KR0101249

KAERI/TR-1696/2000

Technical Report

비응축가스 이상유동 임계유량 실험장치 개념설계

2000 December

한 국 원 자 력 연 구 소
Korea Atomic Energy Research Institute

32 / 48

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 "일체형원자로 안전해석 기술개발" 과제의 "비응축가스 이상유동 임계유량 실험장치 개념설계" 기술 보고서로 제출합니다.

2000. 12.

과 제 명 : 일체형원자로안전해석기술개발
주 저 자 : 장 석 규
공 저 자 : 정 장 환

비응축가스 이상유동 임계유량 실험장치 개념설계보고서

SMART-TE-RR830-00

Revision 00

일체형원자로 설계기술개발

담당자: 장 석 규 (열수력안전연구팀) 날짜: 1999. 11. 25

성 명 (소속, 직책)

검토자: 정 장 환 (열수력안전연구팀) 날짜: 1999. 12.

성 명 (소속, 직책)

승인자: 정 장 환 (열수력안전연구팀, 열수력실험분야책임자) 날짜: 1999. 12.

성 명 (소속, 직책)

승인자: 심 석 구 (일체형원자로 안전해석기술개발과제책임자) 날짜: 1999. 12.

성 명 (소속, 직책)

승인자: 장 문 희 (일체형원자로 설계기술개발과제책임자) 날짜: 1999. 12.

성 명 (소속, 직책)

발행일: 1999. 12.

열수력안전연구팀

한국원자력연구소

본 자료는 한국원자력연구소의 자산이므로 한국원자력연구소의 사전 승인 없이 그 내용의 일부 또는 전부를 무단 복사하거나 협의된 용도 이외의 목적으로 사용하는 것을 금합니다.

목 차

목 차 2
표 목 차 3
그림 목차 3
1. 실험 목적 4
2. 실험 요건 4
3. 실험장치 규모 산정 4
4. 실험장치 개념설계 5
(1) 실험장치 성능 5
(2) 실험장치 운전개념 6
(3) 실험장치 각 부 설계 6
1) Pressure Vessel 6
2) Test Section 7
3) N_2 Gas Storage Tank 7
4) N_2 Gas Supply to Test Section 8
5) Suppression Tank 8
(4) 제어 및 측정 8
1) 실험장치 제어 8
2) 실험자료 취득 9
3) 측정변수 9
5. References 10

표 목 차

표 1. MARS/SMR 코드(Modified Henry-Fauske 모델 적용)를 이용한 임계유량 계산 결과
표 2. HEM, Moody, Henry-Fauske 모델을 이용한 임계유량 계산 결과
표 3. 실험조건에 따른 임계유량실험 압력용기 규모 산정

그림 목차

그림 1. 비응축가스 이상유동 임계유량 실험장치 개념설계도
그림 2. 가열 및 가압 운전시 압력용기 온도제어기 구조
그림 3. 가열 및 가압 운전시 압력용기 압력제어기 구조
그림 4. 실험시 일정 압력유지를 위한 압력제어기

1. 실험 목적

본 실험은 현재 한국원자력연구소에서 담수와 전력생산을 위하여 설계가 진행되고 있는 일체형 원자로 SMART(System-integrated Modular Advanced ReacTor)에 대하여 소형 냉각재 상실사고(SBLOCA)시 배관 파단부를 통하여 비응축 가스가 포함된 냉각재 방출시 임계유량 실험자료를 생산함을 목적으로 한다. 생산된 비응축 가스 이상유동 임계유량 실험자료는 비응축 가스 이상유동 임계유량 모델의 검증에 사용되며 이 검증된 모델을 이용하여 배관 파단부를 통하여 방출되는 비응축 가스가 포함된 증기와 물 혼합체의 냉각재 상실사고를 보다 정확하게 해석할 수 있게 된다.

2. 실험 요건

SMART의 가압기 배관 파단사고 시 발생할 수 있는 비응축 가스가 포함된 냉각재 상살사고의 임계유량 모델 개발을 위하여 요구되는 실험요건은 다음과 같다.[1]

- 파단 배관 Size : 7 mm, 20 mm
- 정체 압력 : 7 ~ 12 MPa
- 입구 과냉도 : 0 ~ 60 ℃
- 비응축 가스 유량 : 0 ~ 0.5 kg/s

위 실험 조건에 대하여 실험장치는 정상상태의 임계유량을 유지하여야 한다. 또한 동일한 실험조건에 대하여 노즐 형상에 따른 N_2 가스의 방출 유량 변화도 측정한다.

3. 실험장치 규모 산정

위에서 제시된 실험요건을 만족하는 실험장치의 규모를 산정하기 위하여 요구 실험조건에서의 임계유량을 몇가지 예측 모델을 사용하여 계산하였다. 향후 수행될 실험은 기본 실험으로써 비응축 가스가 포함되지 않은 순수 유체의 이상유동 임계류에 대하여 실험을 수행하고, 본 실험으로써 비응축 가스가 포함된 경우의 임계유동을 실험하게 된다. 이때 임계유량의 값은 같은 정체 조건에서 비응축 가스가 포함되지 않은 순수 유체의 이상유동 임계류가 비응축 가스가 포함된 이상유동 임계류 보다 더 크므로, 순수 유체의 이상유동 임계류 경우의 대표적인 몇가지 조건에 대하여 임계유량을 계산하여 보수적으로 압력용기의 규모를 산정하였다.

표 1은 대표적인 실험조건에 대하여 Modified Henry-Fauske 모델을 사용하는 MARS/SMR 코드로 수행한 임계유량 계산결과이다.[2] 계산결과로부터 임계유량은 정체 압력이 높을수록, 과냉도가 클수록 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 실험장

치가 최대 고압/과냉 실험조건을 수용할 수 있으면 나머지 실험조건들도 실험 수행이 가능하다고 판단할 수 있다. 실험장치 규모 산정에 대한 신뢰성을 높이기 위하여 다른 종류의 이상유동 임계유량 모델들을 사용하여 계산을 수행하였다.

표 2는 HEM[3], Moody[4], Henry-Fauske[5] 모델을 이용한 동일한 실험조건에서의 임계유량을 계산한 결과이다. 이 결과로부터 Henry-Fauske 모델은 HEM이나 Moody 모델보다 보수적인 계산결과를 나타냄을 알 수 있다. 또한 표 2의 Henry-Fauske 모델과 표 1의 Modified Henry-Fauske 모델 계산결과는 비교적 서로 잘 일치하고있으며 Modified Henry-Fauske 모델이 좀 더 보수적인 계산결과를 갖는 것으로 나타났다.

따라서 실험장치의 규모 산정은 이 두가지 모델의 계산 결과에 근거하여 표 3과 같이 산출하였다. 산출 결과에 의하면 파단 배관을 최대 20 mm로 하고 정상상태 (12 MPa, 60 ℃ △T) 지속시간을 60초로 할 경우 실험요건을 만족하는 압력용기의 체적은 2700 liter가 되어야한다. 이 경우 실험장치의 제작비용이 매우 비싸게 들고 실험 수행에 있어서도 N_2 가스의 공급 및 용수의 처리 등 상당히 어려운 문제가 따른다. 한편, 같은 조건에서 정상상태 지속시간을 30초로 할 경우는 압력용기 체적이 1350 liter가 소요되며 이 경우는 실험장치의 제작 및 유지비용이 앞서의 경우에 비해 상당히 줄어들며 실험 수행에 있어서도 결정적인 문제는 없을 것으로 여겨지나 정확한 정상상태를 모의하기 위하여 정교한 실험장치 설계가 요구된다. 좀 더 작은 압력용기 체적에서는 제시된 실험요건을 전부 만족시키는 실험은 불가능한 반면, 제작 및 유지비용이 적게 들고 실험수행이 보다 용이하게 된다.

이러한 압력용기 규모에 따른 실험수행 특징을 고려하여 본 설계에서는 현실적 여건에서 최대한 실험요건을 만족시킬 수 있도록, 압력용기 1300 liter 용량의 규모를 갖는 실험장치 설계를 기본 개념으로 선정하였다.

4. 실험장치 개념설계

(1) 실험장치 성능

- 실험 가능 최대 정체 압력 : 12 MPa
- 실험 가능 최대 과냉도 : 60 ℃
- 최소 정상상태 지속 시간 : 30 sec.
- 실험 가능 최대 파단 배관 직경 : 20 mm
- 실험 가능 파단 배관 형상 : Pipe, Nozzle, Orifice, Slit
- 수행 실험 유형 : 순수 유체 이상유동 임계류 실험
  비응축 가스 이상유동 임계류 실험
  정상상태 임계류 실험
  비정상상태 임계류 실험

(2) 실험장치 운전개념

실험장치의 운전은 상온, 대기상태에서 온도와 압력을 서서히 가하여 설정된 고온, 고압의 실험조건에 도달하기 위한 가열/가압 운전, 실험조건에서 안정된 상태로 유지하면서 Quick Opening 밸브를 급격히 개방하여 정상상태의 임계유량 실험을 수행하는 방출 운전, 실험 완료후 실험장치를 서서히 냉각시켜 다음 실험을 수행할 수 있는 상태로 복귀하는 냉각 운전 등으로 나눌 수 있다.

실험장치를 가열할 때는 유체와 가스를 모두 가열하며 배관 및 용기의 열충격을 없애기 위하여 가열속도를 시간당 50 ℃ 이하로 유지한다. 가열중 유체에 대하여 과냉각 상태를 유지하며 유체에 들어 있을 수 있는 공기나 가스를 제거하기 위하여 적절한 시점에 비등과정을 거친다. 시스템의 압력은 고압의 N_2 가스탱크로부터 압력조절밸브를 통하여 원하는 압력으로 가공하여 가압하고 과다한 압력은 시스템의 N_2 가스를 적당량 대기 방출함으로써 정확하게 조절한다. Test Section에 주입되는 N_2 가스는 N_2 가스탱크로부터 별도로 가열 및 압력조절 되어 공급된다. Test Section 배관은 전열선을 감아 실험 조건과 같은 온도를 유지하도록 제어한다. 실험중 방출된 고온의 유체 및 수증기는 방출 수조에 모아지며 응축 및 냉각을 극대화하기 위하여 수중 방출하도록 하며 발생되는 증기는 외부로 방출되도록 한다.

실험후 실험장치의 냉각은 내부의 N_2 가스 및 물을 순환시켜 열교환기로 서서히 냉각시킨다. 실험장치의 제어에 있어서는 먼저 압력용기와 Test Section에서의 압력이 독립적으로 실시간 제어가 이루어지도록 한다. 압력용기 가열은 온도 구배가 생기지 않도록 Heater와 펌프의 최적 제어가 이루어지도록 한다. 탱크의 온도는 개별 Heater로 Test Section의 온도는 Heating Trace로 가열하며 ON/OFF 제어한다.

Test Section에 주입되는 N_2 가스는 유량계와 연동하여 유량 밸브를 제어함으로써 유량을 조절한다. 실험의 개시 및 종료는 Test Section의 Quick Opening Valve를 원격 개폐함으로써 수행한다.

실험자료를 수집하는 Data Acquisition System은 압력용기의 입구조건 외에 Test Section의 유량, 압력, 온도 그리고 기포율을 정확하고 신뢰성 있게 측정하도록 독립적으로 구성한다.

(3) 실험장치 각 부 설계

실험장치의 기본적인 설계 기준은 설계압력 17.2 MPa, 설계온도 353 ℃를 적용하였으며 전술한 실험요건을 가능한 한 충족시키도록 설계하였다. 실험장치의 개략적인 도면은 그림 1과 같다.

1) Pressure Vessel

실린더형 압력용기의 내부 체적은 1300 liter로 하고 상, 하단은 플랜지를 장착한다. 하단 플랜지는 Test Section 배관을 연결하고 상단 플랜지는 N_2 가스 주입 배관을 설치한다. 또한 압력용기 내 유체를 가열하기 위하여 순환 배관을 설치하며 Heater와 펌프, Cooler를 배관에 장착한다. 압력용기를 냉각하기 위하여 순환 배관을 설치하고 팬과 Cooler를 장착한다. 상단 플랜지에 압력용기 감압을 위하여 방출밸브를 설치하고 유체 주입 배관 및 안전밸브를 설치한다. 압력용기 내 유체의 온도 분포를 알기 위하여 온도 측정용 Spool Piece를 장착한다. 압력용기 내 유체의 수위 측정 및 임계 유량의 보조 측정을 위하여 수위 측정기를 설치한다.

2) Test Section

압력용기 하단 플랜지로부터 유량 측정계를 거쳐 Test Section 배관을 장착한다. Test Section 전단에 유량 측정계를 장착하려면 측정계의 신뢰성을 유지하기 위하여 유량 측정계 전, 후단에 유량계 사양이 정하는 유동 발달 구간을 확보하여야 한다. 또한 유량계를 포함하는 배관은 Test Section 배관에 비하여 충분히 직경이 커야 하며 Test Section과 연결되는 부분은 Reducer를 사용한다.

Test Section에 N_2 가스를 주입하기 위하여 Reducer에 N_2 가스 주입구를 장착하여 필요한 실험조건의 N_2 가스 유량을 주입할 수 있도록 한다. Test Section은 직경 20 mm 이내의 범위에서 다양한 직경의 Test Section을 장착할 수 있도록 Reducer와 함께 배관을 플랜지로 연결한다. Test Section 배관에는 길이 방향으로 압력분포를 측정하기 위하여 직경 0.5 mm 이내의 구멍들을 배관 벽에 수직으로 가공하고 압력 측정기에 연결한다. 또한 배관의 온도 분포를 알기 위하여 배관 외벽에 열전대들을 장착한다. Test Section 후단에는 급격 확대관을 연결하고 확장된 배관에 Quick Opening Valve를 장착하여 순간적으로 개폐가 이루어지도록 한다.

유량계 배관 및 Test Section 배관 외벽은 실험조건의 온도를 유지하기 위하여 Heating Trace를 감고 측정 온도에 의하여 ON/OFF 제어한다. Test Section의 기포율 측정은 배관 외벽에 γ-Densitometer를 장착하여 수행하며 이와 함께 온도 및 압력의 측정은 Data Acquisition System에 의하여 수집, 처리된다.

3) N_2 Gas Storage Tank

N_2 가스 저장탱크는 최대 실험조건의 실험을 수행할 수 있도록 충분한 체적을 갖도록 제작한다. 실린더형 저장용기 하단에 N_2 가스 공급 배관을 설치하고 N_2 가스 온도를 실험조건에 맞출 수 있도록 Heater를 설치한다. 저장용기 상단 Manifold에는 안전밸브를 장착하고 자동 압력조절 밸브를 설치한다. 저장용기를 냉각하기 위하여 Cooler를 장착한다.

4) N_2 Gas Supply to Test Section

N_2 가스 저장탱크로부터 Test Section으로 실험조건의 N_2 가스를 공급하기 위하여 자동 압력조절밸브를 거쳐 중간 저장용기에서 온도를 조정한 다음 유량계와 연동되는 유량조절밸브로 N_2 가스를 주입하는 N_2 가스 공급 배관을 설치한다.

5) Supression Tank

Test Section으로부터 방출된 유체는 응축 및 열전달을 극대화하기 위하여 충분한 용량의 냉각수가 저장된 수조에서 수중 방출되도록 안내 배관을 설치한다. 실험시 발생하는 수증기는 외부로 배출시킬 수 있도록 배관을 설치한다.

(4) 제어 및 측정

1) 실험장치 제어

실험 장치의 제어에는 크게 실험전 가열/가압 운전과 실험시 압력 및 N_2 가스 주입 제어 그리고 실험후 실험장치의 냉각 운전 등으로 나눌 수 있다.

실험전 가열 및 가압 운전은 과냉각상태를 유지하면서 실험 조건에 도달할 때 까지 온도와 압력을 자동으로 제어하는 것을 말한다. 이때, 온도 가열율은 실험장치에 열충격을 주지 않는 범위내에서 이루어져야 하며, 비등을 방지하기 위해 포화압력에 여유압력을 고려한 압력을 유지하면서 실험 조건 온도까지 상승시켜야 한다. 이 온도 상승 과정에서 비등과정을 한번 거쳐 유체의 응축 가스를 제거해야 한다. 실험온도 및 압력에 도달하면 압력용기내 온도 구배가 없도록 유체를 순환시키고, 필요에 따라 실험 조건을 유지하기 위해 온도를 제어하고, 압력의 가압 또는 방출을 통해 일정 압력을 유지시킨다. 이 운전에서는 그림 2와 3과 같은 루프제어 개념을 따라 온도와 압력을 제어한다.

실험시에는 압력용기내 압력을 실험조건으로 유지시키기 위해 압력조절밸브(N_2 Gas Control Valve)를 실시간으로 제어해야 한다. 이 경우 압력조절밸브는 제어기의 제어신호를 충분히 수용할 수 있는 빠른 응답특성을 가져야 한다. 또한, 필요시 Test Section에 N_2 가스를 주입하기 위하여 온도와 압력을 독립적으로 제어하며 정확한 N_2 가스량을 주입하기 위하여 유량계와 연동하여 유량 조절밸브를 제어한다. 그림 4는 일정 압력을 유지하기 위한 압력제어기의 블록도를 나타낸다.

실험후 실험장치의 냉각은 압력용기와 N_2 저장용기에 대하여 N_2 가스를 순환시키면서 Cooler를 사용하여 서서히 냉각시키나 무인 운전이 가능하도록 운전중 위험요소를 제거하고, 제어는 단순한 방법에 의해 이루어지도록 설계한다.

2) 실험자료 취득

DAS(Data Acquisition System)은 실험장치의 제어시스템과는 독립적으로 구성하여 실시간으로 데이터를 취득 및 저장할 수 있도록 설계한다. 각 계측기로부터 전송되는 신호는 DAS 시스템의 입력조건에 따라 적절한 Signal Conditioning Module을 거쳐야 하며, 제어시스템과 공통으로 사용되는 계측기는 신호 분리기(Signal Isolator)를 거쳐 신호 준위가 떨어지는 것을 방지해야 한다. 또한, DAS 장치는 입력단에 잡음 제거용 필터를 부착하여 잡음신호가 DAS 장치로 유입되는 것을 방지해야 한다. 측정변수로는 압력, 유량, 온도, 수위, 그리고 기포율 등이며, 신호의 획득 및 저장속도는 실험 요건에 부합되도록 충분한 여유를 가져야 한다.

취득된 데이터의 저장은 특정 파일 크기로 나누어 저장하여 Off-line으로 데이터를 해석할 때 취급하기가 곤란하지 않도록 해야 한다. 그리고 엔지니어링 값으로 변환된 데이터를 저장해야 하고, 데이터의 이력 즉, 데이터 생산 날짜나 시간 등을 기록하여야 한다.

3) 측정변수

실험에서 측정되는 계측변수들은 실험 결과로서 Test Section에서 얻게되는 변수들과 실험 조건을 정확하게 맞추기 위한 실험장치 감시/제어용 변수들로 나누어진다. Test Section의 계측변수들은 실험요건서[1]에 제시된 바와 같이 시편의 압력 및 온도 분포, 유량, 기포율로 압력과 온도의 분포는 시편의 배관 축방향을 따라 측정하게 되며 유체의 유량은 시편 전단에 장착된 유량계로부터 그리고 N_2 가스의 유량은 주입배관에 장착된 유량계로부터 측정된다. 기포율은 시편 배관의 외벽에 γ선 주사 및 감지부를 장착하여 측정한다. 실험장치의 감시/측정용 계측변수들은 온도, 압력, 유량, 수위, 전력, 모터 회전수 등이다. 압력용기에서는 상, 하단의 압력 측정과 수위 측정을 하게되며 높이에 따른 온도 구배를 측정하기 위하여 12개의 열전대를 등간격으로 설치한다. 압력용기 순환 배관에는 유량계를 설치하여 펌프의 속도를 제어하도록 하며 Heater에는 열전대와 전력 측정기를 장착한다. N_2 가스 공급 시스템에서는 각 저장용기에 압력계와 열전대를 장착하여 실험조건에 맞는 온도, 압력을 유지하도록 한다. 방출수조에는 수위 측정기를 장착하고 내부 온도를 측정하기 위하여 열전대를 설치하며 QOV 후단 배관에 압력을 측정한다. 모든 계측기들은 실험장치의 설계기준(17.2 MPa, 353 ℃)을 만족하도록 선정한다.

5. References

[1] 비응축개스 이상유동 임계유량 실험요건서, 배규환, SMART-SA-TR550-00

[2] 비응축개스 이상유동 임계유량 실험장치설계관련 유량계산 송부, 배규환, SMART-SA-99010

[3] S. Levy, "Prediction of Two-Phase Critical Flow Rate", Journal of Heat Transfer, Trans. ASME, Series C, Vol. 87, February 1965

[4] F. J. Moody, "Maximum flow rate of a Single Component Two-Phase Mixture", Transactions of the ASME, February 1965

[5] R. E. Henry and H. F. Fauske, "The Two-Phase Critical Flow of Two-Component Mixtures in Nozzles, Orifices and Short Tubes", Journal of Heat Transfer, May 1971

표 1. MARS/SMR 코드(Modified Henry-Fauske 모델 적용)를 이용한 임계유량 계산 결과

Case	Stagnation Pressure (MPa)	Inlet Subcooling (℃)	Quality (x)	Mass Flow Rate (kg/m^2s)
1-1	17.2	0	0.2	41912
1-2	〃	10	-	99548
1-3	〃	60	-	129934
2-1	12.0	0	0.2	37274
2-2	〃	10	-	88917
2-3	〃	60	-	112660
3-1	9.0	0	0.2	28118
3-2	〃	10	-	79504
3-3	〃	60	-	100207
4-1	3.0	0	0.2	9584
4-2	〃	10	-	48240
4-3	〃	60	-	63070

표 2. HEM, Moody, Henry-Fauske 모델을 이용한 임계유량 계산 결과

Case	Stagnation Pressure (MPa)	Inlet Subcooling (℃)	Quality (x)	Mass Flow Rate (kg/m^2s)		
				HEM	Moody	Henry-Fauske
1-1	17.2	0	0.2	38879	45413	53384
1-2	〃	10	-	53791	53817	75257
1-3	〃	60	-	119135	119405	122796
2-1	12.0	0	0.2	28258	36720	37382
2-2	〃	10	-	46923	46966	67402
2-3	〃	60	-	104516	104909	106918
3-1	9.0	0	0.2	21867	30352	25631
3-2	〃	10	-	42536	42594	60360
3-3	〃	60	-	93839	94378	96097
4-1	3.0	0	0.2	7990	13393	9310
4-2	〃	10	-	29068	29170	37822
4-3	〃	60	-	59858	61306	62261

표 3. 실험조건에 따른 임계유량실험 압력용기 규모 산정

Case	Stagnation Conditions (MPa/DT('C))	Pressure Vessel Volume (m3)											
		D=7mm, t=60s		D=10mm, t=60s		D=15mm, t=30s		D=15mm, t=60s		D=20mm, t=30s		D=20mm, t=60s	
		H-F	M-H-F	H-F	M-H-F	H-F	M-H-F	H-F	M-H-F	H-F	M-H-F	H-F	M-H-F
1-1	17.2 / 0	0.220	0.172	0.448	0.352	0.504	0.396	1.009	0.792	0.897	0.704	1.793	1.408
1-2	17.2 / 10	0.284	0.375	0.579	0.766	0.652	0.862	1.303	1.724	1.159	1.533	2.317	3.065
1-3	17.2 / 60	0.381	0.403	0.778	0.823	0.875	0.926	1.751	1.853	1.556	1.647	3.113	3.294
2-1	12.0 / 0	0.132	0.131	0.269	0.268	0.302	0.302	0.605	0.603	0.538	0.536	1.075	1.072
2-2	12.0 / 10	0.227	0.300	0.464	0.612	0.522	0.689	1.044	1.377	0.928	1.224	1.856	2.448
2-3	12.0 / 60	0.314	0.331	0.641	0.675	0.721	0.760	1.442	1.520	1.282	1.351	2.564	2.701
3-1	9.0 / 0	0.084	0.092	0.171	0.188	0.193	0.211	0.385	0.422	0.342	0.376	0.685	0.751
3-2	9.0 / 10	0.191	0.252	0.390	0.514	0.439	0.579	0.879	1.157	0.781	1.029	1.562	2.057
3-3	9.0 / 60	0.272	0.284	0.555	0.579	0.625	0.652	1.250	1.303	1.111	1.159	2.222	2.317
4-1	3.0 / 0	0.026	0.027	0.053	0.055	0.060	0.062	0.120	0.124	0.107	0.110	0.213	0.220
4-2	3.0 / 10	0.104	0.133	0.213	0.272	0.240	0.306	0.480	0.611	0.426	0.544	0.852	1.087
4-3	3.0 / 60	0.161	0.163	0.328	0.332	0.369	0.373	0.737	0.747	0.655	0.664	1.311	1.328

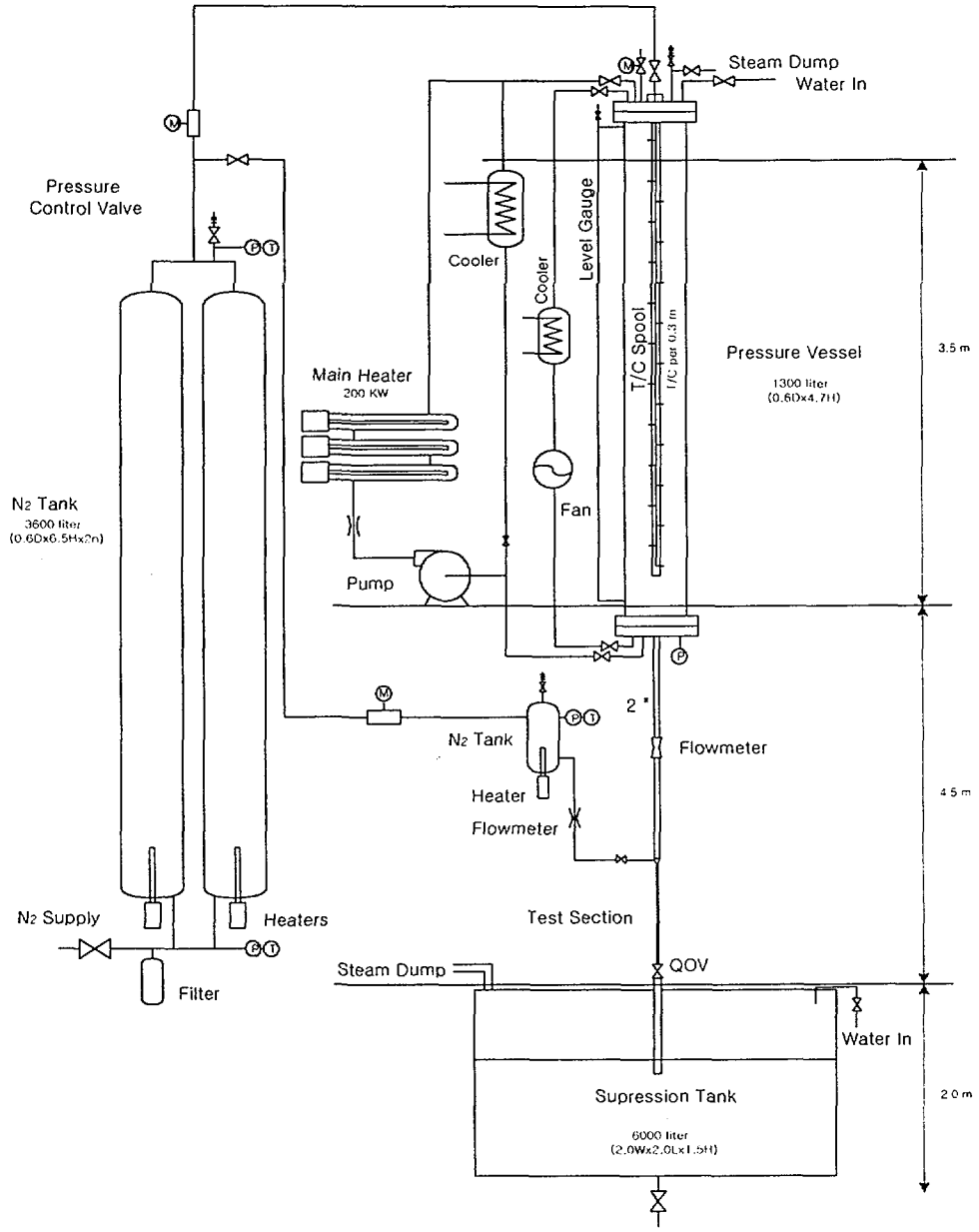

그림 1. 비응축가스 이상유동 임계유량 실험장치 개념설계도

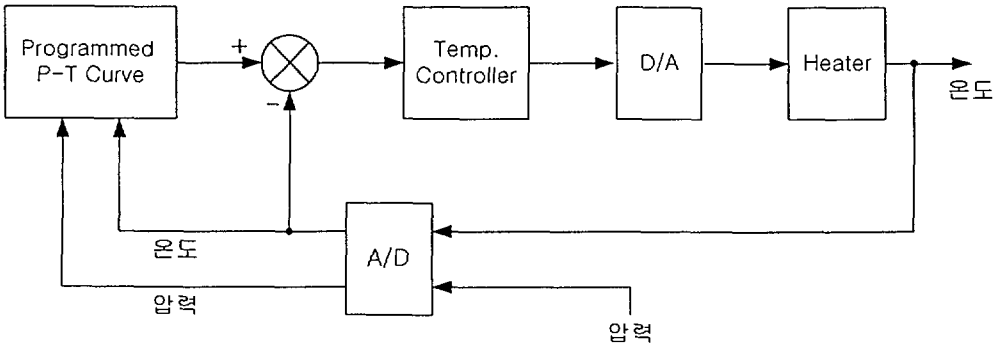

그림 2. 가열 및 가압운전시 압력용기 온도제어기 구조

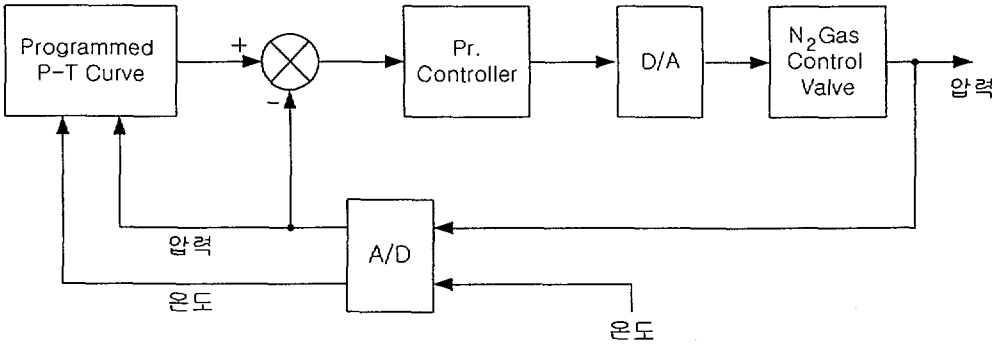

그림 3. 가열 및 가압운전시 압력용기 압력제어기 구조

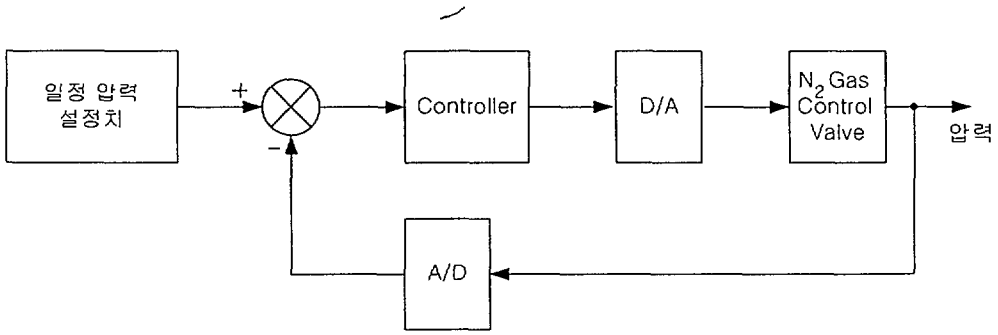

그림 4. 실험시 일정 압력유지를 위한 압력제어기

서 지 정 보 양 식

수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드
KAERI/TR-1696/2000			

제목 / 부제	비응축가스 이상유동 임계유량 실험장치 개념설계
주저자 및 부서명 (AR, TR등의 경우 주저자)	장 석 규 (열수력안전연구팀)
연구자 및 부서명	정 장 환 (열수력안전연구팀)

출 판 지	대전	발행기관	한국원자력연구소	발행년	2000
페 이 지	20 p.	도 표	있음(○), 없음( )	크 기	Cm.

참고사항			
비밀여부	공개(○), 대외비( ), __ 급비밀	보고서종류	기술보고서
연구위탁기관		계약 번호	

초록 (15-20줄내외)

비응축가스이상유동 임계유량실험은 담수와 전력을 생산하기 위한 일체형원자로(SMART)의 소형냉각재상실사고(SBLOCA) 시 발생할 수 있는 임계유량을 모사하기 위한 실험장치이다. 임계유량 실험요건으로 파단배관 직경 7~20mm, 정체압력 7~12MPa, 입구과냉도 0~60℃, 비응축가스유량 0~0.5kg/s 등의 실험조건이 요구된다. 이를 만족하는 실험장치의 규모를 산정하기 위하여 예상 임계유량을 계산하였으며 1.3㎥의 주압력용기를 기준으로 개념설계를 진행하였다. 실험장치의 주요구성으로 주순환배관을 갖는 압력용기와 하단부에 Test Section 및 방출수조를 설치하며 압력유지를 위한 N2가스 저장탱크 및 이의 공급을 위한 LN2 저장/가공계통을 설치하도록 설계하였다. 임계유량을 측정하기 위하여 방출배관부 및 압력용기에 유량계와 수위측정계를 각각 설치하도록 하였다. 실험중 압력유지를 위하여 실시간 압력공급시스템을 장착하며 실험대 전단에 N2가스를 실험조건으로 공급하기 위하여 유량공급시스템을 설치하였다. 실험장치의 운전 및 제어를 위하여 시스템의 온도, 압력, 유량을 통제하는 계장 및 실험자료의 획득/처리를 위한 DAS의 설계를 수행하였다. 또한, 실험장치의 운전절차 개념을 수립하였다.

주제명키워드 (10단어내외)	비응축가스, 이상유동, 임계유량, SMART, 소형냉각재상실사고, N2가스, LN2, 펌프, heater, 열교환기, 방출수조, 유량계, PLC, DAS

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET

Performing Org. Report No.	Sponsoring Org. Report No.	Stamdard Report No.	INIS Subject Code
KAERI/TR-1696/2000			

Title / Subtitle	Conceptual Design of the Test Facility for the Two-Phase Critical Flow with Non-Condensible Gas
Project Manager and Department	Chang, Seok Kyu (Thermal-hydraulic Safety Analysis Team)
Researcher and Department	Chung, Chang Hwan (Thermal-hydraulic Safety Analysis Team)

Publication Place	Taejon	Publisher	KAERI	Publication Date	2000
Page	20 p.	Ill. & Tab.	Yes(○), No ( )	Size	Cm.
Note					

Classified	Open(○), Restricted( ), ___ Class Document	Report Type	Technical Report
Sponsoring Org.		Contract No.	

Abstract (15-20 Lines)

The two-phase critical flow test with non-condensible gas is for the simulation of the critical flow phenomena which can be occurred during SB-LOCA on SMART reactor. The requirements of the critical flow test are 7~20mm pipe break dia., 7~12MPa stagnation pressure, 0~60℃ subcooling degree and 0~0.5kg/s N2 gas flow rate. For the satisfaction of these requirements on the test facility, critical flow rates were calculated with various models. With the selected reference pressure vessel(1.3㎥), the conceptual design of the test facility was performed. The important components of the test facility are the pressure vessel which has main circulation line, the test section attached to the bottom of the pressure vessel, suppression tank, the N2 gas supply tanks for maintaining the system pressure and N2 gas flow rate at test section and the auxiliary N2 gas converting system. For the measurements of the critical flow rate, flowmeter and level gauge is installed at the upstream of the test section and the pressure vessel, respectively. The realtime pressure control system is installed at the entrance of the pressure vessel for maintaining the system pressure and the N2 gas flow regulating system is also installed at the upstream of the test section. The design of the control and monitoring system for the operation of the test facility and the DAS for acquiring the test data were also performed. The conceptual operating process of the test facility was determined.

Subject Keywords (About 10 words)	non-condensible gas, two phase flow, critical flow, SMART, SBLOCA, N2 gas, LN2, Henry-Fauske model, MARS/SMR, subcooled degree, break pipe