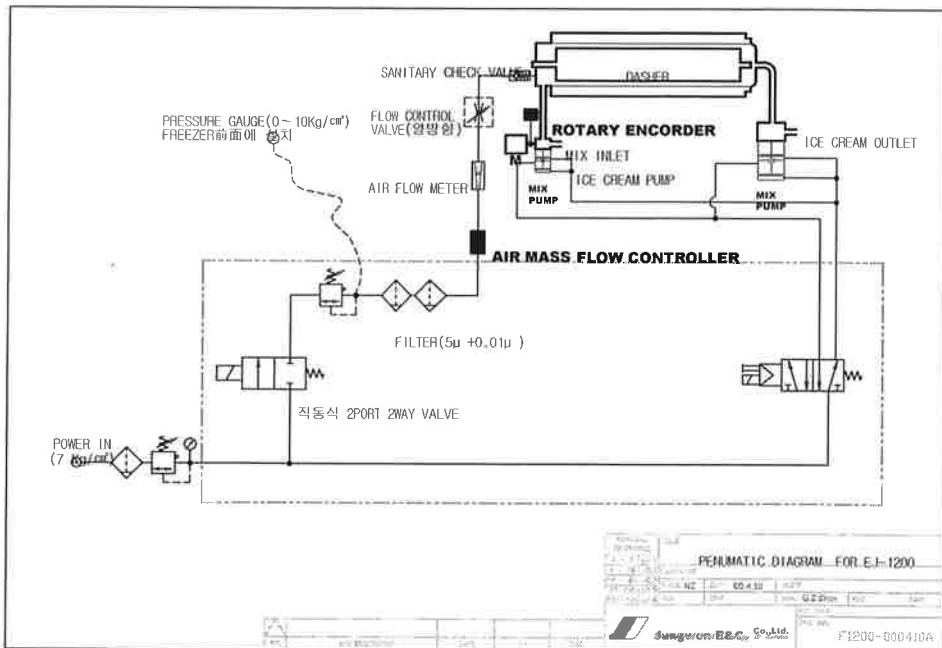
열교환 Cylinder의 내압을 균일하게 유지시키면서 Overun Air의 2차측 압력을 정밀하고 균일하게 유지시키면서 Throttle Valve로 열교환 Cylinder의 내압에 의한 유량변동이 Overun Air의 투입량에 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 방식으로서 상기에 기술된 3가지의 방식에 비해 저렴하면서도 비교적 정밀한 제어를 행할 수 있는 방식이라고 판단됨.

상기 4가지 개념의 자동제어방식의 설계개념을 적용하여 그 제어 System을 설계해보면 아래와 같다.

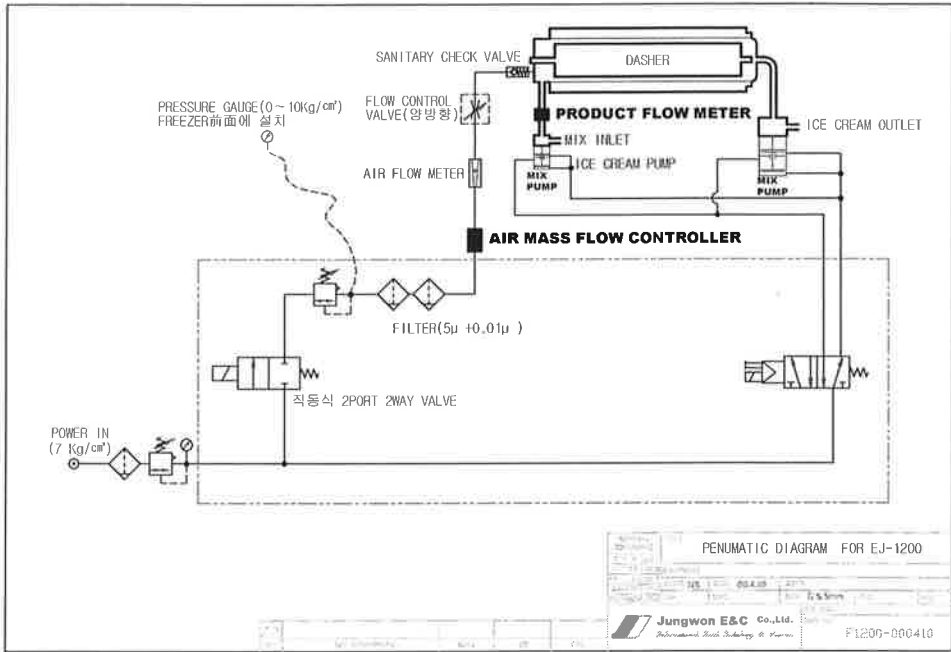
Throttle Valve를 이용한 방식의 설계도



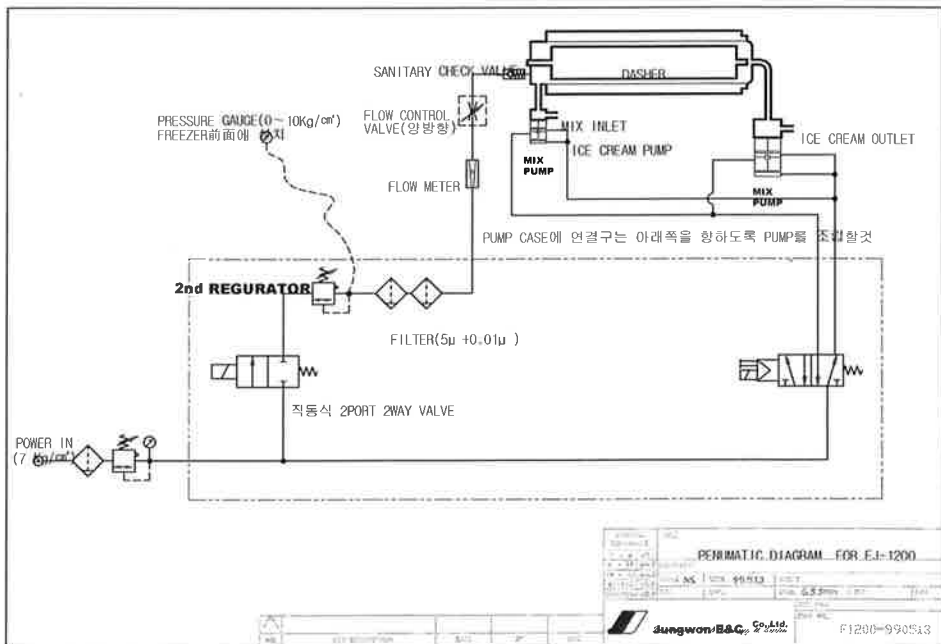
Product의 흐름량을 Pump의 회전수로 감지하여 제어 방식의 설계도



Product의 흐름량을 Flow Meter로 감지하여 제어방식의 설계도



Pressure & Throttle Valve 복합 Control 방식의 설계도



다. DASHER 부하의 자동제어

본 DASHER 부하의 자동제어는 DASHER의 부하량이 PRODUCT의 물리적 상태를 나타내는 지수로서 활용되며 DASHER의 부하량을 감지하여 생산온도 및 생산물의 점성 등을 제어하는 자동제어로서 “제 2 장의 3의 라.항 냉동 SYSTEM”항에서 파악한 기본설계내용에 의거하여 냉동 시스템을 개선하여 냉매의 증발온도조절장치의 개선과 함께 PLC에서 각종 변수들과 함께 작동상황을 표시하며 제어한다.

라. 열교환 CYLINDER 압력의 자동제어

본 CYLINDER 압력의 자동제어는 CYLINDER 압력이 PRODUCT의 물리적 상태와 열교환에 직접적인 영향을 미치므로 SSHE의 가동시 PRODUCT의 물리적 상태가 최상으로 유지되도록 CYLINDER 압력을 제어하는 것으로서 압력의 제어는 인입·인출 PUMP의 회전수를 제어함으로써 행하여진다.

열교환 CYLINDER 압력의 형성에 관여된 변수로서는 각 PUMP의 토출량과 회전수, OVERRUN AIR 투입량, PRODUCT의 점성 등이 관여되며 PRODUCT의 상태를 미감안시에는 아래와 같이 설계된다.

SSHE 조건		
항 목	잇 수 (개)	배출량 (ml/rev)
1) Moter축 Sprocket	30	
2) Mix Pump축 Sprocket	32	60
3) I/C Pump축 Sprocket	53	120

Cylinder 내압 변화			
Overrun(%)	Cylinder내압(kg/cm <sup>2</sup> )	적합성	비 고
25	1.205	×	
50	2.409	●	
75	3.614	●	
100	4.818	●	
125	6.023	×	
150	7.227	×	

## 2. 자동제어 SEQUENCE 설계

가. 가동 준비		
1. AUTO/MAN SWITCH 위치를 AUTO로 한다	1-1. AUTOMATIC 작동준비	
나. 작업 준비		
1. 작업준비 SWITCH를 누른다	1-1. "FILL" LAMP가 켜진다 1-2. MIX & DISCHARGE PUMP의 COVER가 열린다 1-3. BOOSTER PUMP가 가동된다	
2. DISCHARGE OUT-LET에서 MIX 가 나오면 작업준비 ON S/W를 누른다	2-1. MIX & DISCHARGE PUMP의 COVER가 닫힌다 2-2. BOOSTER PUMP가 멈춘다 2-3. DASHER MOTOR 가 가동된다 3-4. 냉매가 공급된다	



다. 가동 조건의 선택		
1. VISCOSITY SETTING	1-1. CONTROL PANEL의 화면에 나타난 수치로 VISCOSITY를 선택하여 입력 시킨다	VISCOSITY는 DASHER MOTOR의 부하를 나타낸다
2. OVERRUN SETTING	2-1. PANEL의 앞면에 부착된 조절 장치를 조작하여 적당한 상태를 선택한다	
3. DISCHARGE FLOW SETTING	2-1. CONTROL PANEL의 앞면에 조절용 VOLUME을 조작한다.	INVERTER의 VOLUME을 조정
<p>※ NOTE</p> <p>1) 상기 VISCOSITY, OVERRUN, DISCHARGE FLOW 입력값은 전원이 중단되거나 작업이 종료된 후 재가동시에는 최종 입력되었던 내용은 지워지지 않아야 하며, 본 조건들을 재입력 시키지 않더라도 재가동시 이전 입력내용대로 가동될 수 있어야 한다.</p> <p>2) 본 가동조건의 선택은 SSHE 설비의 가동이 중단되었을 때나 작업중일 경우에도 AUTO MODE하의 안전상 문제가 없는 어떠한 경우에서도 입력된 내용의 수정이 가능하여야 한다</p> <p>3) VISCOSITY의 SETTING값은 DASHER MOTOR의 부하량으로 3가지의 경우를 입력할 수 있어야 한다</p> <p>a) 가동초기 MIX &amp; DISCHARGE PUMP가동 개시 DASHER 부하량(PUMP START LOAD)</p> <p>b) 정상적인 생산시 DASHER의 부하량(CONTROL LOAD)</p> <p>c) 여러 경우의 이상발생으로 비상정지시켜야 할 경우의 DASHER 부하량(HIGH LOAD)</p>		

라. 작업 개시		
1. DASHER LOAD 를 감시	<p>1-1. DASHER LOAD가 PUMP START LOAD값에 도달되면</p> <p>a) BOOSTER PUMP가 가동된다</p> <p>b) MIX &amp; DISCHARGE PUMP가 가동된다</p> <p>c) OVERRUN AIR가 공급된다</p> <p>d) 반동결된 제품이 나오기 시작한다</p>	
2. 제품의 토출상태를 확인	<p>2-1. DASHER LOAD를 CONTROL LOAD에 맞추어 비례제어</p> <p>2-2. OVERRUN상태는 투입 MIX 량에 비례하여 투입제어</p>	<p>보통 열교환 CYL. 체적의 1.5배량의</p> <p>생산물배출후 정상 제어됨</p>
3. 요구되는 생산물이 토출되면 충진장치쪽으로 넘김		
<p>※ NOTE</p> <p>1) VISCOSITY의 지시값인 DASHER LOAD가 HIGH LOAD를 넘을 경우에는 하기 마)항의 AUTO DEFROST 기능이 작동 되어야 한다. (본 HIGH LOAD는 상기 다.항에서 언급된 것으로 임의 SETTING이 가능하여야 하며 그 값은 CONTROL LOAD값보다 항상 커야한다 - 작게입력불가능)</p> <p>2) 작동중에 VISCOSITY를 올리거나 내릴 경우에는 한꺼번에 많은 값을 변경하지 못하도록 안전장치가 되어있어야함</p> <p>3) PRODUCT 의 생산량도 가동중 임의 조절 가능하여야 함</p>		

마. DEFROST		
1. HOT GAS BUTTON을 누른다	1-1. HOT GAS BUTTON을 누르고 있는 동안에 HOT GAS가 공급된다 1-2. HOT GAS BUTTON에서 손을 떼면 HOT GAS의 공급이 멈춘다	
2. AUTO DEFROST 기능의 작동	★ 본 작동은 HIGH DASHER LOAD가 잠지되면 자동 작동되는 기능으로, 작업원은 단지 상기 가.항의 DASHER LOAD값만을 설정해 입력해 놓으면 그 의하여 하기의 기능들이 작동되어진다 2-1. DASHER MOTOR가 멈춘다 2-2. 냉매의 공급이 중단된다 2-3. MIX PUMP가 멈춘다 2-4. BOOSTER PUMP가 멈춘다 2-5. OVERRUN AIR공급이 중단됨 2-6. "HIGH DASHER LOAD"LAMP와 "DEFROST"LAMP가 점멸되며 경보음이 울린다	
※ NOTE		
1) 본 AUTO DEFROST 기능이 작동되면 작업원은 시간이 경과 후 FREEZING CYLINDER가 완전히 녹은 것을 확인 후 SHUT DOWN SWITCH를 눌러 AUTO DEFROST상황을 해제하여 SSHE 설비를 초기화 시킨다		
2) AUTO DEFROST가 작동 되었을 경우 발생하는 경보음은 DEFROST BUTTON을 1번 누름으로서 경보음을 해제 할 수 있다		
3) DEFROST BUTTON은 작업자가 강제로 AUTO DEFROST 기능을 실행시키고자 할 경우에 DEFROST BUTTON을 눌러 상기 열거된 AUTO DEFROST 기능을 실행시킬 수 있다		
바. 작업의 일시 중단		
1. HOLD BUTTON을 1번 누른다	1-1. 냉매의 공급이 중단된다 1-2. OVERRUN AIR의 공급이 중단 1-3. MIX & ICECREAM PUMP가 1-4. BOOSTER PUMP가 멈춘다 1-5. 5분이 지나면 DASHER MOTOR가 멈춘다	시간은 현장상황에 맞추어 조절가능형

<b>사. 일시중단 후 재가동</b>		
1. HOLD BUTTON을 1번 더 누른다	1-1. "FILL" LAMP가 켜지고 수초 대기한다 1-2. 이하 상기 나.항 작업준비 에 열거된 작업순서에 맞추어 작업을 재시작 한다	
<b>아. 작업의 완전중단</b>		
1. SHUT DOWN BUTTON을 누른다	1-1. 냉매의 공급이 중단된다 1-2. OVERRUN AIR의 공급이 중단된다 1-3. MIX & DISCHARGE PUMP가 멈춘다 1-4. BOOSTER PUMP가 멈춘다 1-5. 5분이 지나면 DASHER MOTOR가 멈춘다	시간은현장상황에 맞추어조절가능형
<b>자. EMERGENCY STOP</b>		
1. EMERGENCY STOP BUTTON을 누른다	1-1. DASHER MOTOR가 멈춘다 1-2. 냉매의 공급이 중단된다 1-3. OVERRUN AIR의 공급이 중단된다 1-4. MIX & DISCHARGE PUMP가 멈춘다 1-5. BOOSTER PUMP가 멈춘다	
<b>※ NOTE</b> 1) 본EMERGENCY STOP 을 실행 시키면 모든 위해한 요소의 기계가동이 중단되고 SSHE설비의 모든 기능이 정지된다. 2) 본 EMERGENCY STOP 기능을 해제 시키려면 EMERGENCY STOP BUTTON을 풀어 해제 시킨다 3) 본 EMERGENCY STOP 기능을 해제 후 재가동시에는 모든기능을 작업자가 점검한후에 (특히 SSHE설비 CYLINDER가 얼지않았는지) 상기 가.항부터 다시 시작하여야 한다		

## 제 3 장 시제품의 제작

### 제 1 절 SSHE 금속가공기술 및 부품개발

#### 1. 저온용 금속가공

- 가. 본 SSHE 설비의 제작에 사용되는 자재중 저온에서 높은 압력을 받는 장소에 사용되는 재료는 특별히 관리되어야 하며, 특히 고압가스 안전관리법에 위배되어서는 아니된다.
- 나. 고압가스 안전관리법에 준하는 재료는 상기 “A-1-3-나. 설비의 소재분석 및 선정”에서 자세히 기술하였으므로 본 장에서는 언급하지 않는다.
- 다. 용접은 외기의 온도가 영하로 내려가지 않을 경우 실시하여야 하며, 특히 스텐레이스강을 용접할 경우에는 냉금을 대고 실시하여야 하며, 대기중의 산소와 용접부의 용융강이 접촉되지 않도록 질소(또는 알곤등 불활성 기체)를 충전하여 용접한다.
- 라. 압력용기류는 상기 “제 3 장 응용연구 및 시제품 설계”에서 계산된 수치에 근거하여 하기 “제 2 절 시제품제작 상세내용”에 기술된 내용과 같이 상세히 설계 되었음.
- 마. 특히 내압과 외압을 동시에 받는 구조인 열교환 CYLINDER는 TEST를 실시하면서 전열면적의 증대를 위하여 전열면의 외면을 돌기부분으로 가공하여 전열면적을 증대 시켰음.

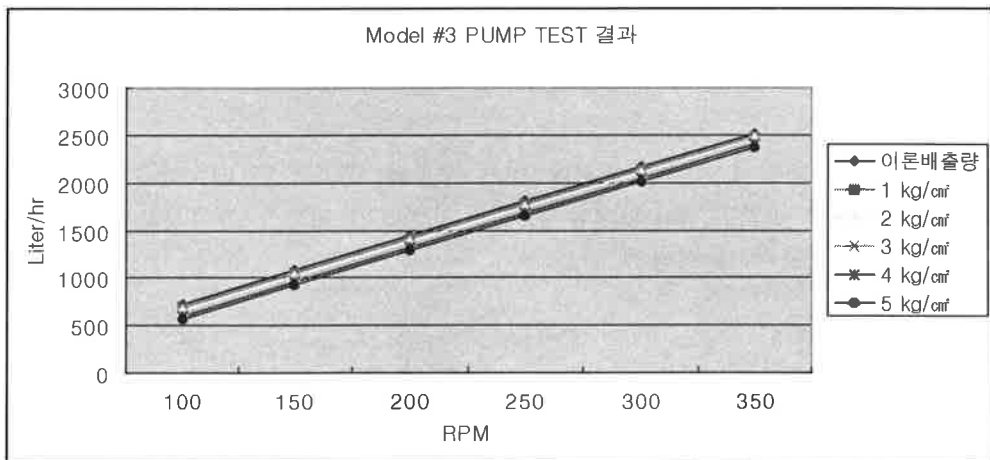
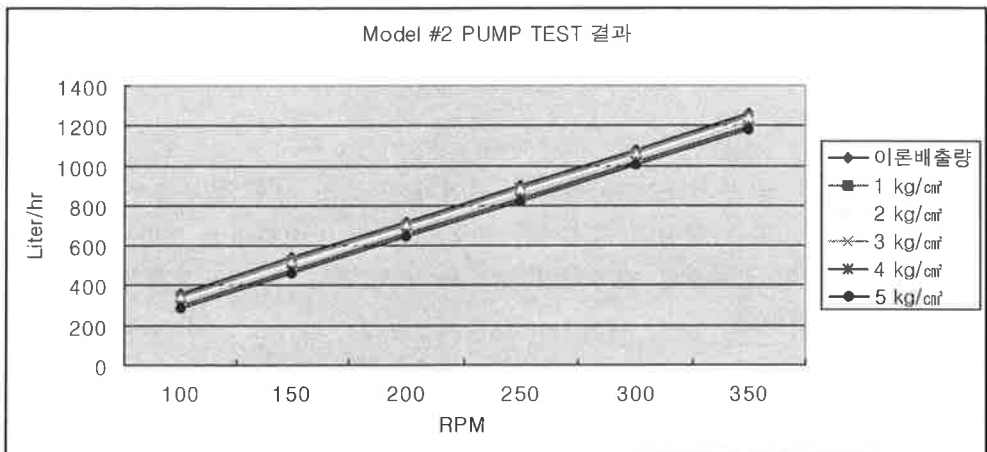
## 2. 정밀부품개발

가. SSHE 설비 중 열교환 CYLINDER의 내면은 1.3S 이상의 표면조도를 지니며 (거울면처럼 가공) 외경의 오차는 H7을 적용하여 정밀가공함.

-이는 PRODUCT가 정채하지 않고 CIP(세척 및 청소)시 깨끗이 씻겨질 수 있기위함임.

나. PUMP의 공차 : 기제품 초기에 PUMP의 틈새를 0.05 mm를 유지한 바, MIX의 LEAK로 인하여 생산량의 차이가 현저하게 크게 발생하였음.

-PUMP의 틈새를 0.015 mm 이하로 정밀하게 재가공한 결과 TEST한 결과 LEAK가 현저히 줄어들어 사용시 문제가 없었으며 그 TEST 결과는 아래에 나타난 바와 같다.(점도 65 CPS, 상온의 액체 기준임)



다. DASHER 및 그 부속 부품의 가공

- 1.3S 이상의 표면조도를 지녀 CIP(세척 및 청소)시 깨끗이 씻겨질 수 있도록 함.

라. DASHER의 BLADE

- 열교환 CYLINDER의 전면을 완벽하게 긁어 줄 수 있도록 직진도 및 진원도를 유지하게 전체 조립후의 공차를 관리하여야 한다.

### 3. 금속표면처리

가. 열교환 CYLINDER의 내면은 경질 크롬이 도금되어 DASHER BLADE가 긁을 때 손상을 받지 않도록 제작한다.(TEST 결과 100~150 $\mu$ 이 적당함)

나. PRODUCT와 접촉하는 부위는 가능한 한 전해연마를 실시하여 표면의 현미경조직상 돌출부위를 없애주도록 한다.

## 제 2 절 시제품제작

### 1. SSHE 설비 각 부분의 상세 설계 주요내용

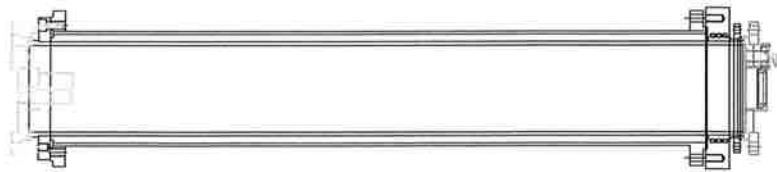
#### 가. 열교환 CYLINDER & JACKET

아래의 도면과 같이 내부에 열교환 CYLINDER를 설치하고, 외부에는 JACKET을 설치하였다.

그 규격은 상기 “제 3 장의 제2절의 1항 SSHE의 상세설계 ”항에서 계산하여 규격과 동일하다.

하기에 그 설계도를 나타내었다.

열교환 CYLINDER & JACKET 도면



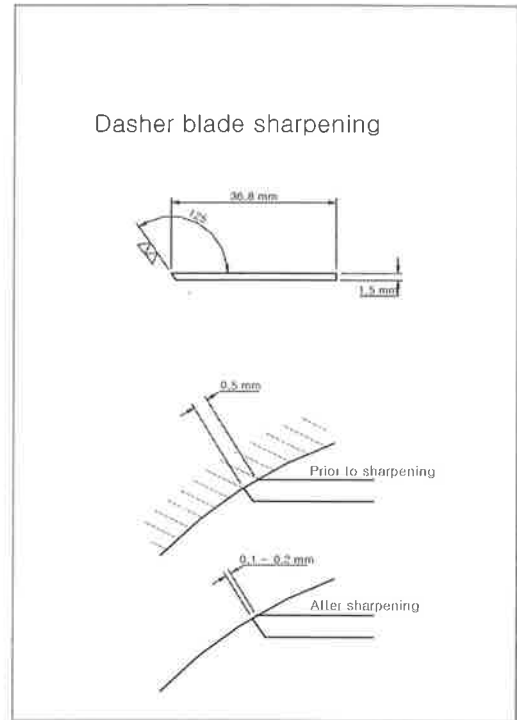
#### 나. DASHER의 BLADE

DASHER의 BLADE는 말텐사이트계 스테인레스강인 STS 420 재질을 사용하였으며 그 규격은 하기의 도면과 같다.

특히 열처리에 주의하여 칼날의 생명인 경도를 유지하면서도 내부식성이 향상되어 CIP(세척 및 청소)시 CIP용액에도 잘 견디도록 개선하였음.



BLADE의 칼날부분은 실험결과  
우측 도면에 마모의 한계를 명시  
하였으며, 마모시에는 연마가공을  
거쳐 재사용이 가능하다.



#### 다. OVERRUN AIR SYSTEM

본 OVERRUN AIR SYSTEM은 상기“제 3 장 의 1. 자동제어 적합성 요소판단 및 설계”에서 언급한 바와 같이 4가지의 방식으로 TEST 하였으며 그 결과는 아래와 같다.

##### 1) Throttle Valve를 이용한 방식

Plant Air를 깨끗하게 여과시킨 후에 일정한 압력으로 조절 후(열교환 Cylinder의 내압 보다 큰 압력) Throttle Valve로 유량을 조절하여 열교환 Cylinder에 Overrun Air로 공급시켜주는 방식으로 시운전 결과 생산량의 변화가 있을 때 반드시 Throttle Valve의 조절이 필요하여 작업자의 빈번한 조작이 필요하며 정속·정량 생산 시에 OVERRUN의 편차가  $\pm 7.3\%$ 로 상당히 크게 발생하였음. 또한 열교환 CYLINDER의 압력변화시에는 더 큰 편차가 발생 예상됨으로 본 방식에서의 적용은 비합리적이라고 판단됨.

## 2) Product의 흐름량을 Pump의회전수로 감지하여 제어

정적식 PUMP의 정량성을 이용하여 PUMP의 회전수를 감지하여 인입되는 Product의 유량을 판단하여 공급되는 Overrun Air의 양을 CONTROL 하는 방식으로 이 방식은 OVERRUN의 편차가  $\pm 3\%$  이내로 비교적 정교하게 제어 되었음. TEST 중에 열교환 CYLINDER의 압력을 조절하자 PUMP의 토출량이 변화되어 CONTROLLER의 SETTING값을 변경시켜 주어야만 하였음. 이는 PUMP의 노후시 그 변화의 폭이 더 심할 것으로 판단되어 정밀제어에는 문제가 있다고 판단되어 본 방식으로의 적용은 장치의 가격이 고가이면서도 내구성 및 정밀성에 문제가 있어 적용은 곤란함.

## 3) Product의 흐름량을 Flow Meter로 감지하여 제어

Product의 흐름량을 Flow Meter로 감지하여 그에 상응하는 Overrun Air를 공급하여주는 CONTROL 방식으로 TEST 결과 OVERRUN의 편차가  $\pm 2\%$  이내로 상당히 정교하게 제어되었으며, 열교환 CYLINDER의 압력을 조절해도 CONTROLLER의 기능에는 아무런 문제가 없었음. 단, 장치의 가격이 고가이고 고장시 보수의 난이하다.

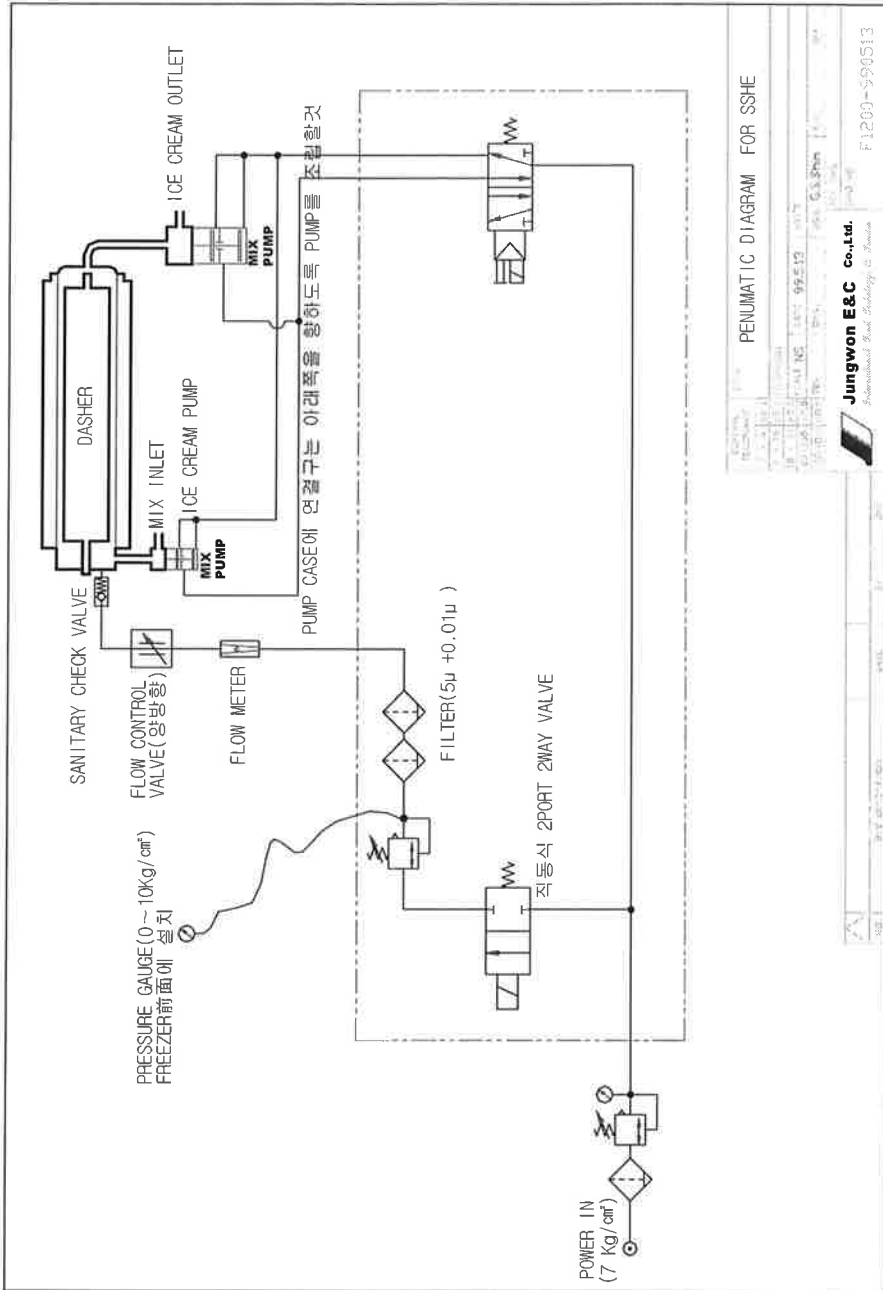
## 4) Pressure & Throttle Valve 복합 Control 방식

열교환 Cylinder의 내압을 균일하게 유지시키면서 Overun Air의 2차측 압력을 정밀하고 균일하게 유지시키면서 Throttle Valve로 열교환 Cylinder의 내압에 의한 유량변동이 Overun Air의 투입량에 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 방식으로 TEST 결과 OVERRUN의 편차가  $\pm 3.2\%$  이내로 비교적 정교하게 제어되었으며 열교환 CYLINDER의 압력을 조절해도 CONTROLLER의 기능에는 문제가 없었음. 상기에 기술된 3가지의 방식에 비해 저렴하면서도 비교적 정밀한 제어를 행할 수 있는 방식이라고 판단됨.

## 5) OVERRUN AIR CONTROL 방식의 결론

본 OVERRUN AIR CONTROL 방식을 면밀히 검토한 결과 범용적으로는 상기 “4)항 Pressure & Throttle Valve 복합 Control 방식”을 선택하고, 유지·보수능력이 충분한 업체에는 상기“3)항 Product의 흐름량을 Flow Meter로 감지하여

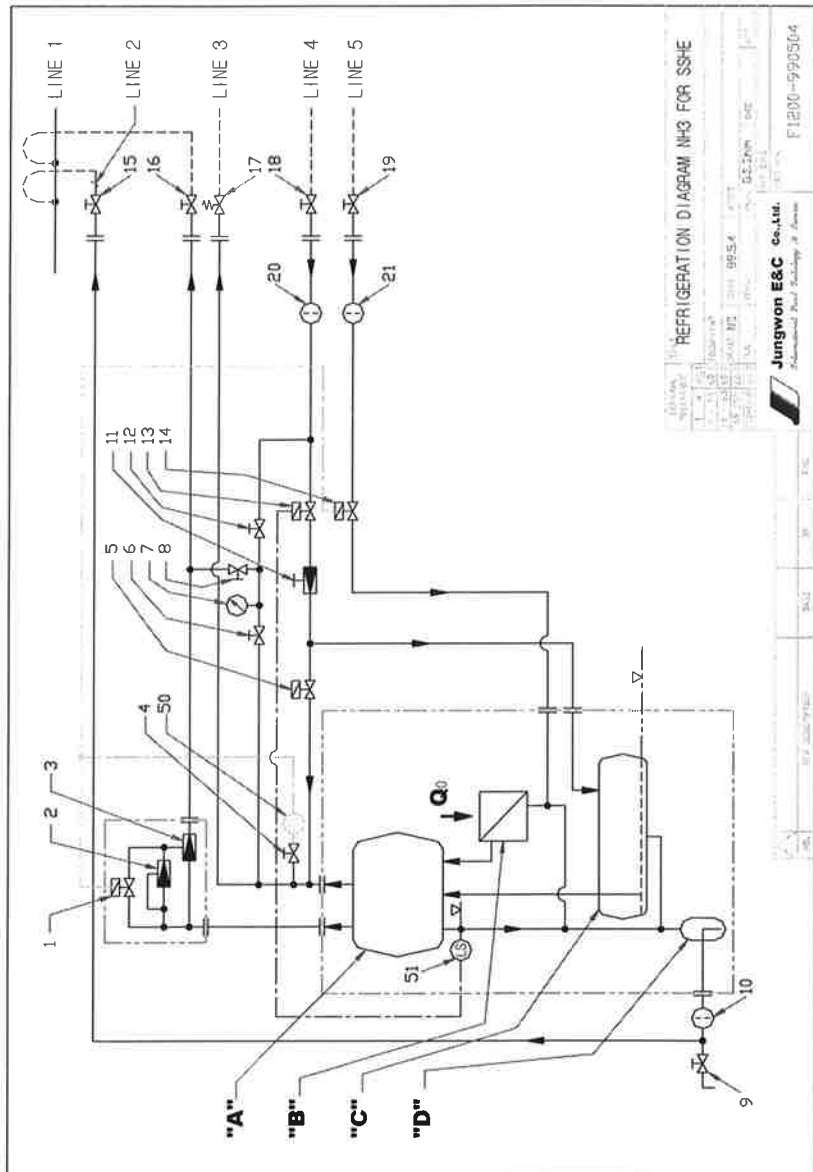
제어"방식을 추천하는 것이 합리적임. 하기 도면은 "4)항 Pressure & Throttle Valve 복합 Control 방식"의 상세한 설계도면임.



라) 냉동 시스템

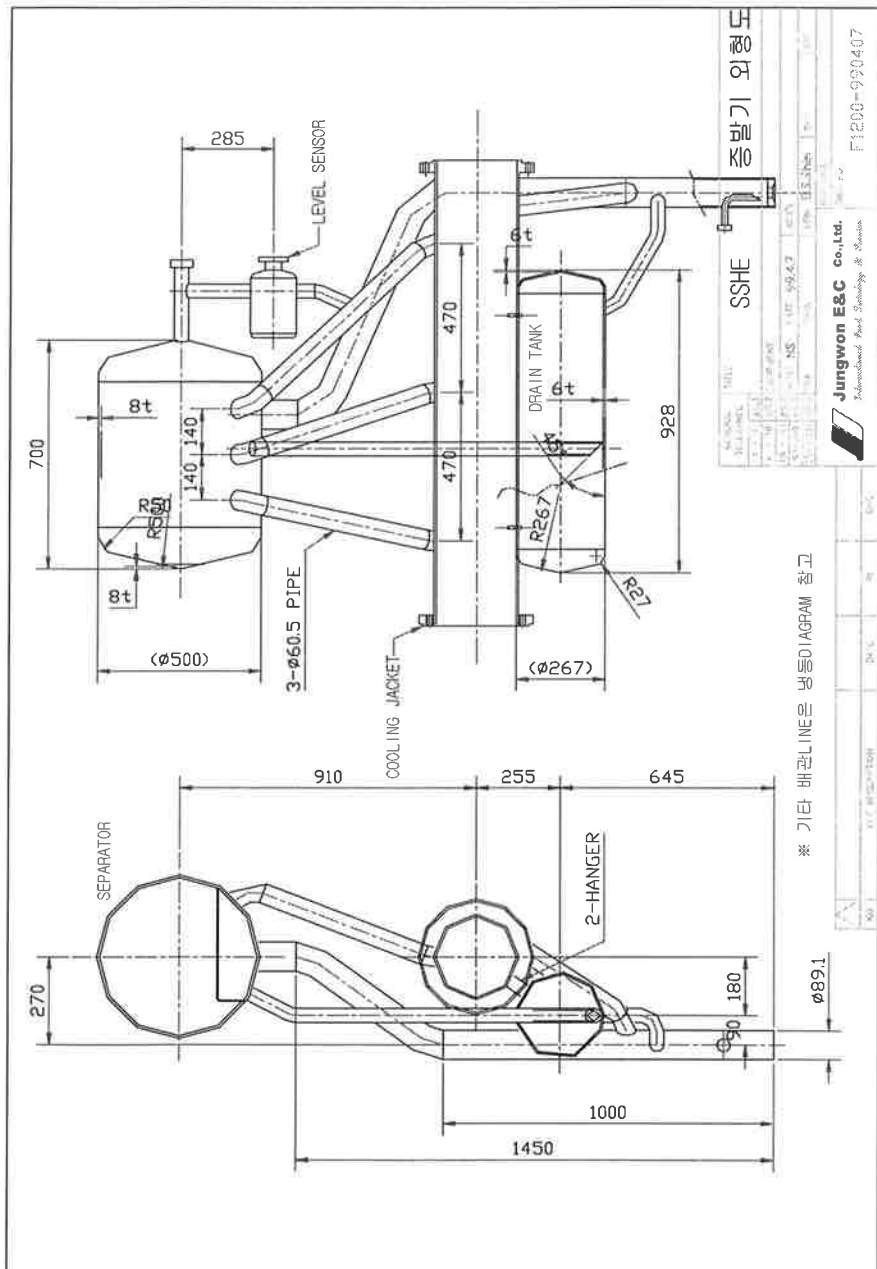
1) PROCESS를 재 설계

본 SSHE의 냉동시스템을 상기 “제2항 제1절 3항의 라.항 냉동 SYSTEM”에 기술된 사항을 기본으로 하고 앞에서 기술된 내용들을 종합하여 좀더 합리적으로 그 PROCESS를 재 설계 하여보면 하기의 도면과 같다.



2) 냉동 SYSTEM에서 냉매의 주요 LINE의 상세 설계

앞에서 기술된 내용들을 종합하고 상기의 PROCESS도면을 근거로 냉매의 주요 LINE을 정밀하게 설계 시 아래의 도면과 같은 구조로 설계된다.

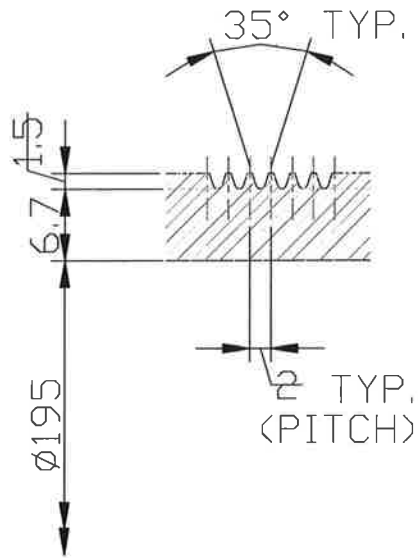


## 2. 문제점의 보완

### 가. 열교환 CYLINDER & JACKET

- 1) 열교환 CYLINDER 의 두께에 의한 열저항이 크기 때문에 실제 설비를 제작하여 TEST한 결과 950 Liter/hr의 용량정도가 적합하였으며 SPEC.인 1,000 Liter/hr의 CAPACITY를 얻기 위해서는 냉매의 증발압력을 좀더 DOWN시켜  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  근처까지 냉각해야만 했음. (PRODUCT의 인입온도가  $7.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  일 경우임으로 설계에는 문제없음) - 2회 개선제작.

따라서 원활한 가동을 위하여는 생산능력이 좀더 여유가 필요함으로 열교환 CYLINDER 의 외면을 평평한 상태에서 아래의 도면과 같이 개선하였음.



열교환 CYLINDER 의 외면 개선도면

## 나. OVERRUN AIR SYSTEM

⊚ 초기의 설계는 유속조절용 FLOW CONTROL VALVE(Throttle Valve)의 조절 범위가 커서 정밀제어가 곤란하였음.

이는 유속조절용 FLOW CONTROL VALVE를 미세한 구조의 것으로 교체하고 AIR의 압력만을 조절하는 구조로 개선하여 공급 AIR의 압력만을 조절함으로써 생산량의 변화시 공급 AIR의 압력조절량을 크게 변화시키지 않아도 되는 구조로 개선하여 상기 “제3항 제2절의 다항 OVERRUN AIR SYSTEM” 항에 제시된 OVERRUN AIR SYSTEM SEQUENCE 도면과 같이 설계되었음.

## 다. 냉동 시스템

### 1) SEPARATOR TANK

⊚ 기액 분리기의 격막을 타공판으로 사용하여 전면을 막아 초기 TEST시에 저항발생으로 액 LEVEL 유지가 불가능하였음  
- 타공판의 양 측면을 개방시켜 문제가 해결되었음.

### 2) 액 LEVEL SWITCH

⊚ 초기 장착분은 초음파식의 LEVEL SWITCH를 사용하였으나 너무 민감하게 작동하여 액 LEVEL 유지가 불가능하였음  
- FLOAT TYPE으로 교체 결과 문제가 해결되었음.

## 제 4 장 SSHE를 이용한 가공조건 표준화

### 제 1 절 SSHE 장치의 기본가공조건

#### 1. 가공조건 조사의 방향

SSHE는 농축산원료(과실,유제품류)를 열교환 매체를 통하여, 제품의 품질(위생, 가공품질 등)을 상승 시키기 위해 시행하는 단위 공정이므로 최소한의 에너지를 투입하여 가공자가 원하는 품질을 얻기 위하여 기본원료 및 재공품을 가장 효율적인 상태에서 투입하여야 한다. 그리고 이 SSHE 장치를 최적의 상태에서 운용할 수 있어야 한다. 이를 위해 본 기본 가공조건 조사에서는 SSHE 공정중 냉각, 가열, 반동결시 가공원료, 제품별 표준 조건을 시험을 통하여, 기본 처리조건을 얻은 후 이것을 시험표준조건으로 DATA화 하려고 한다.

#### 2. 기본가공조건

##### 가. SSHE 가공조건의 장점

이 열교환기는 연속적으로 시료를 투입하여 정량적으로 열교환된 상태의 제품으로 토출될 수 있기 때문에 열교환시 많은 에너지를 필요로 하는 원료나 재공품의 상태가 유리하며, 강제적으로 토출 가능하기 때문에 고형물이 많은 원료의 열교환에 적당하다.

원료 가공의 장점은 아래와 같다.

\* 고점도의 원료가 유리하다.

- 저점도 상태의 원료도 가능하나, 기존에 열교환기 (Batch식, Plate Heat Exchanger 등)보다 효율적으로 열교환 에너지를 이용할 수 있는 장점을 얻을 수 있다.

\* 고형분이 많이 있는 원료의 열교환에 유리하다.

- 일반 열교환 방식보다 내부의 Scrapper를 사용하여 열전단 부위의 벽면을



완벽하게 끊어줄 수 있기 때문에 고형분이 많은 원료를 사용시 다른 열교

환 방식보다 유리하다.

\* 동일 원료 투입시에도 다양한 토출 조건을 얻을 수 있다.

- 열교환 매체의 조절도 가공자가 원하는대로 다양한 토출조건을 얻을 수 있다.

\* 상이한 원료투입조건에서도 동일한 토출조건을 얻을 수 있다.

- 동일한 원료 상태에서 투입조건 (투입온도 등)이 상이하게 투입되어도 본 SSHE로 조정하여 동일한 토출조건을 갖은 균일한 품질의 제품을 얻을 수 있다.

\* 제품의 조직 품질이 우수하다.

- 액상의 원료를 가열, 냉각, 반동결 할 때, 공기 투입등으로 제품조직 품질을 우수하게 얻을 수 있으며 일정한 조직을 유지할 수 있다.

\* 단시간 내에 필요한 제품 품질을 얻을 수 있다.

- 연속적인 공정으로 투입량 및 토출량이 일정하고, 단시간(약 2분 정도)내에 연속적으로 원하는 제품 품질을 얻을 수 있으므로 기존의 Batch식 장치에서 가해지는 시간의 정체에 의한 원하지 않는 품질의 열악화를 피할 수 있다.

나. SSHE의 기본 가공 조건 (원료 및 혼합 믹스)

\* 점도 : 200 ~ 5,000 CPS의 점성 믹스

- SSHE를 효과적으로 이용하기 위해서는 투입 전의 믹스는 200 CPS 이상의 점도를 갖는 것이 좋으며 5,000CPS 이상시에는 Pump 작동에 저해를

출 수 있으므로 5,000cps 이하의 투입 전 믹스의 점도 상태가 좋다.  
만약 인입점도가 5,000 CPS를 초과하는 제품의 인입 대하여는 특별한 장치가 필요하다.

; Screw Type의 In-Line Feeder를 사용시 효과 있었음. 점도의 상한값은 좀더 Test필요함.

\* 고흡분 : 15 ~ 60% 총고형분 보유원료

- 고흡분이 너무 적거나, 많았을 경우에는 열전달이 효율적으로 이루어지지 못하므로 수분 함유량이 40 ~ 85% 정도 함유하는 것이 좋다.

\* 투입온도 : 열처리시 55℃ ~ 65℃ 예열 필요, 반동결시 믹스 투입온도 0℃ ~ 10℃ 유지

- 효율적인 열처리를 위해서 투입믹스를 55℃ ~ 65℃ 로 예열하면 단시간 내 열처리(가열,살균)을 이룰 수 있으며, 반동결시 0℃ ~ 10℃ 로 예냉된 투입믹스의 온도를 유지하면 효율적으로 열교환을 하여 단시간(약 2분 정도)내에 원하는 제품 품질을 얻을 수 있다.

- 제품의 처리전 인입 온도를 기준 온도(5℃)보다 편차를 주어(상한:+10℃, 하한:-5℃) Test한 결과 토출상태가 현저히 나빠져서 작업자의 인위적인 조작으로 안정되었다.

- 인입온도의 변화가 토출되는 제품의 품질에 주는 영향을 줄이려면 2차 연도의 자동 Control System을 갖추는 것이 필수적임.

\* 숙성시간 : 반동결시 12시간 숙성필요 (지방함유 및 유화제, 안정제 사용 믹스)

- 반동결된 좋은 품질의 제품을 얻고자 할 때는 투입전 믹스의 상태에서 12시간 정도 숙성을 시켜줄 때 가장 안정된 품질의 제품이 얻어졌음.

- 믹스 내용물에 따라 서로 상이한 숙성 시간을 갖을 수 있지만 Test 결과

지방의 함유량이 많은 믹스(지방함유량 6%를 초과시)는 12시간 정도의 숙성시간이 필요하다.

- \* 원료보관 : 분말류는 통풍이 잘 되고 빛이 없는 장소, 액상류는 냉장, 냉동 조건으로 보관
- 제품의 신선한 맛을 유지하기 위해서는 분말류 특히 지방을 함유한 분말류는 통풍이 잘되고 빛이 직접 받지 않는 장소가 좋으며, 액상류 특히 풍미를 개선하기 위한 원료는 냉암소등 원료별 보관온도에 유의하여야 한다.

## 제 2 절 유제품 표준 가공 조건

### 1. 원료선정

우수한 품질의 유제품을 얻기 위해서는 집유된 원유로부터 엄격한 품질관리를 통하여 얻어진 원료유를 사용하여야 한다.

이송 중 보관관리를 잘못하여 변질된 원유를 사용하여 만들어진 원료유는 그 원료유 뿐 아니라 이것을 사용하여 만들어진 최종 가공 제품 품질에도 중대한 영향을 미쳐 품질불량 제품이 된다.

이러한 면에서 볼때 원료는 우선 위생 품질이 양호한 것을 채택하여야 하며, 성분은 유원료의 경우는 계절에 따라 차이가 있기 때문에 표준화 공정을 거치는 것이 좋다.

#### 가. 원유 및 원료유

알코올 침지검사, 산도측정, 세균수, 체세포수, 항생물질 검출 시험등 원료유 품질검사가 완료된 원료를 채택한다.

#### 나. 당류(감미료)

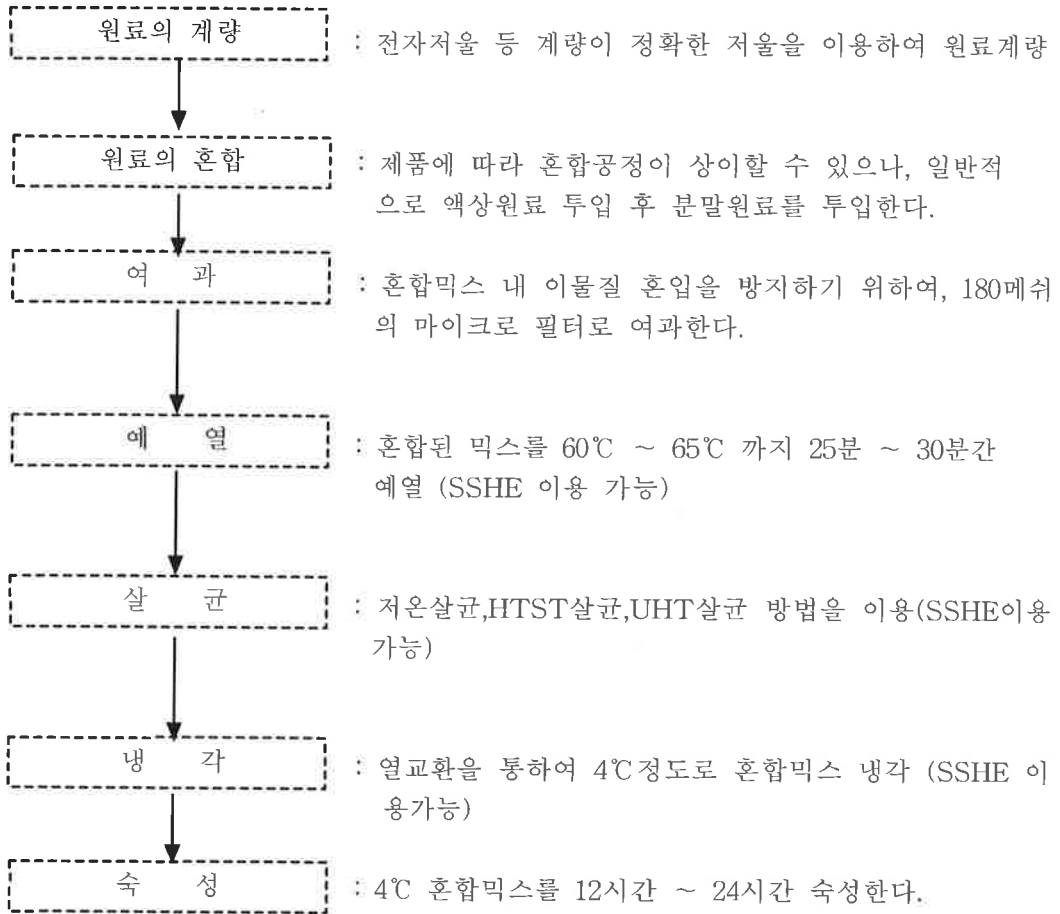
일반적으로 설탕을 사용하는 경우가 많지만, 대체당류 즉 물엿(옥당), 과당, 고과당을 필요에 의해 채택한다.

#### 다. 유화안정제 및 향미료, 산미료

유화제 및 안정제는 제품의 특성 (점도, 지방함유량 등)에 따라 채택 되어지며 향미료 및 산미료 등은 제품의 맛, 향 등 기호 품질을 높이기 위해 적절한 것을 선택하여야 한다.

제조공정에 따라 향미, 산미료의 투입되는 시기는 적당하게 이루어져야 하는데, 이것은 통상적으로 제품의 맛을 최대로 얻을 수 있게 열처리 시에는 열교환 후, 반동결시에는 열교환전에 투입하는 것이 좋다.

## 2. 혼합믹스의 제조공정



### 3. 혼합믹스의 믹스성분 조건 설정 (냉각, 반동결시)

#### 가. 1차 성분조건 설정

\* 점도

일반적으로 제조된 혼합믹스가 가장 효율적으로 열교환 될 위해서는 어느공정에서 SSHE 열교환을 하느냐에 의해 점도가 차이날 수 있지만 본 SSHE를 냉각, 반동결 공정에 이용하는 것을 기준으로 할 때 300CPS(일반적인 유제품류의 점도치)의 혼합믹스 점도를 부여함.

\* 고형분

유제품류의 종류에 따라 고형분량이 틀리지만, 일반 액상믹스를 기준으로하여 30% 고형분을 갖는 혼합믹스를 기준으로 함.

\* 원료 배합비

상기 조건에 맞는 원료 배합비를 위해 유고형분 18%, 당류 15%, 기타 첨가물(유화안정제, 향, 산미료 등) 2%로 하여 혼합믹스를 제조함.

\* 실험결과

제조된 혼합믹스를 4℃까지 냉각후, SSHE 통과하여 반동결기 SSHE능력내에서 토출량이 일정하게 토출됨. 조절 Valve로 조절 용이함.

#### 나. 2차 성분조건 설정

1차시험 조건의 결과 양호로 최소치의 성분 조건을 알아보기 위해 아래와 같이 성분 조건을 부여함.

\* 점도 200cps, 고형분 100%의 혼합믹스

- 결과 : SSHE작동은 가능하나, 고형분은 적고 수분량이 많으므로 급냉시 Scrapper (Dasher blade) 가 무리하게 작동됨.

\* 점도 200CPS, 고형분 15%의 혼합믹스

- 결과 : SSHE 작동가능, Scrapper작동 가능하나, 냉매 Dasher에서의 부하가 올라감.

\* 점도 5,500cps, 고형분 65%의 혼합믹스

- 결과 : SSHE작동가능, Scrapper 작동 가능하나, 냉매 controller의 미세한 조정이 필요함.

#### 4. 혼합믹스의 최적조건

상기 “3. 혼합믹스의 믹스성분 조건 설정”항의 “믹스성분조건”에 외에 SSHE를 사용하여 효율적인 열교환을 이루기 위해서는 아래와 같은 가공조건이 갖추어 지는 것이 중요하다.

##### 가. 투입온도

열처리시에는 55℃ ~ 60℃까지 예열 처리하는 경우, 연속적으로 단시간 내에 살균 열교환이 가능하며, 반동결 시에는 0℃ ~ 10℃까지 냉각 후 SSHE를 가동하면 연속적으로 토출품질이 우수한 제품을 얻을 수 있다.

##### 나. 숙성시간

유제품의 경우, 혹은 유화 안정제를 사용한 믹스, 지방, 당백질을 함유한 믹스 등은 제품의 좋은 품질을 얻기 위하여 12시간 ~ 24시간의 숙성하면 유지방구가 최적의 크기를 고르게 유지될 수 있으며, 유단백질의 수화에 도움을 주고, 친수성 콜로이드가 수분을 흡수하게 된다.

이때 SSHE를 이용하여 냉각온도를 1 ~ 2℃까지 내려 숙성하면 시간 단축도 가능하다.

## 5. 혼합믹스의 시험결과

시험결과에 의하면 혼합믹스의 점도는 300 ~ 3,000 CPS, 고형분은 25 ~ 40%, 투입온도는 열처리시 60°C 반동결시 4°C, 숙성시간 12시간의 경우 최적의 SSHE열교환을 효율적으로 처리할 수 있다.

## 6. 혼합 믹스의 기계조건

### 가. 공기주입장치에 따른 기계조건

OVERRUN이라 함은 동결시 제품의 품질, 즉 부드러운 조직을 얻기 위하여 혼합믹스를 SSHE장치를 통과시 공기를 주입시키는 것으로 균일한 OVERRUN을 얻기 위해서는 혼합믹스의 단백질 함유량이 매우 중요한 역할을 한다.

시험 결과로 얻을 수 있는 가장 좋은 상태의 OVERRUN 취득조건은 혼합믹스의 단백질이 최소 0.5% 이상의 단백질 함유량을 지녀야 하며, 3.0%~5.0%의 단백질이 함유된 혼합믹스가 가장 이상적인 OVERRUN을 얻을 수 있다.

### 나. 열교환 실린더 내압장치에 따른 혼합믹스조건

SSHE 장치내의 압력은 열전도와 상당히 밀접한 관련을 가지고 있기 때문에 그에 따른 혼합믹스의 조건도 중요한 영향을 미친다.

SSHE 장치내의 압력이 높으면 열전도율은 상당히 높게 되어 혼합믹스 열전도시(특히 반동결 믹스시) 치밀한 조직을 얻을 수 있다.

수차례 반복적인 시험 결과로 얻은 가장 효율적인 SSHE 장치내의 CYLINDER 압력은 2.5 kg/cm<sup>2</sup> ~ 4.5 kg/cm<sup>2</sup> 이다.



### 제 3 절 과실류 및 기타 식품 표준 가공 조건

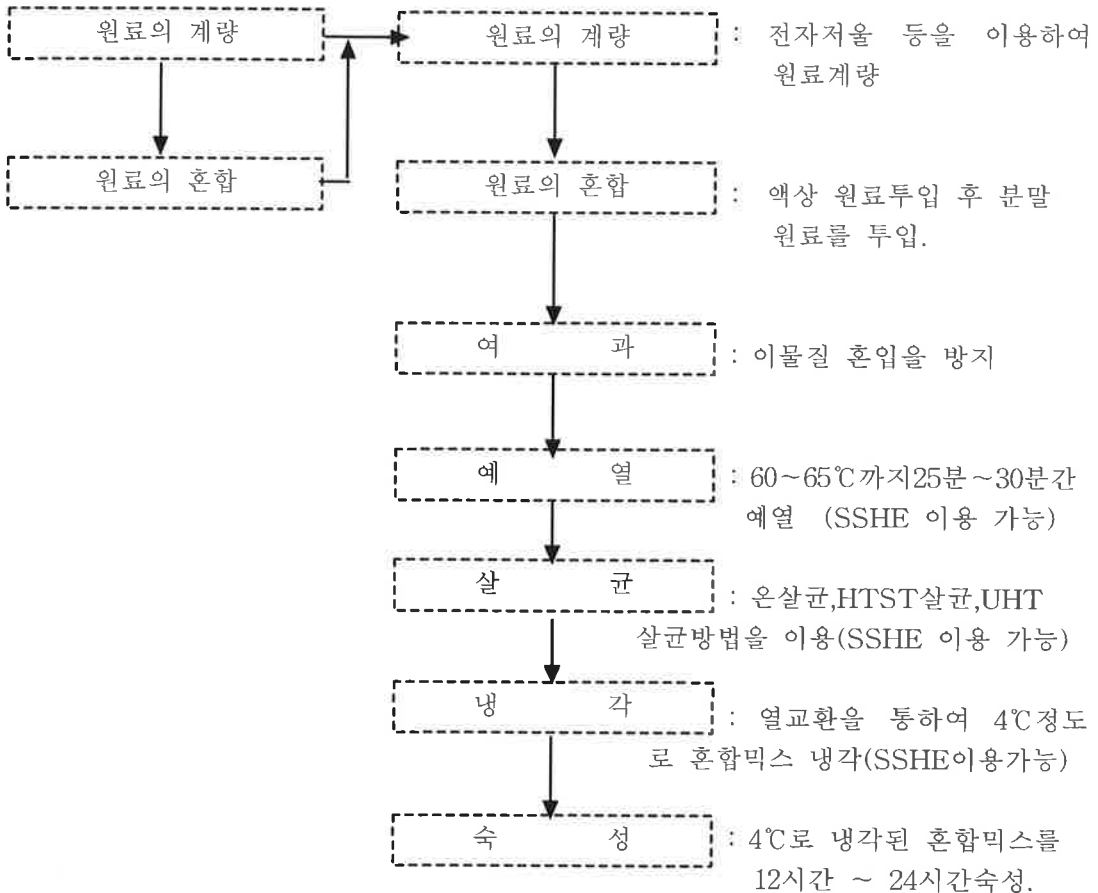
SSHE를 이용한 과실류 등의 표준 가공조건은 아래와 같다.

#### 1. 원료선정

과실류 제품은 유제품 등의 경우와 마찬가지로 좋은 품질의 제품을 얻기 위해서는 엄격한 품질관리를 통하여 얻어진 원료를 사용하여야 한다.

과실류 혼합믹스를 만드는 경우에는 과실류 원액, 당류, 유화안정재류, 향미료, 산미료 등의 각 원료별 품질검사에 합격한 원료를 선정한다.

#### 2. 혼합믹스 제조공정



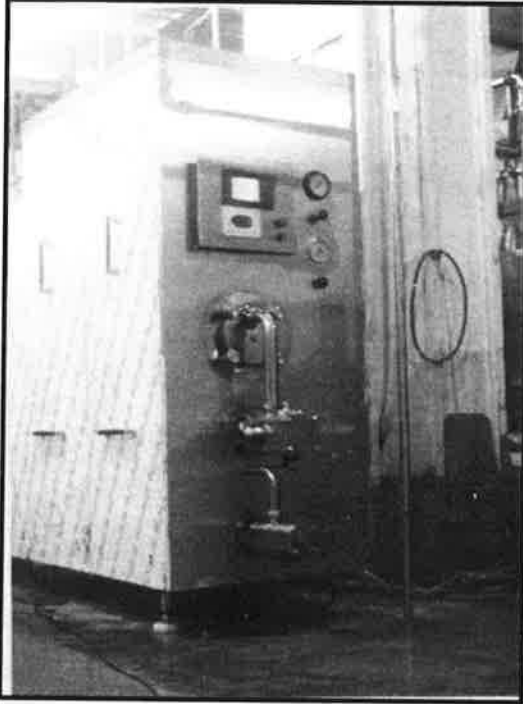
### 3. 혼합믹스의 믹스성분조건

- 과실류의 경우도 유제품의 경우와 동일하게 적용됨.
- 점도 200 ~ 5,000CPS, 고형분 15% 이상의 혼합믹스가 유리함. 열처리시에는 55℃ ~ 65℃ 의 예열 처리가 효율적이며, 반동결시에는 5℃이하의 냉각이 효율적이다.

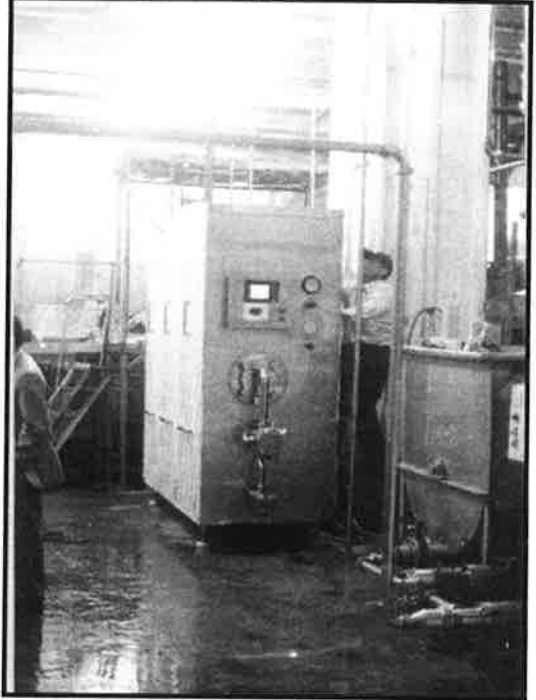
## 첨부 관련 사진

가. 시제품 SSHE의 설치후 완성된 모습

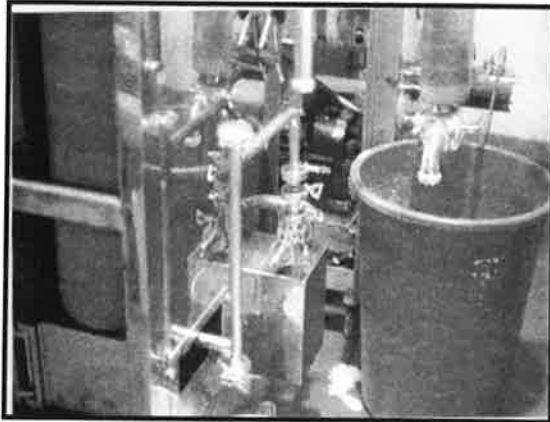
1) 시제품 설치 완료



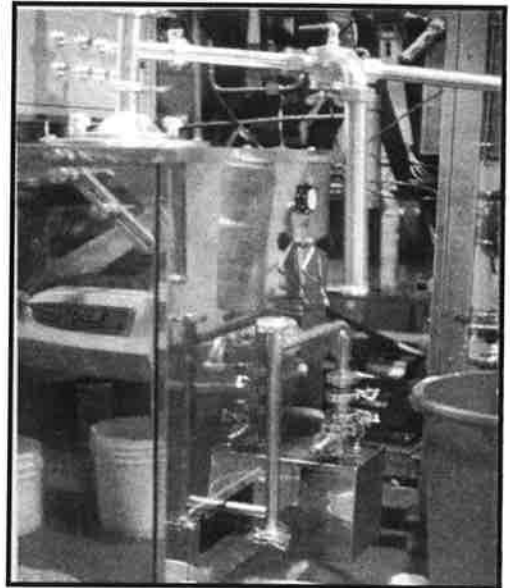
2) 시제품 냉매배관 종결



3) 시제품 SSHE 설치후 TEST

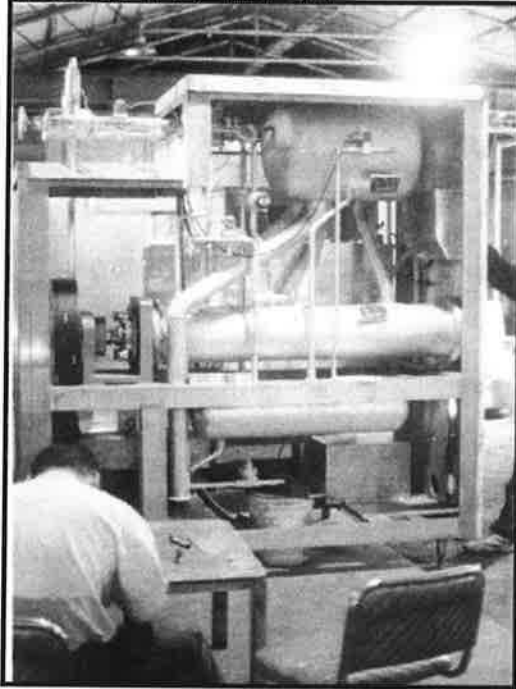


4) 시물레이션용 PILOT 설비



나. 시제품 SSHE의 제작과정

1) SSHE용 압력용기류의 배치



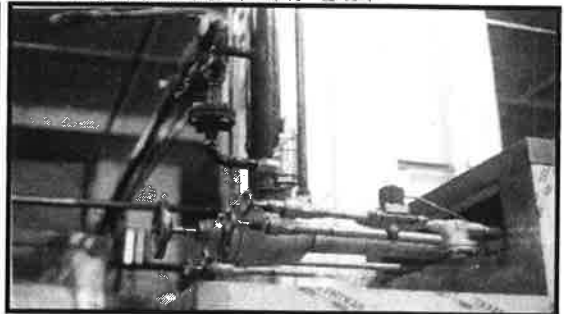
2) SSHE의 앞면 제작과정



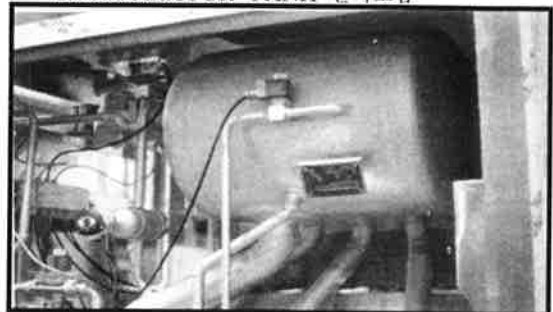
3) 냉매의 공급 및 액리벨 감지장치



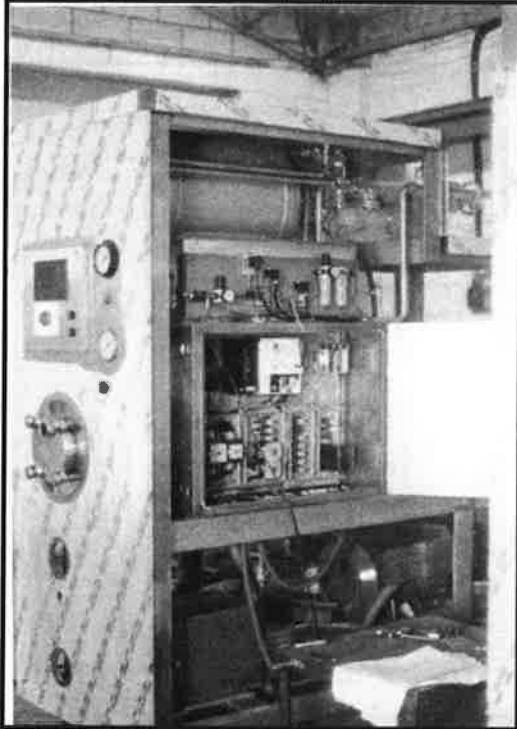
4) 냉매공급라인의 배관 연결부



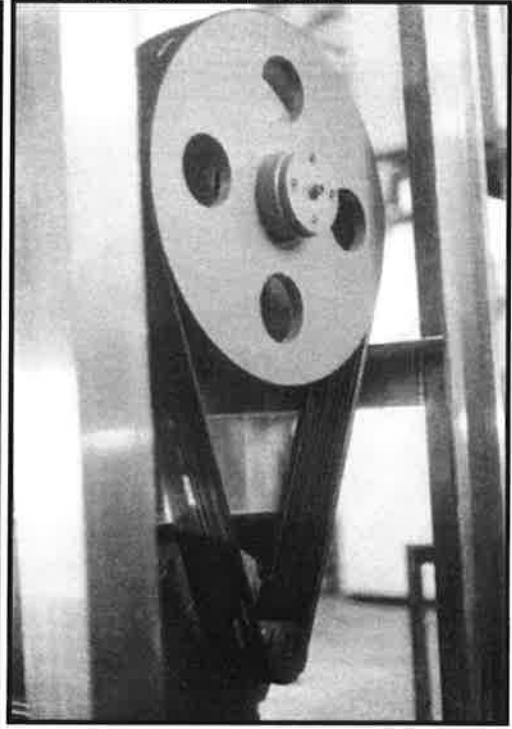
5) SEPARATOR TANK 설치모습



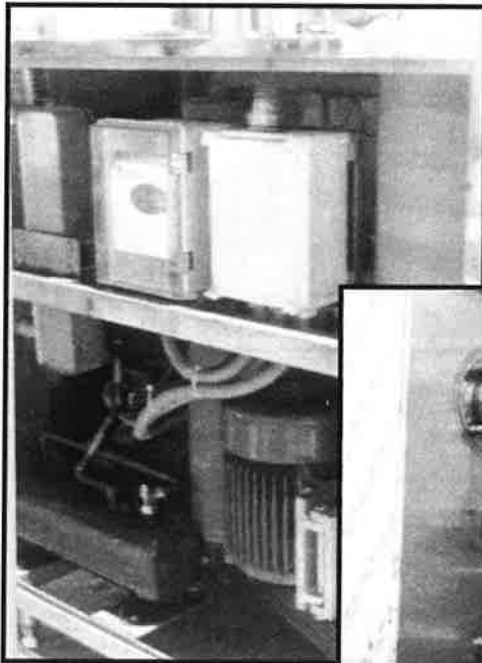
6) CONTROL PANEL 조립모습



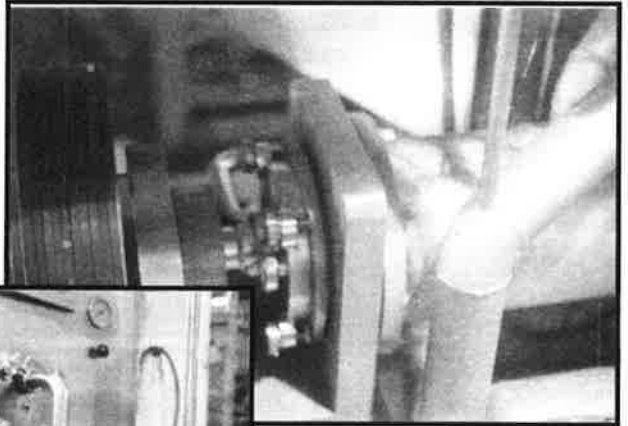
7) DASHER 구동부 조립모습



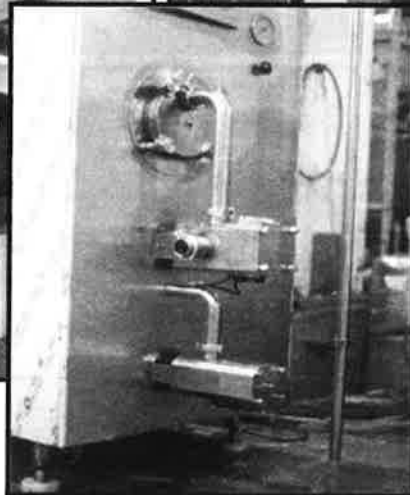
8) PUMP구동부 조립모습



9) DASHER구동축 및 SSHE의 뒷COVER

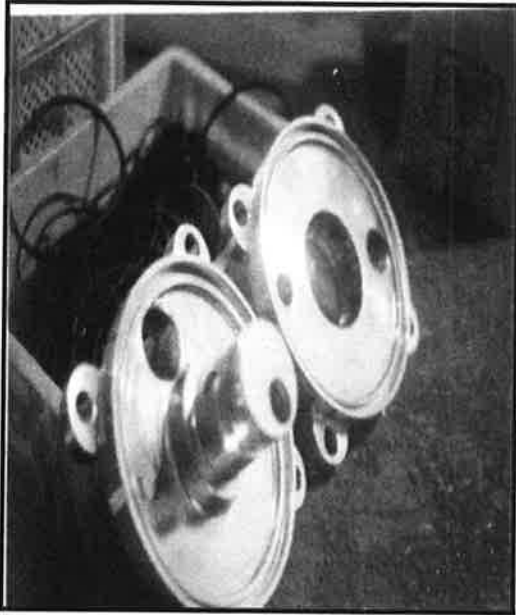


10) PUMP조립  
후 모습

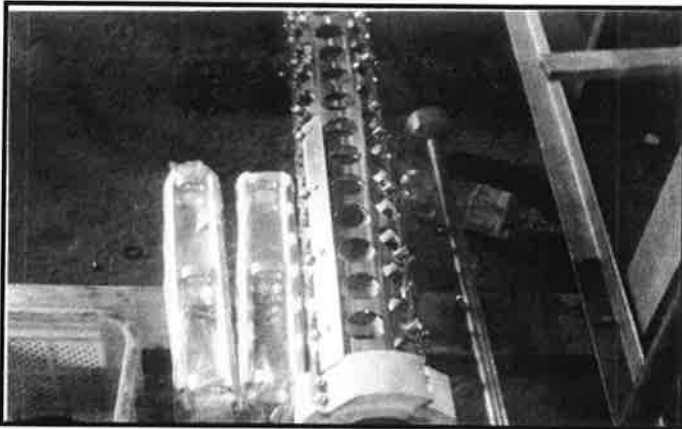


다. 시제품 SSHE의 부품류 제작과정

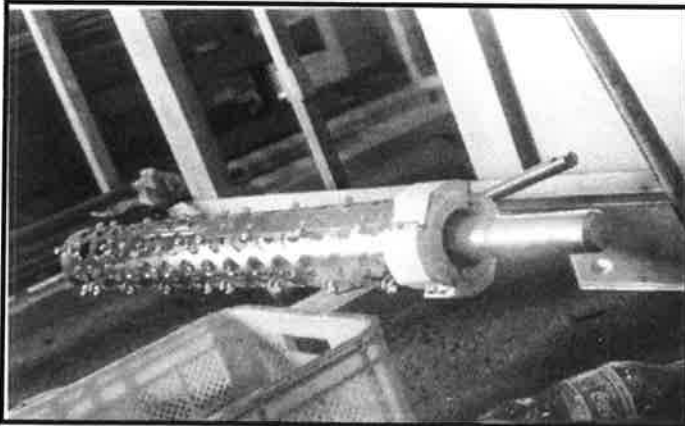
1) FRONT & REAR COVER



2) FRONT COVER 조립모습



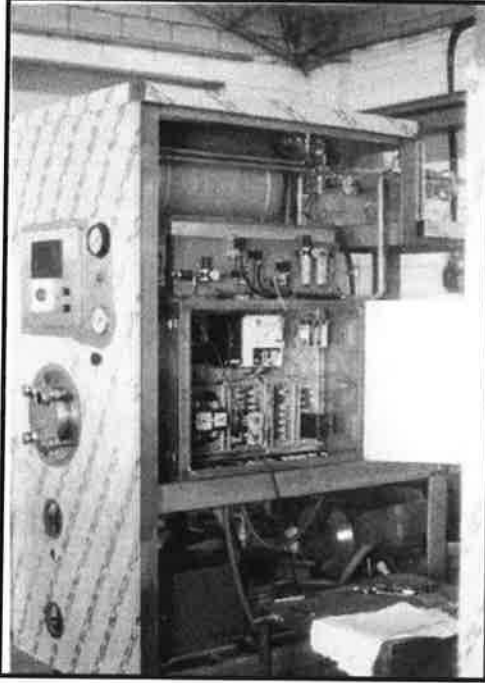
3) DASHER &  
BEATER 부품류



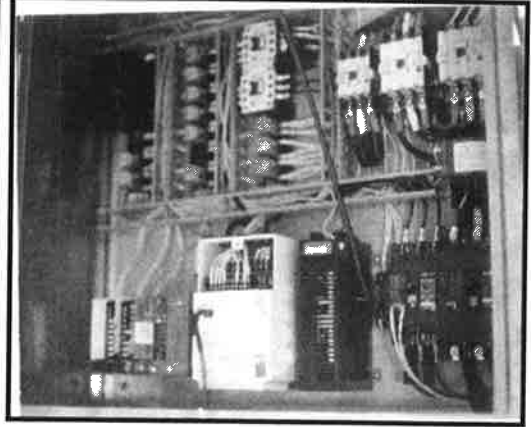
4) DASHER 제작분

라. CONTROL PANEL 제작분

1) CONTROL PANEL의 설치위치



2) CONTROL PANEL의 내부모습



3) CONTROL PANEL의 외부 조작부 설치모습



## 주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.