

KOSHA GUIDE

P - 42 - 2012

주정 증류공정의 안전에 관한 기술지침

2012. 7.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 박 승 규
개정자 : 한 우 섭

○ 제 · 개정 경과

- 2010년 10월 화학안전분야 제정위원회 심의(제정)
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)

○ 관련 규격 및 자료

- FM Property Loss Prevention Data Sheet 7-74, “Distilleries”

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2012년 7월 18일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

주정 증류공정의 안전에 관한 기술지침

1. 목 적

본 지침은 주정제조 사업장에서 발생할 수 있는 화재, 폭발의 사고를 예방하고 사고피해 최소화를 위한 소화설비와 건축물등의 방호조치를 위한 안전지침을 제시함에 그 목적이 있다.

2. 적용범위

본 지침은 주정 제조과정 중 증류공정에서의 화재, 폭발위험에 관하여 적용한다. 주정제조 원료의 저장 및 분쇄에 관한 사항은 제외한다.

3. 용어의 정의

- (1) 이 기술지침에서 사용하는 용어의 뜻은 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 「산업안전보건법」, 같은 법시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 정하는 바에 의한다.

4. 주정제조공정 특성

- (1) 주정제조공장은 원수의 공급편리상 교외지역에 주로 설치되며 시수공급의 제한 및 소방서와의 거리문제로 인하여 거의 자체적으로 화재방호가 이루어질 수밖에 없는 특성이 있다.
- (2) 위험물의 다량취급에 따른 화재폭발위험 때문에 공정설비의 방호와 함께 운전원에 대한 충분한 교육 훈련, 철저한 유지보수가 필요하다.
- (3) 곡물 반입, 도정 및 공급시 분진폭발위험이 있다. 곡물 및 원료이송과정 중 화재 발생시 연소속도가 느릴것이나 심부화재의 특성으로 인한 소화지연이 발생할 수 있다. 곡물에 수분이 포함될 경우 적절하게 건조되지 않으면 축열발열하고 부패

할 수 있다.

- (4) 증류공정에서의 화재, 폭발위험은 높으나 원료를 혼합하고 발효하는 과정에서의 위험은 무시할만 하다. 모든 배관연결부, 밸브 및 꼭지에서의 실링을 엄격하게 지킬 경우 증류공정에서 발생하는 인화성액체나 증기의 누출가능성은 낮출 수 있다.

5. 주정제조공정의 건물 구조 및 배치

5.1 혼합 및 발효 공정

- (1) 원료인 곡류의 혼합 및 발효공정이 설치된 건축물은 불연재이상의 재료를 사용하여야 한다.

5.2 증류 공정

- (1) 증류공정은 산업안전기준에 관한 규칙 291조에 따라 다른 공정과 이격하여 설치하여야 한다.
- (2) 다른 건물 또는 공정에 접하여 설치한 증류공정건물은 방화벽으로 완전히 구분하여야 한다.
- (3) 증류공정 건물의 지면 이하에는 지하실이나 배관핏트 등의 공간을 두지 않아야 한다.
- (4) 증류공정은 밀폐적 구조를 최소화하고 개방된공간에 설치하는 것이 바람직하다.
- (5) 증류공정에 사용되는 구조물은 쉽게 파손되지 않도록 견고한 구조로 설치하여야 한다.
- (6) 하중을 받는 철재 구조물 및 노출된 철재의 설비지지대는 2 시간이상의 내화성능을 확보하여야 한다.

- (7) 증류공정실의 창문이나 천정은 가능한 가벼운 재질로 선정하여 만일의 폭발로 인한 압력이 쉽게 방출될 수 있도록 한다. 이 경우 가벼운 재질의 비율은 가능한 높게 하여야 한다.
- (8) 밀폐형의 층고가 높은 건물에서 증류공정이 이루어질 경우 불침투성 바닥을 설치하여 층간의 위험물 이동을 차단하는 것이 바람직하다. 완벽한 차단이 불가능할 경우 턱을 설치하여 용기나 설비로부터 누출된 위험물이 외부로 방출되지 않도록 한다.
- (9) 공정지역으로부터 누출된 주정의 화재발생시 체류범위를 한정하여 희석하는 방법으로 소화할 수 없을 경우 드레인설비를 설치하여 다른 인접지역이나 건물이 화재에 노출되지 않도록 한다.

5.3. 주정취급 공정

- (1) 증류공정을 걸쳐 알콜 함유율이 높아진 주정을 취급하는 지역의 내장재는 난연 또는 불연성이상 재질로 선정하는 것이 필요하다.
- (2) 주정 취급지역은 다른 공정 또는 업무구역과 방화구획되어야 한다. 다층건물일 경우 층별방화구획이 이루어져야 하며 건물은 한 시간이상 내화구조이어야 한다.
- (3) 인화성액체 누출시 체류하지 않도록 바닥은 기울기를 주어 배출되도록 하며 트랩형 배수구를 사용한다.
- (4) 증류액취급 공정에서의 배수설비는 예상되는 스프링클러 방출량을 감당할 수 있는 용량이어야 한다. 다만, 해당 구역내에서의 최대누출이 발생하더라도 해당 방출지역내에서 희석에 의한 소화가 가능한 경우 그러하지 아니하다.

6. 주정제조공정별 방호조치

6.1 혼합 및 발효

- (1) 이송과정에서 곡물분진이 발생하지 않도록 밀폐형 배관을 통하여 이송되어야 한

KOSHA GUIDE
P - 42 - 2012

다.

- (2) 배관연결부나 점검부로부터 분진이 누출되지 않도록 배관은 치밀하게 설치되어야 한다.

6.2 증류

6.2.1 과압방지조치

- (1) 압력용기는 관련 안전기준에 따라 설계되고 설치되어야 한다.
- (2) 증류기에는 만일의 방출시 안전한 외부로 유도되는 진공 및 압력방출설비가 설치되어야 한다. 콘덴서를 통한 벤트도 안전한 외부로 유도되어야 한다.
- (3) 압력방출설비의 배출용량은 대상보호기의 압력제한 범위내에서 발생할 수 있는 최대방출증기량을 고려하여 설정되어야 한다.
- (4) 외부로 방출될 경우 가스가 실내로 재유입 되지 않도록 지면에서 6 미터이상 높이에, 천정위에 설치할 경우 천정으로부터 1.8 미터 이상 높이에 설치한다.
- (5) 관련설비는 액체 및 기체의 누출이 최소화되도록 설계, 유지되어야 한다.

6.2.2 액면게이지

- (1) 액면게이지를 사용할 경우 가능한 인정제품을 사용하는 것이 좋다.
- (2) 일반형 유리게이지를 사용할 경우 상하단 연결부위는 평상시 잠금을 유지하고 유리관의 파손시 누출을 자동으로 신속히 차단하는 밸브를 부착하여야 한다.
- (3) 측정용 유리관은 물리적 파손으로부터 보호할 수 있도록 보호가드 내에 설치되어야 한다.

6.2.3 온도제어

- (1) 증류공정으로의 스팀공급 및 가온은 자동온도제어로 이루어지고, 냉각수의 차단이나 기능상실시 경보를 울리고 원료공급이 차단되도록 연동하여야 한다.
- (2) 냉각기능확보를 위해 비상전원 및 예비냉각펌프를 사용하거나 자중식으로 냉각수가 공급되는 방법을 사용할 수도 있다.

6.2.4 점검 및 수리

- (1) 인화성액체를 취급하는 증류기 및 설비에 대한 점검이나 수리를 실시할 경우 작업전에 스팀이나 이너트가스를 사용하여 퍼지하고 세척하여야 한다.

6.2.5 환기

- (1) 건물내에서 가스나 증기로 인한 폭발분위기 형성이 방지되도록 환기시스템이 설치되어야 한다. 만일 건물높이가 높고, 지면과 천정에 개구부가 확보되어 있으며, 정상운전기간 중 설비로부터의 열누출로 인하여 실내온도가 외부온도보다 높게 형성될 경우 연돌효과에 의한 자연환기로 충분할 수도 있다.
- (2) 공정중단이 발생할 경우 설비내부의 내용물은 안전한 장소로 배출되고 증기는 제거될 수 있도록 필요한 대기시간을 확보하여야 한다.
- (3) 자연환기에 따른 운전조건이 충족되지 못하거나 차단벽 및 밀폐형 바닥으로 인하여 자연환기를 형성하지 못할 경우 바닥면적 1 m²당 0.3 m³/min의 강제환기가 확보되어야 한다. 이 경우 흡입구는 바닥측에 설치하여 공기가 쉽게 치환되도록 한다.

6.3 주정의 취급

- (1) 증류공정을 거쳐 얻어지는 증류액(주정)은 알콜성분을 포함하고 있으므로 불연성 및 밀폐구조의 저장탱크에 보관되어야 한다. 저장탱크는 주정샘플을 채취할 경우 이외에는 항상 밀폐를 유지하여야 한다.
- (2) 저장탱크에는 외부로 방출되는 적절한 구경의 벤트가 설치되어야 한다. 인화점

38 ℃이하의 위험물을 저장할 경우 벤트배관에 화염방지기를 설치하여야 한다.

- (3) 탱크에는 액면계를 설치하여야 한다. 필요한 안전조치는 6.2.2를 참조한다.
- (4) 위험물을 탱크로 로딩시 가능한 펌프시설을 사용하여 탱크 상부를 이송하되 자중을 사용하여 이송하는 방식은 피하는게 좋다. 자중식 이송방식을 사용하는 이송라인에는 자동으로 작동되는 비상차단밸브를 설치하여야 한다.
- (5) 탱크로 연결되는 가요성 호스는 화재노출시 탱크의 내용물이나 인화성증기의 누출을 가져올 수 있으므로 메탈외장호스를 사용하여야 한다.
- (6) 주정취급장소에는 충분한 환기가 이루어져야 한다. 강제환기를 사용할 경우 흡입구를 바닥면에 가깝게 하여 공기가 쉽게 치환되도록 한다. 강제환기량은 바닥면적 1 m²당 0.075 m³/min 이상이어야 한다.
- (7) 증류액을 따르거나 붓는 등의 작업장소에서는 국소배기설비를 설치하는 것이 바람직하다.
- (8) 자연환기가 이루어지지 않는 건물내부, 셉프, 배관트렌치, 지면이하의 맨홀 및 유사장소에 설비를 설치할 경우 가연성 증기가 체류할 위험이 크므로 특별한 주의가 필요하며 가스감지기를 설치하는 것이 바람직하다.

7 소방설비 및 방폭

7.1 소방설비

7.1.1 기본사항

- (1) 주정관련 공정에는 인화성액체인 주정의 취급으로 인한 화재위험이 있다. 이러한 화재를 진압하기 위하여 위험물안전관리법에서 요구하는 소화기구 및 소화설비를 설치하여야 한다.
- (2) 스프링클러를 설치할 경우 제어밸브 및 수동기동밸브는 관계자가 쉽게 접근할 수

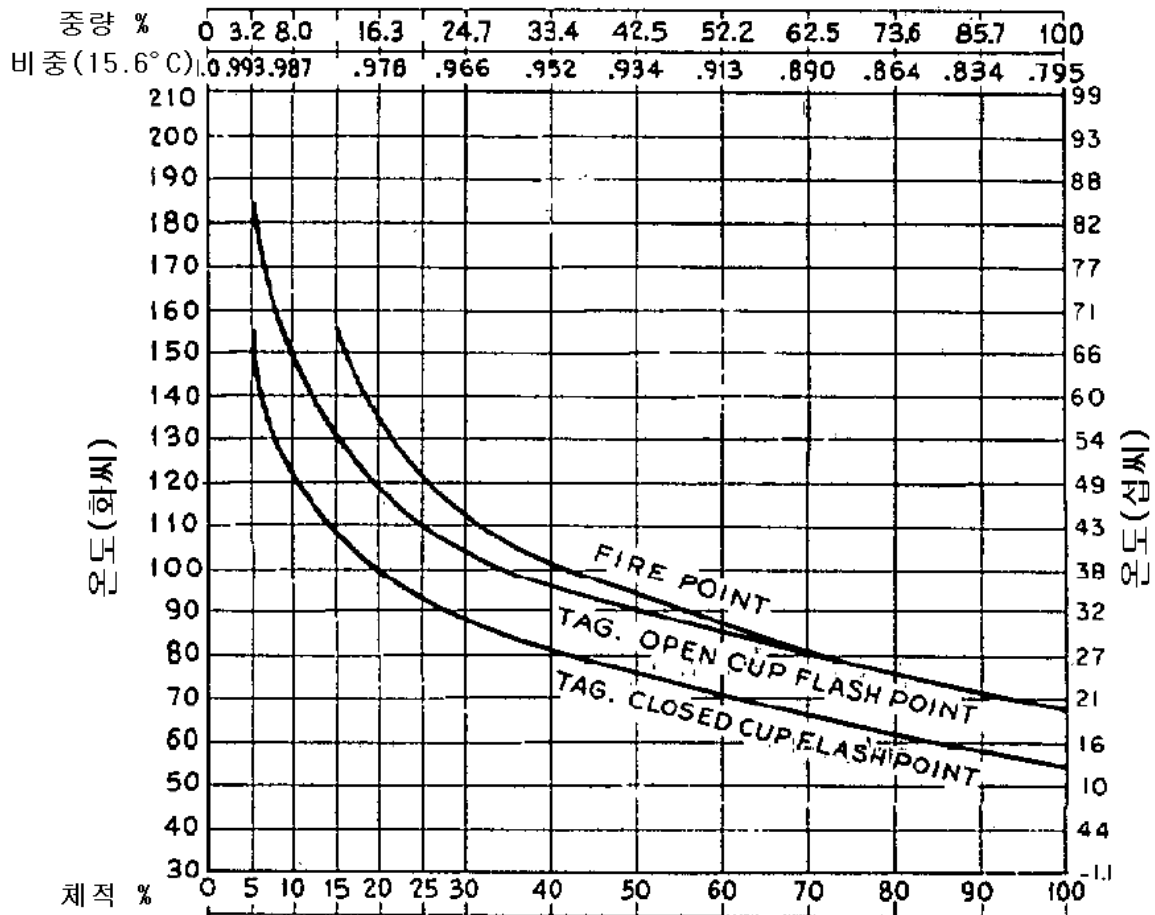
있는 곳에 설치되어야 하며 공정중단 기간에도 사용가능하도록 하여야 한다.

(3) 소화전은 증류공정 전체에 설치되어야 하며 소화전 방수구는 말단에 방수개폐밸브가 있는 것을 사용한다. 소화용수는 최대방수량을 60 분 이상 방수할 수 있도록 하는 것이 권장된다.

(4) 모든 증류공정에는 소화기가 설치되어야 한다.

7.1.2 희석식 소화방법

(1) 한정된 방호구역에서의 주정액면화재가 예상될 경우 소화수와 방호대상 주정의 희석을 통한 인화점 상승방법을 적용하여 소화할 수 있다. 주정의 알콜과 물 희석비율에 따른 인화점과 연소점의 상관관계는 그림 1을 참고한다.



<그림 1> 알콜과 물 혼합액의 순도별 연소점 및 인화점

- (2) 주정에 포함된 에틸알콜은 낮은 연소열 및 복사에너지, 물과의 높은 용해특성 때문에 유사한 인화점을 갖는 다른 인화성액체의 방호수준보다 높은 스프링클러 설비등급을 요구하지는 않는다.
- (3) 알콜과 물이 혼합된 주정에서 발생한 화재의 진압에 필요한 물의 양은 연소점 (Fire point)이상에 도달한 혼합물의 자체온도 및 소화수의 혼합정도에 따라 결정된다. 연소중인 주정의 화재진압에 필요한 소화용수의 양은 다음공식에 따라 추정할 수 있다.

$$V_e = \left(\frac{P_b}{P_e} - 1 \right) \times V_a \quad (1)$$

여기에서,

V_e : 화재진압에 필요한 소화용수(m^3)

P_b : 방호대상 주정의 순도(%: 체적%를 말한다. 이하 동일)

P_e : 소화가능 지점(인화점 38 ℃)에서의 주정순도(%) : 20 %

V_a : 방호구역내 방호대상 주정용량(m^3)

- 주 1) 여기서 혼합액의 소화가능지점은 그래프에 따라 인화점이 38℃가 되는 알콜 농도 20 %로서 이 농도까지 희석되면 발화원의 소화가 이루어진다고 가정한다.
- 주 2) 이 공식을 적용할 때 순도 95 % 주정을 예로 들면, 혼합(연소)액이 소화되기 위해서는 주정용량의 $95/20 - 1 = 3.75$ 배의 소화수가 필요하다고 평가된다. 같은 방법으로 50 % 주정을 예로 들면 주정용량의 1.5배의 소화수가 필요하다고 본다.

7.2 점화원제어

7.2.1 증류공정

- (1) 증류공정이 설치된 건물은 폭발위험지역 2종으로 구분하되 공정조건별 상세한 지역구분은 폭발위험지역구분에 관한 기술지침을 참고하여 정한다.
- (2) 배선 및 조명 등 전기설비는 폭발위험장소에서의 전기설비선정에 관한 기술지침에서 정한 가스그룹 IIA의 기준에 맞게 설치되어야 한다.

KOSHA GUIDE
P - 42 - 2012

7.2.2 주정 취급공정

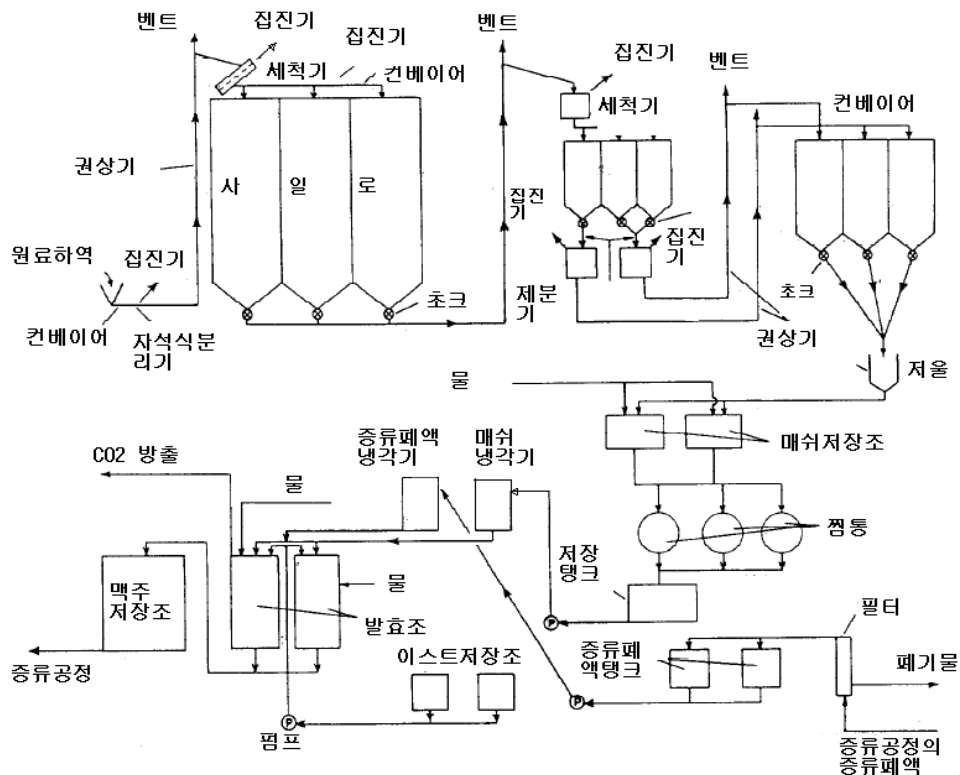
- (1) 저장탱크지역은 폭발위험지역 2종으로 구분한다.
- (2) 공정조건별 상세한 지역구분 및 전기설비의 선정기준은 증류공정과 같다.

<부록> 주정 공정 개요

주정공정은 원료준비(Mashing), 발효(Fermenting), 증류(Distilling) 및 주정취급으로 나뉘어진다.

1. 원료준비 및 발효

- (1) 증류주 생산을 위한 첫단계는 저농도 발효주정(Beer)의 제조가 된다. 곡물의 준비 및 발효과정은 그림 2를 참고한다.
- (2) 저장사일로에서 반출된 곡류는 측정후 물에 섞여 매쉬(Mash) 저장조 및 찜통에 보내져 몇 시간동안 찌개된다. 매쉬 저장조는 상압으로서 100℃를 유지한다.



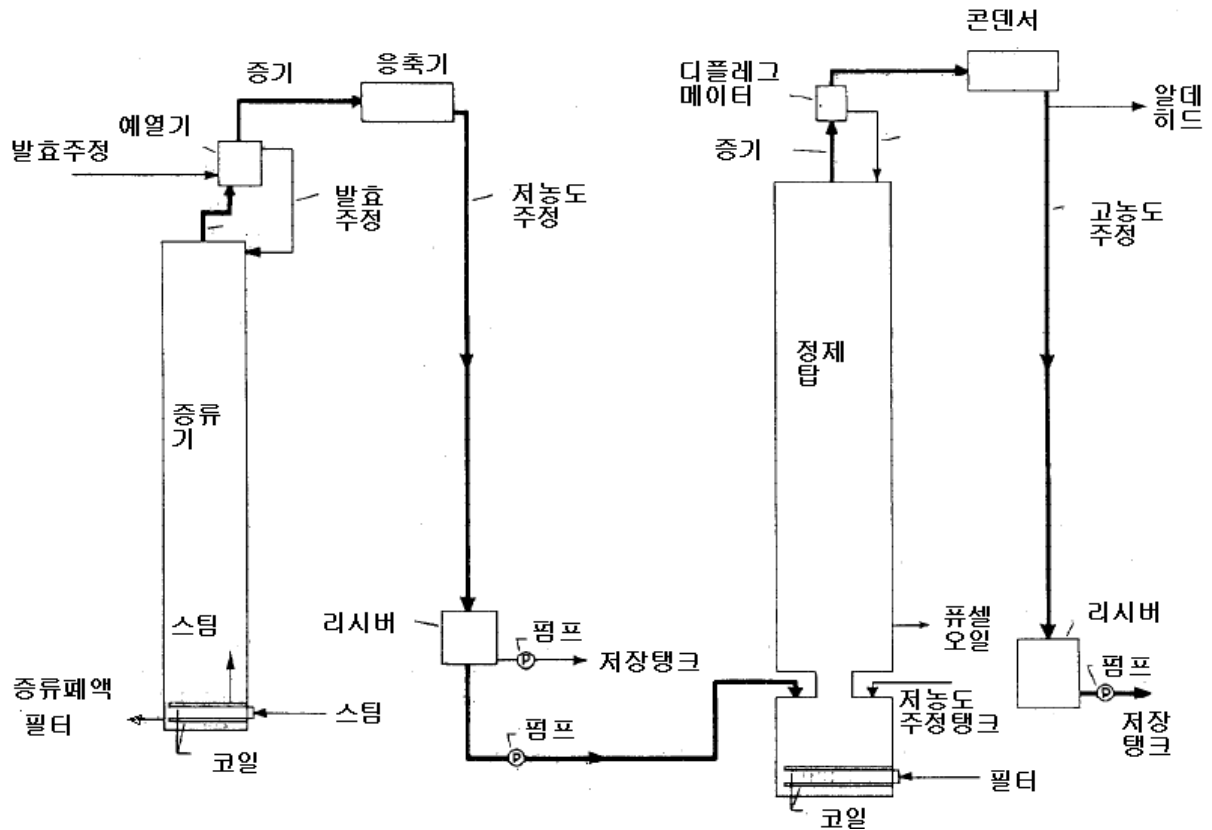
<그림 2> 곡물처리 및 발효공정

- (3) 압력스팀방식일 경우 149℃의 온도로 0.35 내지 0.52 Mpa의 압력에서 처리된다. 연속공정일 경우 매쉬는 예비처리조에서 가열되고 177℃온도의 찜통으로 이송되어 3내지 5분간 찜처리를 거치게 된다.
- (4) 매쉬는 찜통에서 집합통으로 보내져 냉각기를 통해 증류공정으로부터 되돌려진 일부 증류폐액, 물, 이스트와 함께 혼합된다. 3일에서 4일정도 발효되면 알콜농도 7 내지 13%의 발효주정이 되어 저장조로 보내진다.
- (5) 이스트배양액은 멸균된 매쉬에서 선정된 이스트종류의 성장체를 말한다. 처음에는 실험실에서 소량배양된 후 계속 배양되어 발효균이 농축될 정도까지 배양된다. 공정이 위험하지는 않지만 증류공정에 필수적이며 이 공정이 중단되면 생산손실을 초래할 수 있다.
- (6) 발효탱크는 목재 또는 철재로서 밀폐형일 수도 있고 상부개방될 수도 있는데 이산화탄소가스를 포집하느냐 안하느냐에 따라 결정된다. 용량은 다양하며, 약 300m³의 용량도 흔치않게 있다.
- (7) 발효실은 방화구획하며 형태와 크기는 다양하다.

2. 증류공정

- (1) 증류공정도는 그림 3과 같다. 증류공정건물은 통상 여러 형태의 다층건물로 건설된다. 대부분 불연재의 건물에 설치되어 있으나 그렇지 않은 경우도 있다. 증류기와 정제탑의 높이 때문에 중간층에 운전데크 및 플랫폼에 설치되는 경우가 많다.
- (2) 증류공정은 통상 연속식이나 진 및 일부 위스키 또는 저급생산물의 재증류 등에 있어서는 회분식으로 이루어지기도 한다. 발효주정은 예열기를 통해 증류기의 상단으로 이송되어 배플막 위에 낙하한다.
- (3) 증발된 증기는 농축되며 응축기에서 응축된 저농도주정(Low wine : 40내지 70% 알콜)은 소형 리시버에 흘러들어간다. 그 후 저장탱크에 이송되거나 바로 스팀가열된 정제칼럼으로 보내지기도 하며, 고농도 주정(High wine : 55내지 75% 고순도 알콜) 또는 상업용알콜(95%알콜)을 생산하기 위해서 2차 응축기로 투입될 수

도 있다. 이 과정에서 생산되는 고순도 주정, 알데히드 및 휴젤유는 저장탱크로 보내진다. 발효주정 찌꺼기는 별도의 저장탱크에 보내져 판매되거나 발효공정에 일부 사용되기도 한다.



<그림 3> 증류공정도

- (4) 증류기는 스팀으로 가열한다. 어떤 설비의 경우 저온에서 진공증류 하기도 한다. 통상 진공 및 압력방출설비가 설치되며 오래된 설비의 경우 증류기가 설치된 실내로 그냥 방출되어 폭발위험을 야기 시키기도 한다.

3. 증류액 취급

증류 후 증류액은 별도의 건물이나 화재위험이 분리된 곳에서 취급된다. 신규공장일 경우 법에 따라 공장과 설비간에 적절한 차단장치가 설치되어 있기도 하다.

KOSHA GUIDE
P - 42 - 2012

3.1 주정 저장실

주정 저장 및 계량탱크들의 맨홀이나 밸브 및 핏팅이 완벽하지 못하여 누출이 발생할 수 있으며 순도나 계량을 위한 맨홀 사용과정에서 누출이 있을 수 있다. 유리형 액면계를 사용할 경우 파손의 위험이 있다. 목재탱크를 사용하거나 내화처리 되지 않은 지지대에 철재탱크를 설치한 경우도 발견된다.

3.2 혼합 및 저장실

품질검사 후 주정은 저장실로 이송되고 증류수를 섞어 원하는 순도의 알콜주로 만들어져 참나무통에 보관된다. 충전은 중력의 흐름을 이용하거나 펌프를 사용하여 통에 주입되며 충전이 완료되면 마개를 막는다. 충전설비의 관리가 미흡할 경우 누출이 발생할 수 있다.

3.3 저장

주정이 숙성된 후 창고에서 옮겨지거나 바로 제품소분용 계량 탱크에 보내져 품질이 검사된다.

3.4 수리(Recoopering)

코킹을 하더라도 누출이 계속 발생할 경우 용기는 이곳에 보내져 내용물은 비워지고 용기의 수리를 하게 된다.

3.5 혼합 및 충전

주정을 대형용기에 채우고 알콜, 물, 향료 및 색상을 맞추어 원하는 제품을 만들게 된다. 믹싱할 경우 교반기를 쓰거나 공기를 사용한다. 통상 주정을 높은 장소의 충전탱크로 보내고 제품용기에 중력 또는 진공충진방식을 통하여 주입된다.